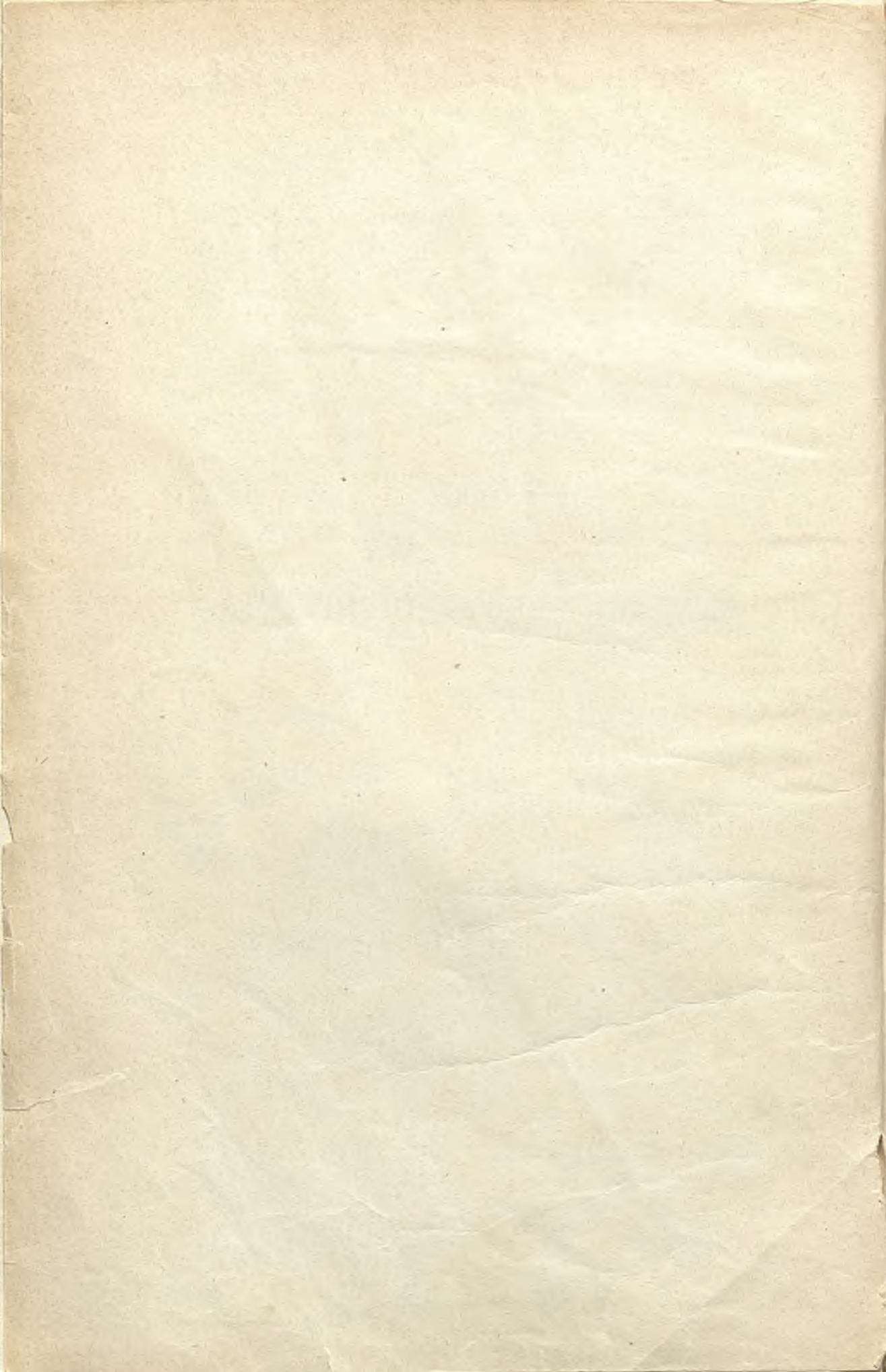


72(08)DON

D. DONGHI

MANUALE DELL'ARCHITETTO



MANUALE
DELL'ARCHITETTO

PER CURA DELL'ARCHITETTO

Ing. DANIELE DONGHI

Professore di Architettura nella R. Scuola di Ingegneria e di Architettura di Padova

—•••—
VOLUME I, PARTE 1^a

Materiali, elementi costruttivi e finimenti esterni delle fabbriche.

—
Con 2449 figure nel testo, XCIII tabelle, XII Tavole nel testo e XII Tavole fuori testo

—
Ristampa stereotipa.



1923

UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE TORINESE

(già DITTA POMBA)

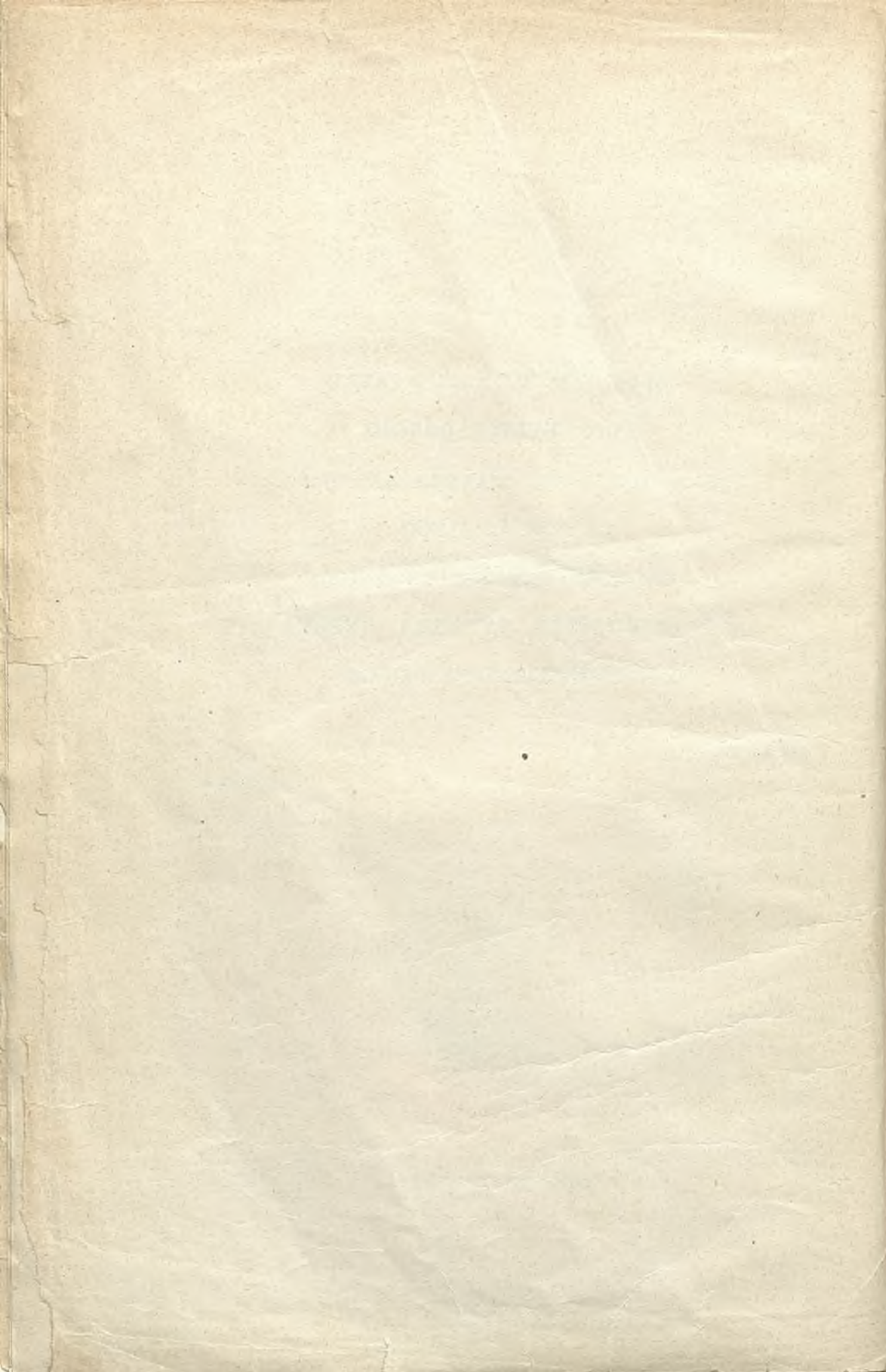
ROMA — TORINO — NAPOLI

PROPRIETÀ LETTERARIA

ALLA MEMORIA DI MIO PADRE
PROF. **FELICE DONGHI**
CHE CONSACRÒ L'ANIMA ALL'ARTE
LA VITA AL LAVORO
OFFRENDO SINGOLARE ESEMPIO
DI OPEROSITÀ, SAVIEZZA. ONESTÀ
CON VENERAZIONE DEDICO

Venezia 1905

D. DONGHI.



PREFAZIONE ALL'OPERA

I rapidissimi progressi verificatisi nel decorso secolo nel campo scientifico-industriale, hanno così mutate le condizioni della vita materiale, e creato tali nuove esigenze e bisogni, da rendere assai più difficile e complicata l'opera dell'architetto, di quello che non fosse nei secoli precedenti. A misura che si risale verso l'antichità, gradatamente minore si rileva il bisogno di cognizioni scientifiche nell'architetto, e minore la lotta fra l'arte e la questione economica. Nell'antichità e fino al secolo scorso si può ben dire che l'architetto era essenzialmente un artista, tantochè egli esercitava contemporaneamente la scultura, la pittura e l'architettura. In quei tempi aurei per l'arte, la fantasia dell'artista poteva liberamente manifestarsi e svolgersi, spoglia com'era da quei ceppi che oggi l'avvincono e la obbligano a rimanere nei ristretti limiti imposti dai regolamenti e dalle imperiose e imprescindibili esigenze della nostra vita sociale e individuale. Oggi l'architettura è chiamata a compiere una funzione complessa, di cui non si aveva idea nei decorsi secoli, e mentre si può dire che nella maggioranza delle odierne opere architettoniche la parte scientifica prevale, si può anche affermare che non è facile trovare architetti, i quali abbiano l'abilità di trasfondere un senso d'arte in edifici essenzialmente utilitari.

Un altro importantissimo coefficiente di trasformazione dell'arte architettonica è dovuto alla introduzione di nuovi materiali costruttivi, e allo sviluppo che man mano andarono acquistando certi materiali, prima usati solo come ausiliari, perchè non se ne conoscevano quei pregi e quelle qualità, che nuove ricerche e scoperte scientifiche rivelarono. Così è del ferro, dell'acciaio e dei metalli in genere. Il ferro, da elemento secondario, salì al grado di elemento costruttivo essenziale in tempi assai prossimi a noi, ma solo nel secolo scorso assurse a tale importanza da ingenerare una *architettura del ferro*, di cui sono colossali campioni la torre Eiffel e certi arditissimi ponti e viadotti a tutti noti.

È bensì vero che la maggior parte di queste opere interamente metalliche furono progettate da ingegneri, non da architetti: ma è pur vero che l'architetto non può evitare l'impiego del ferro per cupole, tettoie, sostegni, solai, ecc., allorchè deve soddisfare a speciali esigenze, od a ragioni di economia. Da ciò la necessità ch'egli possieda quelle cognizioni, che gli permettano di progettare convenientemente una costruzione metallica.

La scoperta di nuovi materiali cementizi; il progresso nelle applicazioni dei calcestruzzi e delle strutture di getto; la scoperta dei meravigliosi effetti che si possono conseguire dal connubio del metallo col calcestruzzo cementizio, ossia dal calcestruzzo armato, il quale ha la virtù di sostituire da solo vari elementi costruttivi, e potrà dar luogo, pel rivolgimento che ha portato nell'arte del costruire, a un nuovo genere d'architettura, come fu già pel ferro; le meravigliose scoperte avvenute nel campo della elettricità; le nuove applicazioni della luce e del calore; lo sviluppo assunto dalla igiene pubblica e privata; i nuovi metodi di cura e di ricovero degli ammalati, dei dementi, dei feriti; la introduzione di nuove istituzioni, di nuovi organismi amministrativi del pubblico e del privato patrimonio; l'imperioso dovere di soccorrere alla miseria e di soddisfare ai più nobili sentimenti umanitari; l'obbligo della istruzione; il desiderio di raccogliere e conservare il patrimonio artistico del proprio paese e di renderlo accessibile allo studioso; lo sviluppo rapido e progressivo dei commerci; il sorgere di nuove e numerose industrie, hanno mano mano così ampliata la lista delle condizioni a cui deve soddisfare un'opera architettonica, che si comprende facilmente come l'ideatore e il costruttore di essa debba possedere un voluminoso bagaglio di cognizioni, quale è richiesto da un quadro tanto vasto, vario e complesso.

Perciò non possono chiamarsi architetti coloro che sono lanciati nel mondo da certi istituti nostri, creatori di illusi! Dall'evidente necessità di quel bagaglio pullularono le proposte di scuole speciali, di scuole superiori e di insulsi compromessi fra scienza ed arte, e dalla mancanza o deficienza di esso ebbero origine irreparabili errori, i quali mentre danneggiarono e danneggiano la finanza pubblica e privata sono veri insulti all'arte architettonica, che non si può dir tale, se' non quando soddisfa contemporaneamente ai bisogni materiali, morali e intellettuali di un popolo.

Avrà l'architetto da costruire un palazzo pubblico, amministrativo, politico, o simile, in cui dovrà aver larga parte anche la decorazione architettonica con impiego di materiali nobili? oltre alle cognizioni che gli occorreranno per assegnare ai locali tali forme e dimensioni, e per distribuirli in tal modo, da conseguire comodità, senza spreco di area, facilità e semplicità nei servizi senza gravi spese di esercizio, quante altre giene

abbisogneranno per ottenere che le aule di riunione o l'aula parlamentare siano rispondenti all'acustica e all'ottica, che i materiali da impiegarsi nell'ornamentazione esterna e negli interni finimenti siano scelti e duraturi! Quindi conoscenza perfetta delle leggi dell'acustica e dei risultati ottenuti in consimili edifici esistenti; delle qualità e difetti dei materiali decorativi, del loro uso e resistenza; della fisica tecnica per gli impianti di riscaldamento, aerazione e illuminazione. Si tratterà di un edificio scolastico, di un ospedale? gli occorreranno speciali cognizioni di igiene: di un manicomio? egli dovrà conoscere anche tutti quei piccoli particolari che valgono a guarentire la incolumità personale e collettiva dei ricoverati: di un ammazzatoio? dovrà conoscere tutto il congegno non semplice delle operazioni varie che si compiono in un simile stabilimento: di un teatro, di una chiesa? cognizioni speciali gli saranno necessarie per soddisfare convenientemente alla comodità, all'acustica, all'ottica, alla sicurezza delle persone, alla decorazione, che in edifici consimili assume fisionomia particolare ed importanza precipua: di un albergo? egli dovrà saper soddisfare non solo alle esigenze di un pubblico tanto vario e mobile come è quello del forestiere, ma alle esigenze del servizio pur molto vario e complicato, conseguendo nello stesso tempo lo scopo del massimo utile pecuniario: di un'abitazione civile? dovrà conoscere gli usi, i costumi degli abitanti del luogo, tutti i precetti dell'igiene, e saper scegliere e adottare quei materiali e sistemi costruttivi che gli permettano di conciliare il massimo effetto colla maggiore utilizzazione dell'area, col massimo interesse del capitale impiegato, col miglior effetto estetico e colle minori spese di costruzione e di mantenimento.

Che dire poi delle cognizioni occorrenti al concepimento e all'attuazione delle opere accessorie, comuni, in generale, a tutte le specie di edifici, e cioè degli impianti di latrine, di fognatura, di cucine, di riscaldamento, di condotte per l'acqua, per il gas, ecc.? Taluno può obiettare che per tali rami dell'arte costruttiva si può ricorrere agli specialisti, ma per contro si osserva, che se l'opera deve riuscire armonica e razionale in ogni sua parte; se deve rispondere rigorosamente alle condizioni imposte dalla comodità, dal buon impiego dello spazio, dalla economia costruttiva, dall'igiene, dalla solidità, dalla durata, dalla sicurezza contro i pericoli del fuoco e delle perturbazioni atmosferiche e telluriche, dalla economia di esercizio; se deve mostrare il perfetto accordo fra l'organismo costruttivo e la decorazione, ossia, in una parola, la completa rispondenza fra il mezzo e il fine, è necessario che essa venga concepita da un'unica mente. ||
Mente che, nel periodo di concepimento, deve saper scorgere anche i più minuti particolari dell'opera, sia di struttura organica, sia di finimento, poichè essi, oltre ad un'influenza reciproca, ne esercitano una collettiva, ||

non solo sulla composizione generale dell'edificio e sulla distribuzione e forma dei locali, ma sulle varie parti che compongono i locali stessi. L'architetto potrà bensì affidare a specialisti l'esecuzione di certi impianti, ed anche di certi sistemi costruttivi, ma egli deve esserne perfetto conoscitore, sia per convenientemente idearli ed applicarli, ove lo creda opportuno ed utile, sia per saper giudicare del loro modo di esecuzione. Così mentre oggi troppo spesso assistiamo in edifici nuovi allo sconcio deturpamento di locali, magari sontuosamente decorati, per effetto del serpentinoso percorso di tubazioni di calore, di acqua, di gas, di luce elettrica, a tale sconcio non assisteremmo se l'architetto avesse saputo progettare quegli impianti contemporaneamente col resto.

Nè basta. Solo ha diritto di chiamarsi architetto quegli che, nell'ideare e nel costruire un fabbricato qualsiasi, provvede non solo a renderlo solido e duraturo, allorchè esso debba avere tali caratteri, ma a ridurre minime le spese di riparazioni e di mantenimento; così egli dovrà essere a conoscenza anche di tutti quei mezzi ed artifici che mirano a tale scopo, per adottarli nei modi più convenienti. Nè basta ancora. Il denaro non deve mai essere sprecato, ed anche allorchè trattasi di un'opera monumentale, per la quale non si abbiano speciali limitazioni di spesa, pur nondimeno dev'essere scrupoloso studio dell'architetto quello di ridurre entro i più ristretti limiti le dimensioni delle strutture e l'impiego dei materiali, le spese di cantiere, quelle inerenti alle opere provvisorie, ossia armature, attrezzi e simili, e le spese di condotta dei lavori.

Questa breve esposizione è sufficiente a dare un'idea della vasta cultura di cui deve essere provvisto un architetto, non di nome, ma di fatto: è sufficiente a mostrare che non possono chiamarsi architetti, come oggi ne è invalso l'uso, coloro che fanno soltanto destramente maneggiare sesta e matita, oppure coloro che possiedono qualche pratica nel costruire. Mentre il vero architetto è un fattore positivo del progresso artistico e del benessere sociale, il pseudo, o falso architetto, non ne è che un fattore assolutamente negativo, pericoloso e dannoso. Qualcuno potrebbe credere che noi alludiamo qui ai capomastri-muratori: no. Il capomastro intelligente, conoscitore dell'arte sua, ma che sa misurarsi e contenersi nei limiti assegnatigli da quell'arte, è un indispensabile e potente ausilio all'architetto; ambedue devono completarsi vicendevolmente: l'architetto è la mente che concepisce e dirige, il capomastro la intelligente mano che opera; tutt'e due devono collaborare ad un medesimo fine, muovendosi ciascuno nel proprio àmbito, senza mai urtarsi, nè tentare di sovrapporsi. È anzi soltanto da questa collaborazione, da tale mutuo legame, che può scaturire un edificio perfetto, rispondente a tutte le condizioni sopra ricordate.

E siccome appunto architetto e capomastro hanno comuni molte cognizioni, così sebbene quest'opera sia essenzialmente dedicata all'architetto ed a chi studia architettura, fu però compilata coll'intento che potesse servire anche ai costruttori, i quali vi troveranno insegnamenti utili alla pratica dell'arte loro.

La necessità di una vasta cultura nell'architetto ha fatto sorgere una varietà di trattati sull'arte di fabbricare, fra cui alcuni commendevoli per la praticità degli insegnamenti, altri per la trattazione delle teorie, da cui la pratica trae sua origine, altri per un felice connubio fra teoria e pratica. A tali trattati si aggiunsero manuali e prontuari ed opere che riflettono particolarmente l'uno o l'altro ramo dell'arte, l'uno o l'altro genere di fabbricati: cosicchè al volenteroso e studioso architetto non mancano oggi i mezzi per approfondirsi nell'arte sua, della quale avrà appreso i rudimenti ed i principî fondamentali nella scuola. Nè difettano le pubblicazioni artistiche di indole varia, ponderose o modeste, come le tanto utili monografie, nè i periodici artistici e professionali, ove l'architetto può attingere preziose cognizioni, educando e indirizzando il suo naturale sentimento artistico. Fra i tanti libri che si occupano della costruzione dei fabbricati uno ne troviamo che ci parve utilissima guida per l'architetto, ben inteso già provvisto delle cognizioni scientifiche fondamentali che gli sono indispensabili, come sopra rilevammo. È il *Baukunde des Architekten*: e noi pensammo che rendendolo italiano, anche per ciò che riguarda gli usi della nostra vita sociale e particolare, i nostri metodi costruttivi, le nostre leggi e regolamenti, e introducendovi le aggiunte e le modificazioni necessarie, avremmo reso un servizio ai nostri colleghi non solo, ma anche a quei capomastri e costruttori, i quali, lungi dal fossilizzarsi in vieti metodi, seguono il progresso della loro arte, praticandone le utili innovazioni.

Ma il libro assunto come traccia non si occupa dell'elemento artistico, forse perchè questo non si può assoggettare a norme determinate, come avviene per l'elemento costruttivo e per quello di composizione degli edifici. Infatti l'arte non è governata che dal bello: quel bello che Platone disse splendore del vero: quel bello che l'uomo sente ma non sa definire, del quale non si conoscono i limiti e rimarranno sempre ignoti gli elementi. Si aggiunga che l'arte dipende dai costumi, dalle istituzioni, dalle tendenze, dalle condizioni morali e materiali di un popolo e dal gusto individuale dell'artista, cosicchè si estrinseca in mille differenti modi, variabili all'infinito. Si comprende quindi come non sia possibile offrire all'architetto norme precise per la decorazione architettonica, sebbene in alcuni libri siano esposte delle regole, che si vuole abbiano governati certi stili architettonici, ma che già il Rinascimento ripudiava e da cui

oggi gli artisti si sono del tutto svincolati ed affrancati. È però un fatto irrefutabile che, mentre certe arti sono completamente libere anche nei mezzi di manifestazione, l'architettura non lo è: la rendono soggetta i materiali, i mezzi costruttivi, le leggi della statica, alle quali essa non può assolutamente sottrarsi, neppure nella decorazione, a meno di offendere sè stessa; poichè non v'è arte, non v'è il bello ove manca la logica, l'espressione del vero, e di quell'equilibrio che regge la natura tutta. Perciò noi pensammo che non meno utile della costruttiva poteva riuscire la trattazione della questione artistica, quando si mostrassero i legami che esistono fra l'arte e la materia, quando si rivelasse l'azione benefica del razionalismo, quando si portassero ad esempio le opere di quegli architetti antichi e moderni, che seppero concepire e costruire opere anche essenzialmente artistiche senza mai perdere di vista quei legami, quel razionalismo. Nè meno utile ci parve dovesse riuscire la esposizione degli errori commessi dagli architetti, che trascurarono tali legami o per ignoranza o deliberatamente, per amor del nuovo e dello stravagante.

Così a quell'aureo *Baukunde* aggiungemmo un complemento, che non mancherà di essere utile, e, speriamolo, bene accolto.

Il presente *Manuale* fu perciò così diviso:

Vol. I. — <i>La costruzione architettonica nelle fabbriche</i>	} PARTE I. — Materiali, elementi costruttivi e finimenti esterni. PARTE II. — Elementi complementari od accessori e finimenti interni.
Vol. II. — <i>La composizione architettonica nelle fabbriche</i>	
	} PARTE I. — Distribuzione. PARTE II. — Decorazione.

Nel primo volume sono descritti i materiali e i sistemi per costruire con legnami, pietre, laterizi, ferro e metalli; i sistemi per costruire le parti speciali dei fabbricati, come tetti, solai, pavimenti, ecc.; i finimenti esterni ed interni, come cornicioni, cornici, chiusure in genere, sistemi di illuminazione artificiale, di riscaldamento, di aerazione, le condotte di acqua e di fogna, i bagni, i mezzi di guarentirsi contro il fuoco o altri pericoli naturali; le norme da seguirsi negli adattamenti e nei restauri degli edifici, e infine quelle considerazioni che devono guidare l'architetto nella scelta dei materiali e nell'impiego di essi sotto l'aspetto igienico.

Nel secondo volume sono esposte le norme per la composizione dei fabbricati civili, rurali e industriali, per ciò che riguarda la distribuzione, l'ubicazione, l'ampiezza e la forma dei locali a seconda della loro destinazione ed importanza, corredando tali norme col maggior numero possibile di esempi. Sono passate in rivista le case di abitazione tanto di

città quanto di campagna; le case operaie ed economiche; gli edifici religiosi, come chiese di ogni culto, cimiteri, crematoi; gli edifici per istruzione e educazione, come asili, scuole, collegi, caserme, ecc.; gli edifici sanitari, di pubblica igiene e di ricovero, come ospedali, manicomi, bagni, lavanderie, ospizi, ecc.; le prigioni, le case di pena; gli edifici per pubbliche amministrazioni ed istituzioni, come municipi, palazzi del Parlamento, di giustizia, tribunali, ecc.; gli edifici per pubbliche collezioni, come biblioteche, musei, pinacoteche, archivi, esposizioni temporarie e permanenti; gli edifici per utilità pubblica, come alberghi, mercati, ammazzatoi, giardini, serre, ecc.; gli edifici pel commercio, come borse, banche, istituti di credito, grandi magazzini di vendita, negozi; i laboratori per artisti e fotografi. È infine trattato l'argomento della decorazione architettonica nel modo più sopra espresso.

Larga parte sarà riservata in ambedue i volumi alle indicazioni bibliografiche, facilitando così all'architetto il mezzo di procedere, senza grave perdita di tempo, a quelle ricerche che gli sono necessarie per lo studio dei suoi progetti.

Prima di chiudere questo cenno intorno al concetto informatore dell'opera, ci corre l'obbligo di ricordare gli ingegneri PEROTTI (ora defunto), RODOLFO RUSCA, VITTORIO NOVARESE, PIETRO OPPIZZI, per l'intelligente aiuto prestato, in minore o maggior misura, nel lavoro di traduzione, e di rivolgere una sentita parola di ringraziamento e di lode all'UNIONE TIP.-EDITRICE TORINESE, e, per essa, al suo direttore cav. LUIGI MORIONDO, a cui succedette in quest'anno il cav. B. CASALEGNO, sia per la benevola accoglienza fatta alla nostra proposta di compilare quest'opera, della quale comprese a colpo d'occhio l'importanza, sia per il modo veramente superiore ad ogni elogio con cui vi diede effettuazione.

Venezia 1905

DANIELE DONGHI.

Ingegnere-Capo del Comune di Venezia.



PREFAZIONE

ALLA PARTE 1^a DEL VOLUME I^o

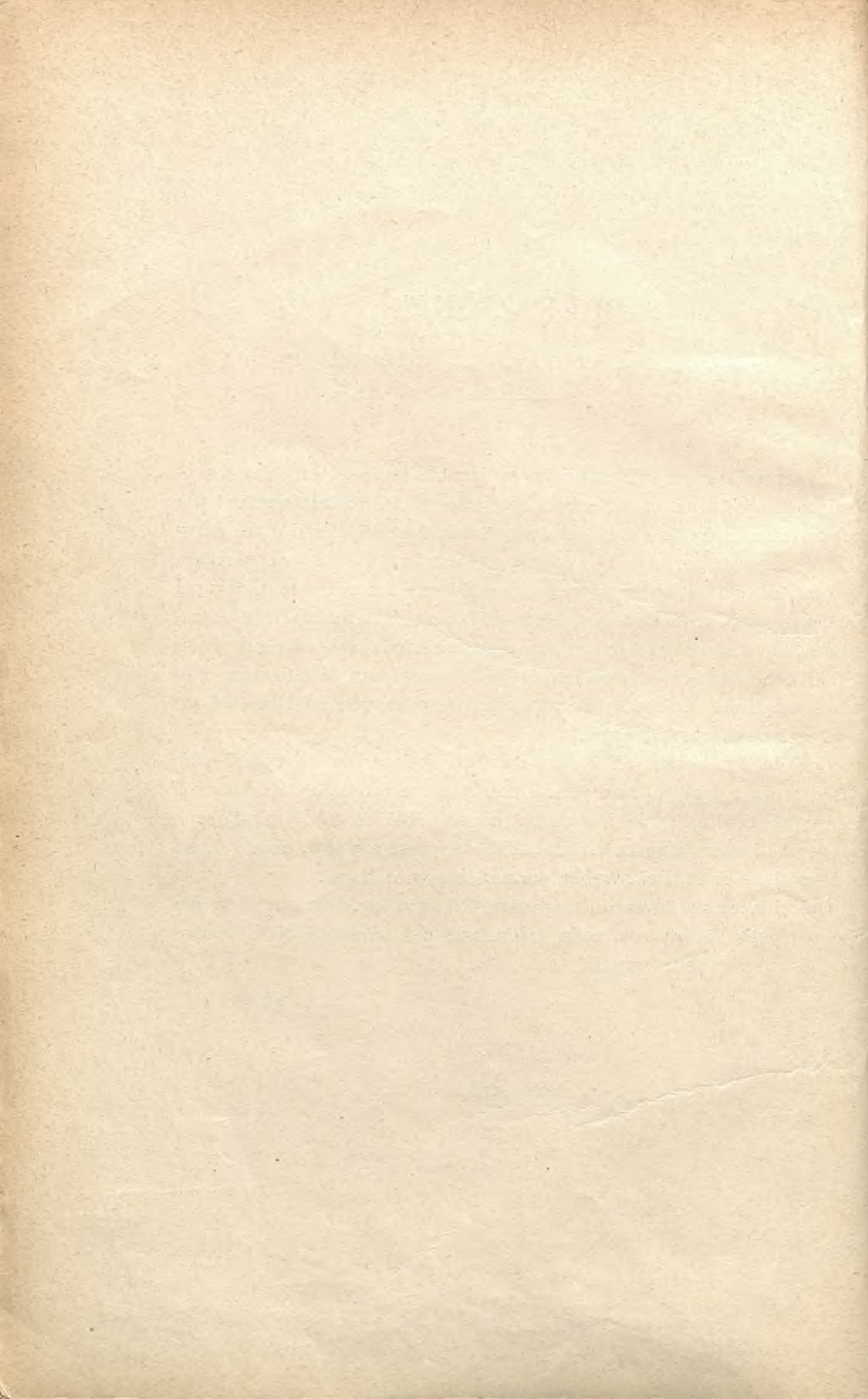
La prefazione generale al presente Manuale rende superflua una prefazione a questa prima parte. Solo noteremo che, mentre abbiamo creduto conveniente di trattare della produzione dei materiali laterizi e dei materiali cementanti, perchè a ben conoscerli è assai utile anche la conoscenza dei sistemi di loro fabbricazione, non credemmo necessarie le descrizioni nè dei mezzi di produzione del legname d'opera dalla foresta, nè di estrazione delle pietre o del ferro ed altri metalli, nè della lavorazione di questi ultimi nelle ferriere ed officine, perchè la conoscenza di tali mezzi non è assolutamente indispensabile alla miglior conoscenza ed alla migliore applicazione di quei materiali.

Così degli strumenti ed attrezzi da usarsi nei vari lavori non si sono descritti che i principali, sia perchè non ci parve conveniente diffonderci in argomenti di carattere secondario rispetto allo scopo di quest'opera, sia perchè i mezzi d'opera variano assai da paese a paese, onde l'esame e descrizione di tutti ci avrebbe portato troppo in lungo.

Qui ci facciamo dovere di ringraziare l'egregio ing. LUCIANO AVOGADRI che ci prestò l'opera sua nella trattazione del paragrafo XIV, relativo alla costruzione delle cuspidi.

D. D.





MANUALE DELL'ARCHITETTO

CAPITOLO I.

CARPENTERIA

A. — INTRODUZIONE

a) *Opere eseguite dal carpentiere.* — In architettura si comprendono sotto la denominazione generica di *lavori da carpentiere* le congiunzioni, o commettiture, dei legnami occorrenti alla formazione di una costruzione qualsiasi di legno. Però il carpentiere a rigor di termine sarebbe l'artefice che lavora i carri, onde si dovrebbe chiamare *legnaiuolo da grosso* o *correntajuolo* quello addetto alle costruzioni di legno; ma siccome è passato nell'uso di denominare col nome speciale di *carpenteria* l'arte di tagliare e congiungere i legnami per comporne i lavori che entrano nelle costruzioni, così si chiamò carpentiere l'artefice che professa l'arte medesima.

Restano indeterminati i limiti che separano l'arte del *carpentiere* da quella del *legnaiuolo da minuto* o *falegname*, limiti che variano anche a seconda degli usi locali.

La carpenteria è una parte molto importante dell'arte della costruzione, e in tutti i tempi fu oggetto di serio studio da parte degli architetti; si può anzi dire che da essa originò l'architettura, perchè il maestro delle costruzioni, cioè l'architetto, significa maestro carpentiere.

I principali lavori che nelle costruzioni civili vengono affidati al carpentiere sono:

- a) pareti intelaiate, a blinde, intavolati, assiti, palizzate;
- b) impalcature per solai e soffitti, zatteroni (per fondazioni), impalcature all'aperto;
- c) tetti e tettoie;
- d) cornici per tetti;
- e) scale;
- f) tavolati per pavimenti e copertura dei tetti;
- g) ponti di servizio per le costruzioni ordinarie, con cavalletti, di sbalzo e pensili;
- h) puntellamenti;
- i) centine ed armature di ogni sorta;
- l) castelli per le campane, ecc.

b) *Cenni sui legnami da costruzione.* — I legnami usati nelle costruzioni in genere si distinguono in quattro classi, cioè: 1^a *legni duri*; 2^a *legni resinosi*; 3^a *legni bianchi, teneri o dolci*; 4^a *legni fini*.

I principali legni compresi in queste classi sono:

nella prima: la *quercia*, il *castagno*, l'*olmo*, il *noce*, il *faggio*, il *frassino*;

nella seconda: il *pino*, l'*abete comune*, l'*abete rosso*, il *larice*, il *cedro del Libano*, il *cipresso*, il *tasso*, l'*eucalipto*;

nella terza: il *pioppo* o *albuccio*, l'*alberella* o *pioppo tremulo*, l'*ontano* od *alno*, la *betulla*, il *carpino*, l'*acero*, il *tiglio*, il *platano*, il *salice*, l'*acacia* o *falsa robinia*, il *lauro*, il *castagno d'India* o *ippocastano*;

nella quarta, ossia in quella dei legni fini: il *sorbo*, il *pero*, il *melo*, il *nespolo*, il *ciliegi*, il *prugno*, il *corniolo*, il *corbezzolo* o *fragaria*, il *bosso*, l'*ailanto*, il *sambuco*, il *biancospino*, il *ginepro*, lo *spino cervino*, il *fusaggine*, il *crespino*, il *guaiaco*, il *mogano*, l'*ebano*, il *fernambucco verzino*, il *palissandro*, il *sandalo*, il *teck*.

Nella prima classe si distingue la *quercia*. Quest'albero di grandi dimensioni unisce alla buona qualità del suo legno quella di una lunga durata. Il legno di quercia, che fino a poco tempo fa si riteneva come il migliore nelle costruzioni civili, e del quale si faceva un grande uso, viene oggi classificato dopo i legni di larice, di abete e di pino, in causa del prezzo sempre crescente che ha assunto in commercio. Riceve però la preferenza assoluta quando si tratta di costruzioni in luoghi umidi od esposti a vapore d'acqua, perchè allora la sua durata è lunghissima. Le specie di quercia che danno il miglior legname da costruzione sono la *pedunculata* e la *rovere*: nella prima si riscontra maggiore elasticità, nella seconda maggior resistenza. La quercia si adopera anche nei lavori subacquei, e la qualità migliore per tal uso è la *quercia sughero*.

Il legno di *castagno* per la sua durata ed altre proprietà tecniche viene subito dopo quello di quercia; però non se ne fa un grande uso in causa delle sue deboli dimensioni; del resto esso è impiegato con vantaggio pari alla quercia nelle travature, e nei lavori subacquei: va però soggetto facilmente al tarlo quando non è sommerso.

L'*olmo* dà pure un buonissimo legname da costruzione, ma non è troppo facile ad aversi. Si adopera pure in lavori subacquei, essendo incorruttibile nell'acqua, ed anche per formare nelle capriate quei pezzi, che presentano molti incastri in uno stesso punto, o in punti vicini.

Il *noce* si impiega difficilmente nei grandi lavori di carpenteria: esso è più specialmente usato dal falegname, dall'ebanista o dallo stipettaio per fare pavimenti, mobili, ecc.

Anche il *faggio* ed il *frassino* sono poco usati dal carpentiere, ma bensì dal falegname, dall'ebanista, e dal carradore. Tanto l'uno quanto l'altro si alterano facilmente se esposti all'azione alternata del secco e dell'umido. Il faggio si conserva però bene sott'acqua. Dove esso abbonda lo si adopera per rivestimenti, per pavimenti, per scale e simili. Gli impiantiti di faggio hanno un bellissimo aspetto, specialmente se le tavole allo stato grezzo sono state sottoposte ai vapori dell'acqua bollente. Nei monti Carpazi le pareti interne dei fabbricati si formano con legname di faggio, e per un certo tempo si fanno attraversare dal fumo dei focolari, lasciando aperte le fessure che rimangono nel costruirle fino al tempo in cui si giudicano affumicate. La durata delle pareti così trattate è grandissima, mentre diversamente non sarebbe che di 65 o 75 anni.

I legni della seconda classe, cioè i resinosi, sono i più comunemente adoperati nelle costruzioni perchè oltre essere leggeri ed elastici hanno lunghezze ragguardevoli.

Fra i *pini* si distinguono specialmente: il *pino silvestre* (pino del nord, di Riga, di Ginevra, di Hogenau), stimato per la sua tenacità e resistenza; il *pino calabrese* o *pino larice* o *pino di Corsica*; il *pino cembro* o *cirmolo*, di durata lunga nei luoghi asciutti e corta negli umidi; il *pino Weymouth* o *del lord*, importato dall'America, che ha la durata dei migliori pini nostrali, purchè adoperato al riparo dalle variazioni atmosferiche e non interrato nè sott'acqua; il *pino marittimo*, che popola le foreste del Ravennate; il *pino della California*, il più grande di tutti gli alberi, che somministra

delle travi squadrate lunghe oltre i 50 metri, e tavole tanto larghe da servire ciascuna per il pavimento di una stanza ordinaria.

Fra i legni resinosi l'*abete comune*, detto anche *abete bianco*, *pino abete*, *avezzo*, non è tanto impiegato nelle costruzioni come l'*abete rosso*, o *pezzo*, o *pecchia*, o *abete di Moscovia*, il quale somministra fusti pressochè cilindrici, dritti e di enorme altezza. Per la convenienza del suo prezzo, per la sua grande forza e durata, quando però non sia adoperato all'umido, per la sua leggerezza (maggiore di quella dell'*avezzo*) e per la facilità con cui può essere lavorato, si fa di questo legno un grande consumo nelle costruzioni.

Il *larice* è forse di durata superiore a quella dell'*abete* e riunisce tutte le proprietà di quest'ultimo in un grado se non superiore, almeno uguale. Esso rivaleggia anche col legno di quercia: in Svizzera ed in Savoia serve alla costruzione delle case, le quali si formano con pareti composte di grosse travi e di tavole. Diviso in tavolette si impiega a formare i coperti di dette case, ed allorchè il calore del sole ne abbia fatto stillare la resina, questa viene a chiudere tutti gli interstizi, inverniciando, per così dire, la superficie dei coperti stessi, che perciò rimangono impenetrabili all'aria ed all'acqua. Molto apprezzato è oggi il *pino d'America* (*pitch-pine*) detto volgarmente *larice rosso d'America*. Gli Americani lo chiamano *hard-pine* (pino duro) e *yellow-pine* (pino giallo): esso raggiunge un'altezza media di m. 25. Il suo legno è atto alla maggior parte dei lavori di costruzione, epperchè ne viene fatto oggi un grande consumo: presenta però il difetto di una diversa dilatabilità nelle fibre, onde non riesce ugualmente bene adatto per tutti i lavori. È assai resinoso, sano, senza nodi viziosi, quasi resistente come la quercia. L'abbondante resina che contiene lo preserva dai vermi e dalla carie. È di un bel giallo brillante e molto venato. Si impiega dai carpentieri e dai falegnami per ossature, rivestimenti, ecc.; è anche assai usato nella fabbricazione delle carrozze, dei carrozzoni da ferrovia e da tramway, ecc.

Il legno di *cipresso* è duro, compatto, e si impiegherebbe con vantaggio nelle costruzioni perchè incorruttibile, se non fosse di sviluppo così lento da rendere troppo difficile averne travi e tavole di dimensioni sufficienti per gli usi che occorrono nelle costruzioni ordinarie.

Anche il *tasso* dà un legno durissimo, tenace, elastico, facile a lavorarsi e atto a ricevere una bella lucidatura; ma nelle costruzioni è poco usato per le sue deboli dimensioni.

L'*eucalipto* è duro, tenace e molto atto alle costruzioni, perchè riunisce la qualità della quercia e del noce. L'*eucalyptus globulus*, originario dell'Oceania, è un buonissimo legno da lavoro.

I legni della terza classe, ossia i teneri o dolci, sono forniti da alberi che crescono in luoghi acquatici o per lo meno umidi, e compensano, per così dire, la loro qualità inferiore e la corta loro durata, colla rapidità della crescita e colla facilità della loro lavorazione.

Le più comuni specie di *pioppo* sono: il *pioppo bianco*, del quale si preferisce la varietà detta d'Olanda per i lavori ordinari da legnaiuolo e per le opere più delicate da falegname; il *pioppo nero* e il *pioppo d'Italia* o *piramidale* che in generale si riduce in tavole, specialmente per formare le casse da imballaggio.

L'*alberella* o *pioppo tremulo* si adopera per lavori grossolani, per costruzioni in luoghi asciutti e in molti luoghi per farne correnti.

L'*ontano* od *alno*, che si distingue in *ontano comune* ed *ontano bianco*, si usa specialmente per costruzioni subacquee, per fare i pavimenti delle stalle, ed i tini che si pongono in fondo ai pozzi di acqua viva.

Della *betulla* le varietà più conosciute sono la *comune* o *bianca* e la *pubescente*. Questa gode della preziosa proprietà di non spaccarsi facilmente. Si adopera nella costruzione delle pareti interne, dei tetti e dei carri.

Il *carpino*, tenace ed elastico, è usato specialmente dal meccanico, dal carradore e dal tornitore.

Le specie più conosciute dell'*acero* sono tre: il *sicomoro* od *acero di montagna*, il *riccio* ed il *campestre*. È il migliore fra i legni teneri, e lo si adopera specialmente ridotto in tavole.

Il *tiglio* si distingue in diverse specie, di cui le principali sono: il *tiglio d'Olanda*, il *tiglio a piccole foglie*, l'*argenteo*, e il *tiglio d'America*. Si adopera dal falegname sotto forma di tavole, ma specialmente dall'intagliatore e dal tornitore; il carpentiere ne fa poco uso perchè è troppo tenero e mal si presta all'esattezza delle congiunzioni.

Il *platano* è di poco pregio nelle costruzioni d'importanza perchè facilmente attaccato dai vermi. Nell'acqua si conserva però assai bene.

Le più comuni specie di *salice* o *salcio* sono: il *bianco*, il *caprino*, il *fragile* e il *precoce*. Esso ha molta affinità coll'ontano; può essere adoperato in costruzioni di poca importanza sotto forma di travi o di tavole per formare solai ed oggetti leggeri.

L'*acacia* resiste all'umidità, onde si adopera nelle costruzioni anche esposte a variazioni atmosferiche; ma non potendosi avere in pezzi d'importanza, non è usata nei lavori di carpenteria.

Anche il *lauro* non presenta un fusto abbastanza grosso per lavori da legnaiuolo: si impiega specialmente in pertiche per i lavori occorrenti negli edifici rurali.

L'*ippocastano*, che raggiunge talvolta dimensioni abbastanza forti, non è da noi molto ricercato per le costruzioni: in altri paesi se ne fa un consumo alquanto maggiore; si citano ad esempio le ossature delle vòlte di alcune cattedrali della Francia, dell'Inghilterra e della Spagna. formate con questo legno.

I legni della quarta classe hanno fibre sottili ed unite e si potrebbero annoverare fra i legni preziosi per la bellezza del loro tessuto. Ma per la massima parte non raggiungono che mediocri dimensioni e non sono impiegati che in piccoli volumi per lavori d'intarsio e simili, nella costruzione delle macchine, nella fabbricazione dei fusti e manichi degli strumenti, nell'arte del tornitore e dell'ebanista. E quindi inutile parlarne; si accennerà solamente al *bosso* che si può adoperare per membri di grande resistenza, ma di mediocri dimensioni, non raggiungendo esso che tre metri di altezza e 20 centimetri di diametro; al *corniolo* che dà pali migliori di quelli di quercia, e al *ciliegio* che può qualche volta essere impiegato dal carpentiere.

c) *Proprietà e difetti dei legnami da costruzione.* — L'architetto e il costruttore prima di ordinare o di impiegare dei legnami siano essi grezzi o lavorati devono avere conoscenza delle loro proprietà fisiche, quali: *volume, figura, resistenza, durezza, peso, elasticità, flessibilità, durezza, fendibilità e lavorabilità*, onde scegliere i legnami più adatti all'opera che si deve eseguire; ma per fare tale scelta devono pure conoscere i *difetti* dei legnami, perchè questi vanno esaminati prima che sian posti in opera, onde escludere i difettosi; di più oltre a conoscere i mezzi atti a *conservare* i legnami affinchè l'opera abbia la maggiore durata possibile, bisogna che siano anche in grado di riconoscere il tempo della *stagionatura* dei legnami stessi. — Questi per essere ammessi in una costruzione, oltre alle dimensioni richieste dall'uso al quale sono destinati, devono essere secchi, sani, perfetti, abbattuti almeno da tre anni, per quanto si ammetta oggi anche un solo anno di stagionatura, e provenienti da alberi cresciuti in terreni adatti, in località convenienti ed atterrati in stagione opportuna. Devono essere rettilinei, non ridotti tali per lavoro di ascia o di scure, ma per disposizione naturale delle fibre, le quali devono essere diritte, non interrotte nè da nodi nè da fratture.

Le seguenti tabelle servono a far conoscere le dimensioni, le qualità e i difetti dei principali legnami. Segue una enumerazione sommaria dei mezzi atti a conservare i legnami stessi, a riconoscere la loro stagionatura, ecc. Per più estese e particolareggiate cognizioni si rimanda alle speciali pubblicazioni.

Tabella I. — Vizi dei legnami.

Indicazione del vizio	Segni per riconoscerlo
Legname con alborno	Corona adiacente alla corteccia di color più pallido e di minor compattezza degli anelli interni.
» lunato o a doppio alborno .	Due o più strati di alborno separati da legno perfetto (caso raro).
» sformato	Fibre aggrovigliate, intrecciate, annodate le une colle altre, oppure tronco con forma anormale.
» bistorto	Fibre disposte secondo eliche tagliate più volte nei piani di squadratura.
» nodoso	Nodi distribuiti sopra il tronco oppure disposti secondo una corona.
» ghiacciuolo, radiato o stellato	Fessure dal centro alla periferia; lo stellato o radiato ne presenta in numero maggiore del ghiacciuolo.
» screpolato (perpendicolarmente alla direzione delle fibre).	Fessure trasversali: scandagliare la ferita, esaminarne i labbri ed il legno sottostante.
» screpolato (longitudinalm.).	Fessure in piani paralleli alle fibre.
» cipollino	Fenditure circolari, secondo gli strati annuali: osservare se si è infiltrata acqua tra zona e zona.
» cavernoso	Cavità più o meno visibili.
» grasso	Pori larghi: fibre slegate: il legno secco ha colore giallo-rosso: posto nell'acqua ne inzuppa meno che il legno sano: non prende il lustro: lasciandovi cader sopra una goccia d'acqua, questa si spande per tutti i versi: non fa schegge rompendosi.
» vergheggiato	Vene bianche, rosse, nere; più umido del legno sano: primi caratteri della putrefazione.
» riscaldato	Macchie disseminate nella sezione trasversale: odore acido e sgradevole di bruciaticcio.
» putrefatto o fracido	Odore sgradevole: legno friabile di color nerastro o bruno-rosso. Putrefazione avanzata.
» cariato	Odore acido: legno friabile, presenza di vegetali parassiti. Ultimo stadio di putrefazione.
» decrepito	Difficile a riconoscersi. Quantità di piccole screpolature attraverso le fibre: i legni secchi hanno un colore appannato, odore appena sensibile: il legno è molle; sovente è lunato con presenza di fungosità.
» nero	Vene nere, odore naturale molto affievolito.
» tarlato	Atraversato internamente da fori. Presenza dei tarli o delle brume.

I legnami che presentano questi vizi, in qualsivoglia grado, sono da rifiutarsi.

La *percussione* è il mezzo con cui si provano e scandagliano le travi che non presentano esternamente segni di guasti interni. Appoggiate orizzontalmente sopra due sostegni, si battono con una mazza e se non sono sonore, questo significa che hanno qualche vizio nascosto, del quale si va alla ricerca.

Tabella II. — Principali qualità fisiche dei legnami.

Massima	Media	Mediocre	Debole	Minima
Resistenza				
Quercia, larice, frassino, carpino, olmo, faggio, pino silv., castagno.	Abete, ontano, noce.		Pioppo, tiglio, platano, salice.	
Elasticità				
Tasso, frassino, acacia.	Larice, pino, abete, olmo, quercia giovane.	Betulla, faggio, acero.	Tiglio, platano.	Pino, pioppo.
Durezza				
Rosso, corniolo.	Acerò, carpino, ciliegio selvatico, tasso, frassino, robinia, olmo.	Acerò bianco, faggio, noce, castagno, sorbo, quercia, rovere.	Abete rosso e bianco, ippocastano, ontano, betulla, larice, pino, ciliegio a grappolj.	Pino d'America (<i>Pinus excelsa</i>), pioppo, salice, tiglio.
Durata				
Rosso, cedro, cipresso (quasi incorruttibili), quercia, olmo, larice, pino pinastro, pino nero, pino cembro, pino silvestre, robinia (lunga durata), e sotto acqua ontano, castagno e noce.	Castagno, abete rosso e bianco, frassino, faggio e noce (sotto acqua).	Faggio, carpino, pino domestico, acero, ontano, ciliegio selvatico, betulla.		Pioppo tremulo, tiglio, pioppo, salice.

Tabella III. — Dimensioni e pesi medi dei legnami d'opera.

NOME DELL'ALBERO	ALTEZZA in metri		Diametro ordinario del fusto in millimetri	Groscezza media degli anelli in millimetri	TERRENO PREFERITO DALL'ALBERO	Bia media dell'albero per il taglio in anni	PESO del metro cubo in Kg.		ANNOTAZIONI
	totale	del tronco					Fresco	Secco	
Quercia { pedunculata leccio	15 a 40	5 a 15	0,81	2,5	Mobile, marnoso o calcare, ma un po' fresco Calcare	250 200 200	1300 1100 —	870 800 900	Al'Esposizione di Parigi del 1889 figuravano rotelle di quercia pedunculata del diametro di m. 1,40, ed in rovere del diam. di m. 1,45, di leccio del diam. di m. 0,90; la prima pro- veniente da un albero di 267 anni, la se- conda da uno di 250 e la terza da uno di 150 anni.
Castagno	5 a 20	4 a 15	0,72	2,5	Argilloso leggero	200	1000	680	Alla stessa Esposizione figurava una rotella di olmo del diam. di m. 1,20 proveniente da un albero di 170 anni.
Olmo	15 a 40	5 a 15	0,80	3,5	Marnoso	100	1100	690	
Noce	8 a 19	2 a 9	0,95	4,5	Profondo, solido, grasso	—	1000	660	Alla detta Esposizione figurava una rotella di faggio del diam. di m. 1,60 proveniente da un albero di 200 anni.
Faggio	15 a 30	5 a 15	0,76	3,0	Qualunque, però di mezzana consistenza e non troppo umido	150	1180	730	Alla detta Esposizione figurava una rotella di faggio del diam. di m. 1,45 tagliata da un albero di 170 anni.
Frassino comune	15 a 40	5 a 12	0,60	4,4	Umido, marnoso	120	940	740	
Pino { silvestre dumescico calabrese	20 a 40 25 15 a 40	5 a 15	0,90	2,5	Profondo e leggero Con silice e calcare	100 a 200	1700 —	536 570	Il pino può raggiungere anche il diametro di m. 1,30 e m. 1,60.
Abete bianco (avezzo) ↳ russo (pezzo)	15 a 40 30 a 50 15 a 40	30 30 8 a 30	1,30 0,90	3,0 3,0	Profondo e leggero Argilloso, calcare, fresco e facile da penetrarsi ↳ Sciolto e leggero, alquanto umido e profondo	120 130 120	900 870 1000	420 500 656	
Pino d'America (pitch-pine)	25	20	0,90	—	—	—	—	580	
Cipresso	8 a 30	4 a 13	0,70	1,5	Secco, caldo	—	760	690	
Tasso	8 a 15	2 a 6	0,37	1,0	Calcareo fresco	—	—	778	
Pioppo bianco ↳ tremulo	15 a 40 5 a 15	6 a 20 5 a 15	0,80	4,5	Siliceo-argilloso, grasso, umido, profondo	35 a 45	1230 900	478 470	
Ontano	15 a 40	5 a 15	0,75	3,0	Umido, palustre	50	1000	550	
Betulla	10 a 25	5 a 15	0,70	3,5	Sassoso, con sabbie grasse	50	1050	640	
Carpino	8 a 22	3 a 10	0,55	2,5	Siliceo, argilloso; meglio nel calcareo, pro- fondo, fresco	140	1280	920	Il peso varia assai a seconda della quantità di resina che il legno contiene.
Acerò	15 a 30	5 a 15	0,75	5,0	Arido, profondo, fresco	120	1060	670	
Tiglio	12 a 20	5 a 15	0,65	4,0	Sabbioso umido	100	—	560	
Platano	15 a 35	5 a 15	0,45	4,5	Secco, leggero	40	10 5	650	Il platano può raggiungere m. 2,30 il diam.
Salice	8 a 15	4 a 10	0,30	9,0	Paludoso	40	540	450	
Acacia	8 a 15	4 a 8	0,50	3,0	Ghiatoso	—	1066	715	

In quanto alla resistenza dei legnami non si hanno dati concordi fra i diversi sperimentatori. È poi noto che i legnami presentano resistenze assai diverse secondoche le forze che li cimentano sono dirette nel senso delle fibre o tangenzialmente o normalmente alle medesime, e tendono a comprimerle o a tenderle.

Tabella IV. — Resistenza alla trazione.

Indicazione dei legnami	Carico di rottura in Kg. per cm ²	Indicazione dei legnami	Carico di rottura in Kg. per cm ²
Abete bianco	800	Noce	968
» rosso	700	Olmo	182 a 1040
Acacia	247 a 1188	Ontano	314 a 460
Acero	291 a 1286	Pino d'America (<i>pitch-pine</i>) .	111 a 1048
Betulla	314 a 648	» silvestre	144 a 1279
Faggio rosso	111 a 1527	Pioppo (<i>tremula</i>)	338 a 324
» silvestre	274 a 1394	Quercia	223 a 1452
Frassino	522 a 1210	Tiglio	943

Questi risultati sono dell'Hoyer, all'infuori di quelli relativi all'abete.

Tabella V. — Resistenza alla compressione.

Indicazione dei legnami	Carico di rottura in Kg. per cm ²	Indicazione dei legnami	Carico di rottura in Kg. per cm ²
Abete bianco	500	Olmo	726
» rosso	450	Ontano	489
Faggio { II	658	Pino { II	450
{ I	350	{ I	220
Frassino { II	660	Pioppo	360
{ I	350	Quercia { II	707
Larice	391	{ I	350
Noce	508	Salice	431

Osservazioni.

Il segno II significa « nella direzione delle fibre » e il segno I « in direzione normale alle fibre ».

In queste due tabelle i risultati relativi all'abete sono del Mazzocchi.

Quando una trave compressa nella direzione del suo asse oltrepassa una certa lunghezza, la sua resistenza diminuisce a motivo della inflessione che subisce la trave medesima: perciò si adottarono dei coefficienti, di cui si parlerà in seguito.

Per i legnami il carico *R* di sicurezza si tiene uguale $\frac{1}{10}$ del carico di rottura e praticamente possono servire le cifre della seguente tabella (vedi tabella II):

Tabella VI. — Coefficienti pratici di resistenza.

Indicazioni	Carico di sicurezza R in Kg. per cm ²		
	Trazione e compressione	Flessione	
Legnami di massima resistenza {	qualità ottima	80	50 a 60 { legni di ottima qualità
	» media	60	
	» ottima	50	
» di media » {	» media	40	30 a 40 { legni di qualità mediocre
	» ottima	30	
» di debole » {	» ottima	30	
	» media	20	

d) *Disseccamento e stagionatura dei legnami da costruzione.* — Disseccandosi il legno si contrae e per la sua contrazione completa occorrono diversi anni a seconda della sua essenza.

La tabella seguente dà la contrazione lineare dei legnami usuali.

Tabella VII. — Contrazione dei legnami.

Denominazione dei legnami	Contrazione per 100 nel senso		
	della lunghezza del tronco	del raggio della sezione retta	tangenziale alla periferia della sezione retta
Abete rosso	0,09	2,08	2,62
Acero	0,11	2,06	4,13
Betulla	0,50	3,05	3,19
Faggio bianco	0,21	6,82	8,00
» rosso	0,20	5,25	7,03
Frassino	0,26	5,35	6,90
Olmo	0,05	3,85	4,10
Ontano	0,30	3,16	4,13
Pino silvestre	0,01	2,49	2,87
Pioppo	0,06	3,33	3,97
Quercia	0,03	2,65	4,13
Tiglio	0,10	5,73	7,17

Il *disseccamento o stagionatura naturale* è di almeno 5 anni per la quercia e di 4 anni per gli altri legnami.

Il *disseccamento artificiale* si fa in forni o in camere calde a circa 40° per la quercia e il faggio, ed a 50° per le conifere. Facendo agire l'aria calda per 12 ore al giorno occorrono:

settimane	1	2	3	4	7	10
per legnami aventi grossezza di mm.	25	50	75	100	150	200

Nelle costruzioni sarebbe prudente non adoperare legname che non abbia almeno 2 o 3 anni di stagionatura; però è invalso il concetto che nelle consuete costruzioni possa bastare la stagionatura corrispondente a un anno dal taglio della pianta.

Riesce molto difficile determinare la stagionatura di un albero o di un legname lavorato: ad ogni modo tenendo conto di speciali osservazioni si può all'incirca riuscirvi.

Prima di tutto si può ricorrere al seguente quadro nel quale sono indicati i pesi di alcune essenze a seconda del tempo di loro stagionatura.

Tabella VIII.

Tempo trascorso dal taglio	Peso in Kg. di 1 metro cubo di legno di					
	Quercia	Faggio	Frassino	Noce	Ontano	Pioppo
mesi 0	1180	1180	940	960	950	920
» 1	1100	950	930	800	730	700
» 2	1000	860	890	720	630	600
» 4	920	770	800	670	550	480
» 8	850	750	770	660	550	450
anni 1	840	740	760	660	550	470
» 4	830	730	750	650	540	460
» 6	830	730	740	650	540	470

Con questo sistema l'incertezza rimane pur sempre grande, e quindi si potrebbe ricorrere a quest'altro mezzo.

Tutti i legnami contengono acqua igrometrica in minore o maggior grado a seconda dell'essenza loro e della loro secchezza. Però si è riconosciuto che in massima dopo due anni di taglio i legni non contengono più che il 20 % di acqua, e che tenuti in una stufa per due ore alla temperatura di 160° perdono completamente l'acqua igrometrica.

Perciò per determinare la stagionatura di un legname si potrebbe, dopo averne preventivamente pesato un pezzo, portare questo pezzo in una stufa a riscaldamento diretto o a vapore soprariscaldato e tenervelo per due ore alla temperatura di 160°. Tolto dalla stufa il pezzo si ripesa; se ha perduto un peso corrispondente al 20 per cento, allora si può dire che il legname ha certo due anni di stagionatura; se invece si trovasse un peso corrispondente al 30 o al 40 per cento, allora il legno è senza dubbio di taglio assai più recente. Così per esempio se un pezzo di legno pesa Kg. 920 e dopo il riscaldamento nella stufa solamente 736, i Kg. 184 di differenza rappresentano precisamente l'acqua igrometrica in esso contenuta; e siccome tale differenza corrisponde al 20 per cento, così il legname è di due anni. In massima si può ritenere che:

Legni recentemente tagliati	contengono	0,45	di acqua e perdono	del peso totale primitivo	0,00
> dopo 6 mesi di taglio	>	0,35	>	>	0,15
> dopo 1 anno	>	0,26	>	>	0,27
> dopo 2 anni e più	>	0,20 ÷ 0,15	>	>	0,31

e) *Conservazione dei legnami.* — Per impedire che i legnami siano attaccati dai vermi, dalle carie o si guastino in qualsiasi altro modo si usano diversi mezzi e cioè:

a) La coloritura ad olio, che si deve ripetere di quando in quando;

b) Le spalmature a caldo con catrame, con vernici, con soluzioni di vetro solubile, con carbolineum o con mastici.

Le vernici più in uso sono le seguenti:

Vernice verde	Vernice color perla	Vernice color legno
Olio di lino Kg. 0,16	Olio di lino Kg. 0,16	Olio di lino Kg. 0,16
Biacca di piombo . . . > 1,00	Biacca di piombo . . . > 1,00	Biacca di piombo . . . > 1,00
Verderame > 0,08	Nero fumo > 0,08	Ocra gialla > 0,08
—	—	Ocra rossa > 0,08

Fra i mastici più usati si cita quello a sabbia. Si spolvera con sabbia silicea finissima il legname stato preventivamente spalmato d'olio, e si ripete l'operazione per tre o quattro volte.

Un altro composto buonissimo, in ispecie per pali infissi nel terreno umido, consiste nella miscela a caldo di 50 parti di resina, 40 di creta polverizzata, 300 di sabbia silicea purissima, 4 di olio di lino, 1 di ossido di rame, 1 di acido solforico: si forma una pasta viscosa, che stesa sul legno si rassoda e si indurisce preservandolo dalle azioni esterne;

c) Le iniezioni antisettiche:

α) al solfato di rame: 1 p. del sale in 50 parti di acqua; pressione di 8 ÷ 10 atmosfere;

β) al cloruro di zinco: 1 p. del sale in 24 p. di acqua per 1 ÷ 2 ore nel vuoto, poi per 1 ÷ 2 ore ad 8 atmosfere;

γ) al sublimato corrosivo: 1 p. del sale in 50 p. di acqua con immersione per 8 ÷ 9 giorni.

Per le opere di grande importanza non conviene adoperare che legnami stagionati naturalmente e non stati sottoposti ad iniezioni di sorta.

Per preservare i legnami interrati dagli effetti dell'umidità si usa la carbonizzazione col sistema Hugon.

Anche pei legnami murati si devono usare speciali precauzioni, lasciando che intorno alla parte murata circoli liberamente l'aria affinchè il legname non impudrisca. — Di ciò si dirà in appresso.

f) *Taglio del legname d'opera.* — I grossi tronchi si chiamano *ceppi da sega* e servono ottimamente per ricavarne panconi e tavole. Il così detto legname medio e piccolo fornisce le travi, i travicelli, i correnti e i listelli.

La squadratura dei legnami è *grossolana* od a *squadra viva*. La prima, che si eseguisce nel bosco, ha per iscopo di staccare dal tronco l'alburno e di rendere più leggero il tronco, che dopo la squadratura presenta una sezione simile a quella della fig. 1. — La squadratura a *squadra viva*, generalmente ottenuta colla sega, dà luogo a faccie piane ed a spigoli vivi, senza smussature.



Fig. 1.

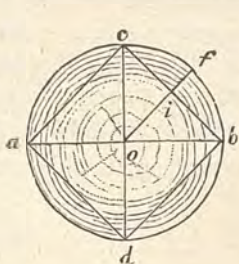


Fig. 2.

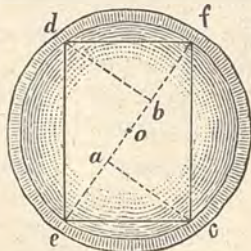


Fig. 3.

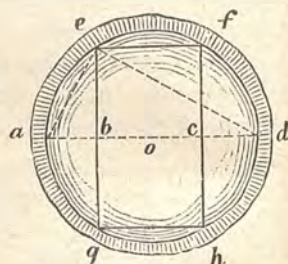


Fig. 4.

La squadratura detta con *tolleranza di smussi* presenta spigoli ad angolo ottuso, o spigoli che conservano una parte di alburno. Lo smusso o l'alburno non devono però essere maggiori di $\frac{1}{4}$ della larghezza delle faccie piane della trave.

Tagliando una trave da un tronco si ottengono delle tavole dette *sciaveri* o *scorzoni*, o *tavole di sfacciatura* (fig. 2), la cui grossezza *if* si può determinare graficamente com'è indicato nella figura, oppure usando la formola

$$g = r - \frac{r\sqrt{2}}{2} \quad (\sqrt{2} = 1,4142)$$

in cui *g* è la grossezza dello scorzone ed *r* il raggio dell'albero.

Le travi presentano la massima resistenza alla flessione quando i lati della loro sezione stanno fra loro come $1 : \sqrt{2}$, ossia, con sufficiente approssimazione, come 5:7. Questa sezione si ottiene tirando il diametro *ef* (fig. 3), dividendolo in tre parti uguali e innalzando delle perpendicolari ad esso dai punti di divisione. Queste daranno i punti *c* e *d*; la sezione cercata sarà il rettangolo *cfde*. Quando invece si vuole che la saetta d'incurvamento sia la minima, allora la larghezza della trave deve stare alla sua altezza come $1 : \sqrt{3}$, ossia approssimativamente come 4:7. Si ottiene questa sezione dividendo il diametro *ad* (fig. 4) in quattro parti uguali ed elevando le normali ad esso dai punti di divisione *b* e *c*.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

Fig. 5 a 8. — Maniere diverse di segare i ceppi da sega.

Legnami di queste e simili sezioni si chiamano *travi a legno intero* in opposizione alle *travi di mezzo legno* (fig. 5) ed a quelle *da croce* ottenute colla divisione indicata dalla linea punteggiata nella stessa figura 5.

Le disposizioni di taglio indicate nella fig. 5 sono entrambe difettose, perchè passando il taglio per l'asse del tronco, i legnami che se ne ricavano facilmente si contorcono. Migliori sono i modi di taglio indicati dalle figure 6 e 7: nel 1° caso si hanno in giro 4 tavole da sfacciatura, nel 2° anche 8 correnti. La fig. 8 rappresenta un taglio che dà molti correnti: le tavole che si ottengono restano da una parte già senz'altro squadrate.

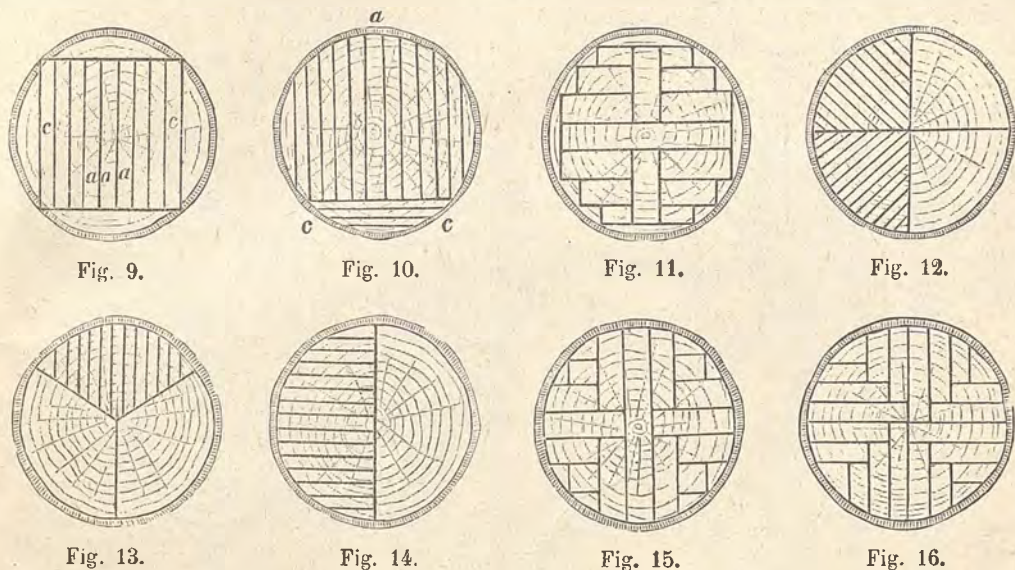
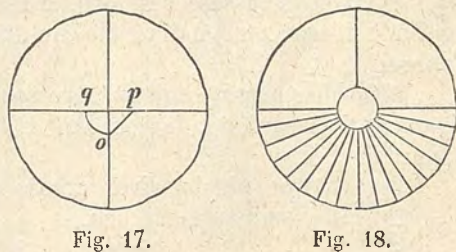


Fig. 9 a 16. — Maniere diverse di segare i ceppi da sega.

Le figure 9 a 16 rappresentano altri sistemi di segatura dei tronchi. Le tavole centrali *a* (figure 9, 10, 11) sono nella direzione dei raggi midollari, ma le estreme *c* sono da questi tagliate, epperò soggette a fendersi e ad incurvarsi nel disseccarsi. Per evitare, o scemare, questi inconvenienti si sono adottati i sistemi delle fig. 12 a 16.

Un altro sistema è quello indicato dalle figure 17 e 18.

Dopo avere spaccato in quattro parti il tronco e aver tolto gli spigoli che corrispondono all'asse, formando le faccie piane *po* con l'ascia o con l'ascia torta, ovvero formando un guscio *qo* operato con l'ascia a sgorbia (fig. 17), si dividono i quartieri con linee che convergono al centro (fig. 18). Con questo metodo ne risultano tavole tutte uguali in larghezza, di diversa grossezza agli orli, ma però tutte tagliate secondo i raggi midollari ed opportune alle migliori opere. Queste tavole si riducono colla pialla ad uniformità di grossezza, togliendovi legno da una faccia e conservando intatta l'altra. Le tavole così ricavate non s'incurvano e danno luogo ad opere più belle, soprattutto quelle formate con legno di quercia, perchè questo legno, pulito colla pialla sulle faccie dirette secondo i raggi midollari, presenta una quantità di laminette brillanti. Con questo metodo si spreca però alquanto legname.



Altri sistemi sono rappresentati nelle fig. 19 e 20. Dalla prima si vede come il tronco venga diviso in 9 settori, da otto dei quali, e per ciascuno di essi, si ricavano due tavole lunghe di grossezza costante e due più corte, lunghe solo la metà delle

prime, ma anch'esse di grossezza costante, più quattro pezzi cuneiformi, i quali, con ulteriore lavorazione, possono tornar utili in diverso modo. Il nono settore produce la metà di ciò che dànno gli altri.

Secondo la fig. 20 il tronco sarebbe diviso in cinque settori da ognuno dei quali si ricaverebbero otto tavole lunghe, uguali fra loro, e tre più corte pure uguali fra loro.

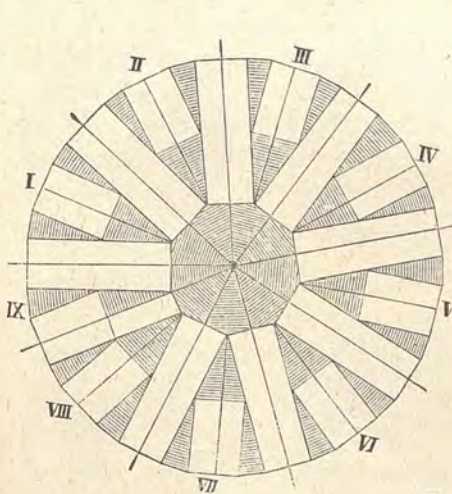


Fig. 19.

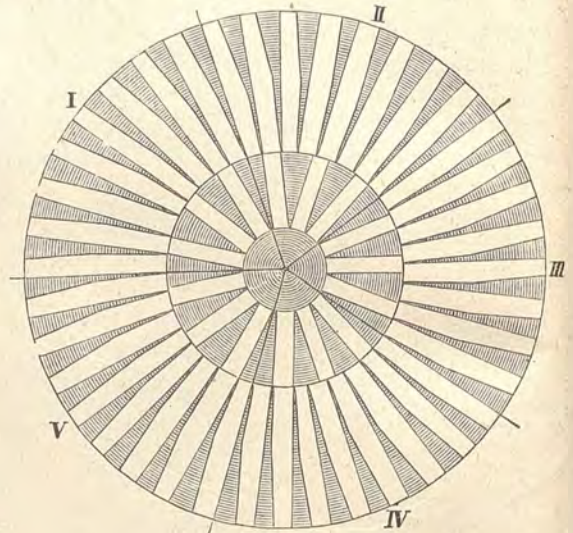


Fig. 20.

Fig. 19 e 20. — Altre maniere di dividere in tavole i ceppi da sega.

Riducendo un tronco in travi, travicelli, tavole, ecc., bisogna cercare di utilizzarlo il meglio possibile. Un tronco di 30 cent. in testa può dare:

12 tavole smussate agli orli, grosse cm. 2, larghe da cm. 17 a 30 e quindi per ogni m.l. di tronco, m² 2,80 di tavole con due sciaveri.

oppure:

8 tavole smussate agli orli, grosse cm. 3 e larghe da cm. 18 a 30 e quindi per ogni m.l. di tronco m² 2 di tavole con due sciaveri.

oppure:

6 tavole smussate agli orli, grosse cm. 4 e larghe da cm. 17 a 30 e quindi complessivamente per ogni m.l. di tronco m² 1,40 di tavole con due sciaveri piccoli.

oppure anche:

6 tavole a spigolo vivo, grosse cm. 4 e larghe cm. 16

2 > smussate agli orli, > 3 > > 22

2 > > > > 2 > > 13

con due sciaveri piccoli.

oppure ancora:

36 listelli a spigolo vivo, larghi cm. 5, grossi cm. 2

8 listelli smussati agli orli di dimensioni uguali, con alcuni correnti da soffitto o consimili, ecc.

La tabella IX (Gottgetreu) dà le dimensioni delle travi che si possono ricavare da tronchi colla scorza aventi il diametro alla testa di cm. 15 fino a cm. 47. In essa h è l'altezza della sezione della trave, b la larghezza, F l'area della sezione e $W = F \frac{h}{6}$ il suo momento di resistenza. — Le cifre in carattere grasso corrispondono alle sezioni in cui $b:h = 5:7$ ossia a quelle di massima resistenza.

Per la preparazione del legname da costruzione è importante osservare gli *anelli annuali* che sovente sono di ineguale larghezza e diversa sodezza; nell'essiccamento gli strati soffici si ritirano più che i compatti e perciò il legno si incurva (fig. 21). Le travi di tali legnami si devono collocare in modo che il carico agisca in senso opposto all'incurvamento. Gli anelli d'anno non colpiti nella preparazione della trave sono più resistenti di quelli che lo furono; perciò una trave di legno tondo ha presso a poco la stessa resistenza di una con sezione quadrata, il cui lato sia uguale al diametro della trave tonda. L'uso delle travi tonde è quindi più economico e sempre da preferirsi, quando non sia necessario avere una superficie piana.

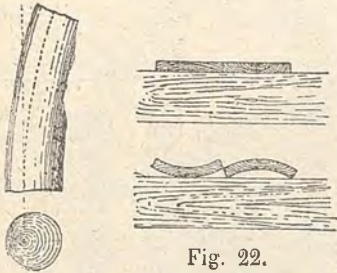


Fig. 21.

Per le travi smussate bisogna osservare che lo smusso non ecceda $\frac{1}{3}$ della larghezza della trave e non si prolunghi oltre $\frac{1}{5}$ della lunghezza della trave stessa affinché questa non venga troppo indebolita.

Alberi cresciuti curvi possono dare buoni legnami per ricavarne travi interi, purchè sieno adoperati con cautela; se si tagliano dritti nella curvatura, si incurvano presto di nuovo. L'applicazione di alberi cresciuti torti è ancora più difficile. Anche per le tavole si deve avere riguardo alla parte della sezione donde sono prese; se, per es., due assi sono collocati come nella fig. 22, in modo che l'una abbia la parte più vicina al midollo rivolta all'insù e l'altra all'ingiù avviene, come la figura lo dimostra, che si contorcono in senso opposto l'una all'altra.

g) *Assortimento dei legnami nel commercio.* — Le denominazioni variano molto da regione a regione; tuttavia, restando le distinzioni e le dimensioni quasi sempre comprese fra gli stessi limiti, si può ritenere che i legnami di assortimento comprendono

Tabella X. — Denominazioni principali dei legnami nel commercio.

N. d'ord.	DENOMINAZIONE	Diametro in m.	Lunghezza in m.	Larghezza in m.	Groschezza in m.	ANNOTAZIONI
1	Abetelle	0,10 ÷ 0,25	20	—	—	Abeti recisi, rimondi, lunghi e sottili, dette anche <i>stili</i> , impiegate principalmente per la costruzione dei ponti di servizio.
2	Pali	0,15 ÷ 0,30	fino a 9	—	—	Per fondazioni.
3	Travi	—	5 ÷ 15	0,20 ÷ 0,15 e anche 0,50	0,14 ÷ 0,35 e anche 0,40	Squadrate a filo vivo o con tolleranza di smussi. Quelle rotonde da tetto hanno groschezza tra m. 0,17 e m. 0,30 e lunghezza da m. 5 a m. 8,50.
4	Travicelli	—	3,50 ÷ 5,50	0,12 ÷ 0,18	0,08 ÷ 0,15	Squadrate.
5	Tavoloni o panconi	—	3 ÷ 6,00	fino a 0,40	0,04 ÷ 0,10	Segati
6	Tavole od assi	—	2,40 ÷ 5,00	0,14 ÷ 0,34 con gradazioni di cm. 2	0,035 ÷ 0,05	Le assi si distinguono in <i>assi di 1ª qualità</i> , aventi pochi nodi fissi, senza nodi mobili o trasversali, senza fenditure, macchie o altri difetti; <i>assi di 2ª qualità</i> , nodose o con spaccature o macchie, o fibre assai torte e larghe; <i>assi di 3ª qualità</i> , che hanno i sopradescritti difetti in modo marcatissimo.
7	Assicelle	—	2,50 circa	—	0,012 ÷ 0,025	
8	Correnti	—	3 ÷ 9	—	0,08	Specialmente per l'ossatura dei tetti.
9	Correntini o listelli	—	3 ÷ 8	0,045 ÷ 0,065	0,035 ÷ 0,045	Id.
10	Piane	—	3 circa	0,06 ÷ 0,09	0,04	Per soffitti, tramezze e simili.
11	Piallacci	—	—	0,20 ÷ 0,25	0,10 ÷ 0,15	Sono un mezzo fusto segato pel lungo.
12	Sciaveri o scorzoni	—	1,50 ÷ 3	0,20	0,03 ÷ 0,04	

Il *pino d' America* (*pitch-pine*), detto volgarmente *larice rosso d' America*, giunge in Italia già squadrato ordinariamente colle seguenti dimensioni:

Travi di sezione quadrata da cm. 20 ÷ 56 e lunghezza da 8 ÷ 20 metri.

Tavoloni larghi cm. 22 ÷ 28, grossi cm. 7, 7 1/2, 8, 8 1/2, 9, 9 1/2, 10, 10 1/2, 11, 12, 13, 14, 15 e lunghi da 4 ÷ 12.

Tavole larghe cm. 20 ÷ 25, grosse cm. 4, 4 1/2, 5, 5 1/2, 6, 6 1/2, lunghe m. 4 ÷ 10

> > > 20 ÷ 25 > > 2, 2 1/2, 3, 3 1/2 > m. 4 ÷ 8

> segate per tavolati da pavimenti, larghe cm. 10 ÷ 16, grosse cm. 2 1/2, 3, 3 1/2, lunghe m. 4 ÷ 8.

Questi legnami di *pitch-pine* sono a spigolo vivo, senza smussature e la larghezza e la grossezza delle tavole sono costanti. I legni per alberatura dei bastimenti raggiungono fino 25 m. di lunghezza. — I tavoloni possono raggiungere la larghezza di cm. 40.

B. — COSTRUZIONI CON TRAVI

I. — Congiunzioni semplici di legno con legno e con ferro.

Il semplice allungamento di un pezzo di legno collocato orizzontalmente può essere fatto o a *giunto di testa* o per *sovrapposizione*. Per travature posate sopra muri, basta far combaciare le travi testa a testa con impostatura diritta, obliqua o ad inclinazioni opposte, come nella fig. 23, *a*, *b*, *c*. Per assicurare il giunto può servire un doppio arpione di ferro.

Per i giunti di radici e di travi per impalcature si deve applicare una congiunzione adatta all'esigenza del caso particolare. Quando lo sforzo di trazione sui pezzi riuniti sia moderato, bastano le semplici giunzioni a *mezzo legno*, quali sono rappresentate nella fig. 24. In *b* si ha quella con *impostatura diritta* od *obliqua* (punteggiata); in *c* quella con *battente obliquo* e in *d* quella con *battente diritto* e *impostatura obliqua a dente e canale* (detta anche a *maschio e femmina*, oppure a *tenone e mortisa*). Si usa pure l'unione detta a *tanaglia*, indicata in *a*. Queste commettiture vengono munite di un doppio foro per inserirvi caviglie di legno.

Un altro genere di unione a mezzo legno è dato dalla fig. 25 *a*, la quale presenta un doppio intaglio a mezzo legno diritto od obliquo (punteggiato), in forma di uncino; quando l'intaglio è obliquo si può assicurare l'unione anche contro uno sforzo in senso perpendicolare, introducendovi un cuneo. Le fig. 25 *b* e 25 *c* indicano una *unione a dente nascosto* diritta od obliqua, e la fig. 25 *d* la unione detta a *zig-zag* o a *dardo di Giove cuneiforme in testa*, o con *denti obliquangoli*. La fig. 25 *e* rappresenta l'*unione a dardo di Giove con biette*, le quali servono a stringere l'unione, essendo fatte a cuneo. La lunghezza dell'unione è 2,5 ÷ 3,5 volte l'altezza delle travi che si congiungono.

Legni piuttosto grossi si possono riunire anche con un triplice intaglio obliquo o a *doppio dardo di Giove con denti obliquangoli*, come si vede nella fig. 26 *a*, ove è indicata anche la posizione delle legature con ferro piatto. La lunghezza dell'unione si fa 3 ÷ 4 volte l'altezza della sezione retta dei pezzi.

La grande perdita di legno che si verifica in questa commettitura viene evitata col sistema rappresentato nella fig. 26 *b*, in cui ciascuno dei due pezzi da riunirsi porta sulle teste un intaglio a impostatura diritta od obliqua, e in ogni intaglio viene a impegnarsi il dente di un pezzo a forcella. Opportune caviglie servono ad assicurare il collegamento. La fig. 26 *c*, rappresenta l'unione a *mezzo legno con dente a coda di rondine*: la forma di questo dente assicura l'unione contro gli sforzi tanto trasversali quanto



Fig. 23. — Allungamento di travi poste orizzontalmente.

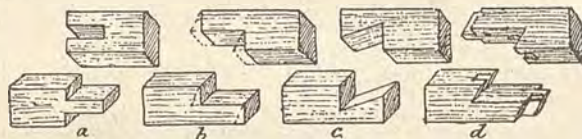


Fig. 24. — Allungamento di travi poste orizzontalmente con giunti di punta a tanaglia e a mezzo legno.

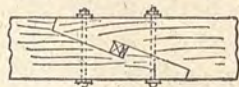


Fig. 25 e. — Unione a dardo di Giove con biette.

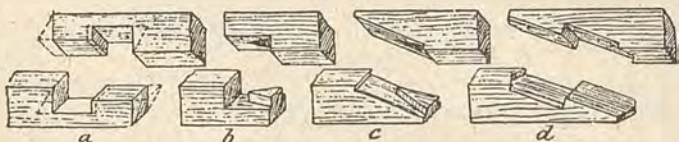


Fig. 25. — Allungamento di travi poste orizzontalmente con unioni di punta.

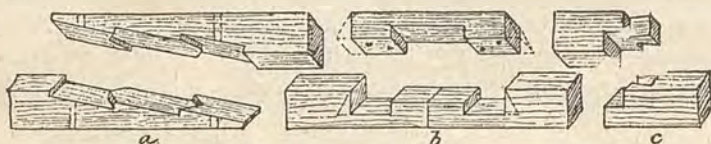


Fig. 26. — Allungamento di travi orizzontali con unioni di punta.



Fig. 29. — Unione di punta per tavoloni.

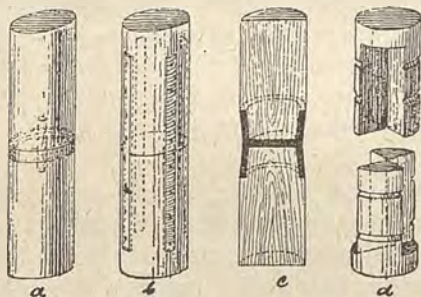


Fig. 27. — Intestature di travi rotonde.

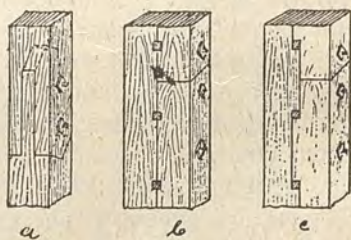


Fig. 30. — Intestature di travi.

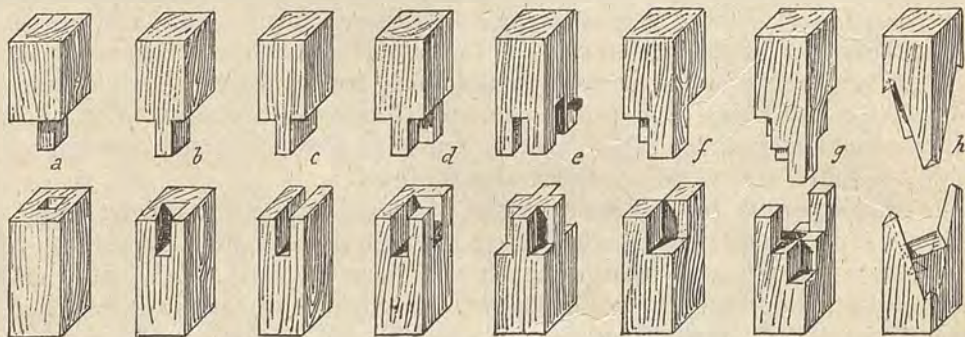


Fig. 28. — Unioni di punta per legnami posti verticalmente e a sezione rettangolare o quadrata.

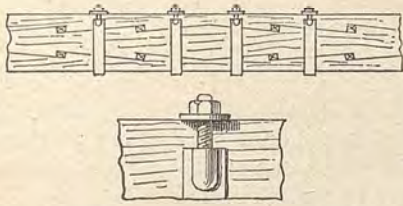


Fig. 31. — Unioni di tre travi sovrapposte

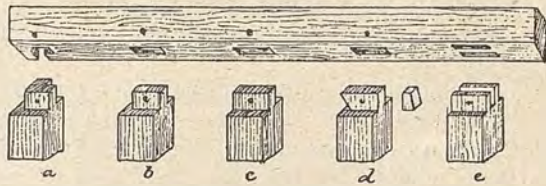


Fig. 32. — Unioni di pezzi fra loro perpendicolari, per esempio di ritti con traverse.

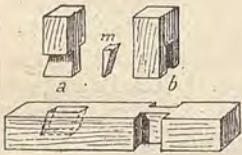


Fig. 33. — Unioni di ritti con traverse di base o radici.

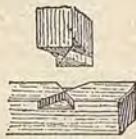


Fig. 34. — Incastro a croce.

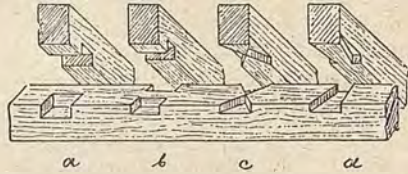


Fig. 35. — Committiture per pezzi che s'incontrano ad angolo retto e in piani orizzontali.

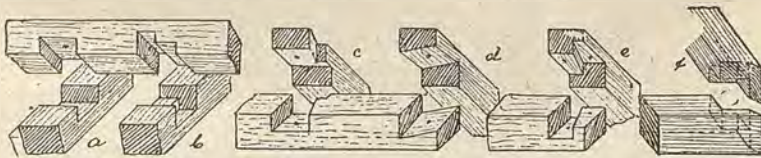


Fig. 36. — Unioni per travi le cui facce superiori devono trovarsi in uno stesso piano orizzontale.

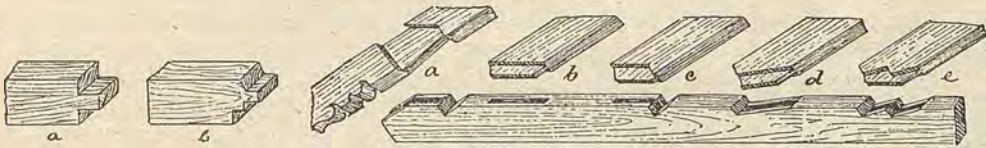


Fig. 37.

Fig. 38. — Unioni di pezzi che s'incontrano obliquamente.

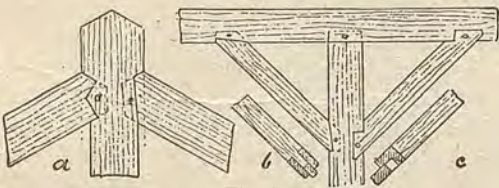


Fig. 39.

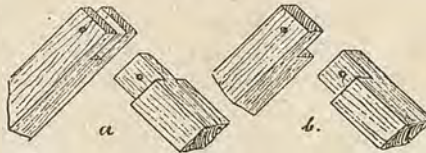


Fig. 40. — Unioni d'angolo.

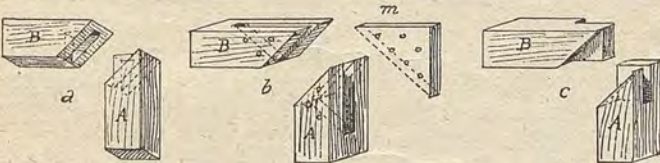


Fig. 41. — Unioni d'angolo con giunto apparente diagonale.

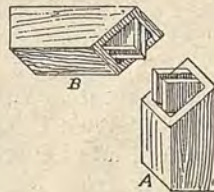


Fig. 42. — Unione d'angolo con giunti apparenti diagonali e denti rettangolari nascosti.

longitudinali. Le unioni a *dardo di Giove* (fig. 25 d, 25 e, 26 a), e anche quella della fig. 26 b, sono specialmente usate per congiungere le travi, che formano la catena delle incavallature.

L'allungamento di legnami collocati verticalmente, si dice *intestatura*. Trattandosi di legnami rotondi si può assicurare una testata all'altra mediante una spina di ferro (fig. 27 a), o con alcune liste di ferro piatto (reggie) fig. 27 b, o con un doppio bossolo in ghisa (27 c), oppure coll'unione *cruciforme* e fasciature di nastri di ferro (27 d).

Legnami a sezione rettangolare possono venire riuniti nei modi indicati dalle fig. 28 e 29. Nella fig. 28 l'unione *a* è detta a *dente e canale* (*tenone e mortisa*); il dente si tiene quadrato con lato uguale ad $\frac{1}{3}$ della grossezza della trave: la unione *b* è detta a *tenone e mortisa marginali a coda di rondine*; l'altezza del trapezio sezion retta della mortisa si fa uguale alla metà del lato maggiore dei pezzi, mentre la base minore del trapezio stesso si fa uguale a $\frac{1}{3}$ del lato minore dei pezzi, e la base maggiore a $\frac{1}{2}$ del lato stesso; l'altezza del tenone si tiene circa uguale al lato minore dei pezzi. La unione *c* è detta a *tanaglia* ed è simile alla *a* della fig. 30, nella quale però si hanno le teste tagliate ad angolo obliquangolo od a cuneo. La unione *d* è detta ad *incastro capriolato*, ed in essa la larghezza del vano sulle fronti del pezzo inferiore è uguale ad $\frac{1}{3}$ della larghezza delle fronti medesime: l'altezza della parte a tenone si fa uguale $\frac{1}{2} \div 1$ volta la larghezza della faccia minore dei pezzi. La unione *e* vien detta ad *incastro a croce*; anche qui la larghezza dei vani si tiene fra $\frac{1}{3}$ ed $\frac{1}{4}$ del lato minore della sezione retta dei pezzi, e l'altezza dei vani stessi $1 \div 1,5$ il lato medesimo. Per consolidare l'unione si potrebbe disporre una fasciatura di ferro in vicinanza della radice del tenone, e tagliare la testa dei tenoni ed il fondo dei vani corrispondenti leggermente ad ungh'a. L'unione *f* è detta a *tanaglia per gli spigoli*: in essa i due pezzi si foggiano nelle estremità da collegarsi con forma identica e in modo da presentare sugli spigoli due tenoni a sezione quadrata, con lato uguale alla metà del lato minore della sezione retta dei pezzi; anche qui per rendere più solida l'unione si potrebbe tagliare leggermente ad unghia le teste dei tenoni ed i fondi degli incastri. L'unione *g* è detta a *croce ed a tanaglia per gli spigoli*, ma non è troppo usata perchè richiede troppa mano d'opera. L'unione *h* si chiama ad *unghia sugli spigoli*: la sua altezza è $2,5 \div 3,5$ volte la larghezza dei pezzi. Anche questa unione non è troppo adoperata, perchè di difficile esecuzione. Allorchè si devono unire per punta due favoloni si usa l'unione rappresentata nella fig. 29. Le estremità che formano l'unione hanno forma identica, e la lunghezza dell'unghia si fa $2 \div 3$ volte la larghezza dei tavoloni.

Quando le travi verticali debbono venire raddoppiate si usano i sistemi indicati nella fig. 30 b e c, in cui si vedono adoperate biette e chiavarde di ferro.

Se si devono connettere due o più travi disposte orizzontalmente e sovrapposte per tutta la loro lunghezza, si ricorre all'unione con *denti cuneiformi e biette*, ossia all'unione a dardo di Giove. Nella fig. 31 è indicata l'unione di tre travi colla suddetta commettitura; la lunghezza di ciascun dente è $2 \div 3$ volte la grossezza dei pezzi che si congiungono, e le biette hanno sezione rettangolare con lato minore di circa $\frac{1}{20}$ della grossezza totale della trave ultimata, e col maggiore $2 \div 3$ volte il lato minore. Nella stessa figura è indicata una fra le disposizioni che si adottano pei ferri a U, che servono a formare le fasciature per le travi gemelle o triplicate, ecc. La sezione retta delle estremità lavorate a vite deve avere la stessa superficie della sezione retta del pezzo che forma il ferro a U. Questa sezione è quasi sempre rettangolare col lato maggiore $3 \div 4$ volte il lato minore. Per le unioni di travi aventi i lati di sezione retta superiore ai 30 cm., occorrono ferri con lati di sezione retta di mm. 25×75 .

Quando si devono riunire pezzi di legno che si incontrano sotto direzioni differenti o che si incrociano, si usano le giunzioni a *dente e canale* (*maschio e femmina* o *tenone e mortisa*), a *intagliatura*, a *mezzo legno*, a *linguetta*, a *inserzione*, a *for-ella*.

Nella fig. 32 sono rappresentate alcune commettiture per due travi che s'incontrano ad angolo retto, e di cui una è orizzontale, l'altra verticale. La più usata è quella a semplice *tenone e mortisa* (fig. 32 *c*), la quale si rende più stabile tagliando in isbieco il tenone da una parte e l'incastro da ambe le parti, e introducendo nel vano che rimane un cuneo (fig. 32 *d*). Però questa unione si adopera più specialmente quando la trave orizzontale forma traversa di base, come nella fig. 33 *a*.

Negli angoli si usa il *dente marginale* (fig. 32 *b*), e più di rado si ricorre al *dente intagliato a squadra* (fig. 32 *a*). Se i due pezzi di legno sono entrambi assai grossi, si applica anche il *doppio dente diritto* (fig. 32 *e*) o l'*unione a tanaglia* (fig. 33 *b*).

Per le incastrature col dente volto in basso tutte le disposizioni ora viste non sarebbero da usarsi pel fatto che l'acqua può giungere nella cavità, donde bisogna eliminarla con fori; esente da tale difetto è l'incastro a croce, fig. 34, che può servire anche per i ritti, e l'unione a tanaglia della fig. 33 *b*.

La giunzione di pezzi di legno che s'incontrano in un piano orizzontale si fa a *intagliatura*, a *mezzo legno* o a *dente e canale*. La fig. 35 mostra le principali maniere di riunione a intagliatura o intaccatura, essendo rappresentata in *a* quella a *dente laterale*, in *b* quella a *tanaglia*, in *c* quella a *croce*, in *d* quella a *coda di rondine*.

Se le faccie superiori dei due pezzi dopo la giunzione debbono trovarsi in un solo piano, si devono allora adottare le unioni a mezzo legno; la fig. 36 indica alcune sorta di queste unioni. In *a* si ha la semplice, in *b* quella a *scalino*, in *c* quella a *coda di rondine con dente*. Alla estremità le travi si possono unire con un *intaglio obliquo* (fig. 36 *d*) o ad *uncino* (fig. 36 *e*). Per le radici è da preferirsi un *giunto a spinapesce* (fig. 36 *f*), perchè così viene interamente coperto il legno alla testa delle travi. Quando l'unione fra i legni avviene nei tratti della loro lunghezza libera, non si fanno giunti a mezzo legno, ma si ricorre alle calettature a maschio e femmina. Poichè uno dei due legni deve appoggiarsi sul maschio, viene utilizzata per questo l'intera larghezza del pezzo. Si applica il semplice dente diritto (fig. 37 *a*), oppure, per maggiore robustezza, si foggia la testa del pezzo superiore a dente smussato con scalino (fig. 37 *b*).

Quando si deve unire un pezzo di legno inclinato rispetto ad un altro verticale od orizzontale, oltre all'incastro si può ricorrere a una inserzione a battente. La fig. 38 mostra in *b* l'unione a semplice dente usata in tal caso, in *a*, *c*, *d* le diverse applicazioni di unioni a dente con battente semplice, e in *e* l'unione a dente con battente doppio. Per non indebolire troppo i pezzi sottoposti a sforzo ragguardevole, si lasciano di maggior sezione in corrispondenza al giunto (fig. 39 *a*). I pezzi più piccoli vengono sovente riuniti solo a mezzo legno (fig. 39 *c*), oppure a incastro con dente cuneiforme (fig. 39 *b*). La figura 40 rappresenta unioni d'angolo, le quali si fanno semplicemente a mezzo legno (fig. 40 *b*) oppure a forcella (fig. 40 *a*). In entrambi i casi l'unione deve essere assicurata con spine. Quando si vuole che il giunto apparisca diagonalmente allora si usano le disposizioni indicate nelle fig. 41 e 42. La prima *a* è l'unione a dente e canale triangolari nascosti; la *b* è l'unione con tanaglie ad unghia e pezzo *m* di riporto, al quale si dà una grossezza uguale ad $\frac{1}{3}$ circa la grossezza dei pezzi da congiungersi, quando questi hanno uguale sezione retta; la *c* rappresenta l'unione con incastro ad unghia.

La fig. 42 rappresenta un'unione analoga a quella *a* della fig. 41: in questa si hanno due denti per ogni pezzo che s'incontrano nei corrispondenti canali.

Quando si hanno da unire pezzi di legno che s'incontrano secondo gli spigoli allora si fa uso di un combaciamento a intaglio triangolare; nel caso più semplice il pezzo inclinato viene intagliato ad angolo retto (fig. 43 *a* e *b*); però è meglio se si ritaglia in parte anche il pezzo orizzontale (fig. 43 *c*). Per grossi legnami si può lasciare un mezzo dell'intaglio un dente, come nella fig. 44 *a*; l'altro pezzo risulta allora come in *b*.

La fig. 45 rappresenta due altri sistemi per commettere travi che si incontrano fra loro ad angolo retto, ma secondo i loro spigoli. La prima ha l'inconveniente di indebolire troppo il pezzo A; la seconda oltre non presentare il detto inconveniente ha anche il vantaggio di prestarsi meglio al caso, in cui il pezzo B ha sezione retta minore di quella del pezzo A.

Nei tetti i correnti ordinari vengono uniti semplicemente ad angolo coi travi di displuvio o di compluvio: in sostanza si ritaglia un legno secondo una superficie che si adatti perfettamente a quella del legno con cui deve combaciare; tale superficie si dice *squadratura*. Essa viene determinata dall'angolo di inclinazione del tetto e dall'angolo che formano tra loro i pezzi in proiezione. Le fig. 46 *a* e 46 *b* mostrano l'unione ad angolo di due correnti in corrispondenza a una cresta di displuvio o ad un compluvio. Per evitare le molteplici chiodature dei correnti, è sempre ragionevole alternare le loro congiunzioni. Nei compluvi di tetti molto ripidi un peso ragguardevole gravita sulle chiodature, e perciò nei tetti piuttosto vasti si adotta volentieri una superficie di appoggio a due falde, fig. 46 *c*. In questo caso si evita anche l'intagliatura della trave, onde non diminuirne la robustezza.

Formano un gruppo speciale di commettiture quelle che servono a riunire parecchi pezzi secondo la loro lunghezza per formare pareti, tavolati e simili. Per le travi l'unione si fa ad incavigliatura, per le tavole a scanalatura e linguetta. L'incavigliatura più comune è quella fatta con chiavette o cunei che vengono spinti a forza d'alto in basso nei corrispondenti fori praticati nelle travi (fig. 47 *b*). Se la superficie dello spazio così coperto deve servire senz'altro da pavimento, si può eseguire la connessione anche con caviglie tonde, che vengono introdotte a forza in fori laterali (fig. 47 *c*). La giunzione rappresentata in *a* (fig. 47) ha per iscopo di poter dividere di bel nuovo i pezzi senza rottura, e consta di zeppe rettangolari che vengono spinte mediante cunei in incavature a coda di rondine; ma trova di rado applicazione perchè richiede molto lavoro.

Nella fig. 48 sono rappresentate diverse maniere di unione a scanalatura e linguetta: di regola trova applicazione solo quella segnata in *c*; di rado quelle in *b* e in *d*. La scanalatura a coda di rondine (*a*) presenta molte difficoltà di esecuzione ed è soprattutto inapplicabile per intelaiature: quella a linguetta prolungata (*e*) viene pure usata di rado a motivo dell'eccessiva perdita di legname. Per evitare questa maggior perdita, quando si tratta di grosse tavole, si pratica in entrambi i pezzi la scanalatura e la linguetta viene formata da un pezzo staccato. Nel corso dell'opera si vedranno altri esempi di simili unioni.

Da quando il ferro è entrato come elemento essenziale nelle costruzioni, si è ricorso ad esso per rinforzare le commettiture, mediante arpioni, caviglie, chiavarde, legature con lamiera, ecc. Ecco alcuni esempi.

La fig. 49 mostra come sono applicate le chiavarde a vite per l'unione di una doppia catena da capriata con un puntone e con un piedritto; un piccolo incastramento assicura l'unione contro un possibile spostamento e scarica le chiavarde dall'azione della gravità. Parimenti si usano le chiavarde per rinforzare un'unione soggetta a grande sforzo. Le fig. 50 *a, b, c* e 51 *a, b* mostrano alcune disposizioni delle chiavarde per assicurare la commettitura di un puntone colla catena, nel caso che di questa ne sopravanzi un breve tratto. Se la congiunzione deve essere eseguita all'estremità dei legnami da riunire, vi si applicano delle fasciature di ferro.

Anche l'indebolimento dei legnami cagionato dall'unione a mezzo legno può essere diminuito, ed anche evitato del tutto, coll'applicazione del ferro; lo stesso avviene per l'indentatura, per la quale del resto occorre una semplicissima chiodatura.

Le chiavarde devono essere collocate in modo da sottostare possibilmente solo ad uno sforzo di tensione: dalla flessione e dallo sforzo tagliante possono essere sollevate mediante l'introduzione di zeppe (fig. 50 *c*).

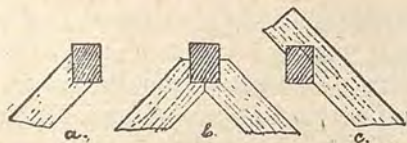


Fig. 43.

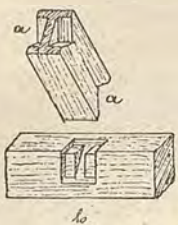


Fig. 44.

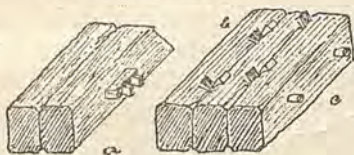


Fig. 47.

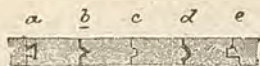


Fig. 48. — Unioni di tavole a scanalatura e linguetta.

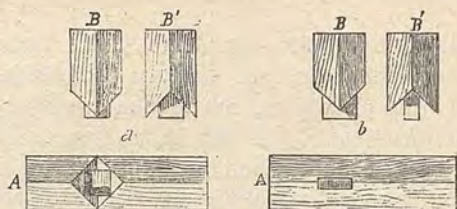


Fig. 45. — Unioni di pezzi che s'incontrano ad angolo retto ma secondo gli spigoli.

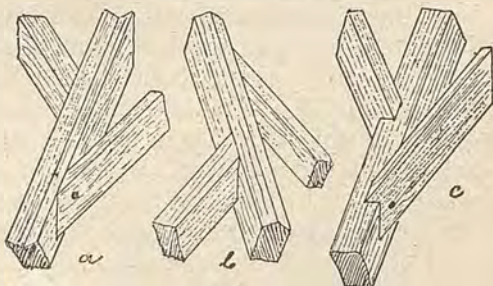


Fig. 46. — Unioni di travi nei tetti.

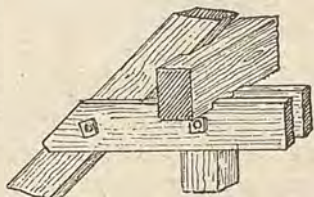


Fig. 49. — Unione di una doppia catena da capriata col puntone e col piedritto.



Fig. 50. — Unioni rinforzate da chiavarde fra le cater e i puntone di capriate.

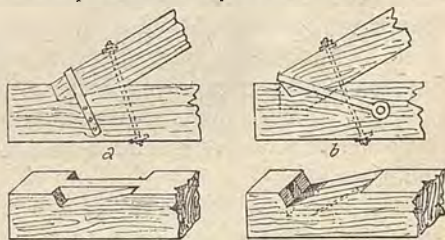


Fig. 51.



Fig 52. — Scatola e staffa di ferro per un'incavallatura mista Polonçeau.

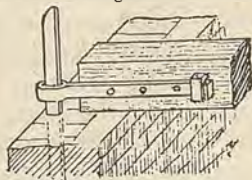


Fig. 53. — Chiave ad àncora per collegare una trave con un muro.

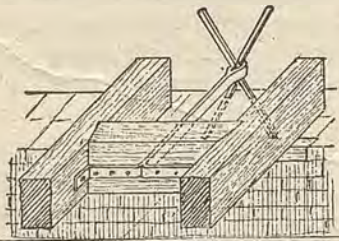


Fig. 54. — Chiave con bolzone ad X.

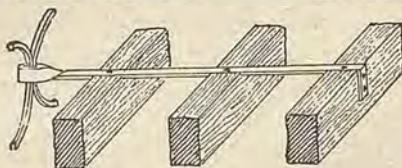


Fig. 55. — Chiave di collegam. di travi parallele al muro, con bolzone a X a bracci curvi.

Il collegamento con ferro trova infine un'applicazione sempre crescente nella disposizione delle incavallature (cavalletti, capriate), poichè il tirante (catena) viene assicurato ai sopporti con legami e sostegni di ferro e così via. Quando alcuni fra i membri essenziali di una costruzione sono di ferro, come per es. i tiranti, bisogna congiungerli ai legnami mediante scatole e staffe di ferro che abbraccino i legnami stessi. La fig. 52 mostra una fra le disposizioni usate in una incavallatura mista alla Polonçeau per la staffa da applicarsi al piede del puntone di legno e per la scatola al vertice dei puntoni, onde attaccarvi i tiranti di ferro.

Si vedranno più innanzi, trattando dei lavori in ferro, altre disposizioni di tal genere.

Le *ancore* o *chiavi* servono a rendere stabile l'unione dei legnami colla muratura (fig. 53). La chiave usuale consiste in una lama della grossezza di circa cm. 1,5 e della larghezza di cm. 4 o 5; all'estremità viene ripiegata su sè stessa ed assicurata con arpioni, la cui lunghezza è di m. 0,90 ÷ 1,20. Nel muro la chiave si assicura per mezzo di una caviglia, detta *testa di chiave* o *bolzone*, lunga circa m. 0,90 e grossa 2 ÷ 3 cm. Spesso il bolzone è piegato ad S oppure formato da due ferri incrociantisi (fig. 54 e 55). La testa di chiave può anche essere utilizzata come decorazione sulla fronte esterna del muro. In tal caso se la direzione della trave non coincide col punto preciso che si vuol rendere apparente all'esterno, o se si vuole ripartire lo sforzo su due travi, si può introdurre una traversa (fig. 54). La fig. 55 mostra una chiave disposta in senso perpendicolare alle travi, di cui ne comprende tre; il ferro piatto è incastrato a forza in ciascuna di esse e ripiegato sull'ultima per assicurarlo anche lateralmente.

Le *fasciature* servono a collegare fra loro travi sovrapposte o giuntate, e molte volte anche ad impedire che il legno si fenda. Si fanno con liste di ferro assai pieghevole, che si avvolgono e si stringono contro il legname fissandovele con chiodi, oppure con anelli di perimetro interno un po' minore a quello dell'oggetto che devesi rilegare, affinchè si possano incastrare un poco nel legno e render così più solida l'unione. Tali anelli son detti *ghiere* e generalmente si riscaldano alquanto prima di porli in opera, perchè raffreddandosi si restringono, e servono a consolidare l'unione. Qualche volta l'altezza delle ghiere si fa un po' maggiore di quella dei pezzi e si fissano a posto inserendo robusti cunei nello spazio che rimane libero.

Si è già visto quale sia l'uso delle *staffe* alle fig. 31, 50, 51 e 52: queste si adoperano anche a sostenere nella loro lunghezza le travi, come per esempio le catene delle capriate.

Oltre gli *arpioni* di cui si è pur visto l'uso (fig. 23) si adoperano ancora i *ferri d'angolo* o *ferri a squadra*, che si fissano con chiodi sui legnami da riunirsi e incontrantisi secondo un dato angolo.

Quando si vuole che le fibre di due legni a contatto, compressi fortemente l'uno contro l'altro, mutuamente non si compenetrino e si logorino, si usa di interporre fra essi una lamina metallica. Si ricorse tanto al ferro, quanto al rame e allo zinco, ma il metallo che meglio risponde è il piombo, perchè meglio di ogni altro si adatta alla ineguaglianza delle superfici distribuendo su queste in modo più uniforme le pressioni.

Si è pur detto delle *scatole di ferro* o *di ghisa* che servono a riunire due o più teste di travi in un dato punto. Queste scatole hanno forme assai variabili a seconda della forma e direzione dei pezzi che devono accogliere, ma sono sempre foggiate in modo da presentare tanti vani quanti sono i pezzi che mettono capo ad esse, onde evitare il mutuo contatto fra i pezzi medesimi.

Non bisogna però fare troppo assegnamento sulla forza delle scatole di ghisa e non assoggettarle a sforzi troppo considerevoli poichè se la ghisa ha il vantaggio di potersi foggiare facilmente con qualsiasi forma, ha però un'assai limitata resistenza: e pur troppo non sono pochi i casi in cui si videro rovinare incavallature miste, in causa della rottura di pezzi di ghisa.

II. — Costruzione delle pareti.

1. Pareti di travi.

Si formano sovrapponendo gli uni sugli altri tanti tronchi rotondi o spianati, fino a raggiungere tutta l'altezza della parete. Agli angoli, ed in generale dove questi tronchi si incontrano, i collegamenti si fanno o per *sovrapposizione completa* (fig. 56), o per *sovrapposizione parziale* (fig. 57), o a *dentatura merlata* (fig. 58). La prima si eseguisce facilmente praticando in ogni pezzo un incavo a metà legno e rinforzando

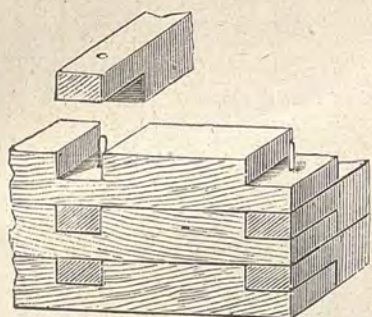


Fig. 56. — Parete formata con travi squadrate e riunite a sovrapposizione completa.

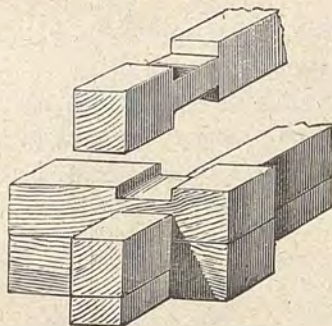


Fig. 57. — Parete formata con travi squadrate e riunite a sovrapposizione parziale.

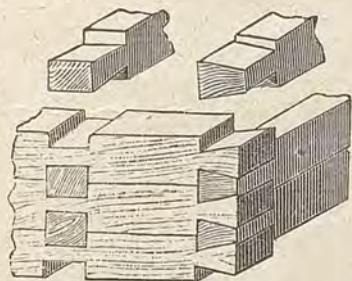


Fig. 58. — Parete formata con travi squadrate e riunite a dentatura merlata.



Fig. 59. — Unione a sovrapposizione parziale di travi rotondi per formare pareti.

l'unione mediante una robusta caviglia di legno forte infissa verticalmente. Nella seconda le teste dei pezzi oltrepassano il collegamento, e la profondità delle due incavature, nei singoli pezzi, non oltrepassa $\frac{1}{4}$ della grossezza di questi. Allorchè i tronchi non sono squadrate, la sovrapposizione parziale si pratica com'è indicato nella fig. 59.

L'unione a dentatura merlata (fig. 58) consiste nell'assegnare all'estremità di ciascun pezzo la forma di dente a coda di rondine, in modo che quando i pezzi siano sovrapposti non possano più spostarsi in nessun verso.

In queste pareti le aperture di porte e finestre sono fatte in modo che gli stipiti si incastrano nei tronchi che costituiscono la soglia ed il cappello dell'apertura, e lateralmente portano una linguetta, nella quale entrano a scanalatura tutte le teste delle travi, che vengono tagliate dall'apertura.

Queste pareti si usano nei paesi molto ricchi di legnami, come Russia, Polonia, Svizzera, Tirolo, ecc., per formare casolari e case. Le opere che ne risultano hanno un aspetto molto caratteristico e pittoresco, specialmente se formate col sistema di sovrapposizione parziale, nel quale riesce possibile scolpire o sagomare le teste sporgenti delle travi. Queste verso il tetto si tengono più lunghe e le loro teste sovrappo-

mentisi a scala, vengono a formare delle originalissime mensole a sostegno dei tetti molto sporgenti, di cui in generale sono coperte tali costruzioni.

Le pareti di travi coll'essicarsi cedono alquanto ed i legni lasciano fra loro degli interstizi, per tappare i quali si ricorre alla borraccina, oppure a funi di stoppa che si cacciano a forza negli interstizi mediante uno scalpello spuntato e la mazza. Esternamente le pareti si possono rivestire con tavole, specialmente quando le loro faccie esterne non sono ben spianate, ed internamente si possono anche tappezzare, allorchè però le loro faccie interne siano state accuratamente spianate.

2. Pareti intavolate.

Queste pareti si compongono di grosse tavole (panconi) riunite a scanalatura, od anche a semplice costa piana, le quali possono venire disposte sia verticalmente l'una accanto all'altra, sia orizzontalmente l'una sopra l'altra. Nel primo caso o vengono direttamente infisse nel terreno, oppure mediante una linguetta di testa vengono incastrate in una banchina di base, detta anche *soglia* (fig. 60 *a*). Nella disposizione

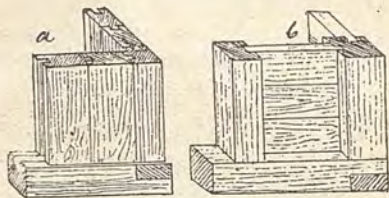


Fig. 60. — Disposizione delle tavole nelle pareti intavolate.

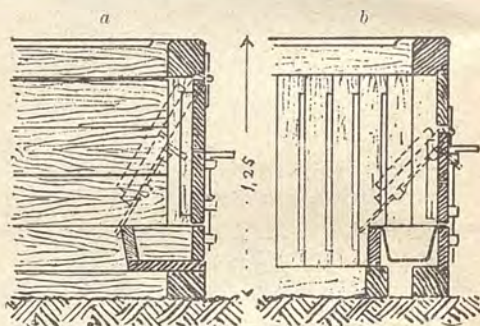


Fig. 61. — Pareti intavolate per separazione del bestiame nelle stalle.

orizzontale le tavole riposano su di una soglia, ed alle estremità vengono incastrate in un *ritto* o in uno *stipite* (fig. 60 *b*). Si costruiscono p. es. in tal modo le pareti di separazione del bestiame nelle stalle (fig. 61 *a* e *b*).

Delle travi che servono a collegare le tavole si dicono *soglie* quelle di base, *cappelli* le superiori, *traverse* quelle intermedie orizzontali e *stili* le travi verticali: queste ultime si distinguono poi in stili d'angolo, intermedi, di porta, di finestra, ecc., a seconda della posizione che occupano nella parete.

Tutti gli stili hanno lateralmente o a tergo, nel senso della loro lunghezza, delle scanalature, nelle quali si inseriscono orizzontalmente le tavole che riempiono i riparti del telaio formato dalle travi principali. Gli stili intermedi si dispongono a una distanza tale fra loro che le tavole fraposte non abbiano ad incurvarsi: siccome questa distanza dipende dalla grossezza delle tavole, che oscilla fra 3 e 6 centimetri, così gli stili si dispongono a distanza di m. $1,5 \div 2,5$. La fig. 62 rappresenta una porzione di parete intavolata: in *a* si vedono diverse maniere per congiungere le tavole fra loro. Siccome in queste pareti i cappelli sono sorretti dagli stili, essi non partecipano al cedimento che subiscono le tavole in seguito al loro essiccamento; ne nasce quindi una fessura tra il cappello e la tavola prossima ad esso: tale fessura si chiude mediante una tavola inchiodata su quella che sta sotto il cappello, come si è indicato nella figura 62.

Queste pareti si fanno anche doppie (fig. 63) per attutire i rumori, come p. es. per le prigioni, ecc. od anche per meglio riparare l'interno dall'influenza della temperatura esterna: lo spazio che rimane fra le tavole si riempie con torba, pula o sabbia.

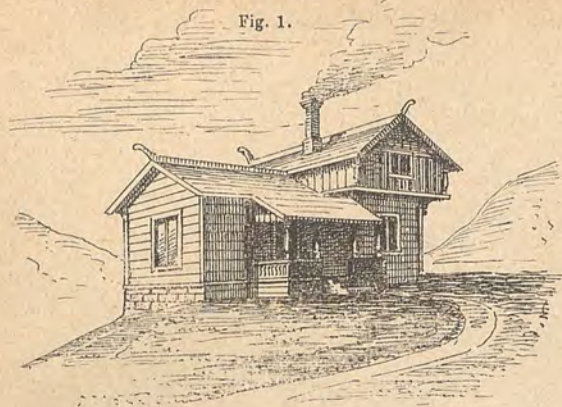


Fig. 1.

Fig. 2. -- Pianterreno.

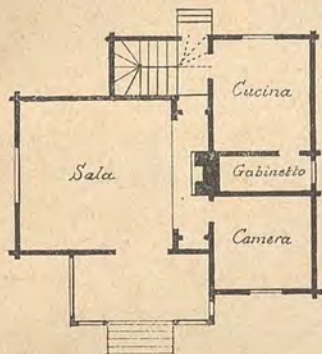


Fig. 3. -- Primo piano.

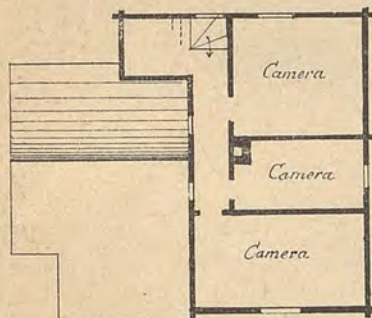


Fig. 6.

1. Tavoloni che formano le pareti.
2. T di legno per ricevere gli stipiti delle porte o delle finestre
3. Stipiti.
- 4, 4'. Cornici ricoprenti i giunti.

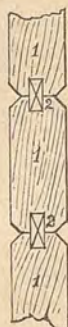


Fig. 5.

1. Tavoloni formanti parete.
2. Linguette mobili per la connettitura dei tavoloni.

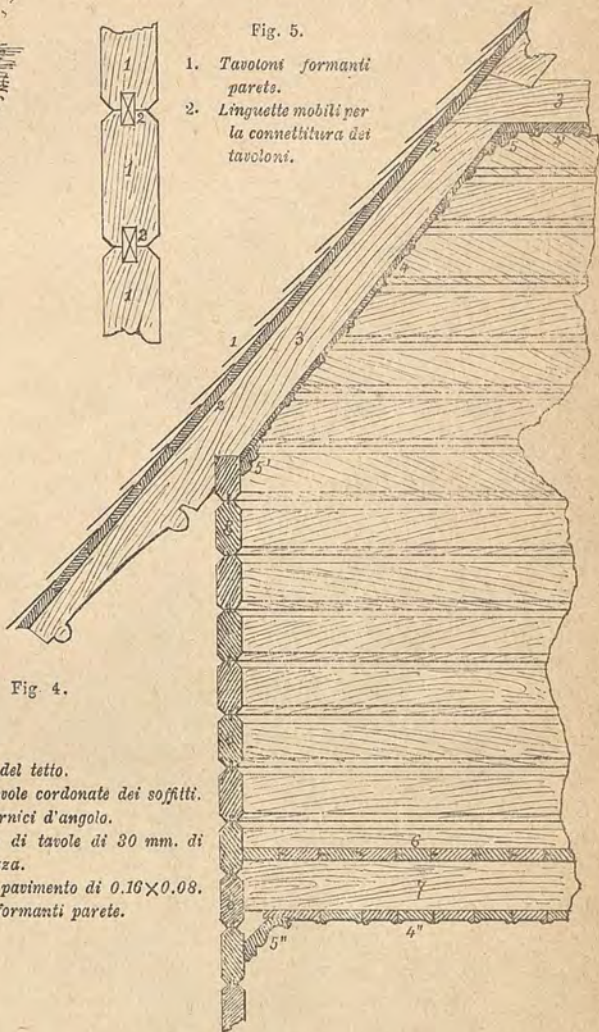
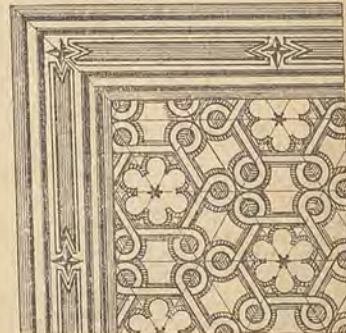
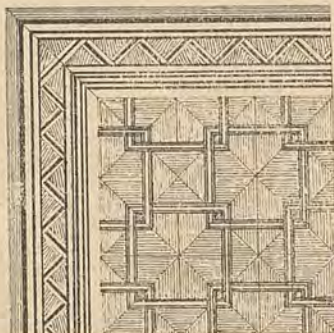
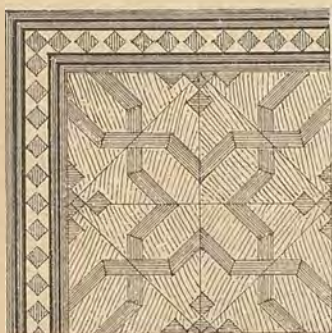


Fig. 4.

1. Ardesia.
2. Tavolato.
- 3, 3'. Travi del tetto.
- 4, 4', 4''. Tavole cordonate dei soffitti.
- 5, 5', 5''. Cornici d'angolo.
6. Pavimento di tavole di 30 mm. di grossezza.
7. Travi del pavimento di 0.16x0.08.
8. Tavoloni formanti parete.

Fig. 7, 8, 9. -- Pavimenti di legno scaccati, massicci e impiallacciati.



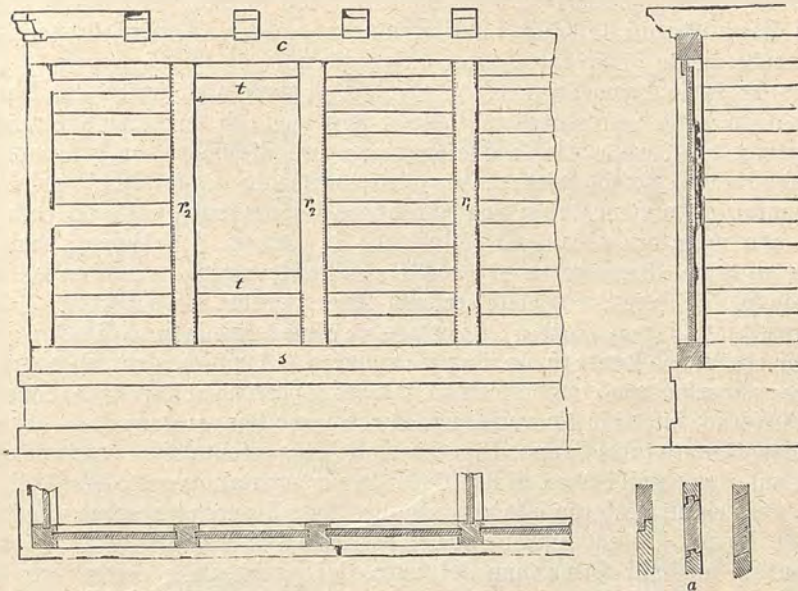


Fig. 62. — Porzione di parete intavolata.

s, soglia; *c*, cappello; *t*, traverse della finestra; *r*, stile d'angolo; *r*₁, stile di collegamento; *r*₂, stili o stipiti della finestra.

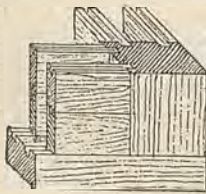


Fig. 63. — Parete intavolata doppia.

In molti paesi, ma principalmente nella Svizzera, si usa di adottare anche nelle pareti di tavole la sporgenza agli angoli, come si è visto nelle pareti di travi. Profilando le dette sporgenze si ottengono facilmente quelle decorazioni originali, che tanto contribuiscono alla varietà ed alla vaghezza della costruzione (fig. 64).

La facilità colla quale si costruiscono le pareti intavolate ha suggerito ad alcuni costruttori l'idea delle case smontabili, di cui la ditta Le Bret (1), che ha i suoi laboratori in Norvegia, si è resa specialista. Nella Tav. I (fig. 1 a 6), è rappresentato un tipo di tali case smontabili, di cui una parte è a un piano solo, e un'altra parte a due piani. Volendo costruire una di simili case non si ha che da scegliere il tipo, e la ditta costruttrice invia tutto il

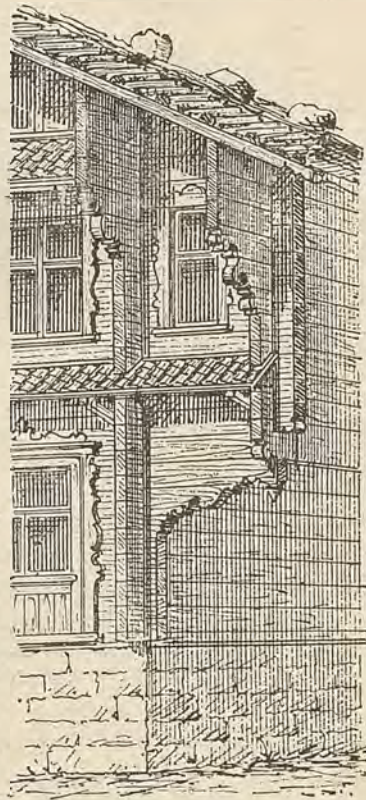


Fig. 64.

(1) Società industriale di costruzioni norvegesi. -- Eug. Le Bret figlio, succ. Håvre (Francia).

materiale necessario, distinto in pezzi numerati, che si mettono a posto mediante i numerosi disegni forniti dalla ditta stessa, onde non occorre l'opera di operai speciali, ma solamente quella di un intelligente carpentiere.

Queste costruzioni sono formate con tavoloni di abete o di larice del Nord, della larghezza di m. 0,18 e grossezza m. 0,08. Il loro modo di formazione le rende molto rigide e permette di costruirle su qualunque genere di suolo: non è necessaria una speciale fondazione, poichè basta un semplice basamento di pietrame a secco, oppure di altra muratura, a meno che si vogliano avere i sotterranei, nel qual caso bisogna ricorrere alla muratura a calce di pietrame o di mattoni. I pavimenti sono formati con tavole di 3 cm. di grossezza ed i soffitti con tavole cordonate: gli angoli sono raccordati con piccoli listelli sagomati secondo diversi profili. La copertura è fatta con ardesie, resistenti al gelo e atte a sopportare un considerevole peso di neve, e le canne dei camini restano collocate in un doppio involucro di lamiera, a corrente d'aria.

Queste costruzioni sono impermeabili e tali che si possono abitare tanto bene d'estate quanto d'inverno: infatti in Norvegia, ove si verificano temperature da -35° a $+35^{\circ}$, sono abitate durante tutto l'anno. Il prezzo della casa smontabile rappresentato nella Tav. I è, sul vagone all'Hâvre, di lire 4816; la sua montatura costa lire 448; la coloritura, la verniciatura esterna e la vetreria, lire 240: il suo peso approssimativo è di Kg. 16,000. Le fig. 4, 5 e 6 indicano alcuni particolari di costruzione; la fig. 4 mostra specialmente il modo di formazione del tetto, dei pavimenti e dei soffitti; la fig. 5 quello delle pareti e la fig. 6 il modo con cui si formano gli stipiti delle porte e delle finestre (1).

3. Pareti intelaiate.

Le pareti in cui il legname è adoperato solamente per le membrature soggette a sforzi, e lo spazio fra esse compreso è riempito con muratura, si dicono *intelaiate*. Tali pareti sono molto economiche e presentano maggior varietà di applicazioni in surrogazione dei muri, come pareti di ambito e di divisione, specialmente perchè riuniscono i vantaggi della leggerezza e del poco costo. Il riempimento si fa ordinariamente con pietre spaccate unite a calce, o con mattoni, o con argilla figulina, o con quelle materie che sono più in uso nel luogo in cui viene eseguita la parete intelaiata. Alcuni fra questi materiali di riempimento devono essere trattenuti da due tavolati chiodati sui legni della intelaiatura, ed il tutto si ricopre poi con un intonaco sia di gesso, sia di malta di calce, talvolta uniforme, talvolta rigato a finti giunti e lavorato a cornici, fascie, ecc., per cui si viene a dare al sistema l'apparenza del muro che la parete sostituisce.

Non sempre però nelle pareti intelaiate si nascondono o si mascherano i legnami formanti l'intelaiatura, ma sovente questi si lasciano visibili, come avviene nei *châlets* svizzeri, nei *cottages* inglesi, ecc., e si riempiono i vani con muratura di pietre a struttura incerta o con mattoni, ottenendosi quella decorazione caratteristica, piena di grazia e di effetti pittorici che tutti conoscono.

Le membrature delle pareti intelaiate ricevono nomi diversi a seconda della posizione che occupano, come si è già visto per le pareti intavolate. Le *piane di sostegno* o *soglie* o *banchine* (a fig. 65, A fig. 66) sono pezzi collocati orizzontalmente tanto a pianterreno quanto a livello dei piani superiori, e su esse posa la maggior parte degli altri pezzi. Le piane di sostegno devono appoggiare per tutta la loro lunghezza o intieramente

(1) Le spese di trasporto, che per ferrovia ammontano a cent. 6 ÷ 8 per tonnellata e per chilometro, sono a carico dell'acquirente, il quale deve pure provvedere ai lavori di fondamento, alla costruzione dei camini, alle coloriture e simili.

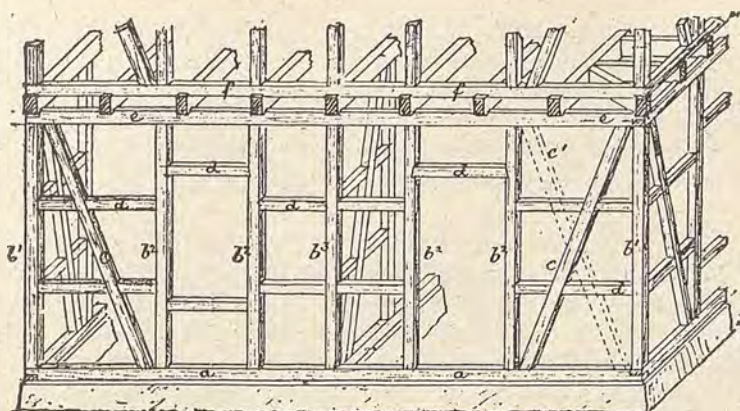


Fig. 65. — Parete intelaiata.

a, soglia; b^l, stili d'angolo; b², stili di porte e finestre; c, saette; c', falsa saetta; d, traverse; e, cappello o architrave; f, soglia del piano superiore.

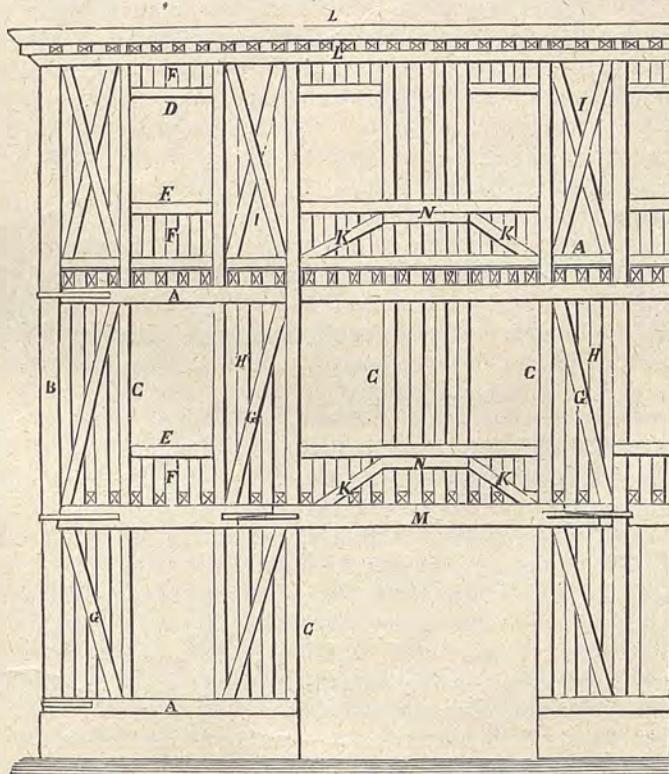


Fig. 66. — Parete intelaiata.

A, piano di sostegno o soglie; B, stile d'angolo; C, stili di porte e finestre; D, traversa superiore delle finestre; E, traverse di davanzale; F, piccoli stili; G, K, saette; H, ritzi; I, croci di sant'Andrea; L, cappello; M, architrave porta; N, rinforzi.

o su punti abbastanza vicini perchè non siano esposte a considerevoli sforzi di flessione. Si impiegano quindi pezzi non troppo alti e si dispongono colla faccia maggiore sulla superficie o sui punti di appoggio.

Le soglie si fanno preferibilmente di legno di quercia, come quello che offre la maggior resistenza alla pressione in senso normale alle fibre, e che soffre meno gli effetti del

l'umidità quando è posto a contatto di un muro. Se la soglia appartiene a una parete situata in uno dei piani superiori, allora essa si appoggia su una trave del solaio del piano inferiore a sovrapposizione incompleta e dicesi *contropiana* o *controsoglia*. Bisogna badare che fra la soglia e il muro su cui appoggia non si ristagni l'acqua, epperò si usa di tenere la soglia un po' sporgente dal muro sottostante, oppure di appoggiarla sopra una lastra di pietra, tagliata in isbieco sul davanti, onde l'acqua possa scolarne con facilità.

Sulle soglie si elevano verticalmente gli *stili*, che si distinguono in *stili d'angolo* (*b*¹ fig. 65, *B* fig. 66), *stili di legamento* (*b*³ fig. 65), *stili di porta o finestra detti stipiti* (*b*² fig. 65 e *C* fig. 66), e *stili intermedi*. Gli stili d'angolo si fanno ordinariamente più grossi degli altri perchè devono portare maggior peso e perchè in generale sono indeboliti almeno su due faccie dai fori d'incastro.

Gli stili di legamento sono quelli che si trovano nell'intersezione di due pareti, come per es. di una parete di fronte con una parete interna. Anche questi si tengono più grossi degli stili che contornano i vani di porte o finestre, perchè appartenendo contemporaneamente a due pareti, sono indeboliti nello stesso punto almeno da tre fori d'incastro. Quando la parete non dev'essere intonacata onde le membrature devono restare visibili e partecipare alla decorazione della parete, e uno stile di legamento cadesse in un punto che non s'accordasse col disegno di tale decorazione, allora esso si porta verso l'interno collocandolo subito dietro il riempimento del vano compreso fra le altre membrature. In tal caso lo stile si dice *accollato* e l'unione fra la parete di fronte e quella trasversale si fa mediante la soglia ed il cappello, mentre lo stile si collega alle traverse della parete frontale con fasciature di ferro o con chivarde.

Gli stili di porte e finestre si riuniscono per mezzo di *traverse* (*d* fig. 65 e *D*, *E* fig. 66), di cui le inferiori si dicono *davanzali* e le superiori *cappelli*. Le traverse dividono orizzontalmente le pareti in spazi di ampiezza opportuna pel riempimento: debbono essere possibilmente distribuite a destra e a sinistra degli stili in modo che i loro incastri non cadano in un medesimo luogo. Ordinariamente lo scambio nella divisione delle altezze avviene appunto colle traverse di porte e finestre, le quali oltre all'incastro hanno anche una piccola inserzione. A seconda del materiale di riempimento, o della grossezza dei legni che si adoperano, conviene o non dividere lo spazio che rimane sopra e sotto le traverse con altri ritti (*F* fig. 66), che allora prendono il nome di *piccoli stili*.

Gli stili sono superiormente collegati da una trave *e* (fig. 65) detta *cappello* od *architrave*. Quando la parete comprende parecchi piani, allora sugli architravi si appoggiano le travi dei solai, e su queste si dispone un'altra banchina *f* (fig. 65) a sostegno dei ritti del piano a cui essa corrisponde. E ciò per non indebolire troppo l'architrave con incastri in due faccie opposte. Però se l'architrave è abbastanza grosso si può anche incastrarvi gli stili inferiori e superiori, e appoggiarvi le teste delle travi dei solai, come è indicato nella fig. 66. Nelle pareti trasversali di divisione, o in quelle d'ambito parallele alla direzione delle travi dei solai (fig. 65), l'architrave può anche servire da soglia (v. a sinistra della fig. 65). Quando però, per uniformità di aspetto, sulla fronte di tali pareti si vogliono vedere le teste delle travi del solaio come nella parete normale alla direzione delle travi stesse, e si vogliono anche avere architrave e soglia, allora si può ricorrere al sistema indicato a destra della fig. 65, in cui l'ultima campata del solaio è suddivisa con pezzi normali alla parete esterna parallela alle travi del solaio. Questa disposizione peraltro non è troppo raccomandabile perchè richiede molte incastrature, che pregiudicano la robustezza delle unioni. Quando poi le teste delle travi si ricoprivano con una tavoia, allora è inutile ricorrere al ripiego accennato, perchè basta ricoprire con una tavola la faccia della trave del solaio che cade nella parete trasversale e far correre sopra e sotto di essa due altre tavole in corrispondenza dell'architrave e della soglia della parete di fronte. Nella fig. 67 *a* si vede appunto la tavola che ricopre le teste delle travi del solaio

e nella fig. 67 *b* le tre tavole che servono a ottenere nelle pareti trasversali d'ambito il medesimo aspetto che presentano la tavola suddetta, l'architrave e il cappello nelle pareti principali, ossia quelle normali alla direzione delle travi dei solai.

A completare l'intelaiatura di una parete intelaiata concorrono le *saette* (*c* fig. 65 e *G* fig. 66), le quali sono pezzi inclinati in senso opposto gli uni agli altri e servono a consolidare le unioni, a mantenere verticali i membri principali e a rendere indeformabile il sistema.

Sovente le saette sono doppie, ossia disposte a *croce di Sant'Andrea* (I fig. 66 e *c*, *c'* fig. 65). Questa disposizione si adotta specialmente quando la membratura deve rimanere in vista, perchè allora il pezzo *c'* (fig. 65), simmetrico al pezzo *c*, si colloca solo per questione di estetica e non di necessità costruttiva. Per non indebolire l'unione si fa la saetta *c'* di due pezzi. L'angolo più adatto per le saette sarebbe quello di 45° .

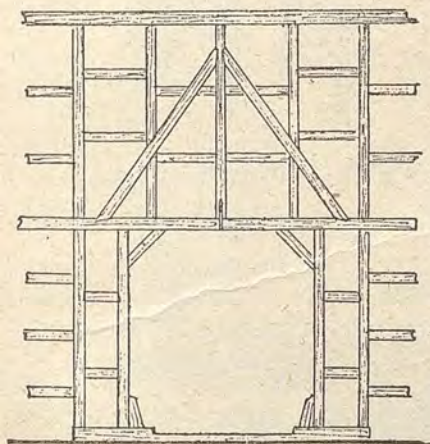


Fig. 68.

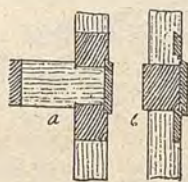


Fig. 67.

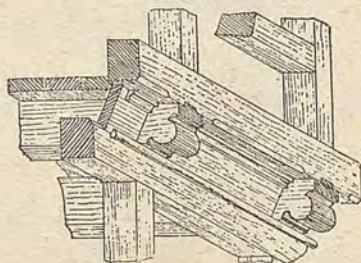


Fig. 69.

Siccome però in tal caso bisogna che gli stili fra i quali trovasi la saetta siano fra loro tanto distanti quanto è distante la soglia dal cappello, cosa che non sempre è possibile ottenersi, così le saette si collocano meno inclinate alla verticale, e propriamente come le ipotenuse di un triangolo rettangolo, i cui cateti stiano fra loro come 1:2, quando la parete è bassa, e come 1:3, quando la parete è alta.

Il cappello *L* (fig. 66) costituisce il termine superiore della parete ed è portato dagli stili. Si fa volentieri di un pezzo solo, perchè da esso dipende in gran parte l'immobilità di tutta la parete. Se deve essere formato con parecchi pezzi si usa l'unione a dentatura obliqua, facendo sempre cadere l'unione in corrispondenza di uno stile. Negli angoli i cappelli si uniscono ora a sovrapposizione completa ora incompleta, e l'unione cogli stili si fa coll'incastratura a dente, la quale per gli stili d'angolo e di legamento dev'essere a rientranza.

Quando un maschio corrisponde ad un vuoto, come avverrebbe per l'apertura di una bottega o di un portone, l'architrave *M* (fig. 66) viene a sopportare un peso considerevole, e per diminuire la pressione sopra di esso, si usano le saette *K* riunite dal rinforzo *N*, ripetendo la medesima disposizione a ogni piano della casa.

La fig. 68 mostra pure una maniera per scaricare il peso che sovrincomberebbe ad una grande apertura.

Se le teste delle travi devono rimaner libere, si deve pensare a difenderle contro l'umidità che vi può penetrare: è assai da raccomandarsi in tal caso una sporgenza del piano inferiore (fig. 69). Gran parte delle costruzioni del medio-evo formate con

pareti intelaiate, che il tempo ci ha conservato, sono debitorie della loro durata a questa disposizione, che aumenta anche la resistenza delle travi.

Con una maggior sporgenza delle travi si ottengono terrazzini, loggette, gallerie, come è indicato nelle fig. 70, 71. Nella fig. 70 si vede la parte sporgente delle travi del solaio sostenuta da una saetta incastrata in un ritto, che è addossato al muro, e appoggiato sopra una cornice sporgente dal muro stesso. Sulle teste delle travi sporgenti è poi chiodato un fregio formato con tavole ritagliate a disegno, detto volgarmente *mantovana*. Nella fig. 71 si vede la stessa disposizione per la saetta, salvochè il ritto contro il muro è sostenuto da un dado di legno sagomato ed incastrato nel muro, e le teste delle travi sono ricoperte da un'assicella inclinata.

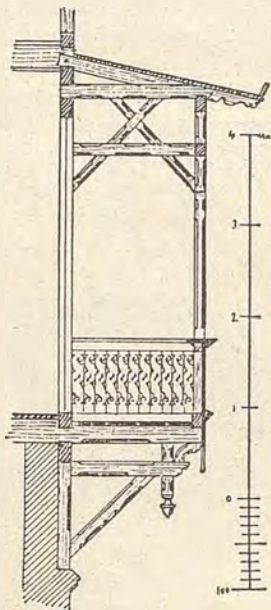


Fig. 70. — Terrazzino di legno, con tettuccio.

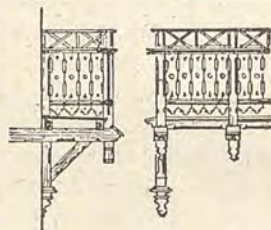


Fig. 71. — Terrazzino di legno.



Fig. 72.

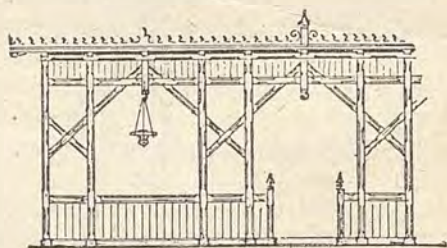


Fig. 73. — Parete per veranda.

Quando il riempimento è fatto con muratura di mattoni, ordinariamente gli scomparti sono di m² 1 ÷ 1,50, onde gli stili si tengono distanti m. 0,90 ÷ 1,05, e per ciascun piano si mette un doppio o triplo ordine di traverse.

L'unione fra la muratura e l'ossatura di legno si fa infiggendo nei legni un chiodo ogni 4 o 5 filari di mattoni, che sporge da 5 a 6 centimetri, ed entra nella connesura tra due filari. Non è da adottarsi nè il sistema di indebolire il pezzo di legno col praticarvi delle scanalature *b* (fig. 72) per ricevere la malta, nè l'applicazione con chiodi di listelli triangolari *a* (fig. 72).

Se i riparti delle pareti devono rimanere senza riempimento, come ad esempio nelle verande, i ritti possono tenersi assai più discosti l'uno dall'altro. Togliendo anche le numerose traverse, la costruzione diventa assai più leggera e atta a prendere un aspetto decorativo. La fig. 73 mostra la fronte di una veranda, in ogni riparto della quale l'incrociarsi delle saette prolungate forma un piccolo collegamento a croce di Sant'Andrea.

Ordinariamente i legnami adoperati nelle pareti intelaiate hanno una sezione di cm. 12 × 12 ÷ 12 × 15. Quando le pareti di fronte sono a diversi piani, per es. 4 o 5, gli stili d'angolo nei piani inferiori hanno cm. 21 ÷ 32 di lato, le soglie cm. 19 ÷ 32, le saette e gli stili di porte e finestre cm. 18 ÷ 21, e cm. 16 ÷ 18 gli stili di riempimento

e i piccoli stili. Queste dimensioni possono diminuirsi di circa 3 centimetri per l'ultimo piano, ed essere ridotte alla metà per le pareti interne. In tutti i casi però gli stili delle pareti interne, che portano solai, devono avere grossezza almeno uguale al dodicesimo della loro altezza.

Quanto agli architravi come M (fig. 66) si dà ordinariamente un'altezza uguale al dodicesimo dell'ampiezza dell'apertura.

Una delle dimensioni degli stili dipende dalla grossezza della parete, la quale a sua volta è conseguenza del materiale che si adopera per riempire i riparti della parete stessa. Inoltre gli stili devono resistere all'incurvamento causato dal peso che essi sopportano. Nei casi ordinari, in cui la loro altezza è compresa fra m. 3 e 3,60, basta che abbiano grossezza di cm. 15 ÷ 18 con sezione quadrata. Quando invece entrano nella costituzione di pareti di granai alte m. 4,50 ÷ 5,50, nel qual caso sottostanno

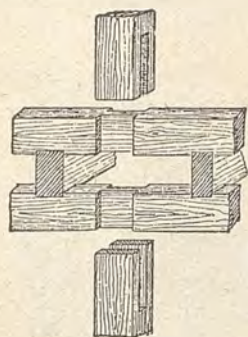


Fig. 74. — Disposizione da usarsi per rinforzare gli stili delle pareti intelaiate.

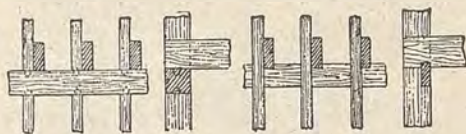


Fig. 75. — Disposizione usata in America per gli stili delle pareti intelaiate.

anche ad una pressione laterale, allora si tengono grossi cm. 21 ÷ 24, nel senso della grossezza della parete. In generale gli stili si collegano alle soglie con dentatura a maschio: converrebbe però meglio la commessura a croce. Il cappello si tiene alto da 15 a 18 cm. assegnandogli una larghezza uguale alla grossezza della parete.

Un difetto del sistema di ossatura ora descritto consiste nella interruzione degli stili per rispetto alla loro lunghezza, prodotta dal loro incastrarsi nelle soglie, dal che possono derivare parziali deformazioni nell'ossatura stessa. Si può rimediare in parte a tale inconveniente praticando degli incastrati a forcella, in modo che le teste degli stili abbraccino le soglie e i cappelli, cosicchè le teste medesime vengano l'una coll'altra a contatto (fig. 74).

In America, dove si adoperano usualmente panconi per le intelaiature, posti alla distanza di cm. 40 ÷ 45, gli stili si tengono in un sol pezzo per tutta l'altezza della parete, e le travi e i panconi dell'impalcato si fissano con arpioni sopra una tavola, che rilega orizzontalmente tutti gli stili, ed è in essi incassata. La fig. 75 mostra a destra tale disposizione e a sinistra quella prima usata, cioè con gli stili interrotti dal trave orizzontale costituente cappello e soglia. Siccome i tavoloni formanti stili si collocano piuttosto vicini l'uno all'altro e sono disposti in costa, cioè colla larghezza nel senso della grossezza della parete, così l'ossatura rimane abbastanza rigida senza bisogno di usare saette o altri legni trasversali, che sarebbero in altro modo necessari.

Per costruzioni molto caricate, come per es. per granai, questi provvedimenti non bastano: bisogna che gli stili o ritti siano rinforzati con raddoppio ed in un solo pezzo per tutta l'altezza della parete, fortemente inchiodati ed abbiano giunti di testa alternati (fig. 76).

Quando gli stili di tutta altezza sono accoppiati nel senso della lunghezza della parete, e la distanza da coppia a coppia sia di m. $3 \div 3,60$, le soglie, i cappelli e tutte le membrature longitudinali restano divise in tanti pezzi quante sono le coppie degli stili, ai quali si uniscono con dentature e fascie di ferro. Se invece gli stili sono accoppiati nel senso della grossezza della parete, allora le dette membrature longitudinali possono tenersi in pezzi più lunghi facendole attraversare le coppie di stili e collegandovele con caviglie.

In generale gli stili accoppiati si appoggiano direttamente sul fondamento del muro, ma allorchè questo giace su un terreno piuttosto cedevole ed il carico sopportato dagli stili sia molto rilevante, conviene che questi appoggino sopra una soglia semplice o doppia, affinché il peso venga meglio ripartito sul fondamento.

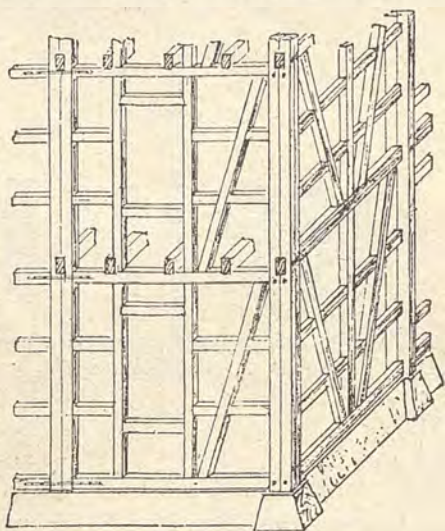


Fig. 76. — Disposizione e rinforzo degli stili per pareti soggette a grandi sforzi.

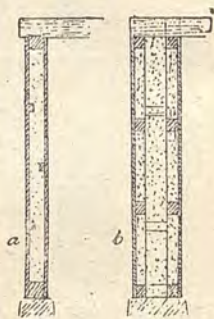
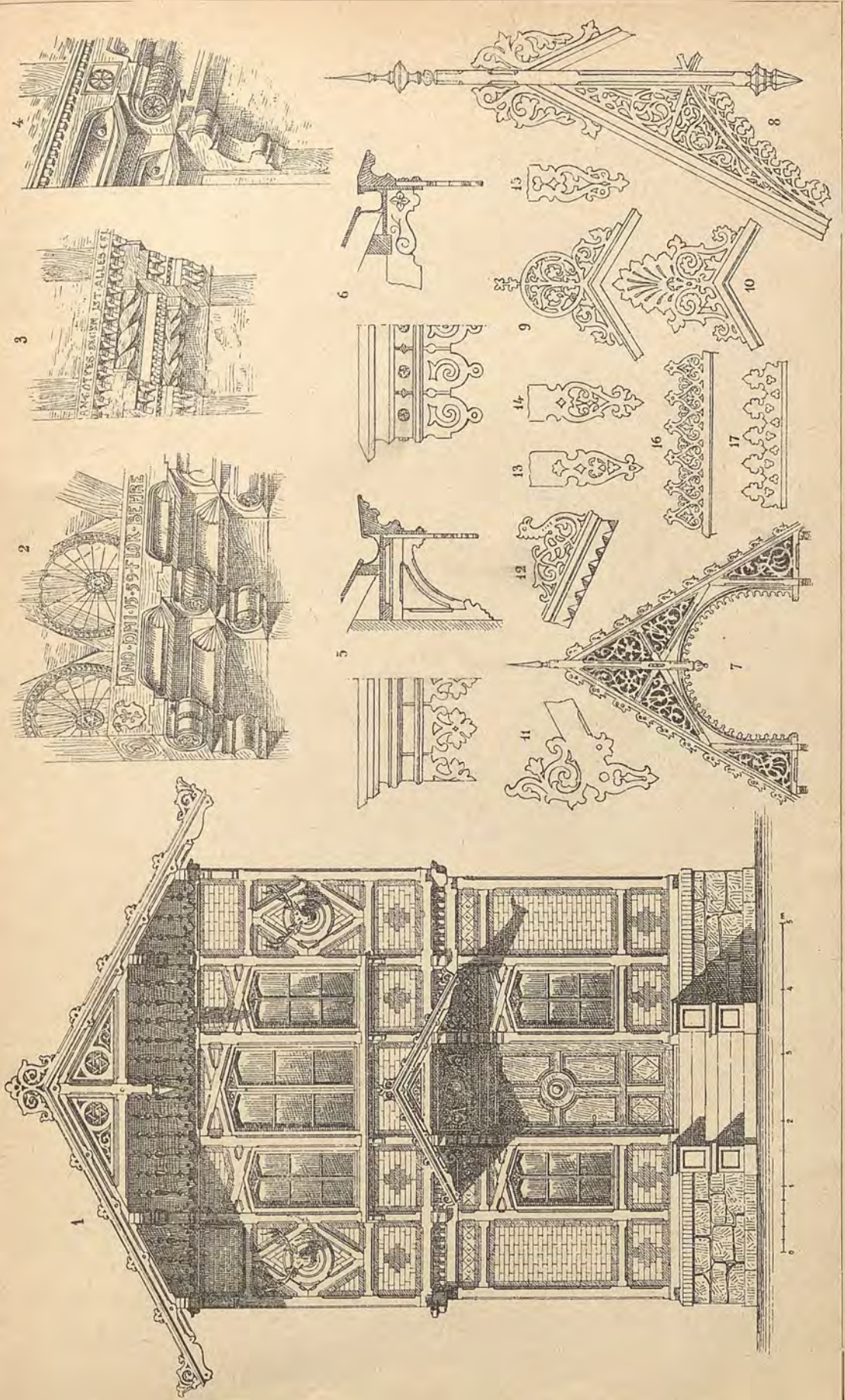


Fig. 77. — Pareti intelaiate per ghiacciaie e simili.

Per ghiacciaie e costruzioni simili in cui si richiede una parete continua fatta con doppio tavolato onde riempirne il vano con sabbia, crusca od altra materia atta alla conservazione del freddo nell'ambiente interno, la parete può formarsi con stili semplici in cui sono incastrati dei listelli, sui quali s'inchiodano poi le tavole (fig. 77 a). Allorchè si richiede una intercapedine piuttosto grande, bisogna ricorrere alla doppia parete intelaiata, i cui stili si collegano mediante traverse (fig. 77 b). Gli stili si pongono alla distanza l'uno dall'altro di m. $2 \div 2,50$.

Fin qui si è parlato di pareti che appoggiano per tutta la loro lunghezza sopra un basamento: ma può accadere di dover costruire *pareti sospese o pensili*, cioè la cui soglia inferiore non appoggia che alle estremità. L'idea fondamentale delle pareti pensili è quella di considerare la soglia come la catena di una incavallatura, nella quale i tiranti verticali ed i monaci servono a sorreggere il cappello. La fig. 78 rappresenta una parete intelaiata sospesa, nel cui mezzo trovasi una porta. In tal caso il cavalletto costituente la parete principale della costruzione è simmetrico: ma nel caso in cui la porta trovasi da un lato della parete, allora bisogna ricorrere ad un cavalletto zoppo, come nella fig. 79. Nel maggior numero dei casi però le porte si trovano in posizioni tali da non permettere più la formazione di cavalletti; allora si ricorre al sistema della fig. 80, in cui la soglia è sostenuta da tiranti di ferro; così si è potuto aprire nell'angolo della parete la porta *a* ed un'altra porta nel mezzo della parete stessa. Anche



1, Prospetto di châlet; 2, 3, 4, cornici esterne per divisione di piani; 5, 6, mantovane; 7, 8, 9, 10, 11, 12, ornamenti per frontispizi; 13, 14, 15, assicelle traforate per mantovane; 16, 17, creste per colmi.

allorquando una porzione della parete dev'essere massiccia, come per es. quando in essa devono passare canne da camino o simili, allora conviene ricorrere ai tiranti di ferro. Si nota ancora che questa disposizione torna specialmente utile nelle ricostruzioni, in cui sovente si tratta di convertire una parete appoggiata in parete sospesa, perchè adoperandosi i tiranti di ferro si può conservare intatta la struttura della parete, mentre diversamente si dovrebbe disfarla tutta od in parte per collegare convenientemente i legnami.

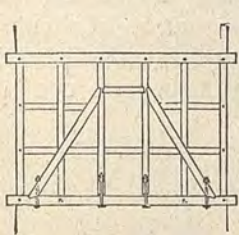


Fig. 78.

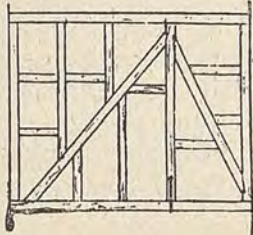


Fig. 79.

Fig. 78 e 79. — Pareti intelaiate sospese.

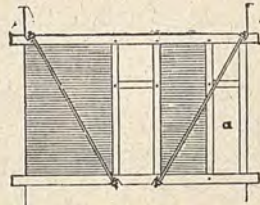


Fig. 80. — Parete sospesa con tiranti di ferro.

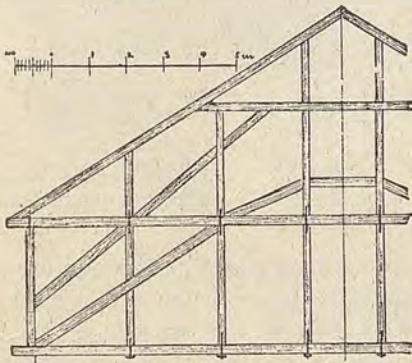
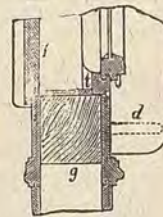
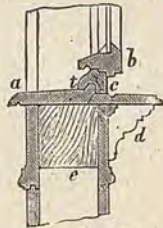


Fig. 81. — Parete intelaiata sospesa, nell'officina del gaz in Amburgo.

Sezione verticale



Pianta

Fig. 82. — Disposizione dei telai per le finestre di pareti intelaiate.

La fig. 81, rappresentante una parete trasversale di un magazzino da carbone nell'officina del gaz in Amburgo, dà l'idea del modo con cui può costruirsi una grande parete sospesa.

Le aperture di porte e finestre si formano con stili e traverse piallati od anche intagliati. Sovente gli stili principali dell'apertura da finestra si lasciano molto discosti l'uno dall'altro e l'apertura viene poi suddivisa in due o tre vani mediante uno o due stili intermedi, dando così luogo alle finestre binate o trifore, ecc., alle quali molto bene si presta l'architettura del legno. Le soglie e i davanzali si fanno generalmente di quercia, oppure si ricopre con una tavola di quercia la traversa che forma soglia o davanzale.

Relativamente alla disposizione del telaio e degli sportelli di una finestra, la fig. 82 basta a darne un'idea. La tavola *a*, formante davanzale, è leggermente inclinata sul dinnanzi, provvista di sgocciolatoio e di un risalto verticale, che vien ricoperto dal telaio *t* degli sportelli. In tal modo si fa che l'acqua scola verso l'esterno e non penetra nell'interno da nessuna fessura. Per raccogliere internamente l'acqua proveniente dal

condensarsi sui vetri del vapor acqueo, si dispone verso l'interno un'altra tavola, munita di un piccolo canaletto *c*, e sostenuta da mensolette. Nella sezione della finestra si vede in *e* la traversa di davanzale, e nella pianta uno dei ritti *g* formanti stipiti, che si rivestono di un'assicella dopo aver collocato a posto il telaio *t*. Nella stessa pianta è pure indicata l'imposta *f* per la chiusura esterna.

Nelle aperture di porta la soglia della parete serve per lo più anche come soglia della porta: però in molti casi dev'essere tagliata tutta od in parte, secondo che il pavimento del locale a cui si accede dalla porta è più o meno al disotto di essa. Siccome però il taglio della soglia per tutta la larghezza dell'apertura arreca un indebolimento nel collegamento longitudinale della parete, così converrà disporre le cose in modo che il pavimento del locale sia a livello della faccia superiore della soglia, o non più basso della mezza altezza di questa.

La fig. 83 indica in *a* e *b* le disposizioni che si usano per l'intelaiatura delle porte nelle pareti sottili e la fig. 83 *c* mostra l'ossatura per una porta in parete doppia. Quando

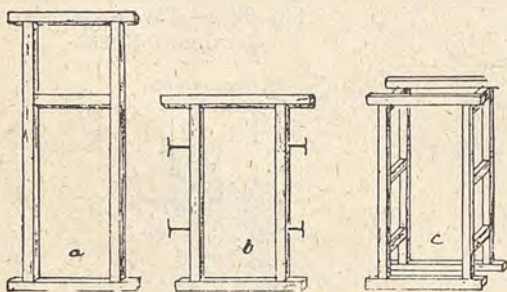


Fig. 83. — Intelaiature per aperture in pareti intelaiate.

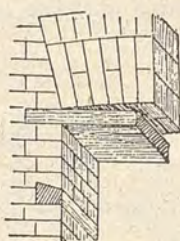


Fig. 84.

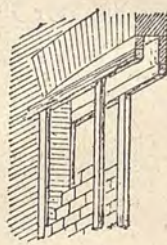


Fig. 85. — Intelaiatura per porta scorrevole.

il muro è di mattoni per tutta la sua grossezza, invece di costruire un telaio intero come nella fig. 83, si possono murare nei fianchi dell'apertura dei cunei, e architravare l'apertura stessa con un tavolone (fig. 84). Nelle scuole, nelle caserme e simili, ove le porte sono spesso sbattute con violenza, è però da preferirsi un telaio completo. La fig. 85 mostra un'intelaiatura per porta scorrevole: una delle due traverse superiori dev'essere collocata circa cm. 12 più alta dell'altra, perchè la guida dei rulli resti accessibile. Per grandi aperture scorrevoli conviene sostituire queste traverse con travi di ferro. I piccoli stili devono allora essere assicurati ai travi di ferro con pezzi d'angolo, e per il battente della porta bisogna inchiodare un pezzo di tavola fra i loro margini.

Le pareti intelaiate per quanto meno durevoli dei muri di pietrame e di mattoni, sono tuttavia usate in certi paesi della Francia, della Russia, della Svizzera e della Germania, e il medio-evo ci ha dato splendidi esempi di tali costruzioni, nelle quali la genialità degli scultori in legno trovava mille modi di estrinsecarsi.

Nella fig. 86 e nella Tav. II, fig. 1, sono rappresentate due applicazioni di pareti intelaiate.

Si è visto che le pareti intavolate permettono la costruzione di case smontabili: anche colle pareti intelaiate si possono formare costruzioni smontabili e trasportabili, come baracche, chioschi, padiglioni, casotti, costruzioni provvisorie e temporarie di ogni genere, per esposizioni, per baraccamenti in casi di epidemie, di terremoti, ecc., delle quali si vedranno alcune applicazioni nel corso di quest'opera.

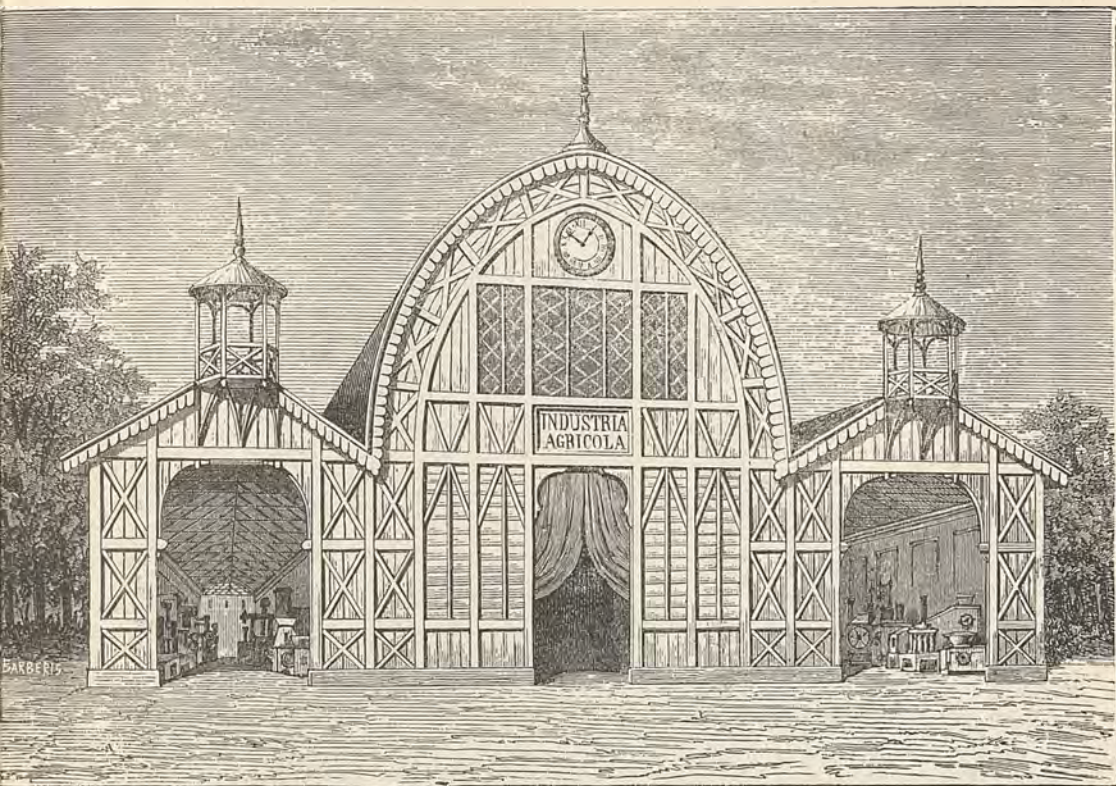


Fig. 86. — Fronte dell'edificio per le Industrie agricole all'Esposizione Nazionale di Torino, 1884 (arch. Camillo Riccio).

4. Semplificazioni per costruzioni provvisorie.

Se si tratta di costruzioni che debbano durare solo poche settimane o pochi giorni, non si uniscono gli stili a una soglia, ma si approfondano di m. 0,80 ÷ 1,00 nel terreno. Se questo è molle si deve inchiodare ai piedi degli stili una tavola (piattaforma); nel resto della costruzione è utile evitare le incastature. Nell'esempio della fig. 87 (sezione di una tettoia inglese per esposizione di bestiame) tutte le congiunzioni sono fatte con ferro piatto e chiodi; il primo si prende così sottile che non occorre forarlo prima della chiodatura. Poichè questa tettoia doveva essere coperta con tela, onde non occorre vano i correnti del tetto, così l'unione longitudinale dei cavalletti venne affidata a listelli inchiodati per disotto. La distanza degli stili e dei puntoni è compresa fra m. 1,20 e m. 1,50. La tavola inchiodata al vertice serve da unione longitudinale e a formare il colmo.

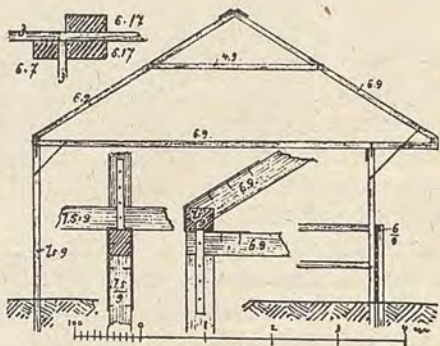
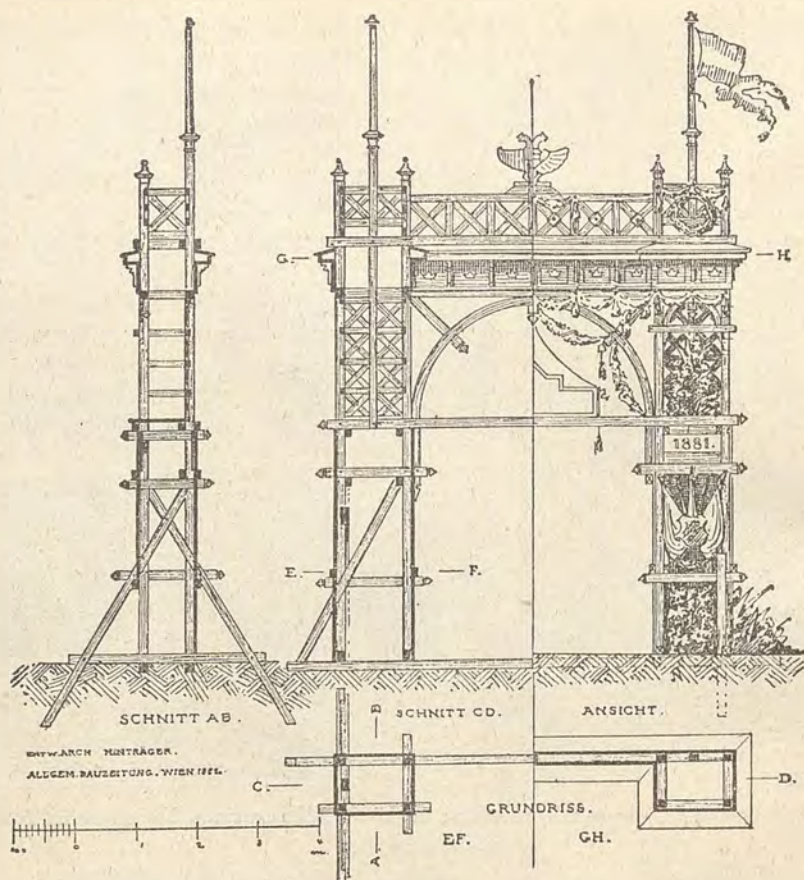


Fig. 87. — Sezione e particolari costruttivi di una tettoia per esposizione di bestiame.

In tali costruzioni è importante di combinare le larghezze degli scomparti in modo che si possano usare le tavole che si hanno a disposizione senza doverle ritagliare. Per i tramezzi di tavole, quali occorrono per es. nelle



Schnitt, sezione; Ansicht, prospetto; Grundriss, pianta.

Fig. 88. — Porta d'ingresso per esposizione (arch. Hinträger).
(Allgem. Bauzeitung, 1882).

esposizioni di cavalli, si possono unire i tramezzi alle pareti longitudinali senz'altre chiodature che quelle occorrenti per chiodare un listello contro le pareti stesse (V. fig. 87 in alto a sinistra).

Altre costruzioni di carattere molto provvisorio sono quelle per porte d'onore o archi trionfali e simili, di cui si videro bellissimi esempi in parecchie delle esposizioni mondiali e nazionali tenutesi in questi ultimi anni. La fig. 88 mostra una porta di tal genere, ideata dall'arch. Hinträger. L'ossatura viene sostenuta da stili o ritte fortemente conficcate nel suolo. Per la parte superiore occorrono legnami che hanno solamente scopo decorativo, onde le unioni possono essere fatte nel modo il più semplice, con chiodi e ferro piatto. La fig. 89 rappresenta il portone principale d'ingresso del palazzo dell'Esposizione di Vienna del 1873, simile per costruzione al precedente, ma fiancheggiato da due ingressi minori, e di decorazione assai più ricca. Degne di nota sono le porte consimili che si videro all'Esposizione di Parigi del 1889 (1).

Per costruzioni che debbono durare più a lungo, non bastano in generale le disposizioni ora descritte, ma il legname dev'essere regolarmente collegato. Anche in questo

(1) *Les constructions françaises et étrangères à l'Exposition Universelle de 1889*, per L. Farge Tav. 38, 39, 40.



Fig. 89. — Portone d'ingresso del Palazzo dell'Esposizione di Vienna del 1873.

caso dall'osservanza del principio di impiegare il materiale possibilmente senza intagliarlo, dipende in massima parte l'economia della costruzione. Si può ottenere un leggero risparmio non incastrandole le traverse nei ritti, ma appoggiandole su pezzi di tavole inchiodate contro i ritti medesimi (fig. 88). Con ferri piatti inchiodati da ambe le parti si può guarentirsi contro gli spostamenti longitudinali.

III. — Solai.

Le divisioni orizzontali di un fabbricato sono formate dai solai. Il solaio che sta immediatamente sotto il tetto dicesi *solaio da tetto*, e le sue travi fanno quasi sempre parte integrante dell'armatura del tetto. Lo spazio che rimane fra questo solaio e il coperto dicesi *sotto tetto* e si divide sovente in altri solai, detti *falsi solai*.

I solai di legno hanno perduto assai d'importanza da quando il ferro è venuto a sostituire così vantaggiosamente il legno nelle costruzioni. Però in quelle località ove abbonda il legname, nei fabbricati rustici e simili, può talvolta essere molto più conveniente ricorrere ai solai di legno che non a quelli di struttura mista di ferro e muratura o a quelli semplicemente metallici.

La fig. 90 rappresenta un solaio della forma la più semplice. I travicelli *A* disposti parallelamente al lato minore del locale da coprirsi, sorreggono le tavole che costituiscono il pavimento del solaio.

Gli appoggi estremi delle travi (travetti, travicelli) dei solai sono le pareti esterne ed interne. Se queste sono di legname, le travi del solaio si uniscono con arpioni ai legnami delle pareti (fig. 91); se sono di muratura, le travi del solaio si fanno appoggiare o su *cuscini da muro* (banchine) o su dadi di legno o su mensole di pietra. L'uso delle banchine semplifica assai il collocamento del solaio: presenta però lo svantaggio che le parti incassate nella muratura si imputridiscono facilmente; onde si ricorre di rado a tal modo di sostegno, che si riserba pei solai da tetto, perchè qui le travi possono appoggiare sopra le riseghe dei muri.

Si è però anche adottato sovente il sistema rappresentato nella fig. 92, ove si scorge che le travi del solaio appoggiano su una banchina, la quale invece di posare direttamente sul muro posa sopra una cornice a gradinata aggettante dal muro mediante successivi risalti nei corsi dei mattoni; cornice che può lasciarsi rustica o intonacare con un dato profilo, a seconda delle necessità.

La fig. 93 *a* mostra l'unione di una trave con una banchina la cui grossezza è di centimetri 10 ÷ 12. Se alla sommità il muro deve essere decorato con una cornice di legno, allora può tornare conveniente l'uso di due banchine (fig. 93 *b*). Spesso però l'appoggio delle travi si ottiene con semplici dadi di legno, meno costosi e più durevoli delle banchine. Tanto per queste quanto per quelli si adopera di preferenza il legno di quercia ben secco, e ai dadi si dà una grossezza non < 7 cm. e una lunghezza di cm. 30. I travetti si appoggiano direttamente sui muri di divisione, quando questi non siano fatti di legnami. In America si usa tagliare obliquamente la testa incastrata della trave (fig. 94), affinchè la sua possibile caduta non provochi anche quella del muro sovrastante.

L'uso di mensole (fig. 95 *a*) è un mezzo che ha anche per iscopo di diminuire la portata delle travi del solaio: sulle mensole si appoggiano direttamente le travi o fra queste e quelle si interpone una banchina. Quando le travi del solaio non servono a collegare i muri, allora si appoggiano semplicemente sulle mensole (fig. 95 *b*) senza incastrarle nei muri, dopo il compimento dell'edificio. A questo sistema si ricorre ancora quando si debbono cambiare solai in edifici esistenti.

Quando sia a temersi il rovesciamento delle mensole per insufficienza di altezza nella muratura, che sta sopra alle medesime, si può ricorrere alla disposizione della fig. 96. Le mensole sono collocate a m. 0,70 ÷ 1,20 sotto le travi del solaio, e su esse si appoggiano dei ritti di legno, su cui posano le banchine di sostegno delle travi del solaio. I ritti possono inferiormente essere muniti di dente che entra in un corrispondente incastro praticato nelle mensole; ma per impedire loro ogni possibile spostamento è necessario fissarli al muro mediante piastrine di ferro inchiodate sui fianchi dei ritti verso le loro estremità e fermate nei muri. Una tale disposizione si ritrova nella sala delle cerimonie del castello di Norimberga.

Quando le teste delle travi devono rimanere circondate dalla muratura è necessario pensare a difenderle dagli effetti dell'umidità, e dalla mancanza di circolazione d'aria, che producono l'imputridimento delle travi. L'incatramazione e la carbonizzazione delle teste non raggiungono il desiderato effetto, onde si preferisce murare le travi senza malta, ma semplicemente con argilla e collocare sopra e sotto la testa un foglio di cartone incatramato che oltrepassi il legno da ogni parte per circa cm. 20. Si possono anche difendere le teste delle travi ben secche mediante lastre d'ardesia, o scatole di ferro (fig. 97), oppure avvolgendole in un foglio di piombo, o nella corteccia della quercia sughero, la quale mentre le preserva dall'umido e dal contatto colle malte, non impedisce al legno di essiccarsi maggiormente.

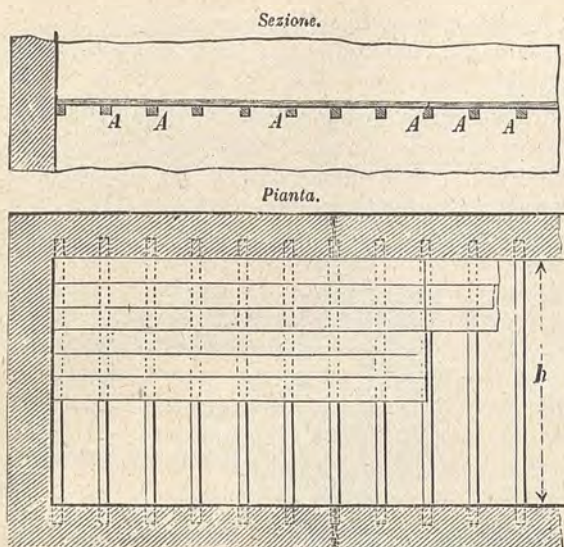


Fig. 90. — Solaio

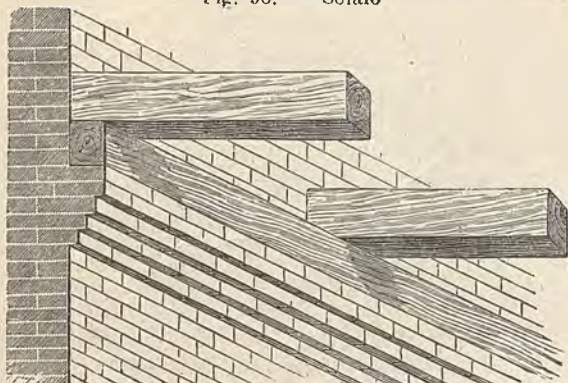


Fig. 92.

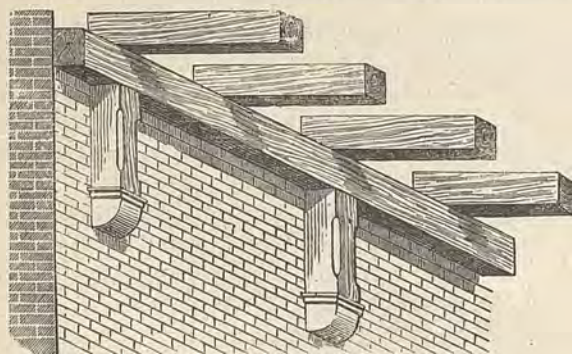


Fig. 96.

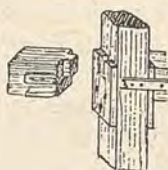


Fig. 91. — Unione di una trave da solaio con un ritto di una parete intelaiata.



Fig. 93. — Appoggio delle travi da solai su banchine.

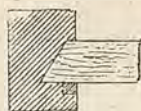


Fig. 94.

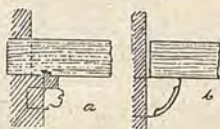


Fig. 95. — Travi da solaio sostenute da mensole.

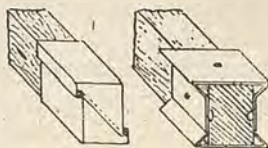


Fig. 97. — Scatole di ferro per le teste delle travi da solaio.



Fig. 98. — Testa di trave circondata da uno strato d'aria rinnovabile.

Siccome il miglior mezzo per preservare dall'imputridimento le teste delle travi murate si è quello di lasciare che intorno al legno circoli liberamente dell'aria, così si è ricorso alla disposizione indicata nella fig. 98, in cui si vede che la testa del legno non tocca la muratura, ma fra essa e quest'ultima trovasi un interstizio che mette in comunicazione la faccia superiore delle travi coll'aria esterna, mediante uno o più canaletti

che attraversano il muro. Anche la scatola di ferro della fig. 97, che nei suoi angoli presenta dei piccoli canaletti triangolari, permette il mutamento dell'aria intorno alla testa della trave, mediante i canali suddetti.

Si usa pure foderare il vano del muro, nel quale deve incastrarsi la testa della trave, con mattoni forati (fig. 99) sui quali la trave appoggia: e se il soffitto è applicato direttamente alle travi del solaio (fig. 99 *a*), allora si fa tutto all'ingiro del soffitto una semplice armatura centinata, nella quale si aprono dei piccoli buchi da cui l'aria possa entrare

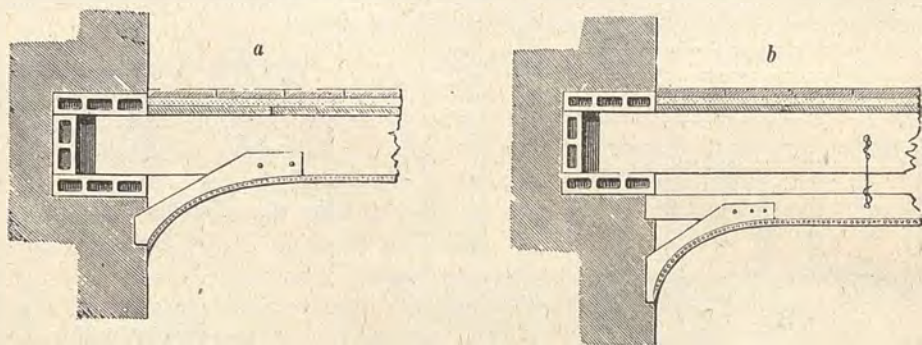


Fig. 99.

ed uscire, e così lentamente mutarsi passando pel vano lasciato dalla centina fra l'una e l'altra trave e per lo spazio lasciato di fianco alla testa della trave. Se il soffitto è armato (fig. 99 *b*) l'aria circolante lambirà non solo le faccie verticali del travetto ma anche la faccia inferiore, con molto vantaggio riguardo alla preservazione del travetto.

I legnami da adoperarsi nella costruzione dei solai devono essere sani, secchi, dritti e ben squadrati: se di forma leggermente piramidale si avrà cura di disporre le travi in modo che una abbia l'estremo più sottile da una parte e la successiva dalla parte opposta, onde il solaio risulti di uguale resistenza.

Una volta si impiegava preferibilmente la quercia ed il castagno, oggi si impiegano con vantaggio anche gli altri legni, come l'abete, il larice e il pioppo. Bisogna però notare che queste essenze imputridiscono più facilmente, onde bisogna provvedere a che le travi fatte con tali legni siano bene riparate dagli effetti dell'umidità e dalla mancanza di aria circolante.

La disposizione dei travicelli viene stabilita a seconda della divisione interna del fabbricato, ordinariamente in modo che nei locali più grandi i travetti sieno disposti nel senso della dimensione minore del locale: riescono quindi paralleli o perpendicolari alle facciate. Nelle fabbriche ad angoli non rettilinei, i travetti si dispongono per lo più perpendicolarmente ad una delle pareti.

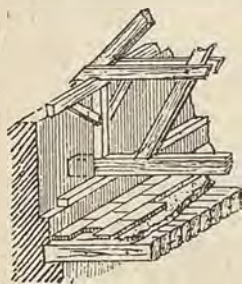


Fig. 100.

La distanza fra i travetti varia molto a seconda dei diversi paesi, e delle dimensioni dei legnami che si hanno disponibili. Difficilmente si accostano i travetti l'uno all'altro, come si usa fare ancora in Austria e in Ungheria pei solai da tetto (fig. 100). La posizione in opera e il ricambio delle travi presentano sempre grande difficoltà in tal genere di solai.

Se la larghezza h del locale (fig. 90) è inferiore a 3 metri, conviene disporre i travicelli A alla distanza di $40 \div 50$ cm. da asse a asse e dar loro una sezione quadrata con lato uguale a $\frac{h}{24}$ circa, od una sezione rettangolare coi lati uguali a $\frac{h}{20}$ e $\frac{h}{30}$. In questo secondo caso si collocheranno col lato maggiore verticale.

I travicelli s'incastano 13 ÷ 15 centimetri nei muri: però dipendendo la lunghezza dell'incastamento dalle dimensioni delle travi, dalla grossezza dei muri e da altre circostanze, come quelle relative alle condizioni imposte dalle leggi, così non si possono indicare dati precisi.

Nel fissare la posizione dei travicelli è conveniente far sì che due di essi (gli estremi) rimangano aderenti ai muri di testa del locale, onde potervi appoggiare e fissare con chiodi le estremità delle tavole del soprastante tavolato.

Comunemente la distanza da asse ad asse dei travicelli non supera i m. 1,05, trattandosi di legnami interi; nei granai e in genere dove sia da prevedersi un carico speciale, si accostano i travetti fino a m. 0,65, e nei paesi ricchi di legname, ove di sovente si costruiscono solai molto pesanti anche nelle case di abitazione, si collocano ad una distanza l'uno dall'altro uguale alla larghezza stessa dei travetti. Adoperandosi travetti di mezzo legno o tavoloni, come si usa fare in Olanda, nel Belgio ed in America, si devono, nelle case di abitazione, avvicinare fino a m. 0,40 ÷ 0,50 e si evita il pericolo di piegamenti laterali coll'inserire opportuni sbadacchi ogni 2 o 3 metri (figura 101). A questo scopo si adoperano anche talvolta saette a crociera.



Fig. 101.

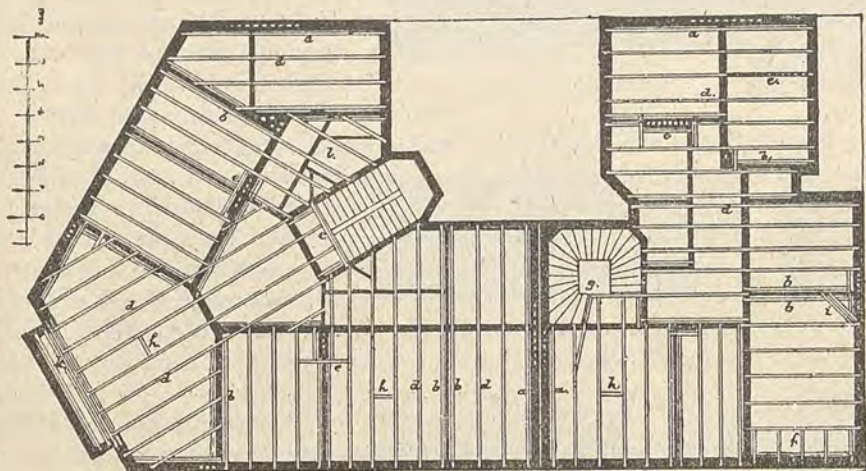


Fig. 102. — Esempio di disposizioni delle travi da solai.

La figura 102 mostra una serie di disposizioni di impalcature per solai. Si cominciano a disporre le travi *a*, dette di *fronte* o di *frontispizio*, lungo i muri divisori a frontone, e le travi *b*, dette *aderenti* o *contro pareti*, contro i muri trasversali interni. Quando da una parte e dall'altra del muro trovasi una trave *b*, a ciascuna di queste due travi si potrebbero dare dimensioni minori, ma tenuto conto del maggior peso che gravita contro le pareti in causa dei mobili che vi sono addossati, così conviene tenerle delle dimensioni degli altri travicelli.

Dopo si dispongono le banchine dette di *parete* sui muri che cessano al piano dell'impalcatura e, quando si abbiano tramezzi intelaiati, quelle di *legamento* *c*, che servono spesso contemporaneamente di cappello alla parete sottostante e di soglia alla superiore. Dopo avere disposto queste travi, gli spazi che risultano fra esse si suddividono disponendo a una certa distanza i travicelli intermedi del solai. Di questi alcuni (vedi *d*) vanno dall'uno all'altro muro esterno in un sol pezzo e son detti travicelli di *collegamento* o di *chiave*. Fra essi e tra i muri esterni e i longitudinali interni possono intercalarsi altre travi di collegamento di minor lunghezza.

In corrispondenza alle scale e alle canne dei camini od altre canne bisogna ricorrere a traverse ausiliarie per l'appoggio dei travicelli (vedi *e*). Le fig. 103-105 indicano precisamente una maniera per sostenere il *travicello zoppo* E in corrispondenza di una grande canna da calorifero. Esso si appoggia sul *cavallo* C C, a sua volta sostenuto dai travicelli adiacenti al travicello E. Le commessure di questo col cavallo e quella del cavallo coi travicelli si eseguono comunemente nel modo indicato dalle figure 103-105. L'estremo del travicello E (fig. 104) è tagliato a tenone marginale, il cui aggetto massimo *d* è $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ della larghezza *b* della sezione retta del cavallo e la sua altezza *f* circa $\frac{1}{2}$ dell'altezza della sezione stessa. Per maggior sicurezza il travetto E viene sorretto da una staffa di ferro S (fig. 103 e 105), alla quale si può dare una sezione retta di mm. 30 x 4. Le unioni del cavallo coi travicelli a cui fa capo sono pure a tenone marginale e ad incastro, e per impedire che il carico trasmesso da E, tutto concentrato sopra un lato del cavallo, possa far rotare il cavallo stesso sopra lo spigolo inferiore del lato suddetto, si ricorre a due alie di ferro fissate sulla faccia superiore del cavallo ed incastrate nel muro.

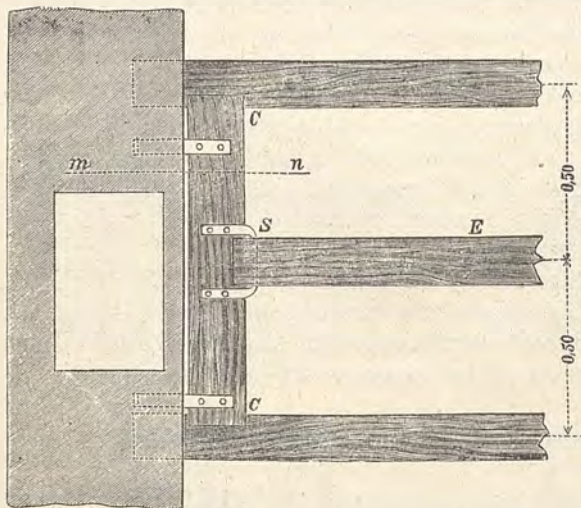


Fig. 103.



Fig. 104.

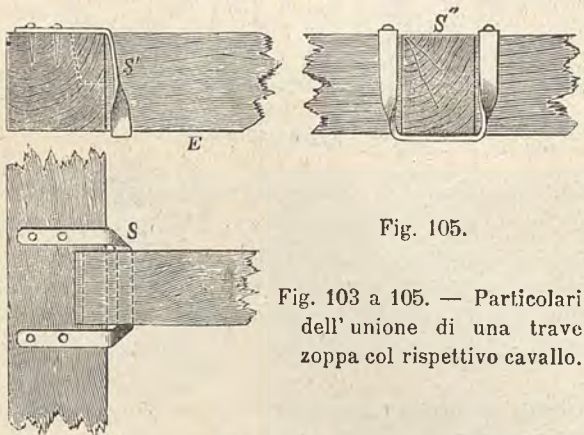


Fig. 105.

Fig. 103 a 105. — Particolari dell'unione di una trave zoppa col rispettivo cavallo.

Quando l'impalcatura viene ad intersecare una falda di tetto, come nei sottotetti, si presenta spesso la necessità di ricorrere a travetti ausiliari per tutta la lunghezza di una trave, come in *f* (fig. 102). Fra questi travetti s'inseriscono poi dei corti travicelli zoppi, per poter così fissare tanto le tavole dell'impalcatura del sottotetto quanto quella del tetto stesso, allorchè vi sia. Si fa una cosa analoga quando per la forma dei locali risultino ai vari piani delle travi oblique ai muri perimetrali, come si vede in più punti della fig. 102. Questo caso, per la presenza delle travi oblique in corrispondenza degli impluvii e dei displuvii, occorre spesso nei sottotetti, dove la disposizione generale della travatura è quasi sempre diversa da quella dei piani inferiori, anche perchè bisogna disporre in corrispondenza dei cavalletti a distanza di m. 3 ÷ 4,50 le *catene* o *travi d'unione* continue da un muro perimetrale all'altro.

In *g* (fig. 102) si vede un cosiddetto *angolo sospeso* che serve a formare il pianerottolo della scala. Si compone di un travicello inclinato secondo l'ultimo scalino e sostenuto nell'estremità opposta a *g* da un travicello del solaio di un locale attiguo, e nell'estremo *g* dalla testa di un travicello prolungato di un altro solaio: sul prolungamento di quest'ultimo travicello vengono ad appoggiarsi due travi di punta del primo solaio.

Quando il pianerottolo si estende a tutto un lato della gabbia della scala allora questo angolo sospeso resta evitato e il pianerottolo si forma con un travicello disposto lungo il margine del ripiano, sul quale vengono ad appoggiarsi dei travicelli trasversali oppure i prolungamenti di travicelli degli attigui locali. Ma quando l'altezza dei piani è molto limitata difficilmente si possono evitare tali angoli sospesi, ed allora bisogna porre ogni cura nella loro costruzione, tenendo ben conto del carico che devono sopportare i travicelli.

Se disponendo i travicelli non ne risulta alcuno nel mezzo di una stanza, può essere opportuno introdurre una piccola traversa *h* per appendervi una lumiera (fig. 102); così pure se si deve collocare una stufa molto pesante, per isolarla dalle vibrazioni delle altre travi in caso di danze, ecc., si può anche in tal caso introdurre qualche traversa e collocare la stufa su travatura apposita, come in *i* (fig. 102).

Però queste costruzioni ausiliarie formate con travi dette di *terzo ordine* o di *cavallo*, devono evitarsi più che sia possibile, perchè le traverse di cui sono costituite appoggiano solo sui loro denti frontali e i travetti intieri che le sorreggono vengono indeboliti dai necessari incavi per riceverle.

Nelle parti che aggettano dal muro, come i terrazzini, i bow-windows, e simili, i travicelli non devono portare alcun peso sulla parete esterna, ma devono in ogni piano essere sostenuti di nuovo da traverse o da travi portanti, come in *k* (fig. 102). Le chiavi di questi passando sopra gli speroni raggiungono l'opposta muratura.

Tenendo calcolo del carico ordinario della mobilia e delle persone l'esperienza ha dimostrato che per portate di circa 5 metri al massimo bastano travi di cm. 17 per 24 di sezione: una norma pratica per determinare tale sezione, è la seguente: la metà della distanza tra gli appoggi espressa in decimetri dà l'altezza dei travicelli in centimetri; ritenendo poi che la larghezza e l'altezza della sezione stiano nel rapporto 5 a 7, resta subito determinata la larghezza.

Se il locale da coprire raggiunge i 6 metri, è conveniente introdurre fra i travicelli dei sistemi di contraffissi che aiutino a riportare sui travetti vicini i carichi accidentali. Le costruzioni che si adottano sono rappresentate nella fig. 106: in *a* è rappresentata una sbadacchiatura a crociera che si compone di listelli cacciati a forza fra i travicelli, o alla distanza di circa 2 m. oppure serrati l'un contro l'altro (come nei rivestimenti dei soffitti).



Fig. 106.

Col restringersi dei legnami viene spesso a cessare la pressione dei pezzi a crociera sui travicelli; quando detti pezzi possono restare accessibili allora conviene munirli di viti, in modo che girando tali si possa sempre ristabilire la pressione (fig. 106 *b*). In Inghilterra invece di tali crociere si usano dei nastri di ferro (fig. 106 *c*) che vengono inchiodati alle travi: il ritiro del legname in tal caso non porta nessuna conseguenza.

Se la portata sorpassa i 6 m., la sporgenza dei supporti (figura 95) presenta un modo di diminuirne alquanto l'ampiezza. Per spazi quadrati o poligonali si può coprire

anche un locale di m. 9 di lato massimo, adottando la così detta impalcatura diagonale, nella quale i travicelli si appoggiano soltanto sopra più grosse traverse disposte obliquamente negli angoli (fig. 107). Questa costruzione presenta però in pratica non poche difficoltà, senza essere molto solida.

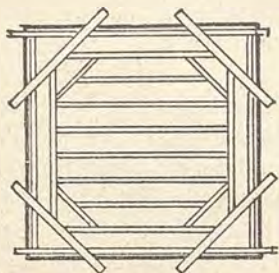


Fig. 107. — Impalcatura diagonale.

Per coprire spazi che superano i 6 metri conviene ricorrere a costruzioni sussidiarie. Siccome anche per portate inferiori ai 6 m. bisogna già adoperare gran quantità di grossi e lunghi legnami così è spesso preferibile il sistema di disporre i travicelli nel senso della maggior lunghezza dello spazio da coprire, e sostenerli a date distanze o con travi *maestre* per disotto o con *catene* per disopra. La fig. 108 mostra in *a* il primo caso, in *b* il secondo; per motivi facili ad immaginarsi sono generalmente adottate le travi *maestre*.

Nella fig. 109 è rappresentato un solaio di m. 7,50 × 12,60, formato con travi *maestre* che sostengono di 3 in 3 metri i travetti, i quali possono così essere fatti di legnami di dimensioni assai minori di quelle che sarebbero occorse quando il solaio fosse stato fatto con soli travicelli.

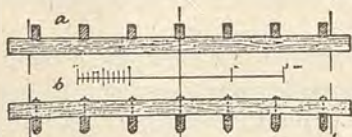


Fig. 108. — Travi maestre e catene per impalcature.

a, impalcatura con travi maestre; *b*, id. con catene maestre.

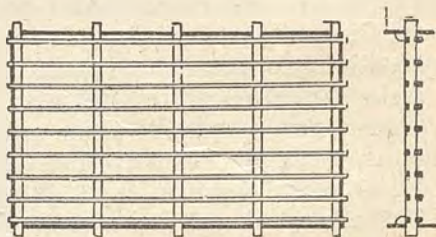


Fig. 109. — Solaio con travi maestre.

Le travi *maestre* s'incastano per circa 30 cm. nei muri, e quando sono distanti 2 ÷ 3 metri da asse ad asse hanno sezione rettangolare tale che il lato maggiore è circa $\frac{1}{13}$ della portata della trave e il minore circa $\frac{1}{20}$ della portata stessa. Sulle travi *maestre* si collocano i travicelli aventi sezione retta rettangolare, di cui i lati verticali ed orizzontali sono rispettivamente $\frac{1}{20}$ ed $\frac{1}{30}$ delle distanze fra gli assi di due travi *maestre* successive.

Le travi *maestre* sono generalmente di essenza forte: castagno, quercia o larice. Quelle addossate ai muri trasversali potrebbero avere sezione minore delle travi intermedie perchè non reggono che il peso corrispondente a metà superficie di quella che corrisponde alle altre travi *maestre*: ma siccome è precisamente contro le pareti che si collocano i mobili, così anche queste travi si tengono di sezione uguale a quella delle travi intermedie. Si può anche fare a meno delle travi *maestre* estreme, e ciò quando non esistendo nei muri di testa grandi canne da camino, vi sia la possibilità d'incastare convenientemente i travicelli nella muratura: in tal caso la profondità dell'incastro è compresa fra 5 e 12 cm.

Le travi *maestre* servono pure allo scopo di collegare i muri e perchè meglio vi adempiano si muniscono alle loro estremità di uno o due capichiavi di ferro attraversati da bolzoni come è indicato nella fig. 53 (pag. 21) e nelle fig. 110 e 111. Essendo utile che il bolzone sia contenuto nel piano verticale passante per l'asse della trave, ne viene la conseguenza di fissare la coda del capochiave sulla faccia superiore o sulla inferiore anzichè sulle facce laterali della trave.

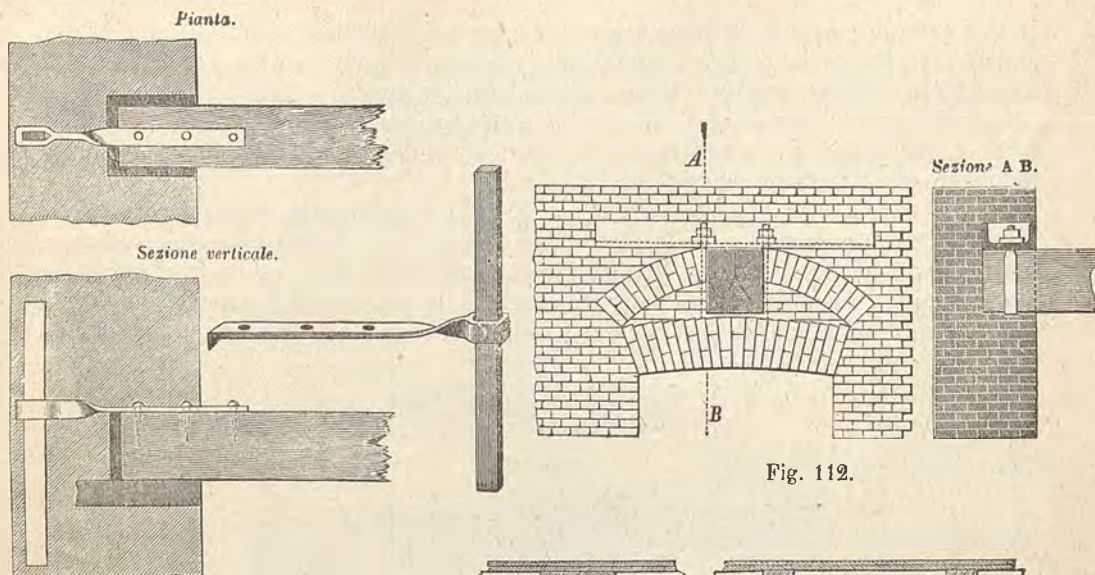


Fig. 112.

Fig. 110. — Capochiave semplice.

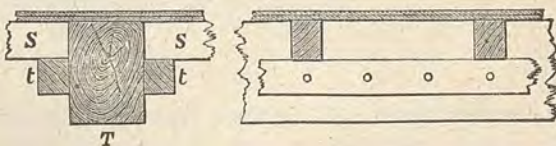


Fig. 113.

Sezione verticale.

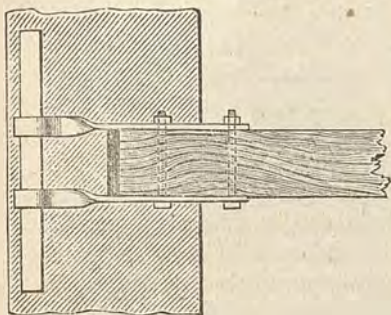


Fig. 111. — Doppio capochiave.



Fig. 114.

Si deve evitare che le travi maestre vadano ad appoggiarsi su piattabande di finestre o di porte: ma quando ciò non fosse possibile bisognerà rinforzare la piattabanda con travi di legno o di ferro o mediante archi di scarico, che riportino sulle spalle dell'apertura il peso trasmesso dalla trave corrispondente alla piattabanda. Affinchè la trave sia messa in condizione di trasmettere il peso all'arco converrà fissare all'estremità della medesima, mediante robusta staffa di ferro, un pezzo di ferro ad U, come si vede nella fig. 112.

I travicelli si fanno appoggiare direttamente sulle travi maestre, oppure, quando si vuol rendere di minor altezza possibile lo spazio occupato dal solaio, si può adottare la disposizione indicata nella fig. 113, in cui si vedono fissati ai lati della trave maestra T due listelli *t, t* in modo che appoggiando su essi le teste dei travicelli *s, s* del solaio, le facce superiori di questi vengono ad essere a piano colla faccia superiore della trave maestra.

Quando la parte inferiore del solaio si vuol tenere scoperta e che la destinazione del locale richieda una certa eleganza nel soffitto, si può ricorrere alla disposizione indicata nella fig. 114, cioè si praticano nella trave maestra, in corrispondenza dei punti di appoggio delle travi S degli incavi, nei quali s'incastano le estremità dei travicelli.

Il lato inferiore della sezione normale dell'incavo si fa di circa 3 cm.; al lato obliquo si dà una inclinazione di circa 15 gradi colla verticale passante per uno dei suoi estremi.

Sovente si fanno correre piccole cornici lungo le travi maestre e i travicelli, i cui spigoli inferiori si smussano o si ritagliano secondo un tondino od altra sagoma, in modo però da non asportare troppo legno. Se ne vedono splendidi esempi nei soffitti del medio evo e del rinascimento (1).

Il tavolato che si dispone sopra i travicelli è generalmente costituito da tavole di abete e di larice collegate fra loro a scanalatura e linguetta, e servono al doppio ufficio di pavimento e di soffitto. Quando il solaio non è soffittato si usa praticare in prossimità dei giunti e parallelamente ad essi delle solcature dette *cordoni* (fig. 115), che servono di ornamento e rendono meno visibile l'eventuale distacco nei giunti dovuto



Fig. 115.



Fig. 116.

al restringimento dei legnami. Talvolta le tavole si uniscono anche semplicemente a filo piano e per evitare tanto il passaggio della polvere quanto per nascondere il distacco fra le tavole, si ricoprono i giunti al disotto con regoletti più o meno sagomati (fig. 116). In entrambi i casi per ottenere un buon effetto si devono tenere tutte le tavole della medesima larghezza.

Allorchè dalla parte inferiore il soffitto resta visibile, conviene colorire ad olio i legnami, non solo per meglio difenderli dal tarlo ma anche per proteggerli contro gli effetti dell'umidità e delle esalazioni che si formano nei locali, specialmente quando in questi si raccolgono molte persone o si tengono accesi molti lumi. In Italia si hanno notevoli esempi di soffitti del medio evo e del rinascimento dipinti con tanta maestria e buon gusto, che ancora oggi formano l'ammirazione degli artisti e degli stranieri (vedi per esempio i soffitti della Chiesa di S. Miniato in Firenze, della Cattedrale di Orvieto, ecc.).

Quando i solai debbono al disotto essere soffittati con soffitto continuo si lavorano meno accuratamente i legnami: le travi maestre si squadrano grossamente, i travicelli e le tavole non si piallano che nella loro faccia inferiore.

Se le travi maestre non devono vedersi al disotto, cioè si vuole il soffitto continuo, si possono incastrare nelle travi i listelli che devono portare le tavole del soffitto, formando un solaio doppio all'inglese (fig. 109 e 117 a). Questo sistema presenta però lo svantaggio di indebolire alquanto le travi maestre, in causa delle molteplici intagliature che vi si devono praticare: inconveniente che si evita usando il sistema dei solai alla francese (fig. 117 b) inchiodando cioè dei listelli ai lati delle travi maestre e disponendo un falso palco, che al disotto porta il soffitto e al disopra i travicelli per il pavimento, i quali in tal caso possono avere piccole dimensioni. In questa maniera non vi è nessuna perdita di legname rispetto alle travi maestre.

Oggi invece di travi maestre di legno si adoperano sovente travi di ferro, sulle cui ali si appoggiano i travicelli. Se per assicurarveli non si crede siano sufficienti

(1) Vedi parte II di questo volume.

semplici arpioni (figura 118 *a*) si possono inchiodare sui travetti dei nastri di ferro (fig. 118 *b*) che si accavalcano sopra la trave di ferro, oppure si inchiodano alla trave stessa dei piccoli legnami longitudinali sui quali vengono poi ad appoggiarsi i travicelli (fig. 118 *c*). La disposizione della fig. 118 *d* è spesso usata in Francia ma non presenta vantaggi corrispondenti al grande dispendio di lavoro e di materiale.

Diversamente dalle impalcature fin qui descritte per case di abitazione devono essere costruite quelle per granai e magazzini, perchè su esse vengono a gravitare carichi straordinari. La lunghezza libera delle travi, da determinarsi col calcolo, non deve eccedere metri 3,50 a 4,50 ed anche entro questi limiti devono introdursi travi

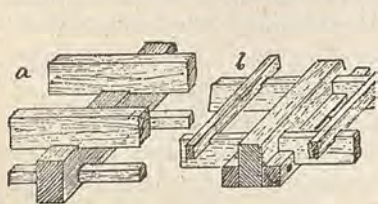


Fig. 117.

a, solaio doppio all'inglese.

b, solaio alla francese.

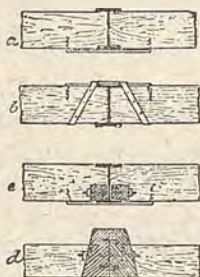


Fig. 118. — Travi maestre di ferro.

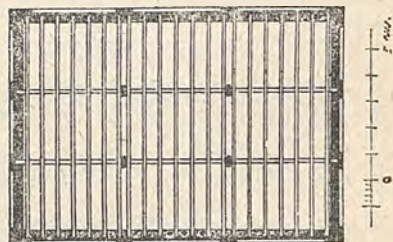


Fig. 119. — Solaio con travi maestre sorrette da sostegni verticali.



Fig. 120. — Travi maestre per solaio saettate.

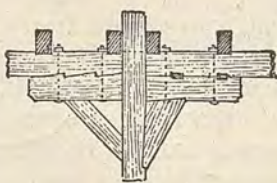


Fig. 121. — Travi maestre per solaio con sottotrave e saette.

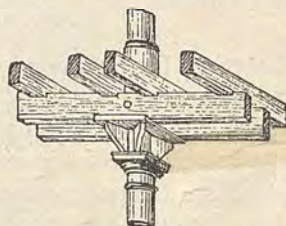


Fig. 122. — Travi maestre accoppiate sostenute da colonna metallica.

maestre portanti, sorrette a loro volta da sostegni verticali. Condizione necessaria nello stabilire questi ultimi è che le unioni sieno fatte testa a testa sempre con legno di fronte: servono benissimo allo scopo i legnami accoppiati (fig. 30 *b* e *c*) attraverso ai quali passano le travi maestre. La figura 119 mostra questa disposizione in pianta. I primi due travetti sono collocati accostati al doppio sostegno verticale; per ottenere la sicurezza del collegamento longitudinale si applicano alle travi maestre delle saette (fig. 120). Se le travi maestre debbono avere maggior lunghezza, allora bisogna ricorrere ad un raddoppio con un sottotrave (fig. 121). È sempre necessaria una molteplice inchiodatura come pure l'applicazione di saette o di tasselli. Per la calcolazione si può togliere dalla lunghezza libera della trave maestra da ambe le parti $\frac{2}{3}$ della lunghezza della mensola formante il raddoppio.

Quando a sostegni di legno si sostituiscono colonne di ghisa, queste si fanno passare attraverso alle travi maestre allorchè sono sottili e si rimedia all'indebolimento delle travi applicando lateralmente ad esse delle piastre di ferro. È meglio però, ed è sempre necessario quando le colonne sono grosse, di adottare travi maestre accoppiate (fig. 122) le quali allora si appoggiano dall'una e dall'altra parte sul capitello della colonna. Anche per travi maestre di ferro è raccomandabile una simile disposizione a travi accoppiate: i travetti del solaio sono allora semplicemente appoggiati sulle stesse: solo i due più vicini ad ogni colonna si fanno di altezza un po' maggiore ritagliandoli di cm. $1,5 \div 2$ in corrispondenza delle travi.

Quando si tratta di solai di grande portata, allora bisogna ricorrere alle travi *maestre composte*, delle quali esistono parecchi sistemi. La fig. 123 *a* rappresenta una trave composta ottenuta mediante semplice sovrapposizione di due travi collegate tra loro per mezzo di fasciature e chivarde: però non è il sistema più conveniente, perchè tali collegamenti non bastano ad impedire completamente lo scorrimento delle due travi secondo la loro superficie di contatto.

Per evitare questo inconveniente si adottano i sistemi rappresentati in *b* e *d* (fig. 123), in cui la trave composta è pure ottenuta mediante sovrapposizione di due travi, ma il

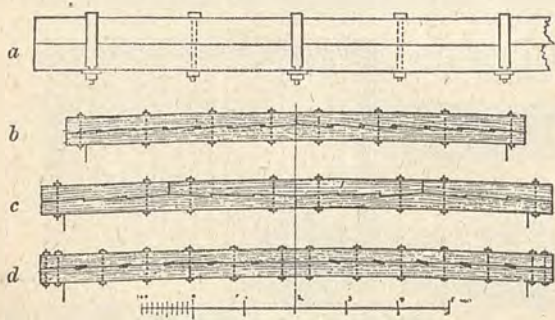


Fig. 123. — Travi composte per solai di grande portata.

collegamento è fatto con intaccature e inchiavardature. I primi due sistemi (*b* e *c*) constano di 3 e di 5 pezzi, l'ultimo (*d*) di due soli. Le indentature possono essere tagliate a combaciamento come in *c* o serrate con cunei come in *b*. L'altezza della trave composta deve essere circa $\frac{1}{15} \div \frac{1}{14}$ della distanza libera da coprire e l'altezza dei denti $\frac{1}{10} \div \frac{1}{8}$ di quella della trave. Una linea condotta per le sommità dei denti segna alle estremità della trave inferiore un'altezza eguale a $\frac{5}{6}$ di quella che risulta nel mezzo. La lunghezza dei denti non eccede 1 m. Ogni due o tre denti forti chivarde tengono collegati insieme i legnami: fino a che queste non siano serrate interamente, durante la preparazione della trave questa viene sostenuta nel mezzo e caricata agli estremi in modo da ottenere una convessità verso l'alto di circa $\frac{1}{60}$ della lunghezza. Le travi composte inchiavardate (fig. 123 *d*) sono di più semplice lavorazione, giacchè basta che vengano praticati nei due legnami intagli obliqui eguali. In questi vengono cacciate da entrambe le parti biette di legno di quercia, opportunamente tagliate con larghezza di 17 a 20 centimetri in modo che venga a premere legno di testa contro legno di testa. La inchiavardatura e la incurvatura si eseguisce come nelle travi unite a denti. Si potrebbe fare a meno delle biette se si tagliassero i denti dell'una trave precisamente uguali agli incastri dell'altra, ma questa precisione è praticamente quasi impossibile ad ottenersi, epperò è da preferirsi la disposizione delle biette.

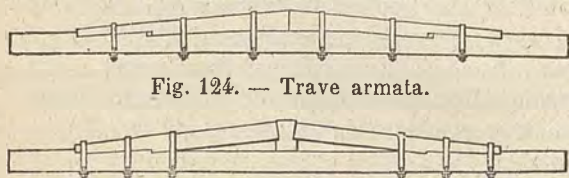


Fig. 124. — Trave armata.

Fig. 125. — Trave armata con puntoni e omello.

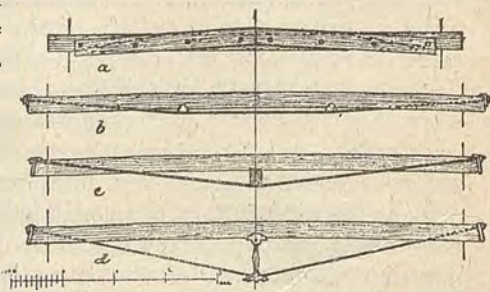


Fig. 126. — Travi armate.

Quando non reca nessun inconveniente che la trave composta non sia piana nella sua parte superiore, si può adottare il sistema delle travi armate, di cui la disposizione rappresentata nella fig. 124, dà un esempio. Essa costituisce un solido di pressochè ugual resistenza in tutte le sue sezioni e a parità di portata ha sulle disposizioni precedenti il vantaggio di presentare maggior leggerezza con qualche risparmio di legname. Maggior robustezza si ottiene colla disposizione della fig. 125. Un'altra forma di travi armate che ha pur fatto buona prova è quella indicata in *a* nella fig. 126. Qui la trave

è rinforzata ai lati da due tavole unite ad intaglio piatto. Più robusta però è la trave composta rappresentata in elevazione e pianta nella fig. 127. Si hanno due travi gemelle, in cui il lato verticale della sezione retta è circa il doppio del lato orizzontale. Queste travi gemelle sono rinforzate da due pezzi di trave *cc*, che a guisa di puntoni leggermente inclinati vanno superiormente a collegarsi ad un monaco, il quale è stretto nella sua estremità inferiore fra le due travi gemelle mediante chiavarda. Le estremità opposte dei puntoni sono contrastate da pezzi di trave *nn* pure serrate fra le travi gemelle mediante due chiavarde.

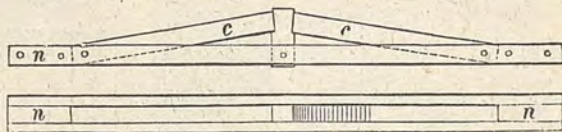


Fig. 127. — Trave gemella armata con puntoni e ometto.

Invece di travi armate con legno si possono in taluni casi adottare travi armate con tiranti di ferro e colonnette di legno o di ghisa. In *b*, *c* e *d* della fig. 126 sono rappresentate alcune disposizioni per travi armate con tiranti di ferro. In *b* le parti inclinate del tirante attraversano la grossezza della trave e il tirante sostiene in due punti intermedi la trave, appoggiandosi contro due piccoli cuscinetti di ferro o di ghisa.

Elevazione Fianco

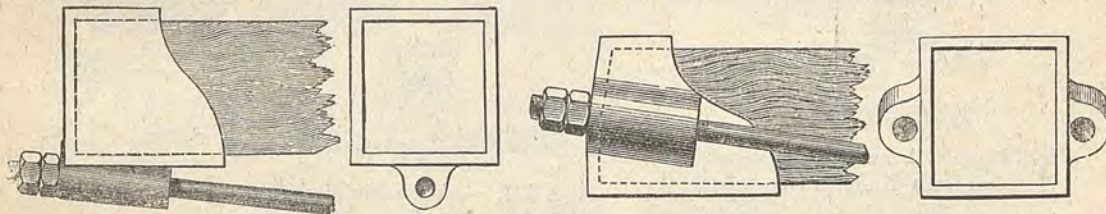


Fig. 128. — Scatola di ghisa per l'attacco dei tiranti di ferro alle estremità di una trave armata.

Fig. 129. — Scatola di ghisa per l'attacco dei tiranti doppi alle estremità di una trave armata.

In *c* i tiranti sono doppi collocati dall'una e dall'altra parte della trave e premono nel mezzo contro un colonnetto di legno. In *d* i tiranti attraversano la grossezza della trave e sono collegati nel mezzo ad una colonnetta di ghisa. La trave di legno si incurva leggermente all'insù, e le viti che servono a tendere i tiranti alle teste della trave si muniscono di una guarnitura metallica, o di una staffa di ferro, oppure si riveste addirittura la testa della trave con una scatola di ghisa. Le fig. 128 e 129 rappresentano

in particolare le scatole di ghisa che si possono adottare per tirante unico e per tiranti doppi. La fig. 130 rappresenta invece la disposizione di tiranti doppi raccomandati ad una piastra di ferro fissata alla testa della trave. Nelle figure 131, 132 e 133 sono indicate le forme che si possono dare alle colonnette di ghisa, tanto

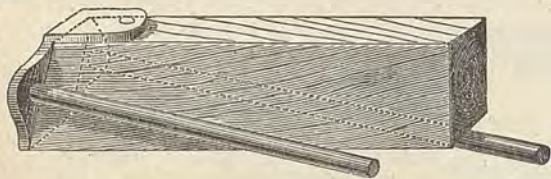


Fig. 130. — Staffa di ferro per l'attacco dei tiranti doppi alle estremità di una trave armata.

per un tirante semplice quanto per tiranti doppi.

Sovente invece di una sola colonnetta se ne usano due (fig. 134), e quando non si possono disporre le viti di tensione dei tiranti alle teste della trave, allora si ricorre ai tenditori a manicotto o ad anello (fig. 135, 136, 137), che si collocano nella parte orizzontale dei tiranti. Questi nelle estremità impegnate nel tenditore sono filettati in senso inverso, onde girando il tenditore tali estremità si avvicinano o si allontanano ottenendo così la tensione che si desidera. Naturalmente nel metter in opera i tiranti bisogna che le loro estremità filettate si trovino già impegnate nel tenditore per due o tre spire.

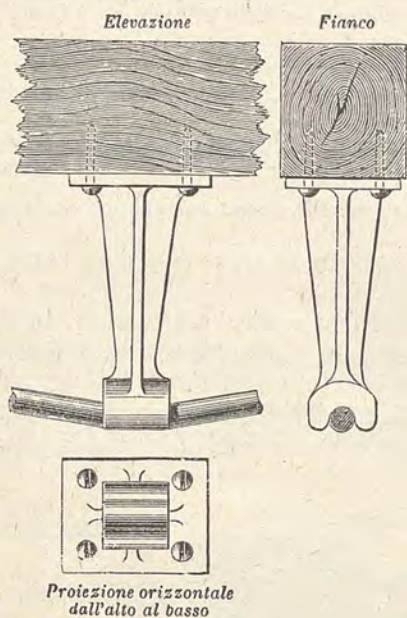


Fig. 131. — Colonneta di ghisa per il tirante di ferro di una trave armata.

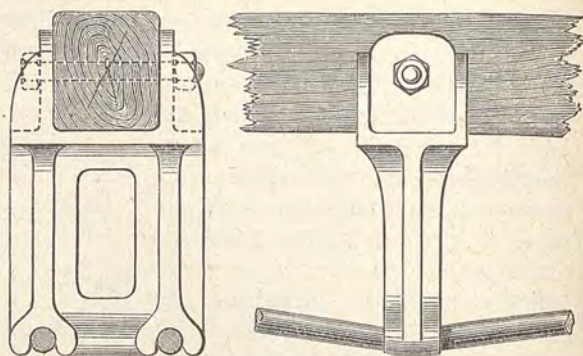


Fig. 132. — Cuscinetto di ghisa per i tiranti di ferro di una trave armata.

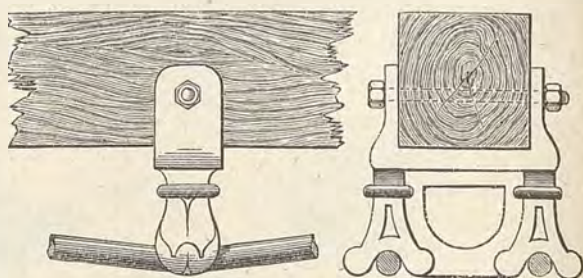


Fig. 133. — Cuscinetto di ghisa per i tiranti di ferro di una trave armata.

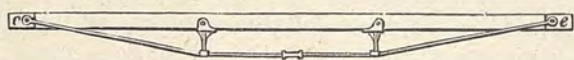


Fig. 134. — Trave armata con tiranti di ferro e due colonnette.

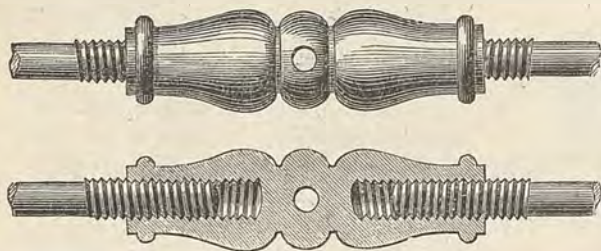


Fig. 135. — Tenditore a manicotto.

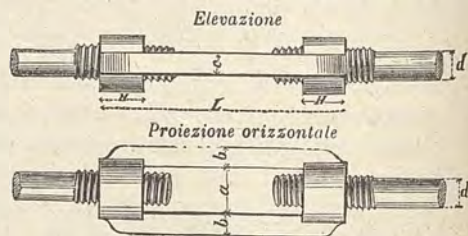


Fig. 136. — Tenditore ad anello con occhi filettati

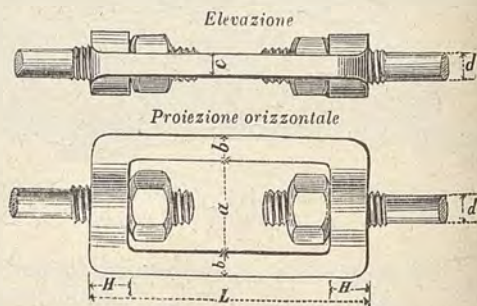


Fig. 137. Tenditore ad anello con occhi lisci e dadi

Il manicotto essendo soggetto a tensione è bene che sia di ferro o meglio di acciaio, e il diametro esterno della parte che riceve i tiranti dev'essere circa due volte quello d dei tiranti. La lunghezza del manicotto può tenersi $8d \div 10d$ e la profondità della parte filettata circa $3d \div 4d$.

Col tenditore a manicotto (fig. 135) non si può sapere quante spire della vite sono in esso impegnate se non si sono registrate le lunghezze delle porzioni filettate: inoltre una volta che le viti dei tiranti toccassero i fondi delle cavità filettate non si potrebbe più aumentare la tensione. Perciò sono preferiti da molti i tenditori ad anello sia con occhi filettati (fig. 136), sia con occhi lisci e dadi (fig. 137). Nel primo $H = \text{circa } 1,5 d$; $L = 7 d \div 9 d$, e siccome le braccia dell'anello sono soggette non solo a sforzo di tensione, ma anche di torsione durante l'operazione di tensione dei tiranti, così conviene che $bc = \text{circa } \frac{3}{4} d^2$. Il tenditore con occhi lisci e dadi (fig. 137) si adopera tanto quando non fosse possibile far rotare l'anello come quando i tiranti dovessero collegarsi alle estremità della trave prima di mettere in opera l'anello di unione e fossero così collegati da non essere possibile nè movimenti di rotazione attorno ai loro assi nè di traslazione nel senso degli assi stessi, per cui non si potrebbe più collocare in

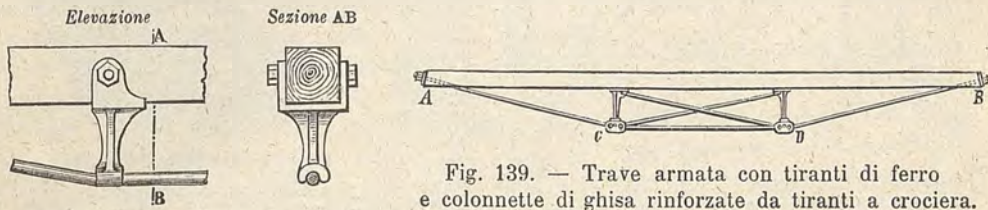


Fig. 138.

Fig. 139. — Trave armata con tiranti di ferro e colonnette di ghisa rinforzate da tiranti a crociera.

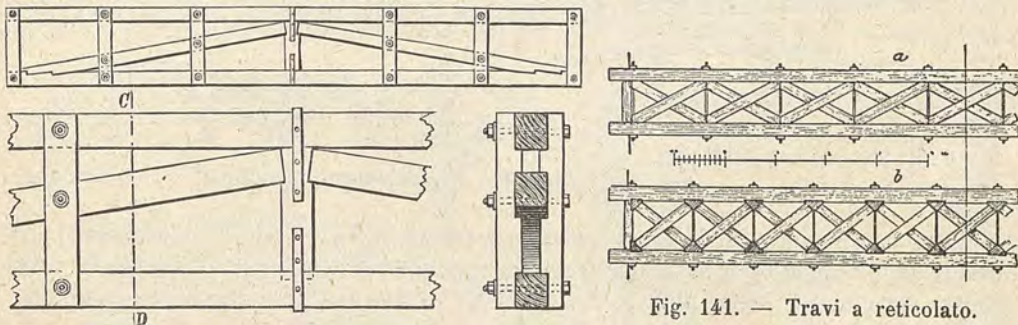


Fig. 140. — Doppia trave armata.

Fig. 141. — Travi a reticolato.

opera nè il manicotto nè l'anello. Per questo anello $H = 1,2 d \div 1,5 d$ e $L = \text{circa } 10 d$. Per le due braccia, essendo solamente soggette a tensione, si farà $bc = \frac{1}{2} d^2$.

Nei sistemi di trave armata con tirante orizzontale e tenditore allorchè questo vien teso si provoca uno sforzo obliquo contro le colonnette, onde, per evitare il pericolo del loro rovesciamento, conviene farle della forma indicata nella fig. 138.

In alcuni casi si ritiene utile aggiungere alle travi armate con due colonnette, due diagonali come è rappresentato nella fig. 139.

Occupano maggiore spazio in altezza che non le travature fin qui descritte quella rappresentata nella fig. 140 e le travi dette a *reticolato* o a *traliccio* (fig. 141), le quali si impiegano quasi solamente nelle costruzioni provvisorie ed anche in queste perchè permettono di utilizzare un gran numero di corti pezzi di legname.

La trave della fig. 140 è formata da due travi orizzontali fra cui trovansi altre due travi inclinate, che a guisa di puntoni stringono un monaco alla sommità. Questo è unito con tenone nella trave inferiore ed è reso solidale colle due travi orizzontali mediante staffe di ferro. Il complesso della trave è serrato fra sei coppie di ritti e le unioni sono fatte da tre chivarde per ciascuna coppia di ritti.

Riguardo alle travi a traliccio (fig. 141) è da preferirsi la disposizione indicata in *b* perchè vi sono evitate le unioni a metà legno e il conseguente indebolimento dei legnami: inoltre la messa in opera richiede per essa minor lavoro. Nella fig. 142 è indicato il particolare della trave e nella fig. 143 quello dei cuscinetti di ghisa in cui entrano le estremità dei pezzi obliqui formanti il traliccio. Le porzioni estreme della trave in corrispondenza degli appoggi sono rinforzate da due coppie di ritzi *R, R* collegati fra loro da tre pezzi *T, T, T*, che servono a fornire una buona base di appoggio alla trave.

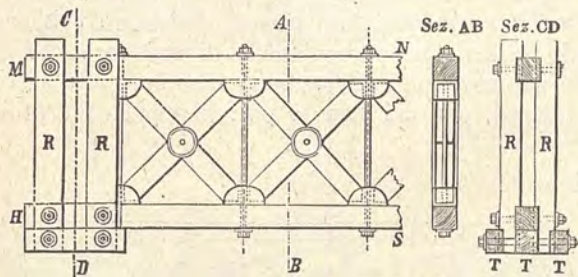


Fig. 142.

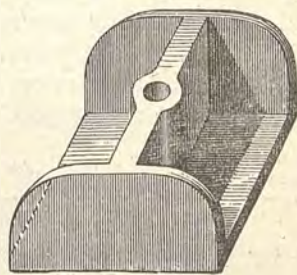


Fig. 143.

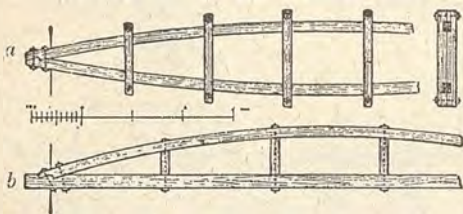


Fig. 144. — Travi lenticolari.



Fig. 145. — Trave lenticolare, sistema americano.

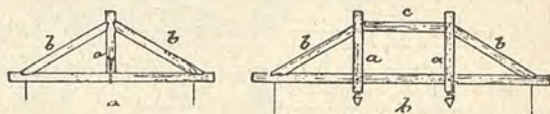


Fig. 146. — Armature pensili a cavalletto o ad incavallatura

Meno usate sono oggi le travi *lenticolari* ideate da Laves, che originariamente si formavano dividendo per metà una trave fin verso le sue estremità ed inserendo nella fessura dei cunei di legno, onde le due parti della trave s'incurvavano in senso opposto.

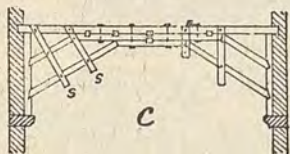
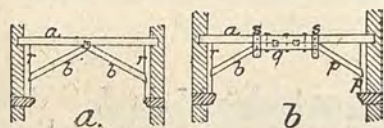


Fig. 147. — Armature di sostegno con saettoni e sottotravi.

In seguito il sistema si modificò e si presero due travi distinte che si mantenevano incurvate mediante ritzi di legno (*a* fig. 144).

Sovente una delle travi si mantiene diritta (*b* fig. 144) oppure fra le due travi curve si forma un traliccio con ritzi e saette (sistema americano) com'è indicato nella fig. 145. L'altezza complessiva di quest'ultima trave nel suo mezzo è 4 ÷ 6 volte la grossezza *a* delle travi che la compongono.

Secondochè si può disporre di uno spazio superiore od inferiore alla trave, che si vuol rinforzare od armare, si può ricorrere ai cavalletti od alle saette.

Nella fig. 146 sono rappresentate in *a* un'armatura a cavalletto semplice, in *b* una doppia. I puntoni *b* riportano il carico sulle estremità della trave, dove essi sono uniti con intaglio od anche incastrati ed inchiodati. Nel cavalletto doppio, ossia nell'*armatura pensile a due ometti* (*b*, fig. 146) fra i due monaci od ometti *a* è inserita la traversa *c*. La costruzione di queste armature si può eseguire in diverse maniere, anche ottenendo un aspetto decorativo.

La fig. 147 mostra diverse disposizioni di armature con saette, da usarsi a seconda della minore o maggior portata della trave principale. Nella fig. 147 *a*, sono indicate con *a* la trave principale, con *b* i saettoni che sostengono la trave nel mezzo, e con *r* le spalle od i ritti da parete. Quando la trave principale dev'essere sostenuta in più di un punto intermedio agli estremi si ricorre alla disposizione indicata in *b*, in cui fra i saettoni *b* e *p*, è interposto un sottotrave *g*, inchiodato alla trave principale *a*. Si possono disporre anche più sistemi di questo genere gli uni sotto gli altri, come è indicato in *c* della fig. 147. Allorchè i saettoni diventano troppo lunghi, si possono sostenere mediante staffe o tiranti gemelli, i quali si dispongono tanto normalmente ai saettoni quanto verticalmente, per preservarli dalle oscillazioni e dagli incurvamenti (fig. 147 *c*).

Queste armature di sostegno con saette s'incontrano di rado nella costruzione degli edifici civili e rurali, ma quasi esclusivamente in quella dei ponti: esse presentano poi lo svantaggio di trasmettere tutta la spinta ai muri, mentre invece nelle armature a cavalletto la spinta si risolve in una tensione della trave principale, onde i muri non devono resistere che ad una pressione in senso verticale e quindi possono tenersi di grossezza minore. Si è appunto per eliminare le spinte contro i muri laterali che si usa la disposizione rappresentata nella fig. 148, in cui si vede che i piedi dei saettoni sono rilegati per mezzo di tiranti collegati a colonnette di ghisa, fra le quali sono disposti altri tiranti a crociera per rendere indeformabile il sistema.

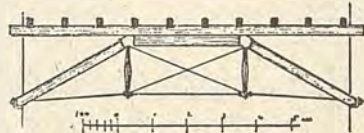


Fig. 148. — Armatura di sostegno con saettoni di legno, tiranti di legno e colonnette di ghisa.

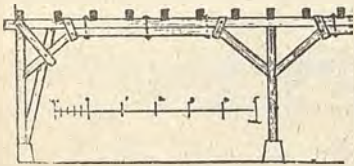


Fig. 149. — Armatura con saettoni e ritto verticali per tettoie.

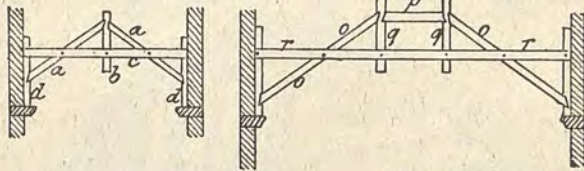


Fig. 150. — Armature miste a cavalletto e a saette.

Nelle fabbriche rurali o in tettoie di mediocre altezza, si fa scaricare la spinta delle saette su di un punto inferiore, ponendo davanti al ritto di parete una saetta, la quale va dalla trave principale fino al piede del ritto stesso (fig. 149).

Se si può disporre di uno spazio superiore ed inferiore alla trave principale, conviene ricorrere alle armature miste a cavalletto e a saette (fig. 150); allora la trave principale si compone di due pezzi gemelli, generalmente tavoloni, che abbracciano tutte le altre membrature dell'armatura, colle quali sono inchiodate ed assicurate mediante staffe e piastre di ferro.

Solai di grande portata formati con travi corte. — Questi si possono dividere in *solai alla Serlio*, così chiamati dal loro inventore, Sebastiano Serlio, celebre architetto bolognese del XVI secolo; *solai a scompartimenti o diagonali*; *solai poligonali* e *solai con travi radiali*.

Le fig. 151 e 152 rappresentano due impalcature alla Serlio, di cui una è atta a coprire uno spazio quadrato e l'altra uno spazio circolare. Nella fig. 151 le quattro travi maestre AB, CD, EF, GH sono incastrate per un estremo nella muratura e nell'altro estremo si sorreggono reciprocamente. I vani rettangolari che rimangono fra queste travi e i muri perimetrali sono suddivisi da travicelli incastrati nei muri e nella trave maestra a cui fanno capo: nel vano centrale quadrato sono invece disposti dei travicelli in direzioni parallele allè diagonali del quadrato. La lunghezza delle travi maestre

è circa $\frac{2}{3}$ del lato dell'area coperta, le travi e i travicelli si lasciavano ordinariamente scoperti nella loro parte inferiore, perchè essi stessi formavano motivo di decorazione, specialmente quando i legnami erano lavorati con cura, in modo da presentare spigoli vivi o smussature sagomate in luogo degli spigoli stessi.

Un'altra disposizione di travi corte per solaio è indicata nella fig. 153, che rappresenta una porzione di un solaio esistente nel castello detto *Maison de Bois*, che fu luogo di delizie del re d'Olanda.

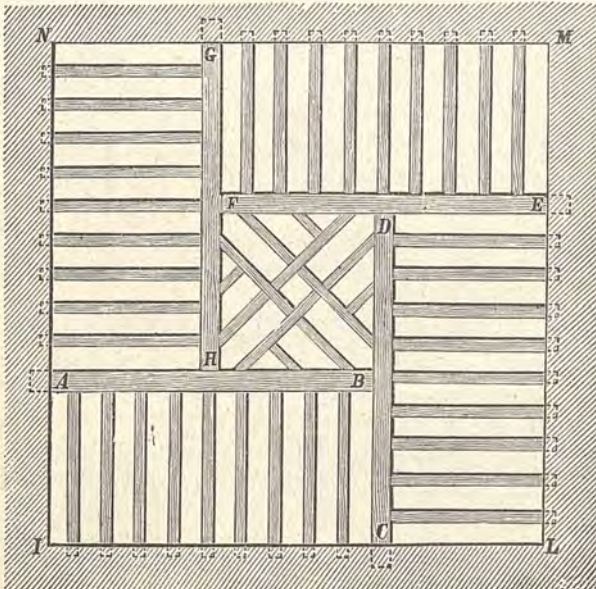


Fig. 151. — Solaio alla Serlio.

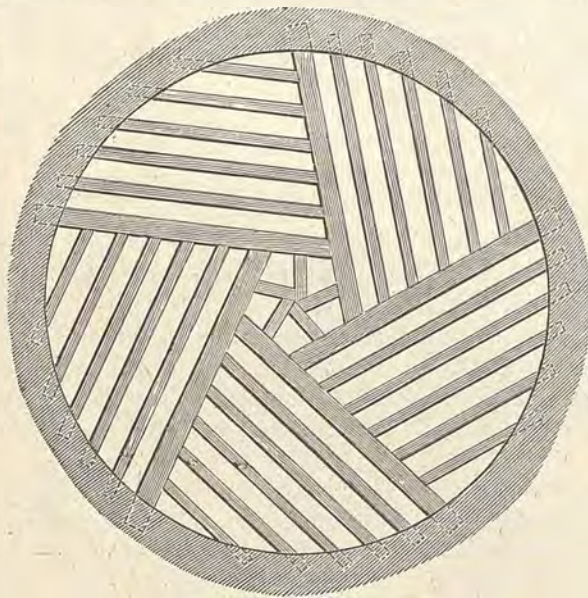


Fig. 152. — Solaio alla Serlio.

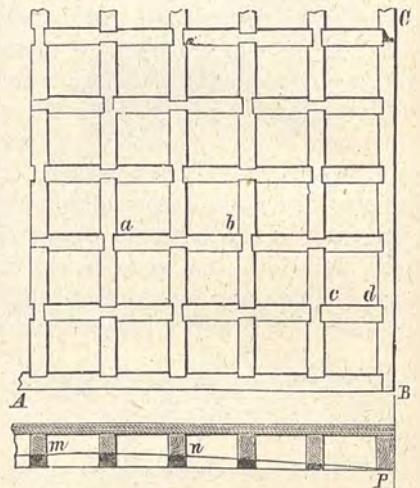


Fig. 153. — Porzione di un solaio esistente nel castello detto *Maison de Bois*.

La sala coperta da tal solaio è quadrata con lati di metri 19,50. Il solaio è formato da due serie di travi di quercia disposte parallelamente ai lati della pianta. Tutte queste travi, eccezione fatta di alcune, come la *cd* verso la periferia, hanno uguale lunghezza, cioè circa $\frac{1}{9}$ del lato della sala. Le travi come la *ab*, disposte parallelamente al lato *AB* sono fissate nella giusta metà di quelle parallele al lato *BC*. Le travi come le *cd* sono di lunghezza metà delle altre. Ciascuna trave poi non presenta nel

senso verticale la stessa grossezza, ma questa diminuisce in modo che la superficie inferiore del solaio non è piana ma leggermente concava secondo la linea *mnp*, come sarebbe quella di una vòlta a vela od a bacino. Con questa disposizione si evita che, in seguito alla naturale contrazione dei legnami e per la flessione dovuta al proprio peso od al sovraccarico, le travi deformandosi leggermente vengano a presentare una

convessità verso il basso, ciò che sarebbe di sgradevole effetto. Questi solai, a motivo dell'accentuata curvatura, esercitano un po' di spinta sui muri perimetrali, a cui si fa fronte mediante opportuni radicamenti di legno o di ferro disposti nei muri stessi.

La fig. 154 rappresenta un solaio costruito a Corbeil per un magazzino da farine. La pianta è quadrata con lati di m. 13,65. Le travi maestre sono collegate fra loro col sistema alla Serlio, però disposte parallelamente alle diagonali dell'ambiente e distanti da asse ad asse di circa m. 2,30. La sezione retta di queste travi è di cm. $38 \times 32,5$. Le grandi maglie quadrate formate dalle travi maestre sono suddivise a guisa di graticcio con travicelli disposti parallelamente alle travi maestre, ed aventi una sezione retta di centimetri $19 \times 13,5$.

La figura 155 indica un solaio a scomparti o diagonale (v. fig. 107). Quattro travi A, A,... disposte parallelamente alle diagonali dell'ambiente, che è quadrato, sostengono in punti intermedi le estremità delle travi B, B,... a cui sono fissate le estremità delle travi C, C,... che a loro volta sorreggono le estremità delle travi D,... A queste finalmente sono raccomandate le travi E,... Gli scomparti che risultano dalla disposizione di queste travi sono suddivisi con travicelli distanti da 30 a 40 centimetri da asse ad asse.

La fig. 156 rappresenta un solaio a sistema poligonale appartenente ad una sala del castello della regina Blanche a Viarmes. Lungo il muro perimetrale della sala sono incastrate le filarole che ricevono le travi d'angolo *aa*, colle quali l'area fu divisa in un grande ottagono e in quattro triangoli. Otto travi fissate per le loro estremità sul mezzo delle travi precedenti determinano un secondo ottagono: nello stesso modo

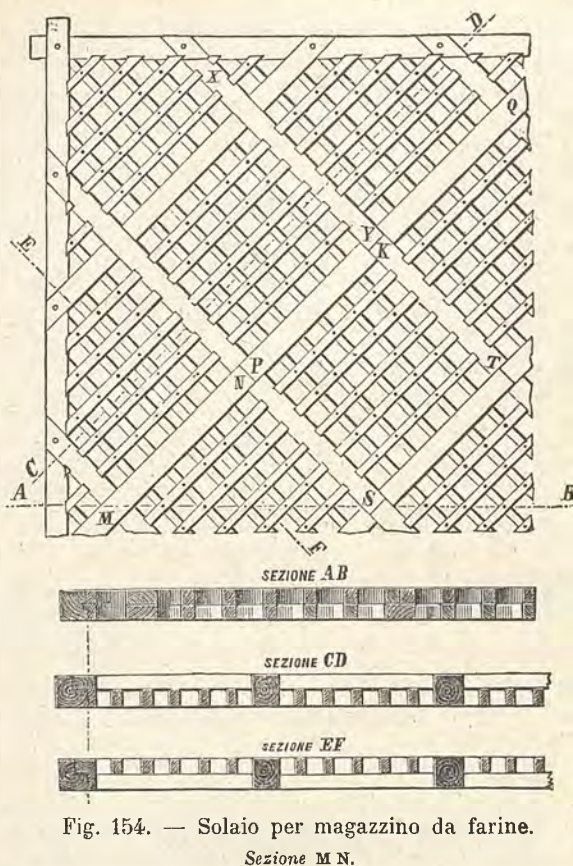


Fig. 154. — Solaio per magazzino da farine.
Sezione M N.

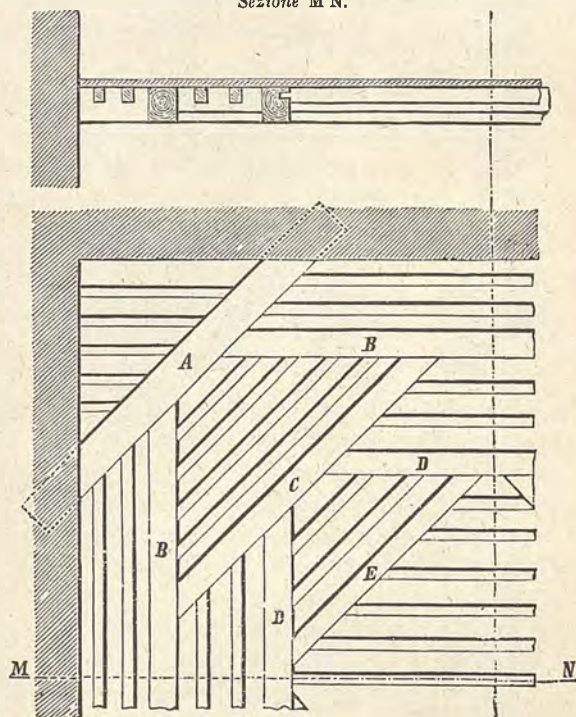


Fig. 155. — Solaio diagonale.

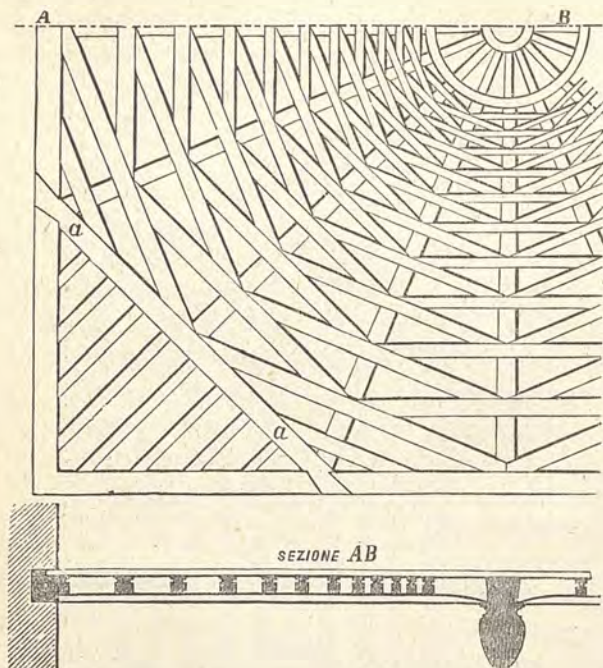


Fig. 156. — Solaio nel castello della regina Blanche a Viarmes.

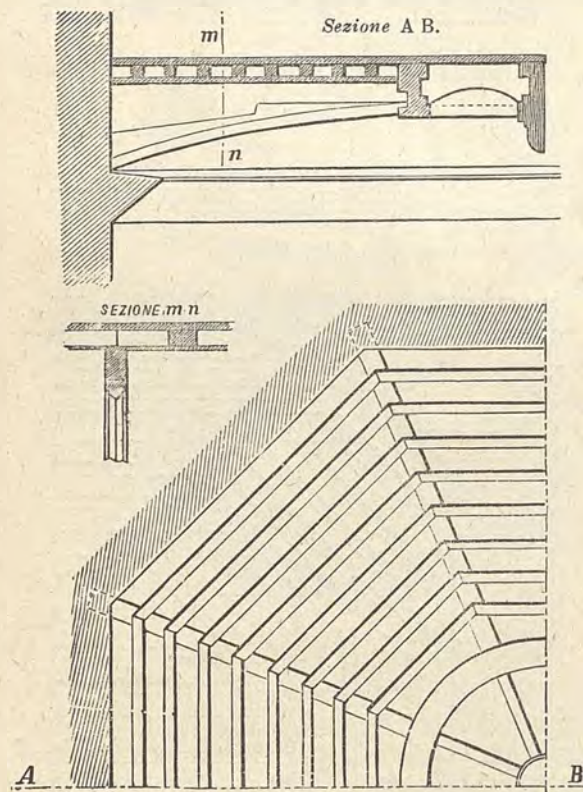


Fig. 157. — Solaio radiale.

sono formati i successivi ottagoni fino al ventunesimo, al quale segue una corona circolare rinforzata da 16 razze, che partono dalla chiave od ometto centrale e vanno a collegarsi alla corona in punti equidistanti.

Nel sistema di solai con travi radiali l'ossatura principale è formata da travi disposti secondo i raggi di un circolo, il cui centro è quello stesso dell'area a coprirsi. Si adatta bene per coprire locali a pianta circolare od a poligono regolare avente un gran numero di lati. Serve però anche per aree quadrate e per aree ellittiche, specialmente quando i due assi dell'ellisse differiscono fra loro. La fig. 157 porge un esempio di tal genere di solai.

IV. — Tetti.

I tetti devono soddisfare a esigenze costruttive, estetiche e tecniche: la loro forma e struttura ne sono perciò svariatissime. Secondo l'inclinazione del coperto si distinguono in tetti a falde inclinate e in tetti piani: secondo la forma del coperto stesso in tetti a falde piane, curve, spezzate, ecc., corrispondentemente alla forma dell'area ch'essi devono coprire, o di altre condizioni indipendenti dall'area, alle quali devono soddisfare.

1. Tetti a colmo.

Questi formano il gruppo principale. Comprendono i tetti ad una sola falda o ad un'acqua, quelli a due falde o a due acque (a, fig. 158), i tetti tanto a mezzo padiglione (b, fig. 158) o a tre falde, quanto a padiglione intero o a quattro e più falde, e tutti quegli altri tetti in cui le falde piane formano una linea di colmo diritta o spezzata, orizzontale od inclinata. Quando in un tetto a due falde, il vertice del muro di frontispizio o di fastigio viene sostituito da una piccola falda (c, fig. 158), oppure

quando allo stesso muro di frontispizio è sostituito un tratto di falda che va dalla gronda a un altro muro di frontispizio interno (*d*, fig. 158), allora il tetto prende il nome di tetto a *padiglione stroncato*. La determinazione in pianta della disposizione delle falde del coperto dicesi *composizione* o *tracciamento del coperto*.

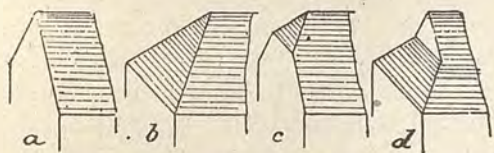


Fig. 158. — Tetti a colmo.

a, tetto a due falde; *b*, *id.* a padiglione; *c*, *d*, *id.* a padiglione stroncato.

Per una pianta rettangolare la linea di colmo, in un tetto a due falde, è data dalla mediana del rettangolo, in generale parallela ai lati più lunghi: le due falde risultano perciò ugualmente inclinate. Se sulla stessa pianta si vuole un tetto a padiglione allora le linee di *displuvio* che termineranno nei quattro vertici del rettangolo cadranno nelle bisettrici degli angoli del rettangolo stesso. Quando però il fabbricato presenta delle sporgenze e delle rientranze, in corrispondenza a queste si avrà una terza serie di linee di divisione tra le falde, cioè le linee di *compluvio* o *converse*, che cadranno pur esse nelle bisettrici degli angoli nei cui vertici esse mettono capo. La fig. 159 *a*, mostra in *c* dette linee di compluvio. I piccoli compluvi *d* dietro ai camini, ai piccoli frontoni, a porzioni di attici, o ad altre sopraelevazioni sopra i muri di gronda e i muri interni, si dicono *canalette*. La stessa fig. 159 indica il modo di composizione del coperto. Tracciate che siano le linee di colmo corrispondenti alle due falde dei rettangoli, in cui si può scomporre la pianta, si conducono le bisettrici degli angoli della pianta stessa, le quali determineranno un certo numero di falde. Indi si prolungano le linee di gronda (v. *linee punteggiate*) corrispondenti agli angoli rientranti della pianta, fino all'incontro delle linee di gronda ad esse normali, e dal vertice degli angoli che vengono così formati si conducono le bisettrici. Queste determineranno i tratti *e* di displuvio. Siccome sovente le spezzature formate dai tratti *e* rendono il coperto di forma troppo irregolare e di aspetto non bello, così si ricorre al mezzo indicato nella fig. 159 *b*, di rialzare cioè una parte delle linee di gronda o variare l'inclinazione di alcune falde del coperto.

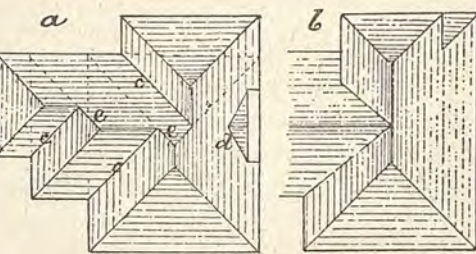


Fig. 159. — Tracciamento delle falde dei tetti composti.

Se la pianta non è ad angoli retti, serve per la composizione del coperto la regola che la linea di colmo deve rimanere orizzontale; la si dispone perciò parallela a una

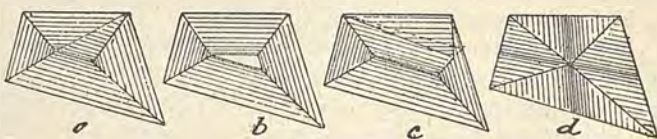


Fig. 160. — Tetti a padiglione.

fronte, possibilmente alla fronte principale. Dalla parte opposta a questa si ha una falda a superficie sghemba. Questo inconveniente si può evitare, introducendo, come nella fig. 160 *a*, nella falda sghemba una linea di compluvio, o formando, come in *b*, in luogo del colmo un piano triangolare con lati paralleli alle linee di gronda. Un'altra soluzione è presentata in *c*. Si ottiene poi sopra una simile pianta un tetto a falde piane, tutte triangolari, ma di inclinazione diversa, quando alle linee di gronda si sostituiscono dei frontoni (fig. 160 *d*). Il più delle volte si possono evitare difficoltà come quelle che si presentano in simili casi applicando il sistema dei tetti piani. I tetti che nella pianta presentano solamente angoli salienti si chiamano *semplici* (fig. 160): quelli invece che presentano anche angoli rientranti son detti *composti* (*a* e *b*, fig. 159).

Fatta la composizione del coperto se ne deve ricercare l'*inclinazione* meglio adatta.

Questa, riferendosi a un tetto a 2 falde, viene ordinariamente espressa col rapporto fra l'altezza e la base del triangolo sezione del tetto. L'altezza di tale triangolo, ossia quella del tetto, chiamasi *monta* del tetto. Si chiamano perciò *tetti di quarto* o *di terzo* (fig. 161) quelli nei quali l'altezza CD, CE è rispettivamente $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{3}$ della base AB. Se l'altezza CF è uguale a metà della base si ha al colmo un angolo retto, onde il tetto si può chiamare *ad angolo retto* o *a squadra*. Si dice *tetto gotico* quello in cui l'altezza CG è eguale od anche superiore alla base. I tetti nei quali l'altezza CH è solo $\frac{1}{8}$ della base, od anche meno, si dicono *tetti all'italiana*.

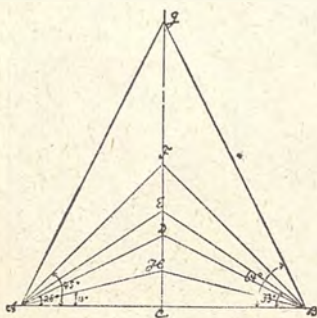


Fig. 161. — Inclinazioni dei coperti.

L'inclinazione di un tetto si fa dipendere non solo dalla qualità del materiale di coperta e da ragioni di estetica, ma anche dal clima e dall'esposizione. Così quanto più un paese è soggetto a nevi o a piogge od esposto a venti, tanto maggiore dovrà essere la pendenza dei tetti, allo scopo di agevolare lo scolo delle acque e render meno sensibile il carico delle nevi o d'impedire che l'impeto dei venti sollevi la copertura (1). In Piemonte per i tetti a due falde si adotta in generale il rapporto $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$, ossia $\frac{7}{24}$, per le tegole ed anche per le lastre di pietra: in Lombardia $\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}$ per le tegole e $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$ per le ardesie e le tegole piane: nelle provincie centrali dell'Italia $\frac{1}{5}$ e nelle meridionali $\frac{1}{8} \div \frac{1}{5}$. — La seguente tabella indica i limiti delle inclinazioni che si sogliono dare ai tetti a seconda del materiale di coperta: fra questi limiti sarà compresa la inclinazione da darsi al tetto tenendo calcolo del clima e dell'esposizione.

Tabella XI.

MATERIALE DI COPERTA	Rapporto d'inclinazione	Angolo d'inclinazione in gradi
Tegole comuni a canale a 2 strati	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$	25 ÷ 37
» » » con ridoppi (3 strati)	»	»
» » » posate a secco	$\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}$	21 ÷ 27
» » » murate	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$	27 ÷ 31
» maritate (alla romana) con sottoposto pianellato . .	$\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}$	20 ÷ 26
» piane	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}$	25 ÷ 45
» » con sottoposto pianellato	»	»
» fiamminghe o a doppia curvatura	$\frac{4}{10} \div \frac{5}{8}$	40 ÷ 50
Lastre di pietra di Barge grosse 0,0026 (Torino)	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$	25 ÷ 37
Ardesie francesi grosse mm. 3 ÷ 4	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$	27 ÷ 33
» lombarde » 6 ÷ 9	»	»
Lastre metalliche (rame, zinco, ferro, piombo)	$\frac{1}{24} \div \frac{1}{10}$	5 ÷ 11
Vetro	$\frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$	15 ÷ 22
Asfalto	non oltre $\frac{1}{10}$	11
Cartoni incatramati, feltri, tele incatramate	$\frac{1}{8} \div \frac{1}{6}$	14 ÷ 18
Cemento di legno (tetti piani)	$\frac{1}{50} \div \frac{1}{20}$	2 ÷ 5
Canne e paglia, assicelle e tavole	$\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}$	34 ÷ 45
Terrazzi (lastrici solari)	non meno del $\frac{3}{9}$	

(1) In Egitto, in Siria ecc gli edifi si ricoprono con terrazze: nella Grecia e nelle regioni meridionali dell'Italia e della Spagna, l'inclinazione dei coperti è debolissima.

Rondelet propose di determinare l'inclinazione dei tetti sottraendo dai gradi di latitudine del luogo la distanza costante di 23° e 28' che sta fra l'equatore e il tropico, prescrivendo inoltre le variazioni da apportarsi a norma della qualità della coperta. Però tal regola non è troppo attendibile ed è meglio uniformarsi alle consuetudini locali.

Palladio ed altri architetti prescrivono per le nostre regioni temperate la monta di $\frac{2}{9}$.

a) Tetti a colmo con falde piane.

La forma più comune di tetto è quella a due piovanti ed in tal caso la grossa e la piccola armatura si compongono: del *colmo* (*colmello, colmareccio, asinello*) appoggiato sui vertici dei due muri di frontispizio; degli *arcarecci* (*terzere, remme, tempiali*) appoggiati ad uguali distanze sui lati dei muri di frontispizio parallelamente al colmo; delle *radici* ossia degli arcarecci disposti lungo i muri di gronda: dei *correnti* (*travetti, piane, pancocelli, palombelli*) disposti secondo l'inclinazione del coperto sopra gli arcarecci e ad ugual distanza fra loro: infine dei *listelli* o *correntini* fissati sui travetti parallelamente agli arcarecci e a poca distanza fra loro; su essi si appoggia il materiale di coperta, o si inchioda il tavolato su cui è poi disposto il detto materiale.

Invece di questo sistema si usa anche di formare il tetto disponendo il *colmo* e le *radici*, indi appoggiare su questi, secondo l'inclinazione del tetto, delle travi dette *puntoni*: sui puntoni si dispongono poi gli *arcarecci* e infine i *listelli*, che in questo caso seguono l'inclinazione del coperto; quando si tratta di tegole piane bisogna sopra gli arcarecci disporre dei travetti più grossi dei listelli e su questi i listelli (in tal caso paralleli alla gronda): però si suole sopprimere questi due ordini di legnami, avvicinando quanto basta gli arcarecci perchè su questi possano direttamente fissarsi le tegole piane.

Nel primo genere di copertura i muri trasversali o di frontispizio dell'edificio non devono essere distanti più di 5 metri fra loro, ed anche nel secondo caso bisogna che il colmo riceva sostegno o dai muri trasversali o in altro modo a distanze non maggiori di 5 metri, a meno che sia formato con travi armate, oppure sia sostenuto da un muro longitudinale. In mancanza di ciò per sostenere il colmo e gli arcarecci si ricorre a speciali armature, le quali prendono il nome di *cavalletti, capriate* o *incavallature*, specialmente quando sono pensili, ossia non hanno altri appoggi che gli estremi. — Però accade sovente che per tali armature si possano trovare punti di appoggio intermedi, e tanto delle une quanto delle altre si riprodurranno qui in appresso numerosi esempi.

Quando i puntoni del tetto si appoggiano ai travi di un'impalcatura, la costruzione del tetto riesce semplicissima. Le travi del solaio devono essere in questo caso ripartite secondo la posizione che avranno i puntoni del tetto i quali s'incastano nelle estremità inferiori delle travi stesse. I due puntoni opposti di un'armatura vengono riuniti a linguetta o a mezzo legno (vedi fig. 40). La fig. 162 indica le costruzioni che si possono adottare per diverse ampiezze della portata. I puntoni di ordinaria sezione (cm. 10 × 13, 12 × 16) non possono essere adoperati per un'ampiezza libera maggiore di 4 a 5 m. Se i puntoni non debbono essere più lunghi, si può comporre il tetto senza nessun'altra costruzione ausiliaria, formando il collegamento longitudinale con listelli inchiodati diagonalmente dalla parte interna. È meglio però introdurre un colmo (fig. 162 a), il quale alle distanze successive di circa 5 m. viene sostenuto da legnami verticali, muniti di ascella per formare un'unione triangolare. Se i puntoni devono essere più lunghi si introduce una traversa o controcatena (fig. 162 b). Per portate ancora maggiori bisogna ricorrere a coppie di puntoni principali particolarmente sostenuti, i quali portano i legnami longitudinali, gli *arcarecci*, che alla loro volta sostengono i puntoni secondari.

I puntoni principali vengono riuniti per mezzo di controcatene, in generale formate da due tavole, che abbracciano i puntoni a guisa di mascelle. Il carico corrispondente alle campate fra l'una e l'altra armatura viene riportato tutto sui puntoni e da questi sulla catena per mezzo dei puntoni stessi, che vi si incastrano alle estremità, e dei sostegni verticali reggenti la controcatena e le saette destinate tanto a diminuire la portata degli arcarecci, quanto a reggere la controcatena e i puntoni o i sottopuntoni.

I puntoni principali si collocano a distanza di m. 4 ÷ 5, e a non più di m. 5,50, a meno che venga introdotta qualche costruzione speciale per il collegamento longitudinale.

Secondochè i sostegni della controcattena e dei puntoni sono verticali od inclinati si hanno due sistemi diversi di armatura, di cui quella con sostegni inclinati (fig. 162 *e, f, g*)

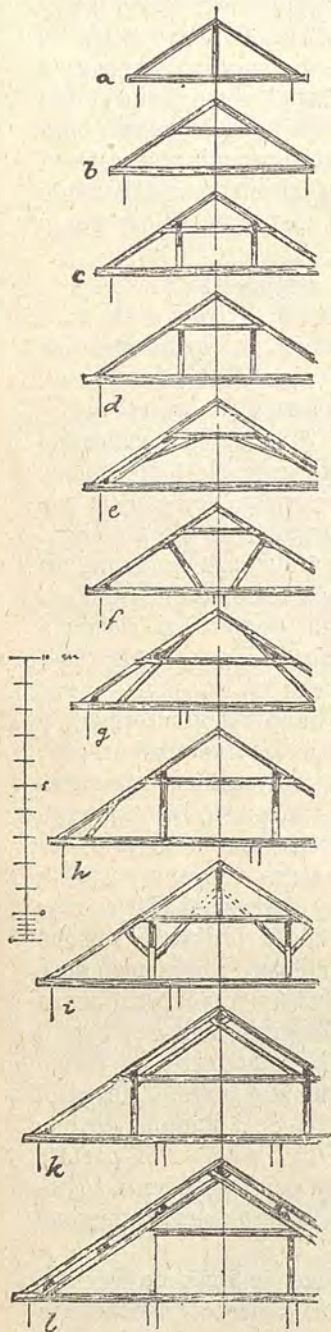


Fig. 162. -- Armature per tetti a colmo.

si applica più raramente per la maggiore difficoltà di comporla e metterla a sito; merita però spesso la preferenza, perchè con essa il peso si può a piacimento riportare alle estremità o al mezzo della catena, quando questa è sostenuta in tal punto (*f*, fig. 162). Nelle armature con sostegni inclinati conviene sempre collocare al piede dei puntoni una banchina o lungarina detta *radice*. Quando la portata è piuttosto grande, e che la catena è sostenuta in un punto, può essere sufficiente l'armatura rappresentata in *h*, coll'aggiunta di piccole saette. Aumentando la portata diventa necessario un colmo che viene assicurato o con un sostegno verticale, come in *i*, o per mezzo di due saette parallele ai puntoni incastrate in ometti, come in *k*. In *l* è indicata un'armatura per portate ancora maggiori. I puntoni appoggiano su quattro arcarecci sorretti da sottopuntoni, i quali son rilegati da una controcattena e sostenuti da ritti, che si appoggiano sulla catena nei punti in cui questa è sostenuta dai muri trasversali.

Lungo i displuvi e gli impluvi del tetto si devono collocare dei puntoni detti *cantonalì* oppure *puntoni da displuvio* o da *cresta*, e da *impluvio* o da *gola*.

Essi presentano un angolo diedro convesso o concavo secondochè sono da cresta o da gola; le facce dell'angolo sono inclinate secondo l'inclinazione delle falde del coperto. La loro grossezza sarà un po' maggiore di quella delle altre travi affinchè queste ultime vi si possano appoggiare per intero (fig. 50).

La fig. 163 rappresenta la travatura di un tetto con armature della forma *d* (fig. 162), e la impalcatura del solaio sottostante. La travatura del tetto è così disposta che può essere tutta sopportata da sostegni verticali i quali si appoggiano sulle travi del solaio.

Le porzioni di tetto che si devono costruire dietro i fumaiuoli e gli abbaini non hanno puntoni da gola, ma si addossano semplicemente al tetto principale senza interrompere la superficie.

La fig. 164 indica l'esecuzione di un abbaino con tetto a cuspide. I piccoli ritti che portano il tetto dell'abbaino vengono assicurati con traversi ai puntoni principali o a quelli secondari (*paradossi*).

Gli spostamenti di puntoni che divengono necessari per la presenza di fumaioli, di botole, di lucernari, ecc., si eseguono generalmente senza difficoltà. I puntoni da cresta o da conversa non sono però spostabili: se non è possibile spostare neppure i camini, allora bisogna ricorrere a una diversa disposizione del coperto.

Le armature rappresentate nella fig. 162 non sono da adottarsi, quando si deve ottenere un grande spazio libero di solaio sopra le catene. In questo caso non solo conviene dare al tetto una pendenza molto maggiore, ma ricorrere alle armature con sostegni inclinati, perchè allora si può lasciare libero tutto

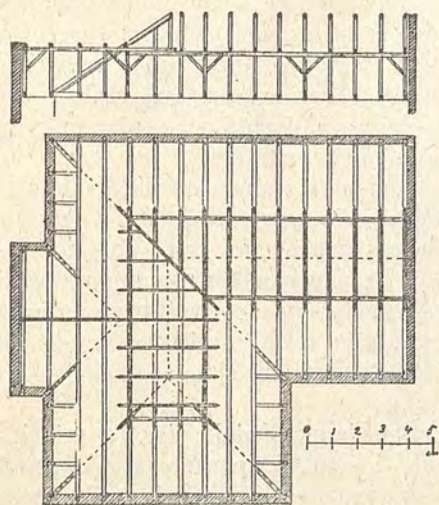


Fig. 163. — Travatura di un tetto composto e sottostante impalcatura da solaio.

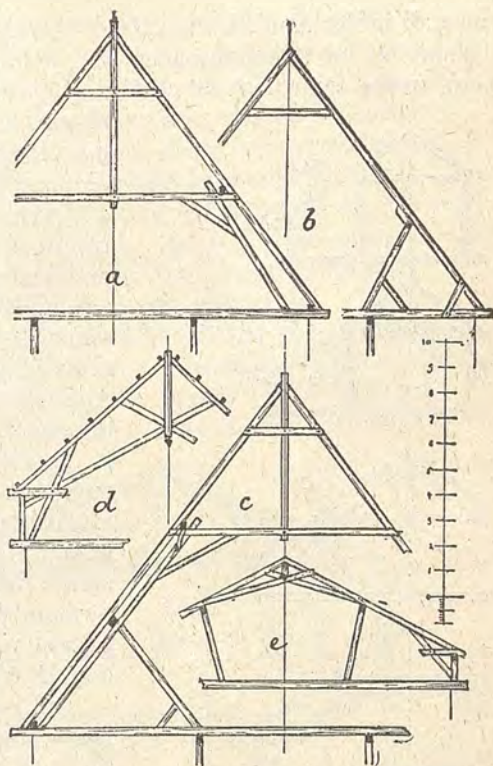


Fig. 165. — Armature per tetti da granaio e simili.

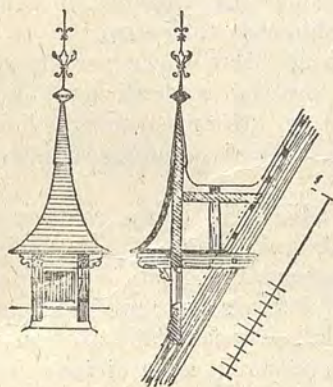


Fig. 164. — Abbaino con tetto a cuspidi.

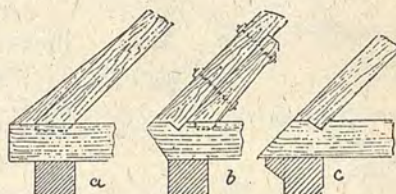


Fig. 166.

lo spazio centrale del solaio. Le fig. 165 *a*, *b* e *c* danno alcuni esempi di costruzioni principalmente opportune per granai. La considerevole spinta dei lunghi puntoni viene vinta o per mezzo di radici da piede o per mezzo di una speciale piccola saetta, come è segnato in *b*. Se manca, come in *b*, un particolare rinforzo del colmo, si deve formare il collegamento longitudinale con grossi listelli diagonali che vengono inchiodati al di dentro di ogni armatura. Per tetti molto alti si deve spesso stabilire anche un secondo soppalco, detto falso soppalco. Nelle fig. 165 *a* e *c* esso è unito al monaco con traverse orizzontali. Simili tetti richiedono abbondanza di chiovarde ed una esecuzione particolarmente accurata.

La distanza dei cavalletti di regola è da m. 4 ÷ 5.

Nei tetti finora descritti presenta qualche difficoltà l'unione dei puntoni colle catene. Per l'ordinario incastro dritto si deve lasciar sporgere la catena di 10 ÷ 15 centimetri. Diventa quindi necessaria (fig. 166 *a*) l'aggiunta di un pezzo di legno sopra il puntone per poter condurre l'acqua del tetto nel sottoposto canale di gronda: così però viene a formarsi nella superficie del tetto una ripiegatura (*sacco d'acqua*), che può essere

causa di infiltrazioni. La fig. 166 *b* mostra come si eviti questo inconveniente coll'introduzione di un sottopuntone, il cui dente riceve la spinta del puntone: l'esecuzione però riesce minuziosa e costosa. L'incastro con semplice dentatura o intaglio ad

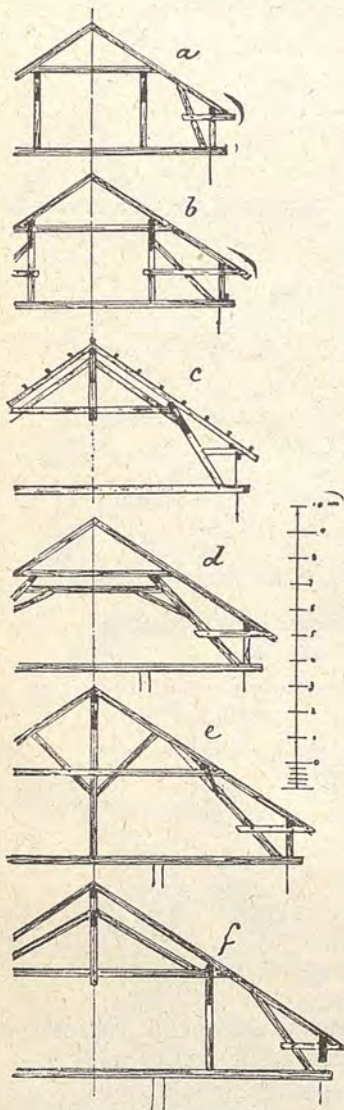


Fig. 167. — Armature da tetto con catena appoggiata o solamente negli estremi od anche in punti intermedi.

Gli altri generi di incavallature rientrano nel nome generico di armature.

La più semplice fra le incavallature è quella composta dei puntone e della catena: il colmo è portato dai puntone: ma siccome in tal caso i puntone della capriata non possono dare appoggio agli arcarecci perchè restano più bassi dei falsi puntone o paradossi, così si suole ricorrere a un breve monaco contro cui si inchiodano dei gattelli (fig. 162 *a*) sui quali viene ad appoggiarsi il colmo: oppure questo si fa appoggiare sopra due tavoloni che rilegano superiormente i puntone. — Questo sistema di incavallatura non conviene che per ampiezze inferiori ai 7 metri. — Per ampiezze superiori, fino ai

ascella segnato in *c*, offre poca sicurezza, cosicchè nella maggior parte dei casi diventa necessaria l'aggiunta di una radice al piede dei puntone.

Questi inconvenienti si rimuovono rialzando la muratura al di sopra delle travi del solaio, e rendendo indipendente la costruzione del tetto da quella del solaio. Le fig. 165 *d, e*, mostrano come con questa disposizione si possa parimente guadagnare un grande spazio utilizzabile, anche con tetti di piccola inclinazione. Altri esempi di tetti consimili si hanno nella fig. 167 da *a* ad *f*.

Essi differiscono da quelli della fig. 162 principalmente in ciò, che i puntone riposano (al di sopra del rialzo di muro) su una trave di radice, la quale è sostenuta con ritti denominati da *radice* o di *appoggio*. La spinta dei puntone è vinta con saettoni e il triangolo formato dal puntone, dalla saetta e dal ritto di appoggio viene stretto da una traversa, in generale, doppia, cosicchè li abbraccia tutti e tre.

Del resto si può applicare anche per questi tetti tanto l'armatura a sostegni verticali come quella a sostegni inclinati. La fig. 167 *c* mostra anche il doppio cavalletto a sostegni inclinati con arcarecci o banchine longitudinali.

I montanti da radice e le saette, come anche le lungarine si fanno ordinariamente di 12 × 15 cent.

Quando la catena non è appoggiata in nessun punto, allora, come si è già detto, le armature principali formate dai puntone, dalla catena e dalle altre membrature secondarie, prendono il nome di *incavallature*. Queste si distinguono in:

Incavallature ribassate quando l'angolo formato dalla direzione dei puntone coll'orizzontale è inferiore a 45°.

Incavallature rialzate quando tale angolo è uguale o superiore a 45°.

Incavallature senza tirante quando manca il pezzo orizzontale che collega gli estremi inferiori dei puntone.

Incavallature miste quando le membrature della incavallatura sono in parte di legno, in parte di metallo.

15 metri, si possono usare incavallature con monaco e saettoni (fig. 168 *a*) oppure con controcatena e falsi monaci (fig. 162 *c, d* e fig. 168 *b*), od anche incavallature del tipo *e* della fig. 162. Uno dei tipi più comunemente usati è quello chiamato col nome del suo inventore, alla *Palladio* (fig. 169), benchè però all'epoca romana già si costruissero incavallature di un tipo molto simile. Questo sistema è assai usato per coprire grandi

sale, le navate delle basiliche, e specialmente le sale teatrali, giacchè alla catena inferiore si sospende il soffitto della sala, e fra i falsi monaci resta uno spazio libero assai vasto che si pavimenta e serve come salone di pittura per scenografi.

Nell'incavallatura della fig. 169 si usarono dei sottopuntoni, i quali non si riscontrano sempre nelle capriate alla Palladio, il cui tipo è formato semplicemente dai puntoni, dalla catena, dal colmo e

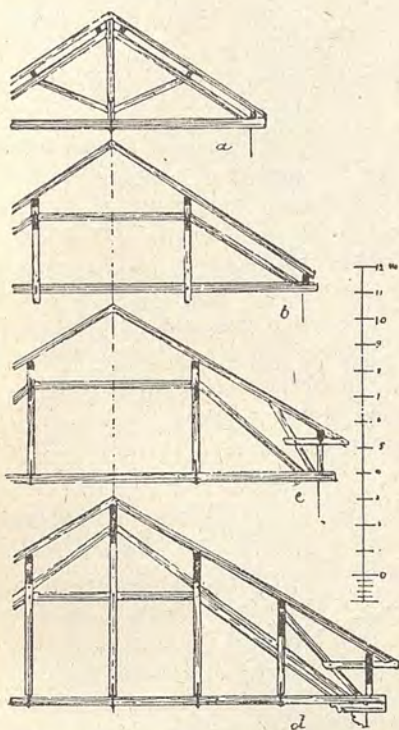


Fig. 168. — Incavallature per tetti.

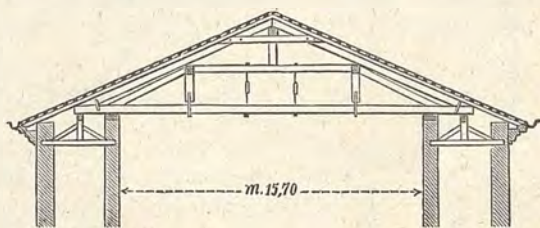


Fig. 169. — Incavallatura Palladio usata nel tetto del Tempio Israelitico di Torino (arch. E. Petiti).

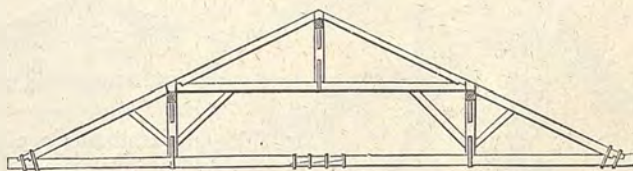


Fig. 170. — Incavallatura Palladio rinforzata.

dai falsi monaci: ma quando si tratta di portate molto grandi, o che non si vuole adottare per i puntoni le dimensioni che dovrebbero avere nel loro tratto inferiore, si ricorre ai sottopuntoni.

Per portate maggiori, fino a m. 25 e più servono le incavallature del tipo della fig. 170 che è un'incavallatura Palladio rinforzata, quelle con sottopuntoni, controcatene e monaci multipli (fig. 168 *d*), ecc., e le incavallature miste (fig. 171 e 173).

Come si è già detto alla catena si possono far portare solai e soffitti per mezzo di travicelli applicati sotto o sopra di essa. — I monaci sono uniti alla catena mediante staffe di ferro oppure la abbracciano quando sono doppi. Le saette vengono unite a doppio dente a circa 30 cm. dagli estremi della catena. Se un monaco non ha superiormente un'armatura di ferro, deve avere una sporgenza libera di almeno 30 cm.

Per tetti poco inclinati è bene che vi sia nei muri di appoggio una sopraelevazione, onde le saette possano avere una maggiore inclinazione. In altro caso, bisogna vincere la spinta per mezzo di chivarde e staffe di ferro, perchè gli incastri e i denti non basterebbero. Se i puntoni sono sostenuti da piccola saetta speciale, come nella fig. 168 *c* e *d*, la traversa che la unisce al puntone non deve essere inchavardata colla saetta del monaco, perchè sarebbe pregiudicata quell'elasticità che si deve mantenere sempre all'incavallatura affinchè i movimenti di questa non vengano trasmessi alla

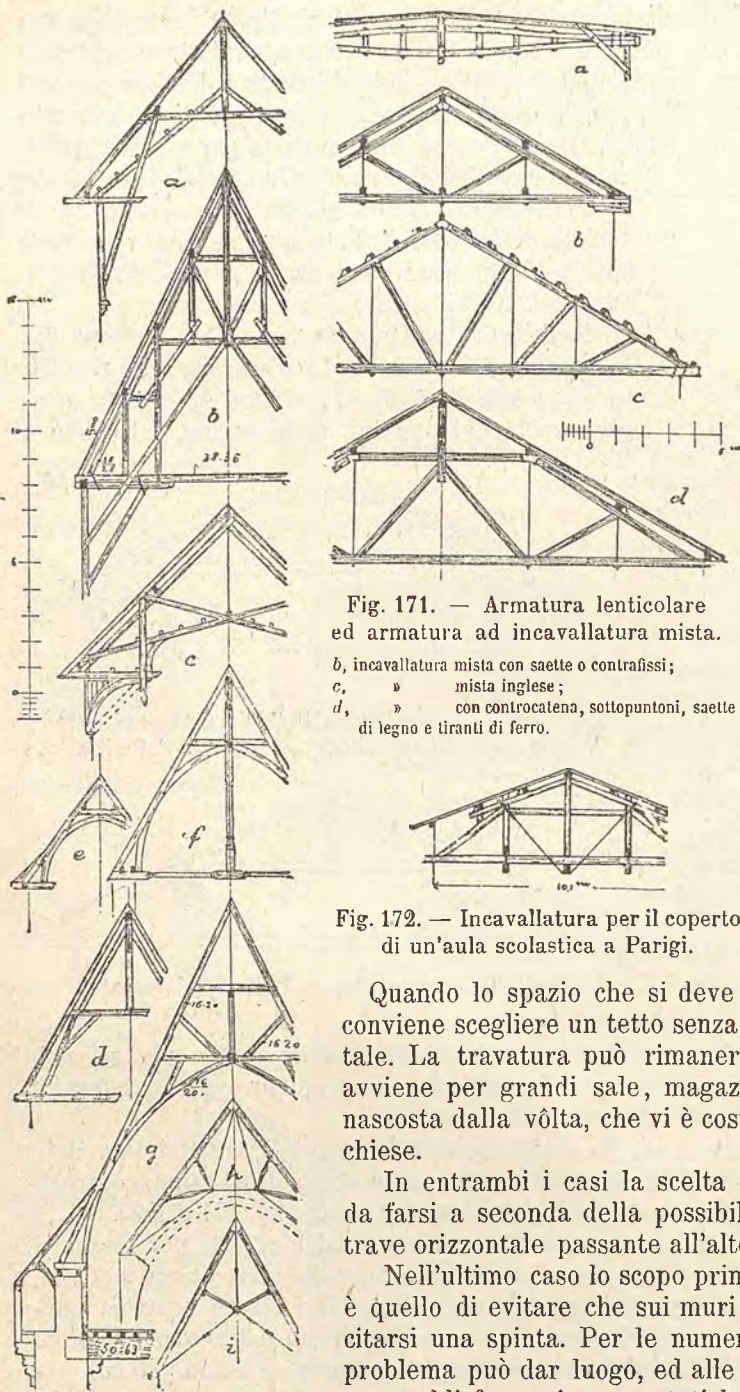


Fig. 173. — Armatura per i tetti rialzati di chiese, sale, ecc.

una trave continua orizzontale (catena) permette l'applicazione di incavallature con superiore sospensione. Nell'armatura *b*, costruita per la chiesa di S. Nicola ad Amburgo,

copertura del tetto. Nell'incavallatura a due monaci si prende la parte di mezzo uguale a circa 0,4 della portata libera totale. Se questa è molto grande si può diminuirla come in *d* (fig. 168) per mezzo di mensoloni o sottotravi.

Invece della catena con monaci si possono applicare molti altri sistemi. Così la figura 171 *a* dà l'esempio di una trave a forma lenticolare applicata a sostenere un tetto quasi piatto: le fig. 171 *b*, *c* e *d* presentano esempi di incavallature miste di ferro e legno nelle quali i tiranti sono di ferro, e la fig. 172 una costruzione di speciale eleganza eseguita sopra un'aula scolastica a Parigi (1). La figura 171 *c* è un'incavallatura di sistema inglese in cui la catena, i puntoni e le saette sono di legno ed i tiranti verticali di ferro.

Fig. 171. — Armatura lenticolare ed armatura ad incavallatura mista.

b, incavallatura mista con saette o contraffissi;
c, » » mista inglese;
d, » » con controcatena, sottopuntoni, saette di legno e tiranti di ferro.

Fig. 172. — Incavallatura per il coperto di un'aula scolastica a Parigi.

Quando lo spazio che si deve ricoprire è privo di solai, conviene scegliere un tetto senza catena o tirante orizzontale. La travatura può rimanere visibile al disotto come avviene per grandi sale, magazzini, ecc., oppure restare nascosta dalla volta, che vi è costruita al disotto come nelle chiese.

In entrambi i casi la scelta del sistema di travatura è da farsi a seconda della possibilità o non di stabilire una trave orizzontale passante all'altezza della linea di gronda.

Nell'ultimo caso lo scopo principale a cui si deve mirare è quello di evitare che sui muri perimetrali venga ad esercitarsi una spinta. Per le numerose soluzioni, a cui questo problema può dar luogo, ed alle quali spesso si giunge solo per soddisfare esigenze estetiche, tali sistemi di armature presentano il maggiore interesse. La fig. 173 offre alcuni esempi di tetti per chiese e per saloni. Nelle costruzioni *b* e *d*

(1) *Encyclopédie d'Architecture*, 1876, pag. 397.

si è fatto un grande consumo di legname. I cavalletti sono a m. 6,00 di distanza e i paradossi distano tra loro solamente m. 0,46. Lunghi saettoni sostengono le catene e contro la loro spinta reagiscono i grandi speroni (contrafforti) della vòlta. Le fig. 173 *a* e *c* mostrano invece tetti senza catena. Delle traverse a metà altezza del tetto o delle saette incrociate si oppongono alla spinta dei puntoni, che viene inoltre riportata da altri saettoni sopra un punto inferiore del muro. Se queste armature da tetto devono rimanere visibili al disotto, la loro costruzione bisogna che sia così combinata da permettere l'applicazione di un rivestimento di tavole, che formi soffitto. Per migliorare l'aspetto di tale soffitto si possono sostituire i saettoni con legnami curvi, formando il così detto *tetto normanno*. Le fig. 173 *e*, *f* e *g* mostrano tetti medioevali francesi (1).

L'ultimo di questi esempi (*g*) rappresenta il sistema di armatura usato per coprire la gran sala del castello di Sully (XIV secolo). Esso è particolarmente notevole per ciò, che con un minimo consumo di legname e senza menomamente restringere lo spazio del sottotetto, si è coperta una sala della larghezza di m. 11,50. I cavalletti sono alla distanza di m. 0,68 ed ognuno è costruito nel modo indicato dalla figura. Il collegamento longitudinale è formato con grandi croci di Sant'Andrea unite a metà coi puntoni.

Tutte e tre queste armature (*e*, *f*, *g*) sono rivestite lungo le travi curve, ciò che ha lo svantaggio, sulle disposizioni disegnate in *a* e *c*, di non lasciare accessibile in tutte le sue parti la porzione compresa tra il soffitto interno e la copertura. — In tempi moderni vennero spesso eseguiti questi tetti senza catena con armature miste di legno e ferro, riuscendo a ciò particolarmente adatte le incavallature dette alla Polonceau.

Le fig. 173 *h* e *i*, e le fig. 174 *a*, *b*, *c*, *e* ne mostrano alcuni esempi atti a diverse portate e a diverse inclinazioni. In queste incavallature le parti soggette a compressione, come i puntoni e le saette o colonnette, possono essere di legno, mentre i membri soggetti a tensione, come tutti i tiranti, si eseguono di ferro.

Per costruzioni leggere o tettoie riesce molto conveniente il sistema di costruzione detto *sistema a nodi*. Con traverse e saettoni si formano tanti piccoli triangoli e tutte le intersezioni di legnami sono assicurate con forti chiavarde a vite.

La fig. 175 mostra parecchie di simili costruzioni, tutte eseguite per rimanere visibili al disotto: solo l'armatura della fig. 175 *b* è destinata a portare un soffitto. Componendo queste travature, bisogna sapere se i legnami si possono lasciar vedere al disotto senza bisogno di speciale lavorazione, perchè in tal caso la spesa di costruzione diminuisce di assai. La spinta viene completamente elisa nei tetti delle fig. 175 *b* e *d*, perchè sono provvisti di una catena passante all'altezza della linea di gronda. Invece nelle armature delle fig. 175 *e*, *g* i muri devono venire rinforzati in corrispondenza di ogni armatura. L'armatura *e* è detta *poligonale* o *alla Ardant*, dal nome dell'ingegnere francese Ardant, il quale trovò che le incavallature poligonali sono molto più economiche di quelle *centinate*, di cui si dirà in appresso, ed a parità di condizioni richiedono meno materiale e meno lavoro. Lo stesso ingegnere dimostrò pure che, a pari quantità di materiale, le armature poligonali offrono una resistenza alla flessione qua-

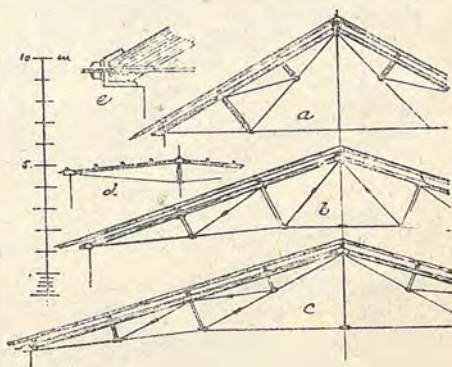


Fig. 174. — Incavallature miste alla Polonceau, e di sistema inglese.

(1) VIOLLET-LE-DUC, *Dict. raisonné d'architecture*. Voce *Charpente*.

drupla delle altre armature. Ove è possibile avere un sostegno dei puntoni con ritti (fig. 175 *h, i, k*), si ha solo una spinta insignificante, cosicchè i doppi ritti come in *i*

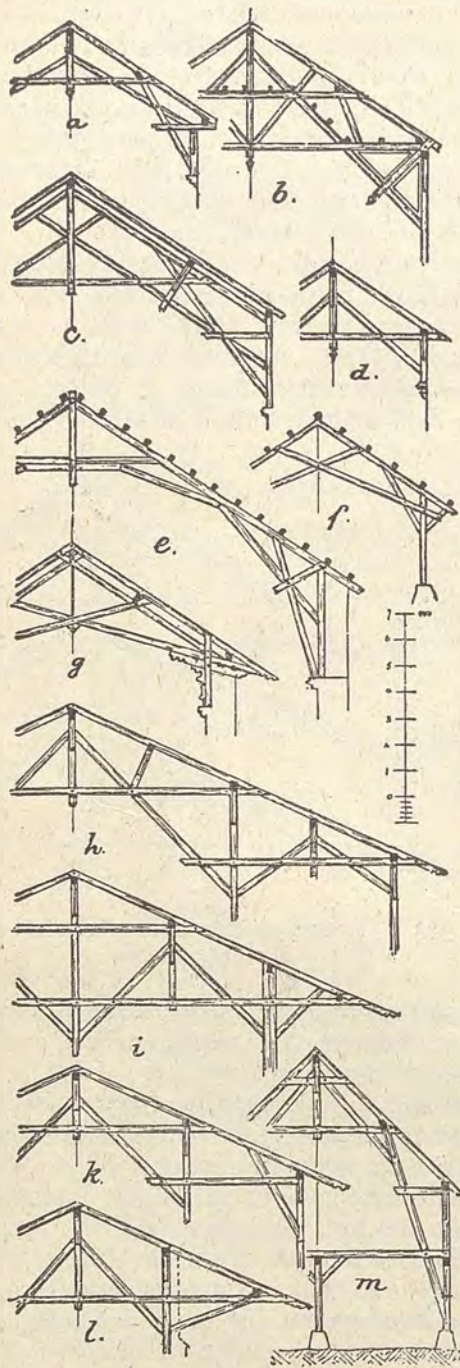


Fig. 175. — Armature per tetti e tettoie.
e, armatura a sistema poligonale (Ardant).

vallatura dei magazzini sulle calate di Amburgo (fig. 177). L'ineguale altezza del tetto tra i due piovanti è dovuta all'altezza delle grue. La grande sporgenza del tetto viene

sono necessari solo quando si devono sopportare pesi speciali, per es., delle trasmissioni. In *l* è rappresentata una tettoia per magazzini avente una grande sporgenza; l'arcareccio esterno viene portato da un'armatura a saette molto inclinate. La fig. 175 *m*

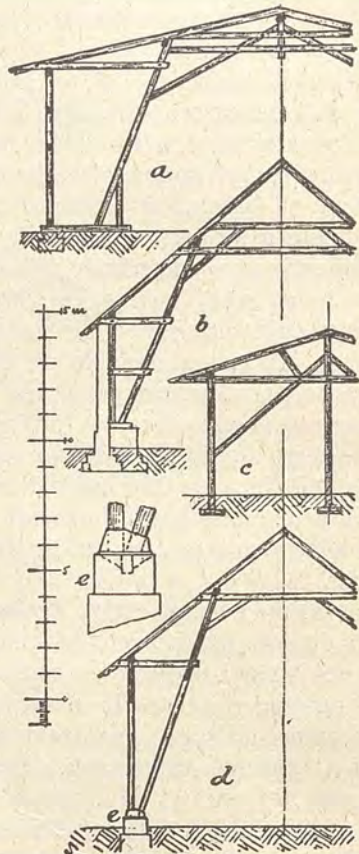


Fig. 176. — Armature per tettoie provvisorie, baraccamenti, ecc.

mostra la disposizione di un'incavallatura doppia con sostegni inclinati, nella quale i primi saettoni sono prolungati fino al piede dei ritti d'imposta. Molte simili costruzioni, adatte per granai e magazzini da campo, sono riprodotte nelle fig. 176 *a-d*. Nell'ultimo esempio ritto e saettone entrano insieme in una scatola di ferro, assicurata mediante pernio in un blocco di granito.

Come esempio particolare di una grandissima tettoia, serve il profilo di un'incavallatura dei magazzini sulle calate di Amburgo (fig. 177). L'ineguale altezza del tetto tra i due piovanti è dovuta all'altezza delle grue. La grande sporgenza del tetto viene

sostenuta con un sistema di contraffissi ed ogni arcareccio è sorretto da uno di questi sistemi. Con ciò è stato possibile collocare le incavallature alla grande distanza di m. 10 ÷ 11. I sostegni verticali sono ancorati nella fondazione. Nel lato esterno consistono in montanti di legno raddoppiati, circondati inferiormente da un'ossatura in ferro; nella parte interna consistono in un basso sostegno di ferro a struttura reticolare.

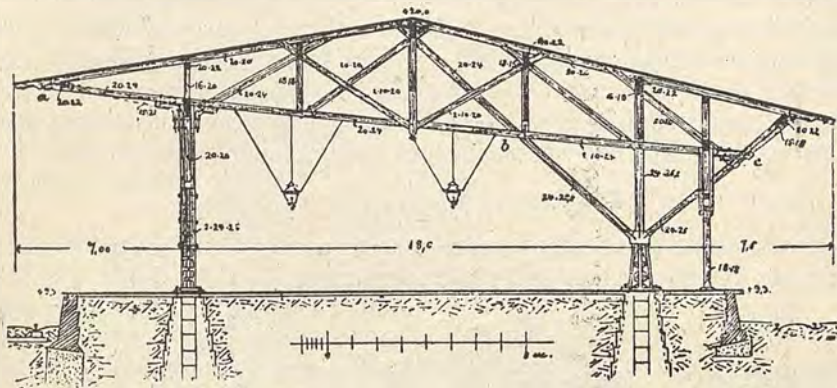


Fig. 177. — Armatura del coperto dei magazzini sulle calate di Amburgo.

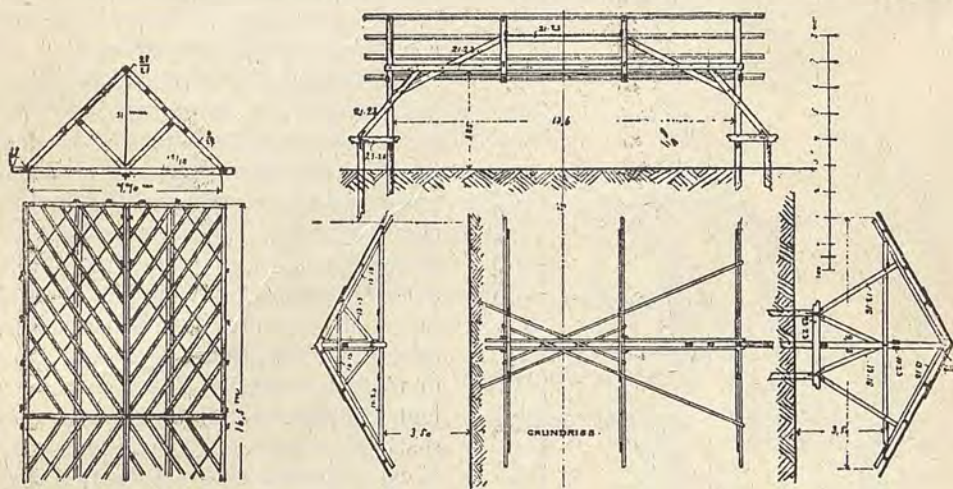


Fig. 178. — Tettoia di una fonderia di Winterthur.

Fig. 179. — Tettoia da lavoro aperta, a Francoforte s/M. Grundriss, pianta.

lunga catena abc è nella parte ab una trave continua e nel tratto bc è doppia a guisa di forte ganascia. Questo tetto fu eseguito senza bisogno di speciali armature e quindi con grande risparmio di tempo e di lavoro.

In qualunque armatura per tetto il collegamento longitudinale è subordinato al sistema dell'armatura trasversale. La fig. 178, che rappresenta la tettoia di una fonderia di Winterthur, offre invece l'esempio di una costruzione in cui si è data al collegamento longitudinale l'importanza maggiore. I puntoni, che ordinariamente formano un peso morto, sono qui disposti diagonalmente tra un arcareccio di colmo ed uno di radice, come pure a metà lunghezza del tetto terminano contro un'incavallatura mediana, costituendo così colla contrapposizione di tiranti di ferro a vite una libera armatura della lunghezza di tetto di m. 16,50; così che l'intera copertura è sopportata dall'incavallatura mediana e da quelle estreme.

Un tetto, nel quale si è anche data speciale importanza al collegamento longitudinale, è rappresentato nella fig. 179. Questo tetto, come lo dimostrano la sezione longitudinale e quella trasversale a destra della figura, riposa su 4 piantane conficcate nel terreno da ciascuna parte. La parte di mezzo resta libera in causa del sistema adottato per il collegamento longitudinale. La sezione longitudinale ne mostra la costruzione a sospensione, mentre invece si vedono nella pianta le lunghe traverse piate, le quali reagiscono alla spinta delle incavallature trasversali. Simili costruzioni sono specialmente adatte quando si deve ottenere uno spazio libero molto grande, in cui facilmente si possono muovere lunghe travi di legno o di ferro ecc.

Anche trattandosi di opere provvisorie bisogna sempre che le inchiavardature e gli incastri nei legnami siano fatti con molta cura e perfettamente lavorati.

b) *Tetti a colmo (a 2 pioventi) con falde spezzate.*

Sotto questo nome si intendono quelle coperture da tetto, nelle quali tra la gronda e il comignolo avviene un cambiamento d'inclinazione. Tali sono i tetti alla *Mansard*

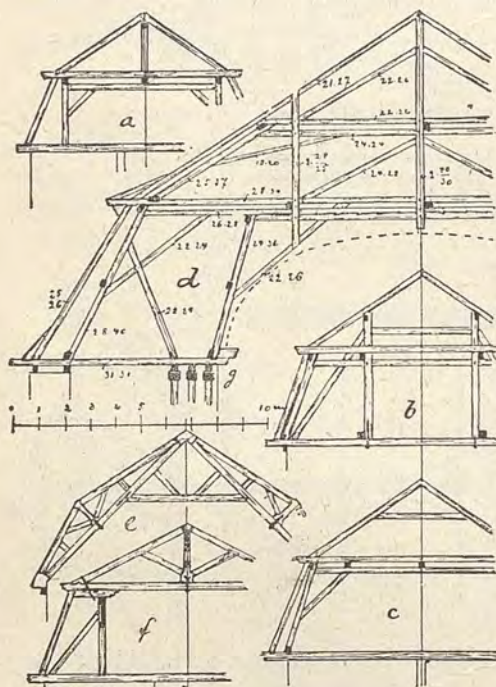


Fig. 180. — Armature per tetti alla *Mansard*.

La fig. 180 *e* mostra un tetto alla *Mansard* inglese, nel quale l'armatura è formata da cavalletti zoppi con monaco e saette, e in cui la catena corrisponde ai puntoni di un tetto a due falde piane. Teoricamente qui la spinta viene vinta dalla ben assicurata controcattena; tuttavia questo sistema non sembra troppo opportuno quando i muri non sono molto grossi.

La fig. 180 *f* mostra un tetto *Mansard* con cavalletto a monaco e saette nella parte superiore, detta *falsa capriata*. Tale disposizione non è però raccomandabile.

Presentemente si usa fare la parte superiore dei tetti alla *Mansard* a superficie quasi orizzontale, e coprirla con cartone, cemento di legno o metallo. La fig. 181 mostra un tetto consimile a portata libera con sospensione. — Se si possono disporre sul pavimento del tetto a ogni 5 metri dei ritti, allora gli arcarecci che vi stanno sopra possono senz'altra costruzione ricevere come cappello i puntoni della falsa capriata.

Per i tetti a piattaforma (tetti piani) bastano puntoni di cent. $10 \times 20 \div 12 \times 23$, collocati a non più di m. 1 l'uno dall'altro, perchè altrimenti quando si deve visitare il tetto la copertura di tavole si può piegare e formarsi così delle infiltrazioni.

Una forma di tetto, che è simile a quella *Mansard*, viene spesso preferita per fabbricati rurali, nei quali si desidera avere un tetto inferiore quasi verticale, e potere così, mediante persiane, attivare una buona aerazione.

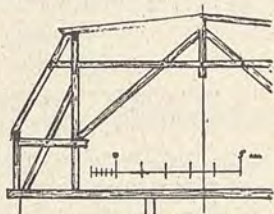


Fig. 181. — Tetto alla *Mansard* con parte superiore quasi orizzontale.

La fig. 182 mostra due profili di simili coperture (da *Wanderley, fabbr. rur.*).

Il tetto superiore deve sporgere più o meno sull'inferiore a difesa di quest'ultimo.

In simili costruzioni bisogna però tener ben conto delle spinte del tetto superiore a libera portata. Esse sono specialmente vantaggiose sotto l'aspetto del guadagno di spazio orizzontale.

Un altro sistema di tetti a falde spezzate viene adottato nel caso in cui si vuole che il fabbricato abbia un tetto di grande monta senza che il colmo raggiunga l'altezza a cui dovrebbe trovarsi, quando la falda fosse unica e avesse la inclinazione desiderata. Si dispone allora la parte inferiore del tetto poco inclinata e si alza solo la superiore alla voluta inclinazione. Le fig. 183 *a, b e c* mostrano alcune disposizioni usate in tal caso.

Se sul colmo di un fabbricato si deve praticare un lucernario, allora occorre quasi sempre un altro tetto perchè la copertura con vetro richiede una inclinazione diversa da quella richiesta dalla maggior parte degli altri materiali. Per armature semplici si può adottare la disposizione di tetto rialzato al colmo come quella segnata nella fig. 183 *d*. Questa disposizione presenta però un difetto, ed è che l'angolo ottuso tra le due superficie spesso non resta abbastanza ben chiuso.

Per lavori di maggiore importanza viene preferita l'applicazione di un lucernario in ferro, al quale si può dare una forma slanciata. La fig. 184 *a* mostra, per esempio, il tetto della sala Flora a Charlottenburg (di Stier). Questa grande copertura consiste in una sospensione 3 volte riunita con traverse orizzontali. Essa produce l'effetto di un'armatura ad arco, ed è precisamente questo lo scopo che si volle ottenere colla speciale forma che le si è data.

L'ultima maniera di tetti a falde spezzate è quella dei tetti a lanterna. Nella

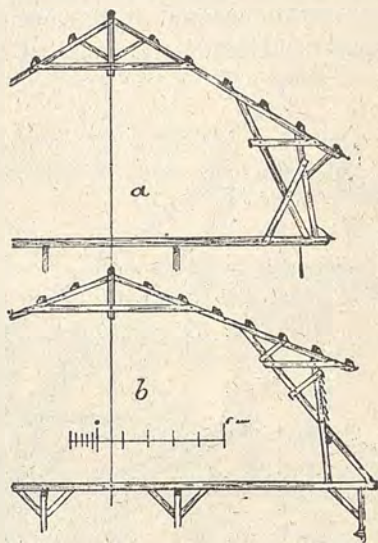


Fig. 182. — Armature per tetti di fabbricati rurali.

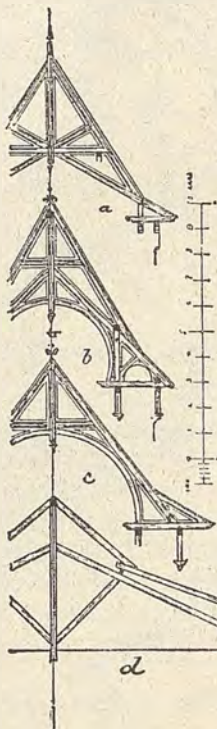


Fig. 183. — Armature per tetti con falde spezzate.

loro parte centrale si elevano due pareti verticali sopra le falde del tetto inferiore, e mediante tali pareti, che si possono lasciare aperte o munire di vetri, oppure di persiane o di chiusure mobili, si ottiene di illuminare ed aerare benissimo l'ambiente sottostante al tetto.

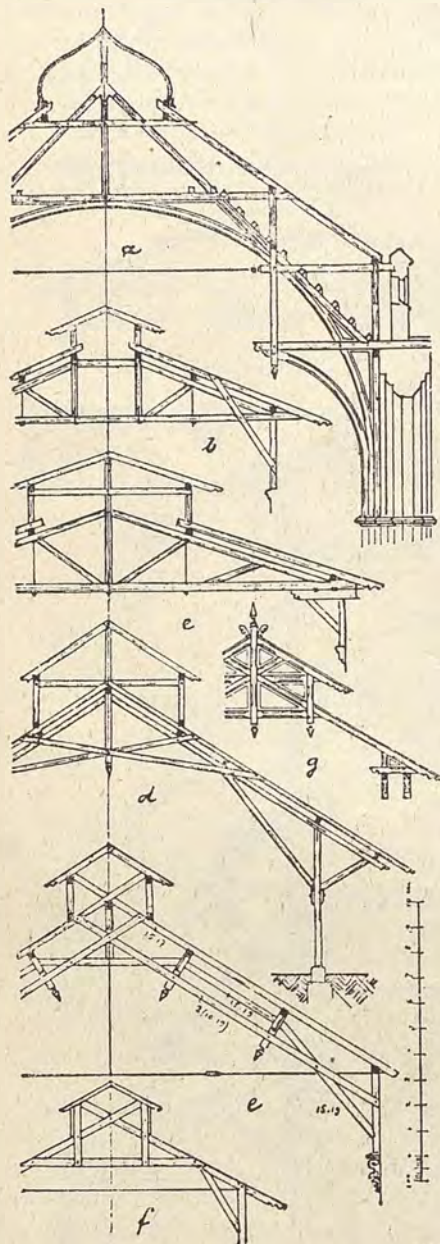


Fig. 184. — Armature per tetti a lanterna.

poco si scostano da quelle alla Palladio, sono le capriate della portata di 19 m. della chiesa di S. Fedele in Milano, eretta dall'architetto Pellegrini Tibaldi nel 1569, quelle del Teatro alla Scala di Milano (27 m. di portata), costruito due secoli dopo dal Piermarini, quelle del teatro Regio di Torino (arch. Alfieri), della portata di m. 26 e infine

La fig. 184 (b-g) mostra alcune di tali disposizioni che sono particolarmente raccomandabili per baracche da lazzaretto, fonderie, officine, ecc. Il tetto superiore può essere sopportato da un ritto prolungato che sostenga il colmo, oppure si possono prolungare i puntoni onde agiscano come saette, disposizione che si vede in e ed f. La prima venne eseguita dall'architetto Heyer per un maneggio in Amburgo e serve anche a dare un esempio del modo di armare i puntoni con due colonnette. La figura 184 g rappresenta la testata di una tettoia, nella quale i puntoni delle falde inferiori sono pure prolungati oltre il loro punto d'incontro, formando saetta ai puntoni delle falde sopraelevate del tetto centrale, ossia della lanterna.

Prima di chiudere questo paragrafo, che si riferisce alle armature rettilinee, è giusto accennare a quelle che furono portate, e si possono ancora oggi portare ad esempio, sia per la razionale ed economica loro costruzione, sia per la loro grande portata. Da molti anni a questa parte, allorchè si tratta di coprire grandi spazi, non si ricorre più alle armature di legname, ma a quelle di ferro e di acciaio, onde non è da stupire se anche fra i più recenti esempi a cui si accennerà, parecchi risalgono a molti anni addietro.

Fra i cavalletti ribassati si ricorderà quello della nave maggiore della chiesa di S. Paolo fuori le mura in Roma, la cui portata è di circa 23 metri, e la cui forma è alla Palladio: poi quello del teatro Argentina in Roma, eretto dall'arch. Teodoli nel 1732: esso è alla Palladio, è costruito con legno di abete, ha una portata di 24 m. circa ed alla sua catena è sospeso il soffitto della sala. Una simile armatura, ma con legno di quercia, fu poi costruita nel 1780 dagli architetti Peyre e Wailly, per il teatro dell'Odéon di Parigi. Anche nel teatro Apollo o di Tordinona di Roma, rifabbricato dal Valladier, vi erano pure dei cavalletti alla Palladio della portata di circa 24 m. Altre capriate, che

le capriate del teatro Farnese di Parma, costruito nel 1618 dall'arch. Aleotti, le quali hanno una portata di circa m. 32.

Fra le capriate rialzate si possono ricordare quelle della chiesa di Nôtre-Dame di Parigi, costruite con legno di rovere bianco, di composizione semplice ed elegante. Cavalletti rialzati, di dimensioni veramente colossali, furono costruiti a Lipsia per una vasta tettoia di circa 26 m. di larghezza.

Fra le incavallature di grande portata si accennerà a quelle della portata di 40 metri eseguite a Darmstadt dall'arch. Schubknecht e quelle eseguite a Mosca da Bétancour della portata di m. 46.

c) Tetti a colmo con armature a centina o ad arco.

Speciali costruzioni per le armature dei tetti sono quelle ideate da Filiberto de l'Orme (m. 1570) e quelle che l'Emy fece conoscere nel 1825. Le prime consistono in tavole della lunghezza di circa m. 1,50 tagliate da una parte secondo una data curvatura e quindi inchiodate insieme come è indicato nella figura 185 a, onde la centina viene formata dalle tavole disposte di costa. La struttura all'Emy consiste

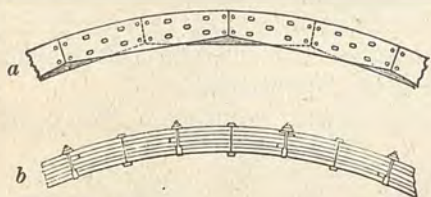


Fig. 185. — Disposizione delle tavole per l'arco delle armature a centina.

a, sistema de l'Orme; b, sistema Emy.

invece in tavole sovrapposte di piatto coi giunti sfalsati e piegate secondo la voluta curvatura, dimodochè la centina è ottenuta secondo la larghezza delle tavole (1).

Queste sono alternatamente riunite con staffe di ferro avvolgenti e con chivarde a vite (fig. 185 b). Il primo sistema presenta il grande vantaggio che con centine semi-circolari, ossia a pieno centro, e con archi a sesto acuto si possono coprire grandi spazi senza bisogno di costruzioni ausiliarie, poichè la spinta laterale di esse centine è debole; per l'unione superiore si richiede un colmo che riposa su una traversa fatta con una tavola: le fig. 186 a e b mostrano tale disposizione. (In 186 a è indicato il modo di ottenere le falde piane). L'unione degli archi al loro vertice si suol formare per mezzo di una traversa abbracciante gli archi e di cunei, che si forzano negli appositi fori fatti nella traversa di fianco ad ogni ramo della centina. Nella sezione longitudinale a' della fig. 186 a si vede tale sistema.

Se le centine sono invece ad arco ribassato, non si può far a meno di chiavi o tiranti all'imposta come si vede nella fig. 186 c, che rappresenta il soffitto della sala del Teatro

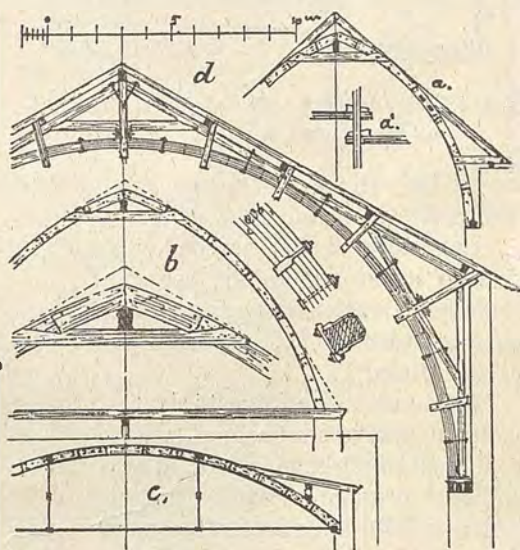


Fig. 186. — Armature centinate.

(1) Veramente il sistema indicato dal de l'Orme era già conosciuto assai tempo prima, e difatti lo si trova applicato nelle cupole del S. Marco di Venezia, che datano dall'XI secolo. Anche il sistema Emy si era già adottato non solo in Francia, prima che l'Emy lo facesse conoscere, ma anche in Germania, ove il Wiebeking l'aveva applicato alla costruzione di un ponte.

di Corte di Vienna. La grossezza degli archi si stabilisce a seconda della portata: ordinariamente per 7 a 11 m. si prendono 2 tavole di 4 cm. di grossezza: per 11 a 12 m. 2 tavole di 5 cm., per 12 a 14 m. 3 tavole di 4 cm. e così via. La larghezza delle tavole non deve essere minore di 15 cm. e si aumenta coll'accrescersi della portata. La fig. 187 mostra la sezione trasversale e la longitudinale dell'elegante Galleria della Pesca alla

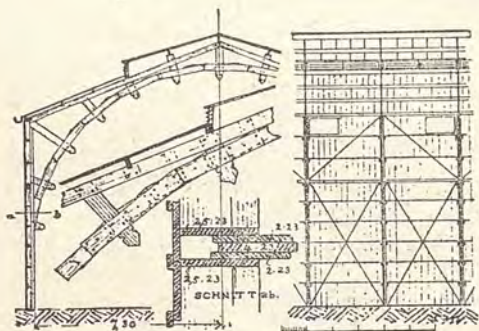


Fig. 187. — Armatura della galleria della Pesca all'Esposizione di Londra del 1883.

Esposizione di Londra del 1883. Le tavole delle centine, affine di rendere più semplice l'esecuzione di queste ultime, non sono qui segate ad arco, ma solamente agli estremi secondo il raggio dell'arco. Cinque tavole formano il corpo dell'incavallatura; 2 esterne costituiscono i piedritti: fra esse sono comprese le 3 che formano la centina. I puntoni del tetto constano di 2 tavole, che sono inchiodate all'arcata per mezzo di speciali pezzi di legno, con uno spazio libero intermedio di 4 cm. Nella sezione longitudinale si vedono disegnate orizzontalmente le assi che formano le

pareti laterali: esse si appoggiano su listelli disposti lateralmente alle centine e sono rafforzate da listelli diagonali onde impedire il loro incurvamento.

Le centine di tavole secondo il sistema Emy (fig. 186 *d*) si riconobbero meno opportune e meno applicabili, sebbene sieno bene appropriate per notevoli portate: tuttavia l'esecuzione ne è assai costosa (1).

Ultimamente però questo sistema venne di nuovo adottato; si eseguirono anche delle combinazioni di esso coll'altro primo descritto, ed un tentativo riescito è rappresentato nella fig. 188 che riproduce l'armatura del tetto coprente il cortile della Sezione francese all'Esposizione di Vienna del 1873. Si dispose una centina con tavole inchiodate secondo il sistema de l'Orme, e utilizzandola come sagoma, le si applicò sopra e sotto una fodera di assi secondo il sistema Emy. Si formò così una sezione a doppio T di grande resistenza anche contro le spinte laterali: la portata era di m. 18. Ai puntoni di tavole appoggiati sulle centine si inchiodarono gli arcarecci, formati pure con tavole in costa, e su questi venne costruito il tetto a falde piane.

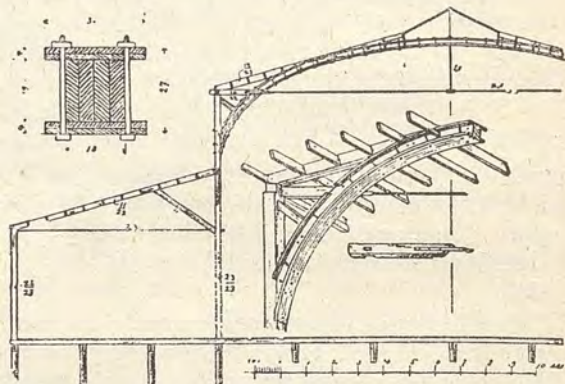


Fig. 188. — Tetto della galleria della sezione francese all'Esposizione di Vienna del 1873.

Per fabbricati aventi carattere provvisorio, per tettoie di opifici, ecc., l'armatura a centina è la più economica. In tal caso si ricorre ordinariamente a sole tavole o a listelli semplicemente inchiodati. La fig. 189 *a* mostra un'armatura di assicelle di 2 cm. di grossezza eseguita per diverse portate (m. 9-12-17,5) nella filatura e tessi-

(1) L'Adhémar nota che gli archi Emy presentano una grande tendenza al raddrizzamento, mentre quelli de l'Orme sono affatto esenti da tale difetto.

tura di juta Nord-Germanica presso Amburgo. Il rivestimento poggia su arcarecci e i cavalletti sono alla distanza di 3 a 4 metri. Nella fig. 189 *b* è disegnato il tetto costruito con listelli, uniti a 3 a 3, dal carpentiere Schwager di Berlino. I listelli di cm. $4 \times 6 \frac{1}{2}$ sono semplicemente inchiodati l'uno all'altro: tali listelli in brevi pezzi servono anche per saette (nella trave reticolata).

Due altri esempi di tetti ad archi offrono la Galleria delle macchine e la Galleria principale dell'Esposizione Nordica del 1888 in Copenaghen (fig. 189 *c* e *d*). Il tetto della Galleria delle macchine, della portata di oltre m. 25, mostra nella parte centrale.

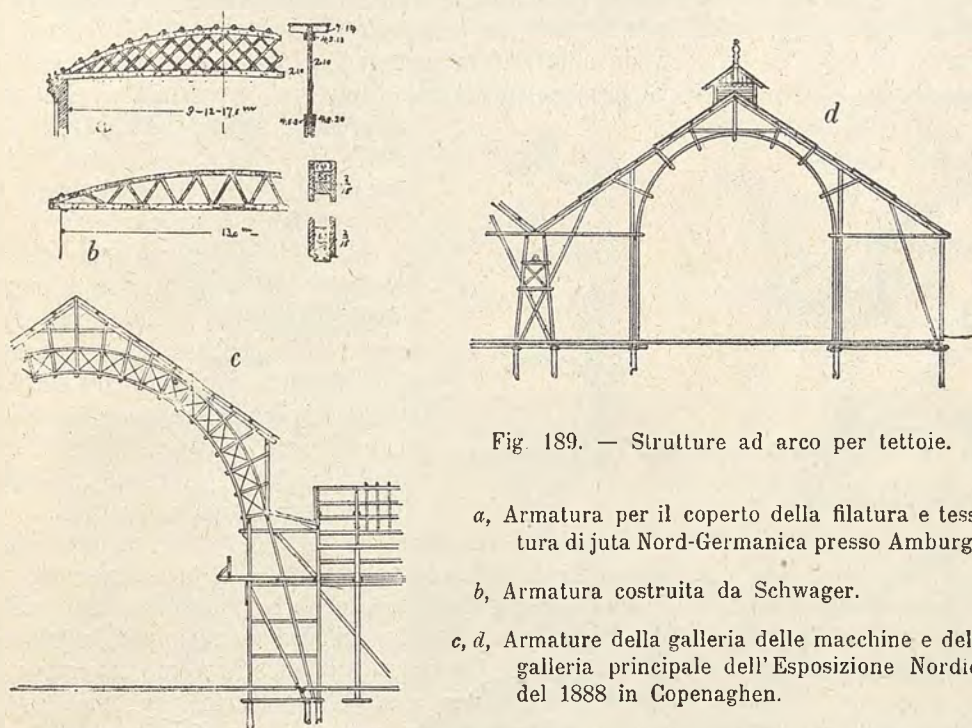


Fig. 189. — Strutture ad arco per tettoie.

- a*, Armatura per il coperto della filatura e tessitura di juta Nord-Germanica presso Amburgo.
- b*, Armatura costruita da Schwager.
- c, d*, Armature della galleria delle macchine e della galleria principale dell'Esposizione Nordica del 1888 in Copenaghen.

della larghezza di m. 12,5, una centina di tavole e nel resto una costruzione assai semplice ed economica ma molto ben combinata. Per coprire la galleria principale, di m. 30 di portata, si applicarono centine di legname a struttura reticolare, aventi circa m. 1,50 di altezza: esse poggiavano su telai sporgenti dalla parete, nei quali opportune saette servivano a ricevere più direttamente che fosse possibile il peso delle centine.

Fra le importanti strutture ad arco si possono citare: l'armatura del coperto della lunga galleria, costruitasi a Napoli nel 1871, per l'Esposizione internazionale marittima e la gran tettoia della stazione di Alessandria (Piemonte), costruita nel 1857 e formata con arconi aventi la corda di m. 37,25, la saetta di m. 7,50, un'altezza di m. 1,40 e distanti fra loro di m. 5. Ogni arcone è formato, sia all'intradosso come all'estradosso, da tre ranghi di arconi sovrapposti in piatto e serrati da chiavarde, e nella parte intermedia da una serie di saette incrociantisi a mezzo legno e di aste di ferro dirette secondo i raggi; è poi impostato entro grandi scatole di ghisa, contro le quali è fissato il lungo tirante. Non va pure dimenticata la *centina a falce* della stazione di Arezzo costruita dall'ingegnere Laschi. Essa ha una corda di m. 28, una saetta di m. 9,80 ed è formata da un arco poligonale, nei cui vertici sono fissate delle aste dirette secondo i raggi e rilegate nel loro estremo inferiore da tiranti di ferro, formanti l'arco inferiore il quale ha le stesse origini di quelle dell'arco superiore.

2. Tetti a una sola falda (a leggio).

Sono i tetti in cui la gronda è da un solo lato. A motivo dello sforzo unilaterale, bisogna, nel costruirli, tener ben conto della spinta che esercitano. Ve ne sono a falda continua e a falda spezzata: per essi è specialmente adatto il cavalletto con sostegni inclinati. La fig. 190 mostra alcune armature per tal genere di tetti. In *a* e *b* i sostegni inclinati riportano completamente la pressione alle estremità delle travi del solaio ossia della catena: si usa però disporli come in *c* per lasciare un passaggio libero nel sottotetto: in *d* si vede adottato un sostegno a incavallatura con monaco. Si possono facilmente comporre costruzioni di maggior

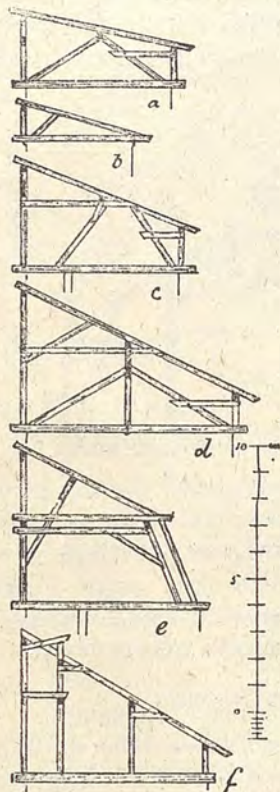


Fig. 190. — Armature per tetti a una sola falda (a leggio).

od anche venir fissata alla trave orizzontale formante sostegno dell'estremità libera del puntone. Un'asta verticale da spalla contro la parete e relativa saetta servono a distribuire sul muro la pressione del tetto.

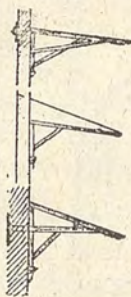


Fig. 191. — Armature per pensiline.

importanza secondo gli esempi dei tetti a due falde. La figura 190 *e* mostra un tetto alla Mansard a una sola falda e un altro simile si ha in *f*, coll'aggiunta di una parete verticale: quest'ultima forma viene talvolta applicata nelle serre. Per tetti a falda continua, serve quanto si è già detto parlando dei tetti a falde piane. La costruzione non consiste che in arcarecci e ritti con ascelle. Si deve solamente dare una maggior grossezza ai puntoni.

Resta da accennare ai tetti o tettucci a una falda sostenuti da una sola parte, quali le pensiline, che si usano disporre davanti alle porte d'ingresso delle ville, dei teatri, ecc. o nelle stazioni ferroviarie per dar riparo ai viaggiatori. La figura 191 mostra come la chiave o tirante, necessaria a sostenere l'armatura, può esser posta all'estremità del puntone e in direzione del puntone stesso, oppure essere murata al disopra del puntone,

3. Tetti a sega (shed).

In vasti fabbricati per opifici e simili stabilimenti, nei quali grandi sale di lavoro sono riunite in un sol piano, la luce laterale non serve a dare una buona ed eguale illuminazione a tutto l'ambiente. Per avere luce possibilmente costante si è ideata una speciale maniera di tetti che si dicono *paralleli*, *a sega* o *capannoni* e con vocabolo inglese *shed*. La copertura di un grande spazio mediante questi tetti parziali riesce assai più economica di un tetto unico che dovesse ricoprire il medesimo spazio, perchè a tutti i legnami, ai ferri, ecc., che li compongono, si danno dimensioni assai minori e la loro messa in opera è assai più facile. Oltrecciò presentano il vantaggio di poter accrescere lo spazio coperto aggiungendovi una o più campate di tetto, la qual cosa non sarebbe altrettanto facile quando si avesse un tetto unico.

Le superficie che devono servire all'illuminazione dei locali è meglio che siano rivolte a nord, perchè si ottiene una miglior luce diffusa. La loro ampiezza deve essere

almeno $\frac{1}{6}$ della pianta dello spazio da illuminare e per esse il miglior angolo di inclinazione è $60^{\circ} \div 70^{\circ}$. Siccome le altre falde ricevono un'inclinazione di $20^{\circ} \div 30^{\circ}$, così in corrispondenza dei colmi si ha generalmente un angolo retto. La fig. 192 mostra diverse disposizioni costruttive per questo genere di tetti. La più antica (a) non viene ormai quasi più applicata perchè vi si originano facilmente delle sconnessure: inoltre la distanza tra gli assi delle campate è così piccola che non è adatta alle

necessità della maggior parte delle industrie. Le fig. 192 b, c, d mostrano le costruzioni più in uso tanto in legno quanto in legno e ferro. Rispetto al collegamento longitudinale le colonne vengono stabilite alla distanza di metri $5 \div 6$. Nella

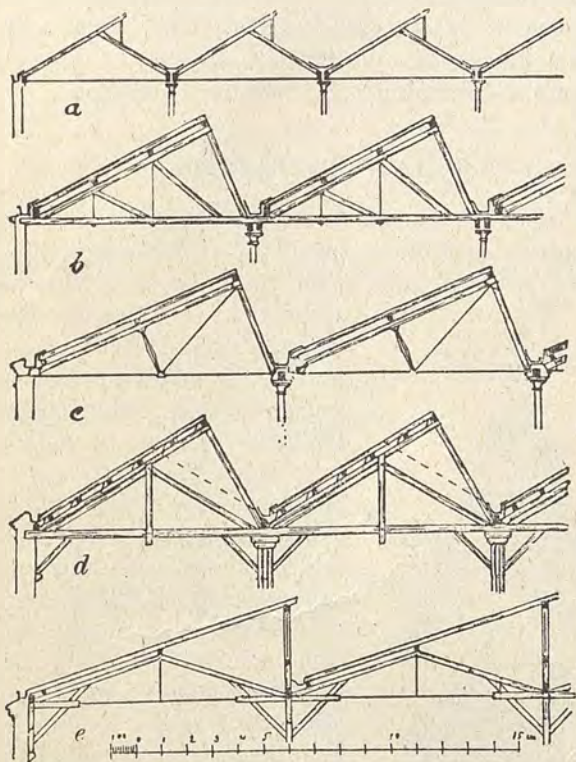


Fig. 192. — Armature per capannoni.

dispone un canale di caduta, oppure (come in d) si conducono in tubi di latta che trovano posto frammezzo alle colonne formate di due legnami accoppiati. Per poter ripulire le vetrate è necessario fare i canali del tetto accessibili e di sufficiente larghezza. La fig. 193 presenta il particolare relativo al canale di scolo delle acque del tetto rappresentato nella fig. 192 c. Quando si adoperano canali di ghisa della lunghezza eguale alla distanza fra le colonne, si può tralasciare la trave di legno che

serve a sostenere il canale di lamiera. Per ampiezze maggiori ai 10 metri questi tetti si eseguono solo in ferro.

La figura 192 e mostra un tetto colla falda illuminante verticale. Questa disposizione si adotta specialmente quando non si desidera utilizzare per le vetrate tutta la falda, ma solamente una parte di essa, o quando per alcune campate l'intera faccia

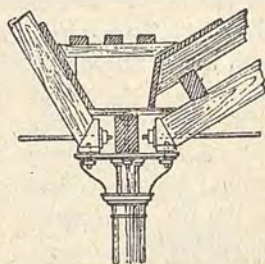


Fig. 193. — Particolare dell'impluvio nel capannone del tipo c (fig. 192).

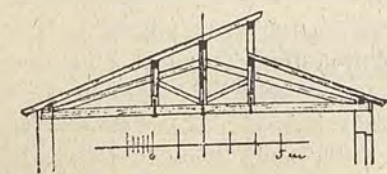


Fig. 194. — Capannone misto.

viene costituita da un tavolato. Una simile disposizione per altro non è scevra da piccoli inconvenienti.

Se lo spazio da coprire non supera i m. 10 o 15 una disposizione spesso raccoglibile è quella del così detto tetto a *shed misto* (fig. 194). La metà dell'ambiente

verso nord viene illuminata lateralmente e solo quella verso sud con luce dall'alto. La illuminazione dell'ambiente non è quindi molto uniforme: però resta evitato un compluvio nel mezzo.

Nell'esecuzione dei capannoni è da osservarsi che essi devono venire soffittati e che per difendere l'ambiente dalle variazioni di temperatura si ricorre a un doppio soffitto di tavole di 20 ÷ 30 mm. con interposto strato di materia isolante, oppure a un soffitto a stuoie e uno di tavole sotto le tegole.

Se si vuole che il fabbricato esternamente presenti dei frontispizi a lati ugualmente inclinati, come è indicato con linee punteggiate nella fig. 192 d, si può incominciare la parte del tetto a falde disuguali un paio di metri dietro le fronti del fabbricato.

4. Tetti a padiglione intiero o piramidali, tetti conici e tetti da torre.

I tetti che si dissero a padiglione ma che hanno un colmo, dovrebbero più giustamente chiamarsi *tetti a due falde con teste a padiglione*, poichè i veri tetti a padiglione sono quelli in cui i displuvi delle falde concorrono tutti in un punto. Questi si chiameranno perciò tetti a padiglione

intiero, o meglio ancora *piramidali*. La pianta può esserne un quadrato, un rettangolo, un poligono o un circolo: nell'ultimo caso si ha un tetto *conico*. L'unione nei tetti a padiglione è simile a quella dei tetti a due falde; solo qui i cavalletti sono collocati sotto i displuvi e invece di un collegamento longitudinale se ne ha uno che tende ad evitare i possibili spostamenti in senso circolare. In generale i tetti a padiglione hanno tanti displuvi quanti sono gli angoli della pianta e se gli angoli sono numerosi si deve por mente a ciò che dovendosi formare molteplici

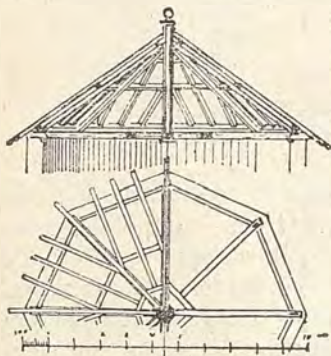


Fig. 195. — Tetto piramidale con cavalletti a monaco.

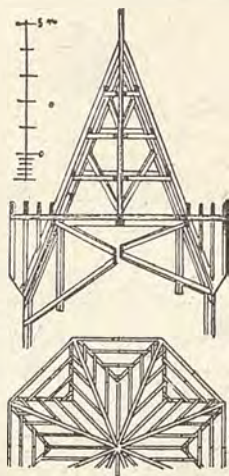


Fig. 196. — Tetto piramidale del Battistero della chiesa di San Nicola in Amburgo.

intagli nei legnami, questi non vengano indeboliti più della metà o del terzo. La fig. 195 rappresenta un tetto piramidale semplice con cavalletti a monaco. Anche per tetti a padiglione più piccoli si deve assicurare il punto d'intersezione delle travi con un monaco od ometto.

La fig. 196 mostra un tetto piramidale, in cui la linea di gronda è spezzata perchè esistono 8 frontispizi. È il tetto del Battistero della chiesa di S. Nicola in Amburgo. Le 8 doppie travi orizzontali si incrociano, ma senza essere intagliate più della loro mezza grossezza, ciò che si ottiene alternando a differente altezza i punti di attacco. Traverse e saettoni servono a collegare e a sostenere le travi dei displuvi, e il tutto viene sospeso ad un monaco.

Tetti piramidali di maggiori dimensioni si riscontrano nei fabbricati rurali, specialmente nei granai poligonali, che hanno dato occasione di stabilire un nuovo sistema di costruzione. La fig. 197 a ne offre un esempio. Il gran tetto viene sostenuto in ogni angolo da due ritti accoppiati e rilegati con traverse orizzontali, formanti così una travatura reticolare atta a sostenere la spinta. Le lunghezze dei lati ordinariamente

non si fanno maggiori di m. 6, onde le terzere possono essere ancora a portata libera. Coperture ancor più grandi si richiedono per Circhi e simili fabbriche. La figura 197b mostra l'armatura del tetto piramidale del circo Renz in Amburgo (arch. Heyn), che ha pianta dodecagonale. Per tetti di dimensioni ancora maggiori riescono opportunissimi i puntoni a struttura reticolare. La fig. 198 indica il profilo di una costruzione di tal genere. Le croci di S. Andrea rappresentate nella pianta, e che servono a collegare un puntone coll'altro, si dicono anche *controventi* e si usano per impedire i movimenti di rotazione.

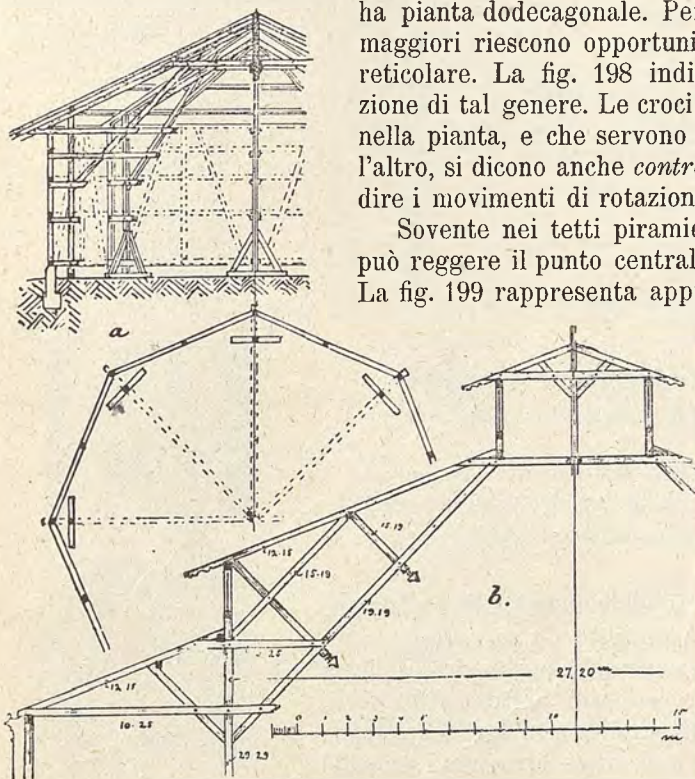


Fig. 197. — Tetti piramidali.
a, tetto per granaio; b, tetto per circo o simili.

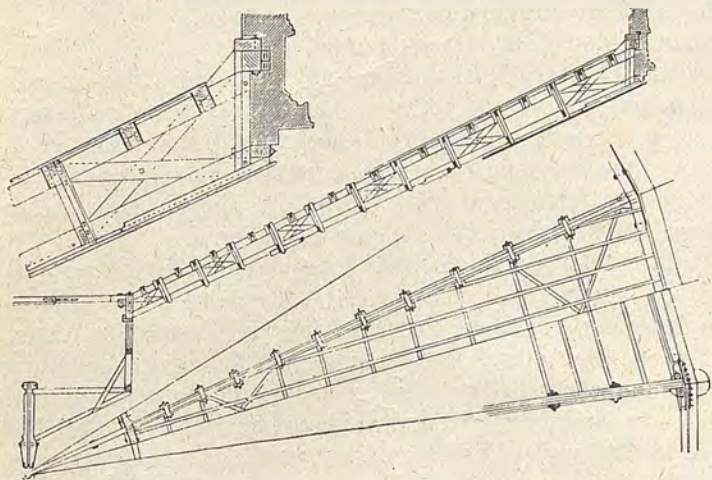


Fig. 198. — Tetto piramidale con puntoni a struttura reticolare.

Quanto alla costruzione dei tetti conici si aggiungerà soltanto che i legnami trasversali devono venir scelti curvi o piegati, altrimenti si devono comporre di 3 assi bullonate insieme, e segate secondo il raggio di curvatura. Del resto tutte le altre disposizioni sono simili a quelle usate nei descritti tetti piramidali.

Sovente nei tetti piramidali di grande larghezza si può reggere il punto centrale con un sostegno verticale. La fig. 199 rappresenta appunto la sezione del tetto di un Panorama costruito in Amburgo, avente m. 40 di diametro. L'antenna centrale, che ha alla cima una sezione di cm. 37×37 , sostiene per mezzo di speciali legnami ad essa inchiodati, le 20 incavallature pensili, che formano l'armatura del coperto. Nella parte di sezione longitudinale AB si vede il modo di unione di tre correnti sovrapposte.

Fra le armature per tetti piramidali merita di essere ricordata quella costruita dal carpentiere Valentini per la cupola della chiesa di Valmadrera presso Lecco (Lombardia), costruita dagli arch. Cantoni e Boara nel 1814. Questa ingegnosa armatura è fra quelle che si chiamano col nome di *capriate diagonali*, perchè si compone di due capriate poste secondo le diagonali del quadrato su cui insiste il tetto piramidale. L'armatura è poi fatta in modo che può contenere la cupola a cui sovrasta.

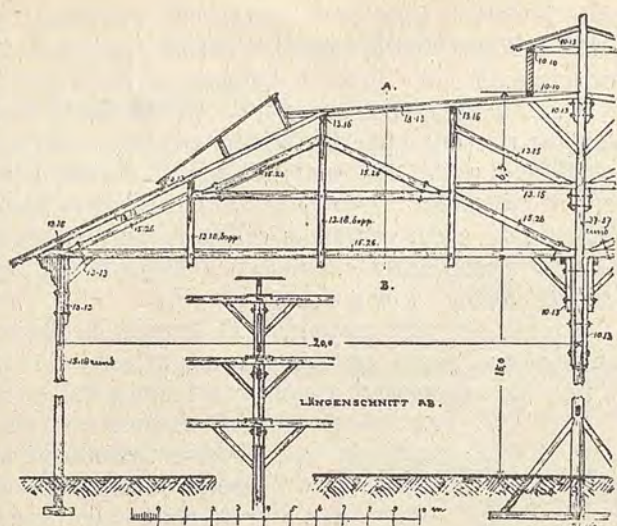


Fig. 199. — Tetto piramidale con sostegno verticale centrale del Panorama in Amburgo (arch. Holzapfel e Saal, Düsseldorf).
Längenschnitt A B, sezione longitudinale A B.

Se l'altezza di un tetto piramidale aumenta fino ad essere un multiplo della base, si ha un tetto *da torre* (o da campanile). Per costruirlo si usava spesso dapprima la così detta *antenna reale o maestra*, che collocata sull'asse della torre (fig. 200), raggiungeva il vertice del tetto e ad ogni piano veniva assicurata per mezzo di travi orizzontali gemelle incrociantisi, disposte una sopra l'altra.

Una così fatta armatura costituisce una *incastellatura di travi*. Poichè si può staticamente provare che anche sotto le più sfavorevoli circostanze non è da temersi tanto facilmente il rovesciarsi del tetto a torre, così il solo vantaggio che offre questa costruzione, cioè la stabile congiunzione fra il tetto e la muratura, viene ad essere sopraffatto dagli svantaggi della costruzione stessa, consistenti: nel grande consumo di legname; nella completa occupazione dello spazio interno, e infine nella rigidità dell'armatura, che toglie ogni elasticità al tetto, onde sotto i colpi dei più forti venti esso può trasmettere alla muratura tali scosse da recarle non lievi danni.

In migliori costruzioni di questi tetti si vede disposta sopra il piano superiore della muratura una rigida crociera di banchine e l'armatura collegata da croci di S. Andrea onde impedire ogni possibile movimento in senso circolare. Solai all'altezza di 4 o 5 m., l'uno sopra l'altro, dividono l'altezza del tetto in diversi piani; solo nella parte superiore viene disposta una breve antenna centrale per ricevere le lunghe superfici oblique dei puntoni. La fig. 201 indica una simile disposizione. Le banchine devono essere ben isolate dalla muratura in modo che anche l'aria possa circolarvi frammezzo, perchè nel caso di imputridimento non potrebbero che con grandi difficoltà ricambiarsi. Su di esse riposa il primo solaio: si può tanto collocare 2 travi principali diagonalmente che passino per il centro, quanto lasciar questo libero sia per poter sollevare degli oggetti entro la torre, sia per praticarvi una scala. Si ha così il solaio che si vede in pianta nella fig. 201. I puntoni del tetto devono essere incastrati obliquamente, ciò che in questa circostanza non presenta particolare difficoltà essendo così forte l'inclinazione

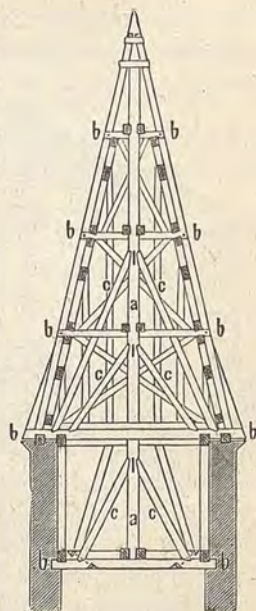
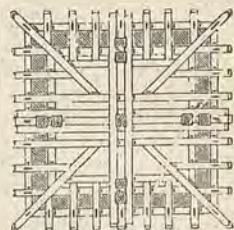


Fig. 200. — Tetto piramidale da torre, con antenna maestra.



del tetto. Nelle grandi torri per evitare il ritaglio delle travi, si pongono 2 solai l'uno sopra all'altro incrociati e si applica all'estremità dell'uno un raddoppio inferiore a denti ed all'altro un raddoppio superiore che vi si addatti. Se poi per ogni piano si rizzano dapprima le croci di S. Andrea inclinate e quindi si pone il solaio superiore, si può costruire tutto il tetto senza impalcature di servizio.

Nella cima dell'antenna centrale si devono ritagliare tante faccie quanti sono gli angoli del

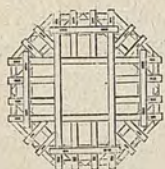
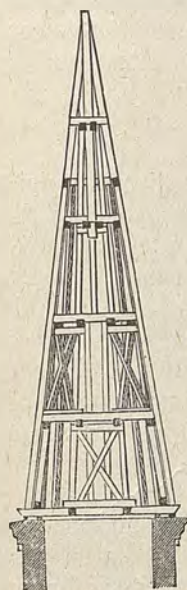


Fig. 201. — Tetto da torre.

tetto; ad essa poi vengono assicurate le lunghe aste di ferro di una croce o di una bandiera. Alla sua estremità inferiore si usa disporre un'incastellatura di travi: tuttavia si può anche evitarla come lo indica la slanciata punta del campanile di San Michele ad Amburgo (fig. 201).

Simile alla costruzione descritta è anche quella delle aguglie o cuspidi. La fig. 202 mostra la slanciata aguglia della chiesa di Eilbeck presso Amburgo (archit. Vollmer). La parte inferiore viene qui assicurata mediante i grossi puntoni di due cavalletti, che vengono prolungati a guisa di saette: essi sono disposti obliquamente secondo l'inclinazione del tetto e il colmo che vi passa attraverso, ben serrato, serve ad impedire gli spostamenti in senso longitudinale. I puntoni dell'aguglia sono ricevuti da scatole di ferro entro le quali sono assicurati anche i puntoni del tetto inferiore, prolungati come saettoni. In direzione opposta si dispongono

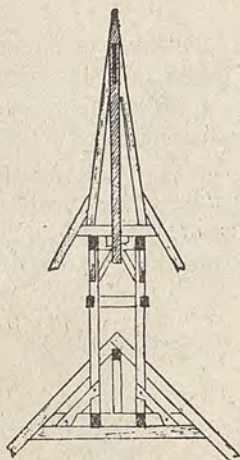


Fig. 203. — Piccola cuspidi per tetti di scuderie, ecc.

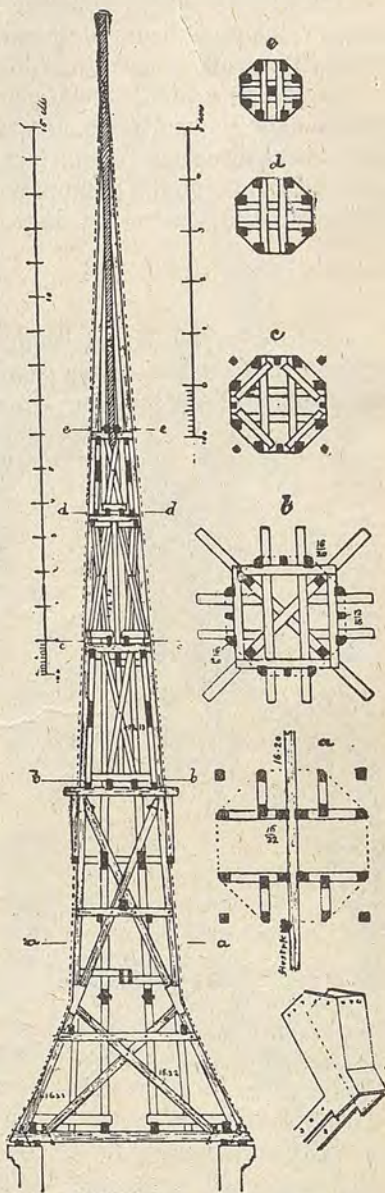


Fig. 202. — Aguglia della chiesa di Eilbeck presso Amburgo.

gli attacchi delle saette, cosicchè non vi sono intagli da farsi. Nella pianta *b* le travi angolari prolungate portano delle piccole torricelle d'angolo, le cui punte si vedono nella pianta *c*.

Più piccole aguglie sopra portoni, fabbricati per scuderie ecc., si costruiscono assai semplicemente assicurandole con travi o tavole gemelle. La piccola cuspidè (fig. 203), ha un ritto centrale serrato sotto il travicello orizzontale superiore per mezzo di cunei.

Le grossezze dei legnami per tetti a torre hanno meno importanza che non la precisione delle commettiture, perchè senza di questa sarebbe impossibile mettere a posto nella giusta direzione i lunghi legnami occorrenti ritagliati a punta tanto acuta. Le lunghe superficie di taglio dei puntoni nell'estremità superiore saranno meglio riunite con una ghiera di ferro cacciata a forza, che non colla inchiodatura o la inchiodatura.

5 Tetti a cupola.

I tetti a cupola si innalzano sopra piante delle stesse forme di quella dei tetti piramidali. I puntoni di una cupola su base qualunque si chiamano *nervature*. Si possono nel modo più semplice costruire con arcate di tavole. Come i tetti ad arcate di

tavole possono far senza di un sostegno centrale. Nella figura 204 i puntoni (ad arco) sono incastrati in basso in banchine che formano come un anello. La chiesa cattolica in Darmstadt, dell'arch. Moller (1), avente un diametro di m. 33,5, mostra quali importanti spazi si possono coprire in questo modo.

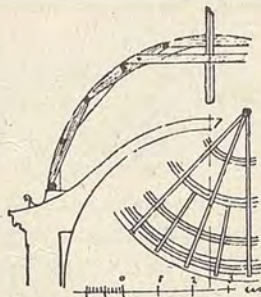
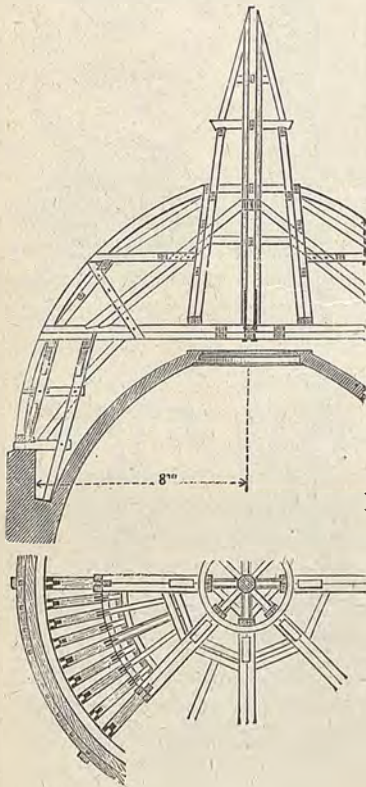


Fig. 204. — Cupola con nervature di tavole.

Fig. 205. — Armatura d'una cupola con lucernario o lanternino.

La fig. 205 rappresenta l'armatura di una cupola sormontata da un pesante lucernario: essa è formata da tante incavallature. Nella costruzione inferiore si vedono delle saette, poichè non era possibile stabilire un'impalcatura all'altezza della linea di gronda: i puntoni o costoloni consistono

in legnami ricurvi. La fig. 206 rappresenta la cupola del campanile di San Michele ad Amburgo, la quale riposa su travi a molteplice indentatura che appoggiano su 8 colonne. Le nervature inferiori sono nel basso di grosso legno di quercia, tagliati in curva all'esterno e in alto di tavole di 10 cm. di spessore. Due crociere diagonali, che riposano su montanti obliquamente disposti, assicurano la cupola contro la rotazione, mentre all'ingiro (in senso longitudinale) con una incavatura due volte ripetuta di legnami di cm. 18 × 16, vengono mantenuti a posto i

32 puntoni della cupola. Gli 8 grossi puntoni della punta superiore sono prolungati sino alla base della cupola ed hanno una lunghezza di 21 m. senz'altro legame che i piccoli legnami incassati frammezzo ad essi, come indica la figura.

(1) Vedi Breymann, *Trattato generale di costruzioni civili*, vol. II, tav. 64.

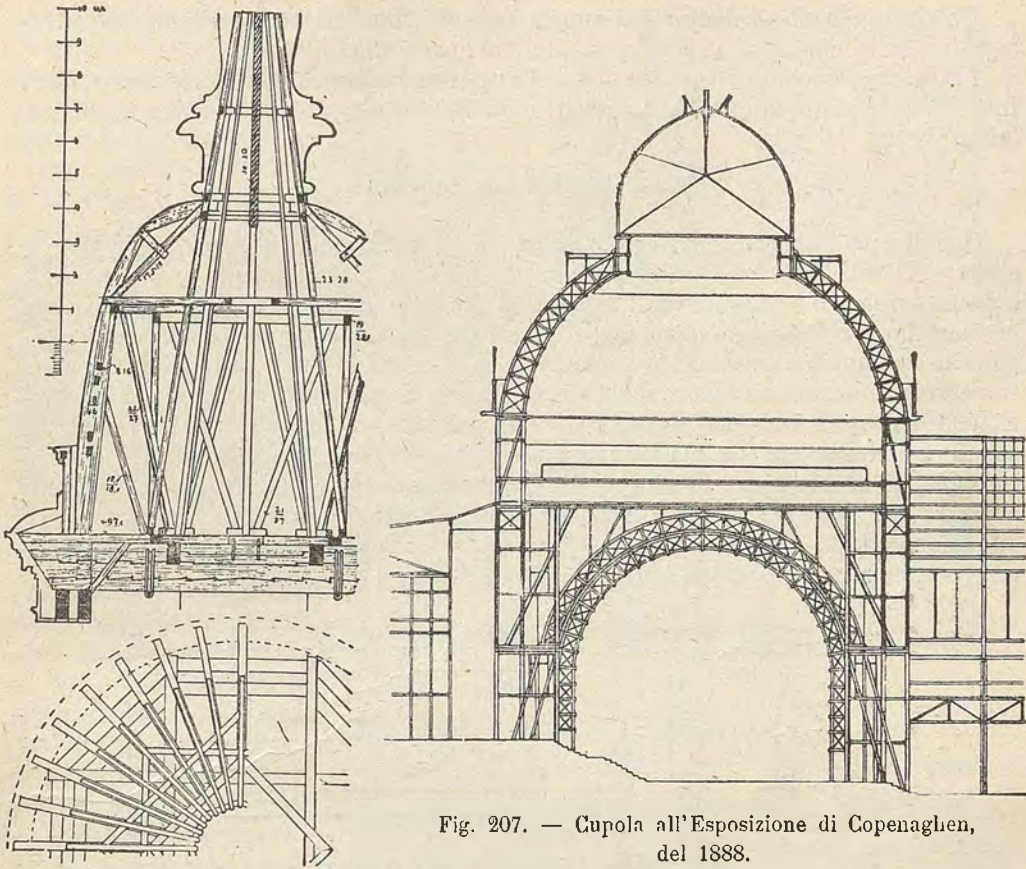


Fig. 206. — Cupola del campanile della chiesa di S. Michele in Amburgo.

Fig. 207. — Cupola all'Esposizione di Copenaghen, del 1888.

Una costruzione molto razionale presentava la cupola eretta sul fabbricato principale dell'Esposizione di Görlitz nel 1885, su pianta quadrata con leggera smussatura degli angoli: la portata era di 14 m., l'altezza fino alla sommità di 26 metri; un piccolo tetto a padiglione ne formava la punta (1).

La fig. 207 mostra una costruzione assai diversa per cupole. Essa è la sezione mediana della cupola del fabbricato principale dell'Esposizione tenutasi in Copenaghen nel 1888. La portata libera misurava m. 26,50; la cupola riposava su di un tamburo dell'altezza di m. 6 e portava un lucernario di ferro in forma di coronamento di m. 11 di diametro e 8 di altezza. La cupola, misurata alla cima del lucernario, raggiungeva l'altezza di m. 43. All'ingresso della galleria principale vi era un'arcata di tavole a reticolato alta m. 2,50, la cui parete aveva una divisione a metà altezza, contro la quale si appoggiavano le saette del reticolato.

Si è già accennato alle cupole del S. Marco di Venezia e a quella di Santa Maria della Salute pure di Venezia, eretta su disegno dell'arch. Longhera nel 1687. Questa cupola ha un diametro di m. 25 ed involupa una vòlta emisferica in muratura, portante alla sommità, sull'orlo di un'apertura circolare, una grande lanterna di legname con obelischi ed altre pesanti ornamentazioni.

(1) *Deutsche Bauzeitung*, 1885, pag. 428.

Un'altra lodevole armatura per cupola è quella stata costruita dall'architetto Pizzagalli per la chiesa di Pontirolo d'Adda in Lombardia.

Fra le cupole aventi nervature di travi si possono citare quella della chiesa degli Invalidi a Parigi (architetto G. Mansard) e quella del tempio di San Paolo in Londra (arch. Wren).

V. — Castelli per campane.

Oggidi i più importanti sostegni o *castelli* delle campane si costruiscono in ferro e ghisa (v. II vol. *Edifizi religiosi*); però in molti luoghi, e specialmente ove abbonda il legname, si costruiscono ancora di legno. Una campana può suonarsi percuotendola con un martello, o mettendone in movimento il solo battaglio e lasciando così ferma la campana stessa; oppure imprimendo a questa un movimento, sì che il battaglio la percuota successivamente sul suo labbro inferiore. Nel primo caso si può dispensarsi dalla costruzione di un castello, ma nel secondo si deve costruire un'impalcatura che regga non solo il peso della campana, ma sia atta a resistere alle forti scosse che risente la struttura quando la campana è in movimento. Queste scosse, che vanno crescendo d'intensità a misura che aumenta l'ampiezza delle oscillazioni della campana, imprimono una tale vibrazione a tutto il sistema, che i collegamenti si rallentano e si guastano o si schiantano, se non sono abbastanza forti o non furono lavorati con precisione.

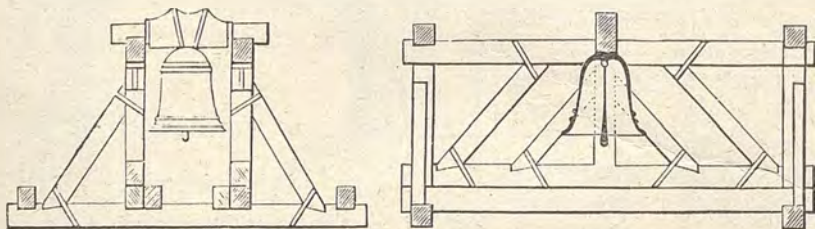


Fig. 208. — Castello per una campana.

È quindi necessario costruire le impalcature con legno forte, procurando di seguire la norma che ogni nodo o collegamento sia paragonabile ad una cerniera e nello stesso tempo sia come il vertice di un triangolo, ossia di un sistema rigido ed invariabile.

L'armatura che trovasi nella cella campanaria deve essere robusta e non presentare ingombro alcuno, cosicchè le campane possano liberamente oscillare; e siccome per le piccole campane avviene sovente che nell'oscillare si capovolgano, così costruendone i castelli bisogna por mente a lasciare lo spazio necessario alla rotazione completa della campana. Nella fig. 208 si è rappresentato il castello per una campana composto di lungarine, stili, correnti e saette. Queste ultime sono membri importantissimi perchè presentano la voluta resistenza alle forze oblique originate dall'oscillamento. Si deve quindi mettere ogni cura nei loro collegamenti colle lungarine, coi ritti e coi correnti, fermandole con buone indentature e rinforzandole con robuste fasciature di ferro e con viti.

Affinchè il castello non eserciti nessuna azione dannosa al campanile bisogna che non sia collocato troppo in alto nel campanile stesso, e quando ciò fosse indispensabile, è necessario trasmettere il carico sopra i muri inferiori e più resistenti, mediante opportune armature.

Un esempio per costruzione di simili impalcature ce l'offre il castello di campane della chiesa di S. Tommaso in Lipsia. Per l'effettivo sostegno delle campane si può servirsi di due sistemi equivalenti di cavalletti. La fig. 209 ne mostra uno. Le campane pendono tra due grossi montanti obliqui, che però sono riuniti alle sommità mediante

un robusto cappello e mantenuti nella loro giusta posizione da opportuni saettoni. Colle saette viene così formato un cavalletto a sospensione, che riporta il peso sulle estremità delle travi sottoposte.

Nel secondo sistema le campane stanno invece sopra il cappello orizzontale e la contrapposizione delle saette dell'incastellatura prende la direzione longitudinale. Un esempio ce lo porge la fig. 210 col piccolo castello da campane della chiesa d'Eilbelk presso Amburgo. Le saette principali sono qui costituite da grossi tavoloni, che si sostituiscono con vantaggio alle saette di ordinarie dimensioni, per le quali lo spazio sarebbe stato troppo angusto.

Nel disporre le campane è sempre desiderabile portarle in un sol piano. Quando per il loro grande numero ciò non torni possibile, si può ricorrere all'esempio del bellissimo antico castello di 13 campane della cattedrale di Friburgo. Spesso però l'eseguibilità dipende solo da opportuna disposizione.

Un esempio ne dà la figura 211 nella pianta del castello di campane della chiesa di S. Nicolò ad Amburgo, la quale ha 5 campane di assai considerevole grandezza; cionondimeno si è ottenuto un posto libero nel mezzo per un'apertura a guisa di botola.

I castelli da campane devono essere eseguiti col miglior legname e col cuore dell'albero, ben secco; le unioni devono essere tutte ben assicurate con chiavarde e le saette collocate in modo che col restringersi del legname sia possibile forzarle di nuovo per mezzo di cunei. Ordinariamente si scelgono legnami piuttosto grossi: però non si richiede mai un consumo straordinario di legname. Le grossezze dei legnami nella fig. 208 si riferiscono all'impiego di legno di quercia; il castello della fig. 209 è tutto in legno di pino e quello della fig. 210 è ancora in legno di quercia.

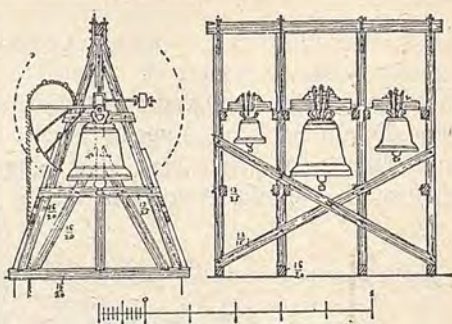


Fig. 209. — Castello per campane.

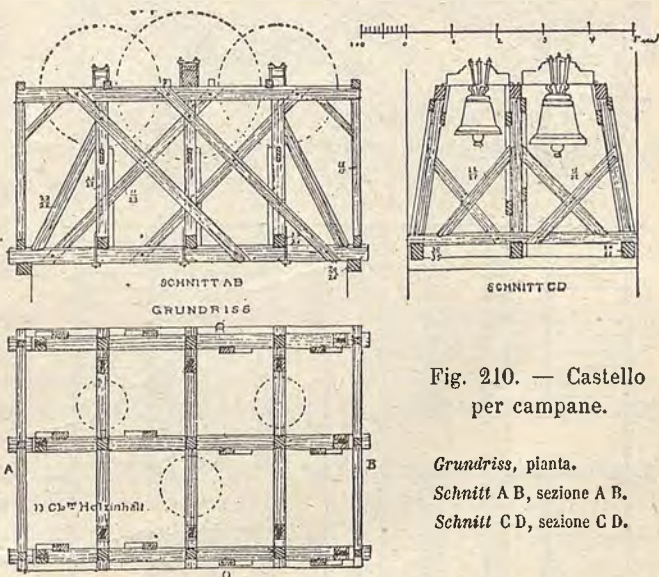


Fig. 210. — Castello per campane.

Grundriss, pianta.
Schnitt A B, sezione A B.
Schnitt C D, sezione C D.

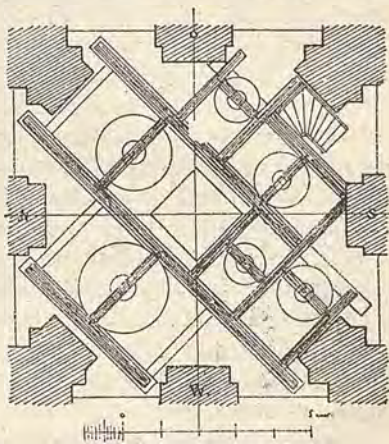


Fig. 211. — Pianta del castello per le campane della chiesa di San Nicolò in Amburgo.

VI. — Costruzioni per Tribune.

Le tribune possono venir costruite o per uno spettacolo pel quale si richiede che la vista domini un grande spazio libero, oppure che questo sia limitato a una piccola arena chiusa. Al primo caso appartengono principalmente le tribune per ippodromi, velodromi e simili, al secondo quelle per circhi. Per le prime si ritiene ordinaria-

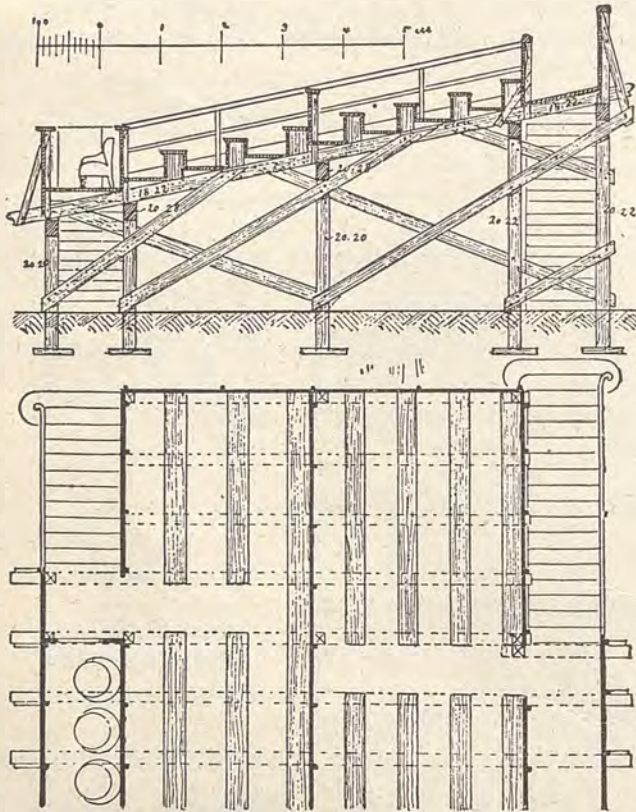


Fig. 212. — Tribuna per ippodromo (arch. Daumelt).
(*Rev. gén. de l'Arch.*, Tav. 51-54).

m. 0,55 ÷ 0,60 per larghezza di ogni posto a sedere; 0,32 ÷ 0,35 per larghezza del banco; 0,60 ÷ 0,65 per larghezza dei passaggi; cosicchè ciascuna serie di posti occupa in larghezza all'incirca 1 m. La prima serie di posti viene collocata a 2 m. di altezza sul piano della pista. Il pavimento dei passaggi superiori viene disposto obliquamente per evitare scalini. È sufficiente una scala per ogni 500 persone, qualora non ne sia determinata la posizione dalla divisione dei posti in diverse categorie.

Se si dispone una scala sola essa viene meglio collocata davanti alla prima serie di posti a sedere, per evitare inutili alzate. Una grande tribuna per 6000 persone, che venne eretta nel 1879 per le manovre imperiali presso Stettino, aveva solo 6 scale di 1 m. di larghezza, che si trovarono completamente sufficienti (1). I posti erano distribuiti su 12 banchi da 500 persone.

(1) *Baugewerksblatt*, 1880, pag. 89.

mente bastevole l'inclinazione di un quinto (che corrisponde a circa gradi 11 $\frac{1}{4}$), mentre per le seconde si sale fino al doppio, ossia a gradi 22 $\frac{1}{2}$. Molti architetti usano anche per le tribune di ippodromi e simili una inclinazione sensibilmente maggiore: così per esempio le tribune di Chantilly hanno un'inclinazione di $\frac{1}{2}$ ossia di gradi 26 $\frac{1}{2}$. La fig. 212 mostra una piccola tribuna provvisoria della prima specie.

Le principali considerazioni che devono farsi trattandosi di tali costruzioni consistono nel trovare il modo di evitare il cigolio delle assi di rivestimento, l'oscillare dei parapetti, il piegarsi dei banchi per sedere, e così via, onde nulla possa accadere che susciti ansietà nel pubblico. Nelle tribune provvisorie si tralasciano volentieri gli schienali ai sedili. Riguardo allo spazio occorrente si ritengono quali dimensioni comode le seguenti:

Nelle costruzioni provvisorie si evitano gli incastramenti fra le travi, e si ricorre a gattelli inchiodati alle travi principali, sui quali si appoggiano e si avvitano o si inchiodano le travi secondarie. I giunti si assicurano per mezzo di arpioni e chiodi sovrapponendovi dei pezzi di tavole. I cunei per serrare le travi sotto ai sedili e i gattelli

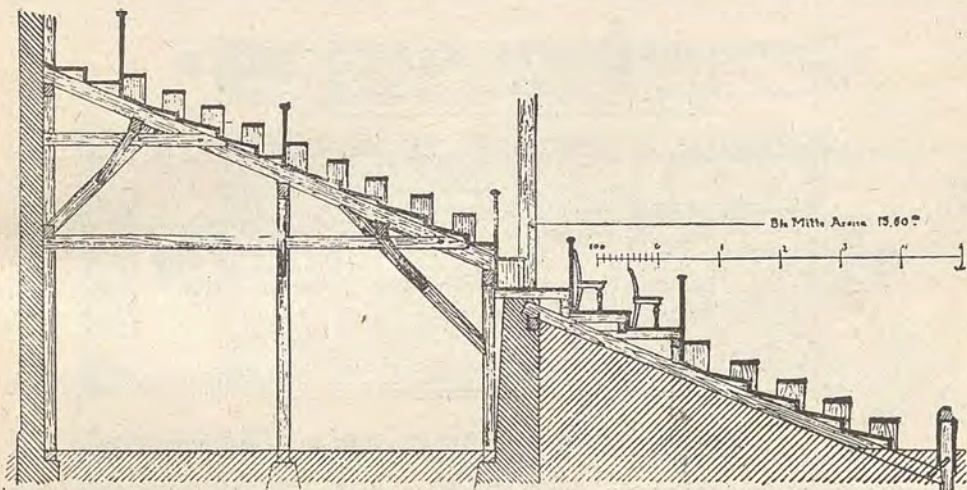


Fig. 213. — Tribuna del Circo Renz in Amburgo.
(Bis mitte Arena m. 13,60, fino alla mezzera dell'Arena metri 13,60).

sono tutti eguali e possono quindi facilmente venir fabbricati a macchina. Quanto all'economia della costruzione è da osservarsi che vengono utilizzati i pezzi di travi e di tavole che si hanno a disposizione senza ritagliarle. Se le travi non sono sufficientemente lunghe, si può applicare con vantaggio il giunto in falso, sostenendolo con un pezzo di raddoppio.

Un esempio della seconda specie di tribune lo reca la fig. 213, che rappresenta la tribuna del Circo Renz in Amburgo. La sua maggiore inclinazione è di $22^{\circ} \frac{1}{2}$; del resto la sua costruzione si rileva benissimo dalla figura.

VII. — Costruzioni galleggianti o natanti.

Queste costruzioni si presentano nel caso in cui si devono erigere dei fabbricati sull'acqua in modo che possano in qualsiasi tempo venir rimossi o cambiati di posto. Quando non vi sia questa condizione e si tratti di un livello d'acqua abbastanza costante, si preferisce stabilmente collocare la costruzione sopra palafitte. Tale disposizione può avere ancora la preferenza quando il cambiamento di posto debba verificarsi solo di rado. Per piccoli galleggianti (come per es. casette per uccelli acquatici) e che vengono permanentemente mantenuti tali, bastano 4 pezzi di travi di 30 a 40 cm. di grossezza, unite tra loro a mezzo legno, come indica la fig. 214. Per maggiori dimensioni vi si aggiungono in mezzo due barili vuoti, ermeticamente chiusi, sopra i quali si forma un tavolato atto a sorreggere la parte fuori acqua della costruzione.

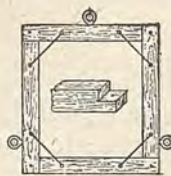


Fig. 214. — Piccola costruzione galleggiante.

Se questa deve essere alquanto alta si deve bilanciare la sua tendenza a oscillare con un sottoposto contrappeso. Quando il livello d'acqua è costante si assicura la costruzione con tre ancore; se invece è variabile e se il movimento di innalzamento e di abbassamento non può effettuarsi con un ferro di guida lungo un muro od altro

oggetto stabile, si infiggono dei pali a cui si agganciano degli anelli di ferro assicurati al corpo natante. La fig. 215 rappresenta una grande piattaforma natante assai adatta a mantenersi a galla anche in occasione di folla o di tempesta; serve da 10 anni per pontile di sbarco sull'Elba e galleggia su 32 botti da petrolio, assicurate con nastro di

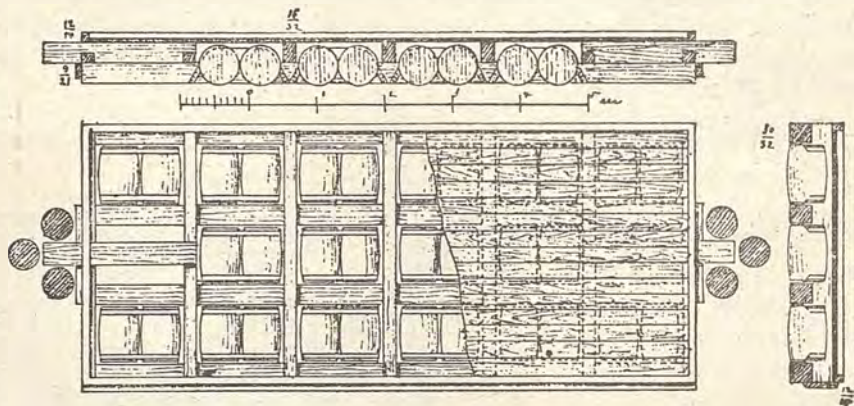


Fig. 215. — Grande piattaforma natante sull'Elba.

ferro alle travi, senza neppure un chiodo. Questa piattaforma segue il cambiamento di livello dell'acqua per mezzo delle teste di due travi, che scorrono entro 6 pali conficcati nel fondo.

Le piattaforme natanti, che devono portare stanzini per bagni, come negli stabilimenti balneari, sui fiumi, si assicurano pure assai vantaggiosamente col mezzo di botti da petrolio rivestite con tavole (fig. 216).

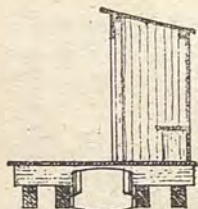


Fig. 216. — Stanzino da bagno su piattaforma galleggiante.

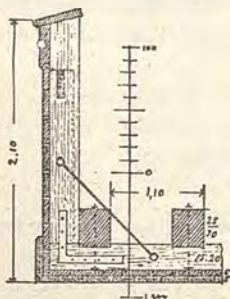


Fig. 217. — Circo galleggiante Lent a Siebert. (*Zeitschr. d. bayer. Archit. - und Ingen. - V. 1871, pag. 52*).

Trattandosi di nuovi impianti di qualche importanza è meglio adoperare, invece di botti di legno, delle casse di ferro, suddivise in celle, poichè con queste si distruggono gli effetti dipendenti dalla possibile penetrazione di acqua in qualcuna di esse celle; senza contare che dette casse sono di più lunga durata. Si nota però che molti stabilimenti natanti sui fiumi sono mantenuti a galla per mezzo di barconi rilegati fra loro, mentre i barconi estremi sono assicurati con corde o catene a palafitte o ad anelli infissi nei muri di sponda del corso d'acqua.

Se lunghezza e larghezza del corpo galleggiante devono essere piuttosto rilevanti bisogna far uso di saette per controbilanciare la spinta prodotta dal moto ascensionale del pavimento. Si dà allora preferibilmente al corpo galleggiante la forma di chiatta. La fig. 217 mostra come esempio un profilo del circo natante Lent di Siebert, che ha una lunghezza di m. 66, una larghezza di m. 21 e un'altezza massima della costruzione sopr'acqua di m. 9,90. La portata, a sommersione di 1 m., venne calcolata a 1260 tonnellate. In realtà la sommersione, col carico delle stalle rifornite e con quello di 1600 persone, arrivò solo a metri 0,38. Le nervature inferiori del pavimento, grosse 15 ÷ 20 centimetri, sono a distanza di 50 centimetri l'una dall'altra.

C. — COSTRUZIONI CON TAVOLE O TAVOLATI

I. — Commettiture di tavole od assi.

Le forme di unioni per tavole, quali possono essere usate dal carpentiere, sono assai semplici e in numero limitato (fig. 218). Se le tavole devono semplicemente essere inchiodate l'una accanto all'altra, come in *a*, devono venir segate a filo vivo sui due lati: l'unione che ne risulta è detta a *filo piano*. Se l'unione è fatta a taglio obliquo, come in *b*, le tavole si dicono tagliate a *scarpello*. Una migliore unione si ottiene col

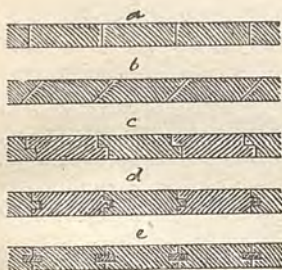


Fig. 218. — Commettiture per tavole od assi.

a, unione a filo piano verticale; *b*, unione a scarpello; *c*, unione a mezzo legno; *d*, unione a scanalatura e linguetta; *e*, unione a doppia scanalatura e linguetta di riporto.

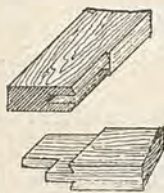


Fig. 219. — Tavole incastrate d'angolo.

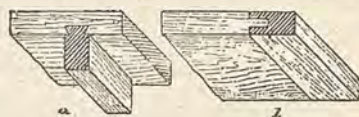


Fig. 220. — Liste di riporto per mantenere piane le tavole.

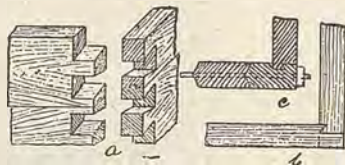


Fig. 221. — Tavole unite secondo le loro altezze.

a, unione d'angolo; *b*, unione d'angolo con incastro obliquo, per pareti di cassoni a tenuta d'acqua; *c*, unione per le tavole del fondo di detti cassoni.

mezzo legno, come in *c*: è particolarmente appropriata per tavole sottili. In *d* è rappresentata l'unione a *scanalatura e linguetta*, la quale viene sempre applicata quando si deve avere un'unione ben serrata. Lo svantaggio che però presenta, cioè di una perdita di circa il 10% di materiale, viene evitato coll'ultima giunzione, quella a *doppia scanalatura e linguetta di riporto*; il ritagliare e introdurre le linguette, che devono essere preparate con legno di testa, richiede però un discreto lavoro, cosicché all'infuori dei pavimenti a tavolato di assicelle, questa unione si applica solo per legnami molto grossi. Si ricorre però sovente a linguette in lama di ferro, nel qual caso la scanalatura vien fatta con un semplice taglio di sega.

Raramente occorre al carpentiere di incastrare le tavole fra loro. La fig. 219 rappresenta l'incastro semplice a mezzo legno per gli angoli di una porta o di una botola. L'unione viene di solito incollata.

Quando le tavole sono piuttosto larghe o quando se ne devono disporre parecchie l'una accanto all'altra, se ne impedisce il contorcimento mediante una lista di legno inserita a coda di rondine su una faccia della tavola oppure con una lista di testa (fig. 220 *a*, *b*).

La fig. 221 *a* mostra un'unione di tavole secondo l'altezza: una tavola ha i maschi tagliati obliquamente, l'altra a coda di rondine. Tanto il connetterle che il separarle risulta quindi possibile in una sola direzione. Questa unione viene dai carpentieri

usata principalmente nelle rampe di scala e nei cassoni a tenuta d'acqua. La fig. 221 *b* mostra l'incastro che si suol fare per questi ultimi: è a mezzo legno tagliato obliquamente verso l'interno e viene praticato entro l'indentatura, per meglio raggiungere lo scopo dell'ermeticità. Il fondo di un cassone di questo genere verrà formato nel miglior modo tagliando la costa delle tavole a prisma triangolare e piallandole assieme. Esse devono essere forate, come in *c* (fig. 221) e tenute riunite da chiavi di ferro poste a 1 m. circa di distanza l'una dall'altra.

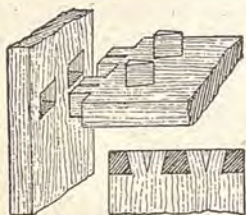


Fig. 222. — Commettitura per tavole quando una di esse sporge oltre la faccia esterna dell'altra.

Se una delle tavole sporge oltre l'angolo allora l'indentatura non è eseguibile che per mezzo di cunei. La fig. 222 mostra per tale caso i fori a coda di rondine in una delle tavole e i maschi dritti nell'altra: a questi ultimi si dà un taglio di sega, nel quale vengono cacciati i cunei: si vede l'unione ultimata nella pianta, che è una sezione fatta immediatamente sopra l'incastro.

III. — Pareti di tavole, dette assiti.

Le tavole degli assiti vengono superiormente ed inferiormente assicurate a travi od a listelli (fig. 223 *a, b, c*). Gli assiti si usano solo per la divisione di spazi interni. Se devono essere arricciati, si fanno di assi di 3 cm. di spessore doppiamente chiodate. Sovente si formano di due serie di tavole collocate l'una contro l'altra in modo che nell'una le commessure riescano verticali e nell'altra ascendano obliquamente verso la mezzera della parete, dove le tavole si riuniscono fra loro con un numero sufficiente di chiodi ribaditi. Le piccole aperture vengono semplicemente tagliate nell'assito: alle più grandi si applica un'intelaiatura a cornice. Spesso per ultimare le pareti intelaiate vi si inchioda un assito, ma potendo i vani della loro intelaiatura essere chiusi con una muratura di materiali porosi, così si dà la preferenza a questa, per diminuire i pericoli d'incendio.

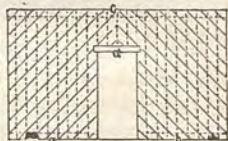


Fig. 223. — Parete di tavole.

Se l'assito non deve venir arricciato, e si tratta di granai o di camere di importanza secondaria, basta inchiodare verticalmente l'una presso l'altra delle tavole greggie di 3 cm. di grossezza, solo squadrate. Nel senso della loro altezza possono venir assicurate con un'asta inchiodata di traverso. Se si hanno maggiori esigenze le tavole devono avere almeno cm. 3,5 di spessore e venir piallate; l'unione deve eseguirsi come nella fig. 224, o a sovrapposizione alternata o con liste di ricoprimento o a scanalatura e linguetta. Le liste di ricoprimento devono essere inchiodate da una parte sola. Per maggiori altezze si pongono tanti ritti a distanza di m. $1,50 \div 2$, inserendo fra essi, secondo il bisogno, una traversa pure a 1,50 o 2 m. Le assi vengono da ambe le parti assicurate con listelli ai ritti e alle traverse, a metà della loro grossezza.

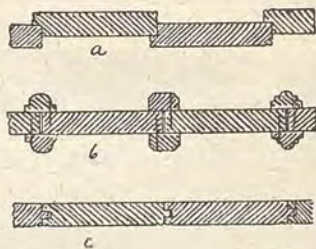


Fig. 224. — Commessure delle tavole per assiti.

Un modo particolare di esecuzione di assiti è usato nelle divisioni a *silo* dei magazzini da cereali. Queste pareti vengono formate, secondo l'altezza dello strato di cereali, con assi di 10, 12, 15 cm. di larghezza per cm. 2,5 di grossezza, che vengono disposte piatte l'una sull'altra, inchiodate a ogni m. $0,50 \div 0,60$ di distanza e che formano poi una massiccia parete di legno di grossezza corrispondente alla larghezza delle tavole. Le pareti trasversali e gli angoli vengono assicurati alle due pareti principali con tavole alternativamente passanti.

Un po' meno di legname che non gli assiti richiedono gli steccati o pareti di listelli: questi vengono sempre disposti verticalmente ed assicurati a banchine e telai o a listelli trasversali posti in alto ed in basso. La distanza più adatta per i listelli è quella che è uguale alla loro larghezza.

III. — Compimento e riempimenti dei solai.

Un solaio di legno è composto dell'impalcatura, od ossatura, di cui si è già parlato, del pavimento e del soffitto. Per ultimare il solaio, cioè per riempire i vani dell'ossatura, si usano diversi sistemi. Questi si limitano talvolta al solo pavimento, il quale fa anche da soffitto quando i travetti sono molto vicini; ma nella massima parte dei casi constano di una struttura tale che regge pavimento o soffitto ed è formata con materiali atti ad assorbire i liquidi che eventualmente si infiltrassero nel pavimento, oppure ad attutire i rumori o a mantenere il caldo negli ambienti.

Il materiale meglio appropriato è l'argilla, la quale, nei fabbricati rurali, o in quelli di poca importanza, viene anzi esclusivamente adoperata. La si avviluppa con paglia intorno a correntini rotondi di legno (grossi 4 ÷ 6 cm.) che vengono introdotti fra i travetti del solaio: le fig. 225 *a, b, c* mostrano le diverse disposizioni di questo genere di riempimento per solai. Si applica quasi esclusivamente nei fabbricati di poca importanza non aventi nè pavimenti di legno nè soffitti, i quali si formano con uno strato di argilla. I solai diventano così molto pesanti, richiedono travetti grossi e si ha anche l'inconveniente che facilmente qualche pezzo di argilla si distacca e cade nel sottostante locale. Perciò non si applica quasi mai il riempimento inferiore, come in *a*; quello a mezza altezza, come in *b*, si adotta solo per abitazioni rurali e quello rialzato o superiore *c* si applica più di frequente nelle stalle. Se i correntini si scelgono più grossi si può aumentare la distanza fra i travetti del solaio; le unioni vengono sfalsate. Questo genere di solai è abbastanza impermeabile e sicuro contro il fuoco. Meno compatto è quello della fig. 225 *d*: presenta però il vantaggio di poter aumentare la distanza fra i travetti, giacchè i legnami tondi (di circa 20 cm. di grossezza), che si adoperano come sbadacchi, possono avere fin 2 m. di portata libera. Si distende su di essi uno strato di paglia e si eguaglia il piano per un'altezza di circa 7 cm. con argilla, che quando sia ben pigiata forma il pavimento. Lo stesso si può fare col riempimento rappresentato nella fig. 225 *e*, che costituisce una miglior ricopertura per mezzo di tavole (della grossezza di cm. 2,5 a 3), le quali sormontano le une sulle altre alternatamente; si dà anche maggior sostegno all'argilla, inchiodando sopra le tavole dei listelli colla sezione a coda di rondine. Però i vantaggi di questo riempimento non compensano il grande consumo di legname, onde viene applicato assai di rado. La fig. 225 *f* mostra un riempimento a inserzione che è appropriato tanto per fabbricati rurali quanto per case d'abitazione. A metà altezza dei travetti vengono inserite le tavole, o meglio appoggiate su liste inchiodate ai travetti: si possono utilizzare in questo modo gli sciaveri provenienti dalla squadratura dei tronchi. Si rende impermeabile tal genere di soffitto turando le connesure con argilla: quando questa è secca vi si spande sopra dell'argilla spappolata. Di questa si può far a meno anche del tutto se, come è segnato nella fig. 225 *g*, le tavole sono collocate alternativamente colla faccia interna verso l'alto e verso il basso, o si adoperano delle tavole ritagliate obliquamente sui lati (fig. 218 *b*), le cui commesure (come si usa nei mulini) vengono riempite di malta.

È necessario raddoppiare questo riempimento ad inserzione quando il soffitto deve essere visibile dal basso, per coprire l'irregolarità delle tavole di sfacciatura o di altra sbadacchiatura incrociata. Come materiale di riempimento si può applicare anche qui con vantaggio l'argilla, che si può conguagliare con uno strato di sabbia. Astraendo

dalla maggiore permeabilità, la pura sabbia silicea serve altrettanto bene come materiale di riempimento quanto l'argilla.

Si può conseguire una maggior sicurezza contro gli incendi distendendo uno strato di calcestruzzo: però in questo caso è necessario disporre del cartone da copertura

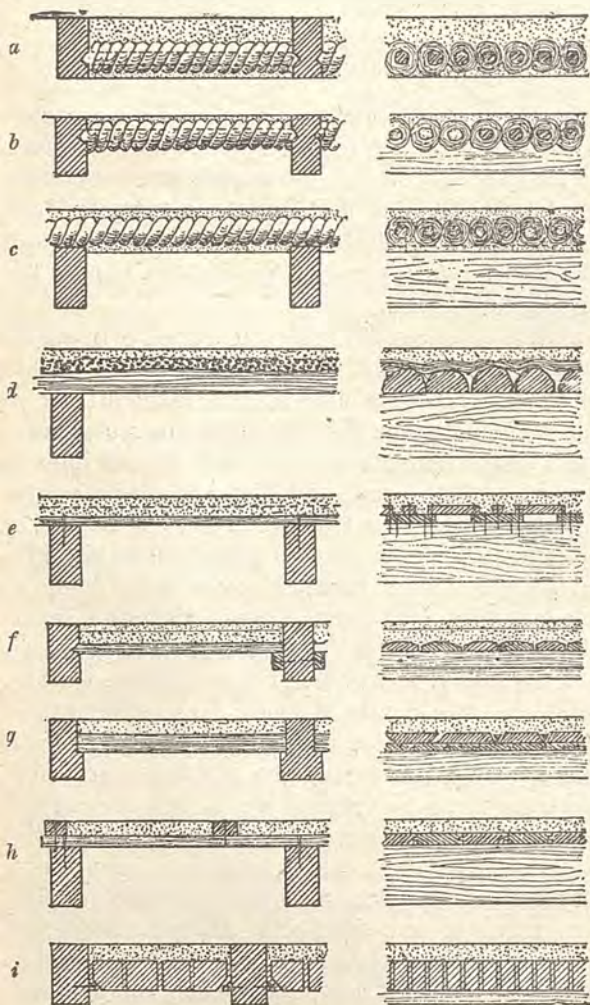


Fig. 225. — Diversi sistemi di riempimento per solai.

a, riempimento di solaio a correntini inferiori; *b*, riempimento di solaio con correntini a mezza altezza; *c*, riempimento di solaio a correntini superiori; *d*, riempimento di solaio a correntini superiori con grossi sciaveri; *e*, solaio con tavole alternamente sormontantisi; *f*, riempimento di solaio con tavole a inserzione a mezza altezza; *g*, riempimento di solaio con due serie di tavole; *h*, riempimento di solaio con falsa impalcatura e argilla; *i*, riempimento di solaio con prismi di tufo.

introdotti altri sistemi di riempimento che non presentano alcun pericolo igienico. Così le tavole isolatrici di gesso le quali sono formate da un impasto di gesso specialmente preparato con aggiunta di sostanze porose ed elastiche, come sughero, peli, lolla, pula o simili materie. La massa viene considerevolmente rinforzata coll'aggiunta di canne, giunchi di palude, ecc. Se ne riparlerà trattando delle materie isolatrici, ma per ora si aggiungerà che queste tavole di gesso si segano e si chiodano nello stesso modo come quelle di legno, e che servono benissimo per formare soffitti, i quali riescono

sulle tavole, perchè non si comunichi al legno l'umidità del calcestruzzo fresco. L'applicazione del cartone presenta anche il vantaggio, nei solai delle case di abitazione, di impedire la trasmissione dei suoni dai soprastanti locali ai sottostanti.

Diversi altri materiali, oltre quelli ricordati, furono impiegati con risultati più o meno vantaggiosi per riempimento, alcuni perchè si presentavano alla mano, altri per riguardi igienici. Così dicasi del calcinaccio e dei detriti provenienti dalle demolizioni di muri di mattoni. In questi però possono introdursi insetti e schegge di legno umide, nonchè altre materie in putrefazione o putrescibili, e specialmente anche germi di malattie. La scoria filata o lana di scorie (detta anche cotone silicato, lana minerale, bambagia di scorie) ha un difetto, e cioè, che i minutissimi pezzetti vitrei onde consta possono più o meno facilmente attraversare il pavimento o il soffitto e come pulviscolo recar danno agli organi della respirazione. Bisogna poi che sia bene al riparo dell'umidità, perchè siccome la scoria contiene spesso dello zolfo, questo, sotto gli effetti dell'umido, può dar luogo a sviluppo di gas nocivi. Anche le ceneri, la torba, ecc. vennero raccomandate ed applicate: possono però produrre putrefazioni; anzi la torba, come venne sperimentato, può favorire la propagazione delle muffe anche se viene prima imbevuta di latte di calce. Ultimamente si sono

assai leggeri. Sono molto usate per soffittare i tetti, affine di riparare i locali sottostanti dagli effetti del freddo e dell'umidità. Altrettanto vantaggiose si trovarono le così dette mattonelle di sughero, che sono però relativamente più costose.

In Amburgo nelle migliori case di abitazione si preferisce al riempimento per inserzione un falso impalcato con unione a scanalatura, versando poi dell'argilla tra i listelli di sostegno del pavimento: così si ottiene una perfetta rigidezza del soffitto. La fig. 225 *h* mostra questa disposizione. Essa presenta il vantaggio di poter correggere le piccole imperfezioni nella superficie superiore dei travetti, per mezzo di cunei applicati non al pavimento stesso ma ai suoi sostegni. Questi devono essere accuratamente piallati nella superficie superiore e disposti a distanze di 0,65 a 0,75 offrendo un buon letto per il pavimento. Nelle provincie renane, ove si usa collocare i travetti meno lontani l'uno dall'altro, invece del riempimento ad inserzione fra i travicelli del solaio si usa quello con prismi di tufo (fig. 225 *i*). Il resto del riempimento si fa poi con argilla o simili.

Nelle stalle i solai con travetti, correntini ed argilla non danno buona prova perchè le umide esalazioni che si formano nella stalla rammolliscono l'argilla determinandone la caduta e fanno imputridire il legname. Si ricorre perciò ai voltini formati con mattoni ordinari quando la distanza fra i travicelli supera i 50 cm. e con mattoni speciali di terra cotta o di cemento quando tale distanza è inferiore alla detta misura. Le fig. 226 *a, b, c* ne mostrano alcuni esempi. In *a* si vedono i voltini di mattoni ordinari gettati fra travicelli posti d'angolo, per meglio formare l'imposta dei voltini; in *b* quelli costituiti da mattoni speciali o da tavelle, che si impostano su listelli inchiodati ai travicelli; in *c* i voltini costituiti da speciali mattoni vuoti di terracotta o di cemento. Tutti questi sistemi non evitano però il pericolo della rovina del solaio in caso d'incendio perchè il legno resta scoperto. Si è quindi ricorso al sistema di ricoprire le facce inferiori dei travetti con tavelle o pietre artificiali (fig. 226 *c*). Tale sistema è però alquanto costoso. Il meglio si è di abolire il

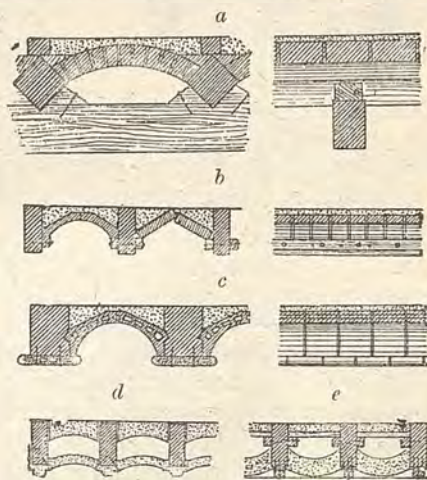


Fig. 226. — Compimento dei solai con voltine di mattoni e con lamiera di ferro.

a, solaio con voltine di mattoni ordinari; *b*, solaio con voltine di mattoni speciali o con tavelle; *c*, solaio con voltine di mattoni speciali vuoti di terracotta o di cemento; *d*, solaio con rivestimento di lamiera di ferro e riempimento di cenere o altri materiali leggeri.

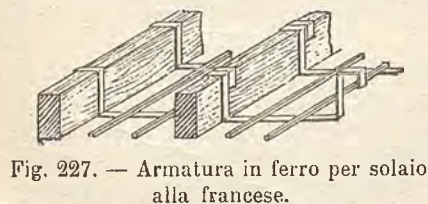


Fig. 227. — Armatura in ferro per solaio alla francese.

disposizioni di tal genere: la prima con rivestimento superiore ed inferiore dei travetti, la seconda con solo rivestimento inferiore. Il riempimento viene fatto con cenere o simili materiali leggeri. Più di frequente, per evitare l'impiego di altro legname, si applicano i falsi impalcati alla parigina, nei quali vengono appesi ai travetti dei ferri ad uncino sorreggenti sottili verghe di ferro quadrato (fig. 227). Il riempimento si forma con uno strato di gesso di 7 a 10 centimetri di grossezza, che serve anche da soffitto.

In America, dove generalmente manca ogni riempimento dei solai e dove per trattenerne il calore si usano i soffitti oppure tappeti pesanti, si è tentato, in costruzioni importanti, di applicare la lamiera di ferro nella formazione dei solai e dei soffitti. Le figure 226 *d, e* mostrano

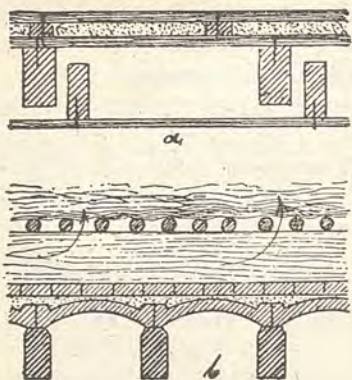


Fig. 228.

a, solaio con soffitto indipendente; b, solaio speciale per fabbricati rurali.

può penetrare nei vani di questi travetti e raggiungere per disotto il fieno, la paglia o i cereali, ecc., che trovansi ammuccciati sopra il solaio.

IV. — Soffitti.

Quando le travature del solaio e del relativo riempimento non devono vedersi dal disotto è necessario un soffitto, che ordinariamente viene formato con assi di 2 o 3 cm. di grossezza. Nel modo più semplice si può formare (fig. 229 a) con assi squadrate e listelli di ricoprimento delle connessure (cantinelle). Quando si vuole che il soffitto presenti un aspetto meno semplice i listelli di ricoprimento si fanno sagomati. Nelle stalle non si riparerebbero in questo modo abbastanza bene le travi dagli effetti delle esalazioni; perciò si applica il doppio rivestimento, come è indicato in b; per altro il risultato non corrisponde al gran consumo di legname. È più economico l'altro rivestimento a parziale sovrapposizione alternata, segnato in c, che presenta bell'aspetto anche per case di abitazione, specialmente se gli spigoli vengono sagomati. Per esigenze maggiori serve un rivestimento con tavole unite a mezzo legno (fig. 229 d), per mezzo del quale si può dare un elegante aspetto al soffitto, formando degli scomparti cogli assi. Si devono adoperare legnami senza nodi, piallare finamente le tavole e praticarvi un cordone vicino allo spigolo. Il tavolato che ne risulta prende perciò il nome di *cordonato*. Se ne è già parlato a pag. 46, ove si è pure accennato ai soffitti in cui sono visibili le travi maestre e i travicelli, e dei quali il medio evo ha dato splendidi esempi (v. 2^a parte di questo volume).

Se il soffitto deve intonacarsi si adoperano assi strette, inchiodate alla distanza di cm. 1,5 ÷ 2 l'una dall'altra (fig. 229 e). Se si deve applicare una semplice o doppia stuoia di canne invece dell'assito si richiedono solo dei listelli a distanza di 20 cm. (fig. 229 f). Le fig. 229 g, h, i mostrano tre altri sistemi di rivestimento con liste o listelli, che possono, specie nelle case di abitazione, sostituire il rivestimento con assi. La prima disposizione di listelli con strato di paglia superiore, colla quale fa presa la malta, è usata a Monaco: sotto ai listelli l'arricciatura viene applicata in istrato così sottile che si sostiene senz'altro da sè. È tuttavia più vantaggioso un intreccio di liste che vengano inchiodate immediatamente sotto i travetti; quanto ai listelli con sezione a coda di rondine esigono l'impiego di troppo materiale e le loro superficie inferiori troppo larghe trattengono imperfettamente l'intonaco.

La fig. 229 k mostra ancora un surrogato americano al rivestimento di tavole con lamiera ripiegata ad S, i cui vantaggi però non raggiungono quelli delle nostre stuoie

di canne o intrecci di liste. In America si usano pure, come anche in Olanda, per trattener l'arricciatura delle scheggie di legno di pochi millimetri di grossezza, le quali vengono inchiodate sui travetti (molto vicini) senza rivestimento, e che colla loro superficie scabra ed ineguale e colle loro punte sporgenti servono di presa all'intonaco.

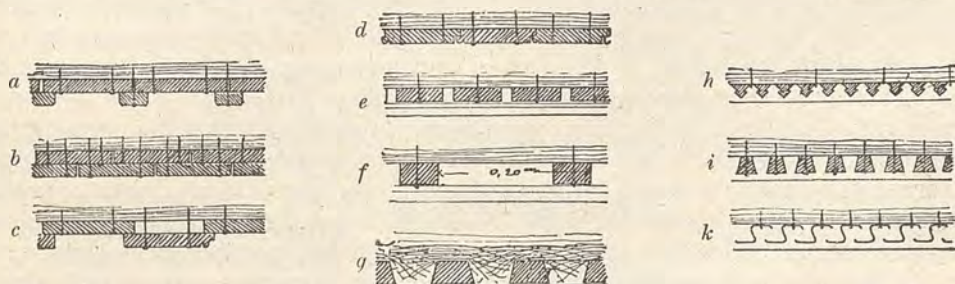


Fig. 229. — Diversi sistemi di costruzione dei soffitti.

a, soffitto di tavole unite a filo piano con listelli di ricoprimento; b, soffitto a doppio rivestimento con tavole a filo piano; c, soffitto con tavole a ricoprimento o a sovrapposizione alternata; d, soffitto con tavole a mezzo legno; e, soffitto intonacato; f, soffitto incannucciato; g, soffitto intonacato, con listelli e paglia; h, soffitto con listelli sistema Loth; i, soffitto con listelli a coda di rondine, intonacato; k, soffitto con lamiera metallica ripiegata ad S.

Il modo più semplice per eseguire i soffitti in legno centinati è quello di interporre fra i travetti del solaio degli archi di tavole tagliate secondo la curva voluta e inchiodare sotto di essi le assi del rivestimento. Si possono anche formare i voltini con tavole della grossezza di 5 cm. unite a doppia scanalatura e linguetta riportata (fig. 230): ma il nessun valore speciale di tale sistema non corrisponde alle difficoltà di esecuzione.

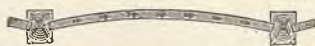


Fig. 230. — Soffitto centinato.

I rivestimenti a grandi scorniciature e i traversi visibili nei soffitti a cassettoni, devono essere lavorati accuratamente con incassature di assi, assicurate con arpioni o con ferri d'angolo. Nei soffitti a cassettoni anche le travi stesse hanno spesso un rivestimento di assi. Se il soffitto deve invece venir rinzaffato e intonacato, si dispongono prima le incassature rustiche, sulle quali si fissano le stuoie di canne. Il legname di queste incassature si dispone ordinariamente in direzione trasversale rispetto a quello del rivestimento, e se si vogliono evitare le fenditure nell'intonaco prodotte dai movimenti del legname, è assai raccomandabile un previo rivestimento con cartone incatramato o con carton-cuoio. Meglio è diminuire i rivestimenti di tavole ed applicare per le cornici dei tasselli di guida alla distanza di circa 20 cm. e pei cassettoni delle intelaiature di listelli, che offrano posto a quegli altri su cui si devono assicurare gli incannucciati.

Dei rivestimenti per soffitti a cassettoni e simili si riparlerà nella seconda parte di questo volume, trattando delle opere da falegname.

V. — Pavimenti.

I pavimenti di legno si possono formare o con assi disposte semplicemente l'una accanto all'altra, o con piccole assicelle variamente disposte e di vario colore in modo da formare un certo disegno, o con pezzi di legno tagliati a prismi. Perciò si distinguono in *pavimenti ordinari* o *intavolati*, a *scomparti*, *intarsiati*, *scaccati* e *massicci*.

1 Pavimenti ordinari o intavolati.

Nella costruzione dei pavimenti si richiede una grande cura, specialmente per ciò che riguarda la scelta del legname. Le tavole devono essere possibilmente della medesima larghezza, più o meno prive di nodi (secondo le esigenze), e collocate in modo

da non contorcersi, nè presentare sconnessure, e non siano, coll'uso, soggette a scheggiarsi.

A queste condizioni possono soddisfare solamente le assi di larghezza non maggiore di 15 cm., e disposte colla parte tagliata verso il cuore del legno rivolta in basso. In generale per le case di abitazione si usano tavole grosse cm. 3 ÷ 3,5: quelle di maggior grossezza, ossia i panconi si adoperano nei granai o per i locali molto sovraccaricati.

Generalmente per ragione di economia si impiegano tavole di legno dolce, cioè di abete bianco o rosso, che si trova in commercio in tavole molto regolari lunghe 4 ÷ 5 m., cosicchè richiedono poca lavorazione e pochissimo spreco di materiale per metterle in opera. Oggidì si usa assai il larice rosso d'America (*pitch-pine*), dal quale si possono ricavare assicelle molto lunghe e perciò adatte anche per grandi locali. Queste assicelle si tagliano di larghezza compresa fra gli 8 e i 10 cm. Per quanto però questo legname sia assai resistente ed elastico, non dà buoni risultati se non quando è molto stagionato e si è avuto riguardo di scegliere le liste che presentano la maggior uniformità di fibre: perchè quelle composte di molte fibre bianche e rosse vanno più soggette a contorcersi e dopo un certo tempo presentano una superficie ondosata.

In Germania si adopera il pino nazionale, ma le tavole di Svezia, molto impiegate nella Germania del Nord, perchè di tenue prezzo, sono di essenza troppo tenera, onde i pavimenti che ne risultano non solo si deteriorano assai presto, ma tutte le volte che si lavano assorbono una tale quantità d'acqua da renderli anche dannosi.

I pavimenti formati con legno forte, per esempio con quercia o con faggio, sono di molto maggior durata e si adoperano quasi esclusivamente nei luoghi molto frequentati, come sale d'aspetto, scuole, chiese, teatri, ecc.

Perchè il pavimento di legno sia durevole bisogna che il suolo su cui esso posa sia bene asciutto, e quando deve appoggiare sopra muratura non troppo asciutta, conviene disporvi sotto un falso palco di tavole gregge.

Per pavimenti semplici l'unione delle tavole si fa a filo piano (fig. 231 a), accontentandosi di incavigliare le tavole stesse di metro in metro, con punte di ferro onde impedirne l'incurvamento. Si ha però così lo svantaggio di rendere difficile il cambiamento di una tavola quando sia sciupata. La commessura a filo piano presenta anche un altro inconveniente ed è quello del facile passaggio della polvere, che si svolge dal materiale di riempimento del sottopalco, e dei liquidi che possono cadere sul pavimento e penetrare nei vani del solaio, guastando i soffitti, oppure penetrare nel sottosuolo producendo una dannosa umidità; però essa dà luogo anche a dei vantaggi, quali il risparmio di materiale, perchè le tavole si adoperano intiere, e la possibilità di facilmente turare le commessure con liste di legno spalmate di colla quando esse si siano ingrandite in seguito al ritiro del legname. In casi speciali, come nei pavimenti di locali provvisori per esposizioni, non solo si usa la commessura a filo piano, ma questa si lascia larga da 5 a 8 millimetri, affinchè nello spazzare il pavimento, dopo averlo inaffiato, la maggior parte del pulviscolo che si solleverebbe, trovando invece libero il passo fra le dette fessure, si depositi nel sottostante suolo.

L'unione a mezzo legno o a mezza scanalatura (fig. 231 b) si adopera di rado, perchè ordinariamente le tavole sono sufficientemente grosse per usare l'unione a scanalatura intiera. Anche l'unione a scanalatura e linguetta (fig. 231 c) non viene sovente eseguita perchè troppo costosa in causa del consumo di materiale e della maggior mano d'opera. Però i pavimenti così commessi sono impermeabili alla polvere e sono assai rigidi. Ugualmente lo sono quelli formati con giunti a doppia scanalatura e linguetta riportata (fig. 231 d). Questi anzi possiedono in grado maggiore l'inflessibilità quando la linguetta sia di ferro.

Le tavole si inchiodano sui travicelli del solaio o dell'impalcatura sottostante, e per ottenere le commessure ben strette, ogni tavola, prima di essere inchiodata, viene for-

temente premuta contro quella già assicurata, e per questo scopo si infiggono nel travicello del sottopalco alcuni uncini e tra questi e le tavole si dispone una coppia di cunei di legno, che si serrano per ottenere la desiderata aderenza tra i giunti. Cunei e uncini si levano dopo chiodata la tavola.

Ogni tavola dev'essere fermata almeno con due chiodi lunghi tre volte la grossezza della tavola, battuti a testa perduta e conficcati un po' inclinati in modo che battendoli si contribuisca a rendere più stretta la commessura.

Siccome anche servendosi di tavole ben stagionate e malgrado la loro massima aderenza, in seguito al naturale ritiro del legname vengono ad ingrandirsi nuovamente le commessure, così si è cercato di costruire dei pavimenti nei quali sia possibile dopo un certo tempo serrare le tavole fra loro, senza bisogno di levarle dal posto. Le figure 231 e ed f mostrano come si debbano eseguire in tal caso l'unione a

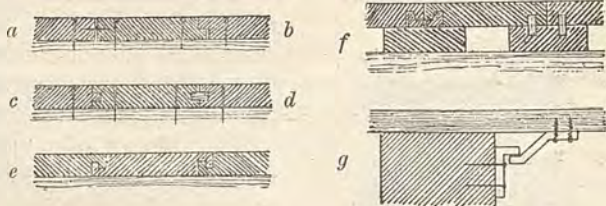


Fig. 231. — Pavimenti di legno ordinari o intavolati.

a, con tavole a filo piano incavigliate con punte; b, con tavole a mezzo legno; c, con tavole a scanalatura e linguetta; d, con tavole a doppia scanalatura e linguetta di riporto; e, con tavole rimovibili a dente e intaglio; f, con tavole rimovibili a intaglio e denti di riporto, od a scanalature e linguette di riporto; g, con tavole a libero scorrimento.

dente e intaglio e quella a linguette. L'intero pavimento colle commessure incollate deve posare libero sulle travature, così che quando avviene il ritiro, si verifica una fessura solo tra le sue fascie estreme e lo zoccolo delle pareti, fessura che si può facilmente otturare. Il risultato però non è del tutto soddisfacente. Le tavole, non assicurate, si incurvano con facilità e il pavimento, che forma come un corpo solo, si muove continuamente. La incollatura poi delle tavole è da sconsigliarsi per diversi motivi. Con maggior vantaggio si usa il sistema rappresentato nella fig. 231 g. Alla faccia inferiore delle tavole si assicurano a vite una o due alie di ferro ripiegate ad angolo, le quali si impegnano in uncini, o in un ferro ad angolo, fissati a un lato del travicello del solaio. Siccome il dente inferiore delle alie delle tavole può liberamente scorrere lungo il ferro ad angolo, così se le tavole non sono incollate fra loro, si può, mediante cunei contro le pareti, stringerne tutti i giunti, e se sono incollate il restringimento o la dilatazione di tutto il tavolato si renderà sensibile solo lungo le pareti dell'ambiente ove sarà facile otturare le fessure che ne risultassero.

Nel caso in cui l'intavolato non appoggia sopra un solaio è necessario disporre un'armatura. Una volta si usava ordinariamente per tale armatura il legno di quercia: ora però si adopera con risultato quasi eguale anche il legno di pino. Questi legnami di sostegno avranno una sezione di cm. $7 \times 10 \rightarrow 12 \times 15$. I travicelli dell'armatura sono sostenuti da piccoli pilastri di muratura più o meno vicini secondo la grossezza e la resistenza dei legnami. Alle estremità questi vengono serrati con biette contro i muri, così da rimanere fermi. Per le cantine e pei pianterreni si è sperimentata come buona pratica lo stendere sotto al pavimento uno strato di calcestruzzo, conguagliandolo poi con due strati di cemento (fig. 232 a). Lo spazio vuoto, detto *vespaio*, che resta fra il pavimento e il sottosuolo si mette in comunicazione coi condotti d'aria calda di un calorifero o coll'aria esterna mediante fori muniti di graticella. Se i travicelli si devono collocare direttamente sul calcestruzzo senza pilastri si isolano con strisce di carton-cuoio. Si è anche tentato di adoperare in questo caso per le armature dei listelli da tetto: tuttavia non sono ammissibili che in costruzioni di secondaria importanza.

Sopra vòlte che abbiano molta monta o grande portata sono talora necessari dei pilastri che vengono collocati o sui piedritti della vòlta o sulla vòlta stessa; l'armatura può anche venir posata sopra uno strato di sabbia. Trattandosi di voltine su

travi di ferro si dispongono preferibilmente su di quest'ultime i travicelli dell'armatura (fig. 232 *b*). Se i travicelli devono essere formati di più pezzi riuniti per le teste, l'unione si fa ordinariamente a mezzo legno.

Non sempre si riempie l'intero spazio sopra le voltine fin sotto il pavimento, sebbene nello spazio vuoto possano annidarsi topi ed insetti. In Amburgo questo spazio si suole lasciare sempre vuoto, restringendolo però spesso ad un minimo col sostituire alle vòlte sostenute dai ferri dei getti piani in calcestruzzo, nei quali sono incastrati fino a metà altezza i travicelli dell'armatura, di sezione trapezia (fig. 232 *c*). Il modo già rammentato di assicurazione con alie di ferro (fig. 232 *d*), rende affatto inutili i travicelli ed è raccomandabile quando le travi di ferro sono collocate immediatamente sotto al pavimento. In entrambi i casi il solaio riesce di altezza assai limitata.

La stessa figura mostra anche l'adozione di listelli smussati che sostituiscono assai bene il rivestimento pel soffitto.

L'impiego delle lamiere di ferro per assicurare pavimento e soffitto è meno frequente. Le fig. 232 *e* ed *f* ne mostrano due disposizioni. Nella prima la lamiera che deve ricevere i sostegni del rivestimento inferiore è forata a certe distanze ed il pavimento riposa su di un letto di asfalto; nell'altra disposizione il rivestimento è assicurato a listelli avvitati e il pavimento a listelli serrati a cuneo.

Quando il pavimento riposa sopra una vòlta, bisogna badare che il materiale di riempimento sia perfettamente asciutto e non contenga sostanze che possano originare carie o putredine. Il miglior materiale è la sabbia pura

asciutta oppure la sabbia mista a ghiaia, a scorie metalliche, a carbone, a coke e simili. Servono anche le reste di riso ben secche, le quali, benchè di origine vegetale, pure non vanno soggette a putredine. Presentano il vantaggio di dare in confronto della ghiaia e della sabbia un riempimento leggero, come pure il carbone.

Per la direzione delle tavole del pavimento viene di preferenza scelta quella normale alla parete in cui sono aperte le finestre. Trattandosi di ambienti grandi, le tavole devono constare di più di un pezzo; in tal caso si potrà nel mezzo disporre una tavola in direzione trasversale, contro la quale vengono ad appoggiarsi le teste delle altre. Si ha così un *pavimento a scomparti*. La tavola trasversale vien detta di *fregio* o di *contorno*. Quando l'ambiente sia molto grande si hanno parecchie tavole di fregio nei due sensi, e allora si ottengono tanti scomparti, che si fanno grandi anche solamente m. 0,70, avvicinandosi così al pavimento ad intarsio. I correnti del solaio devono disporsi in modo che le tavole di fregio cadano sopra di essi: e quando ciò non può avvenire si dispongono fra i travicelli dei cavalli, sui quali si fissa una lungherina che porta poi le tavole di fregio. Quando le tavole sono corte, non è necessario che tutti i fregi vengano disposti su correnti o travi, ma basta che siano collegati a dente cogli altri fregi normali, purchè siano bene appoggiati sul materiale di riempimento.

Per pavimenti di locali di gran passaggio si dispongono le tavole in modo che quelle più soggette a consumo possano facilmente cambiarsi. Così per es. nei corridoi converrà ricorrere a tavole di fregio trasversali, le quali permettono di disporre le altre tavole longitudinalmente, e quindi di cambiare con facilità solo quelle di mezzo, le più esposte a consumarsi.

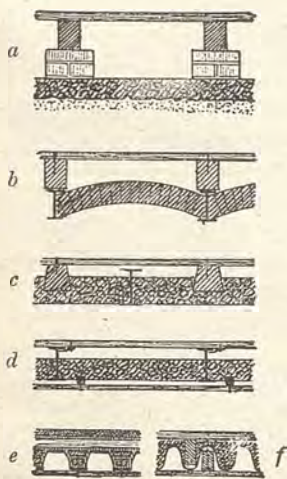


Fig. 232. — Disposizioni diverse pei pavimenti intavolati.

a, per sotterranei; *b*, sopra volterrane; *c*, sopra piattabande portate da ferri ad I; *d*, colle tavole fissate ai ferri del solaio mediante alie di ferro; *e*, *f*, fissati a lamiera di ferro.

Quando si hanno da formare dei pavimenti che si debbano poter trasportare, sono raccomandabili i sistemi della fig. 233. In *a* e *b* le tavole sono assicurate con chiodi o meglio con arpioni conficcati nel largo risalto dell'indentatura inferiore della connessura: siccome però questo risalto (e la corrispondente scanalatura) richiedono molto consumo di legname, è da preferirsi l'adozione di linguette di ferro e di viti mordenti (*c* e *d*). Questa disposizione è assai economica, e si raccomanda per fabbricati di esposizioni e simili.

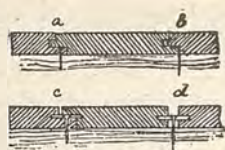


Fig. 233. — Disposizione delle tavole per intavolati mobili.

2. Pavimenti intarsiati di liste.

Se invece delle assi lunghe si adoperano delle assicelle di 1 m. circa di lunghezza per 10 cm. di larghezza si ha il pavimento intarsiato a liste (assicelle). Secondo il modo con cui le assicelle o liste si incontrano alle estremità si hanno i pavimenti a *spina pesce* (fig. 234), a *testa in avanti* (fig. 235), a *baston rotto* (fig. 236) o a *fazzoletto* (fig. 237). Fra le prime due disposizioni quella a testa in avanti è la migliore perchè essendo le estremità delle assicelle tagliate ad angolo retto sono meno soggette a scheggiarsi.

Per formare il pavimento della fig. 236, le liste si riuniscono dapprima insieme in modo da formare tante tavolette quadrate le quali si fissano poi ai panconcelli del solaio. Nella disposizione a fazzoletto (fig. 237) si formano pure prima le tavolette e si dispongono successivamente l'una dopo l'altra collegandole fra loro coll'unione a doppia scanalatura e linguetta di riporto. Contro le pareti, come risulta dalle figure, si pone una fascia di contorno. Le assicelle sono unite tra loro sui lati o a scanalatura e linguetta o, come generalmente si preferisce, con una linguetta riportata di legno di quercia. La chiodatura sui panconcelli del solaio si pratica obliquamente nella scanalatura. Le assicelle o liste devono essere appoggiate alle due estremità. Se per questo i travetti sono troppo discosti si deve introdurre un'armatura fissa o si appoggia il pavimento su tavole di sostegno inchiodate trasversalmente ai travetti a brevi distanze. Si può anche invece della chiodatura munire le assicelle di due viti mordenti, come si usa fare per i pavimenti da bastimenti.

La fig. 238 *a* mostra un'altra maniera di esecuzione che venne per la prima volta applicata nell'Ufficio telegrafico centrale di Berlino. In questo sistema le assicelle sono disposte perpendicolarmente a liste longitudinali che sono fissate con viti sui travetti del solaio. Le assicelle si incastrano nelle liste a mezzo legno, onde riesce facilissimo il serrare le assicelle una contro l'altra e il ricambio di qualcuna di esse quando sia logora.

Per infermerie, caserme, scuole, stanze di abitazione e piani semi-sotterranei, il letto del pavimento viene spesso eseguito di asfalto, disposto o sopra un piano di calcestruzzo o sopra un ammattonato o, come indica la fig. 238 *b*, su di un falso palco. Le assicelle sono tagliate a ugnatura oppure a mezzo legno. Coll'asfalto si ottiene una chiusura perfetta dello spazio sottostante e si rende impossibile tanto il penetrare dell'umidità nelle connesure, quanto l'annidarsi di insetti nelle medesime. Per la buona riuscita è necessario che le liste non sieno interamente asciutte, perchè sotto l'influenza dell'umidità dell'ambiente facilmente si gonfiano e quindi si contorcono, mancando nel pavimento lo spazio per dilatarsi.

Pei pavimenti intarsiati a liste si adopera ordinariamente legno di quercia, spesso tuttavia anche abete rosso (*pitch-pine*) e con non minore vantaggio, nei casi di pavimento soggetto a forte consumo, legno di faggio ben preparato. Anche i legni di pino e di abete bianco si possono applicare; tuttavia le liste debbono essere tagliate dai tronchi in maniera da prevenire i contorcimenti. Si richiede perciò il taglio dei tronchi quale è indicato nella fig. 239.

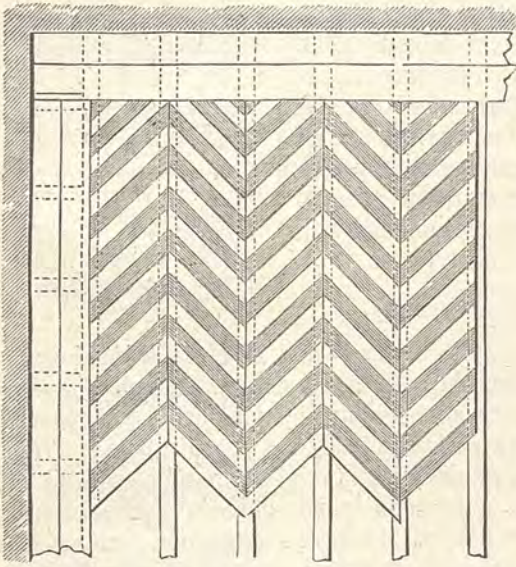


Fig. 234. — Disposizione a spina-pesce.

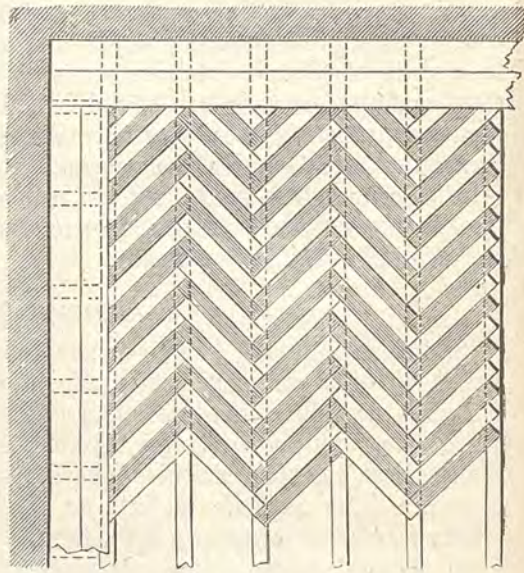


Fig. 235. — Disposizione a testa in avanti.

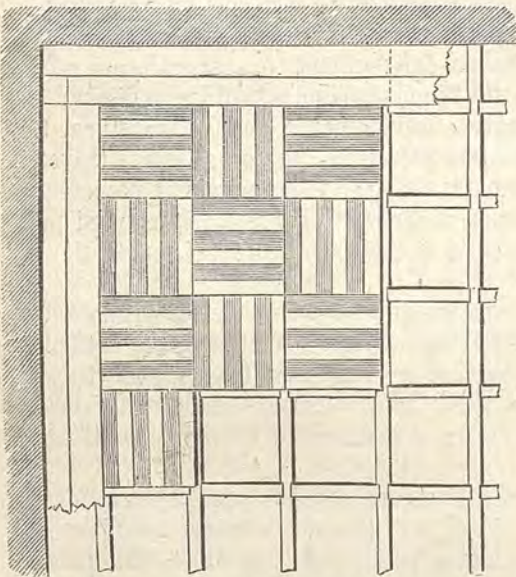


Fig. 236. — Disposizione a baston rotto.

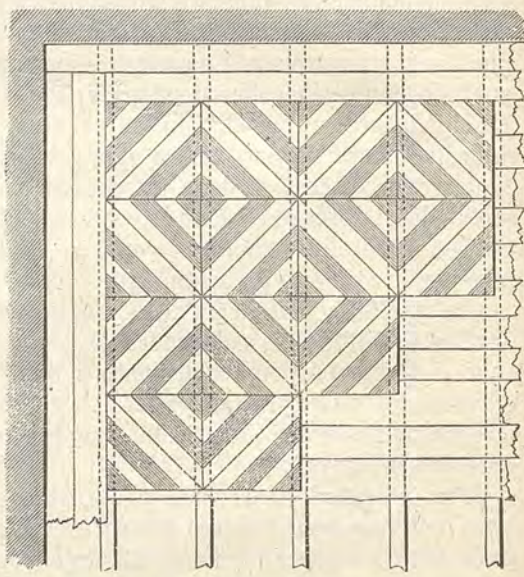


Fig. 237. — Disposizione a fazzoletto.

Fig. 234 a 237. — Pavimenti intarsiati a liste.

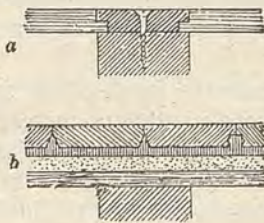


Fig. 238.



Fig. 239.

Fra i pavimenti a liste è giusto si accenni a quelli fabbricati dal signor Daniele Angelo di Torino, che ne ha la privativa. Essi sono scomponibili e trasportabili e sono composti di assicelle di legno della grossezza di 10 a 15 millimetri, che si appoggiano direttamente sul pavimento da ricoprirsì senza l'intervento dei travicelli. Le diverse tavole sono incastrate fra loro mediante piccoli ferretti e con doppia scanalatura e linguetta di riporto in ferro: non occorrono nè chiodi, nè viti ad eccezione di alcune poche per fissare 4 cornici intorno al pavimento contro le pareti. In media vi sono 17 assicelle per metro quadrato, e il loro prezzo in opera varia da lire 4,50 a

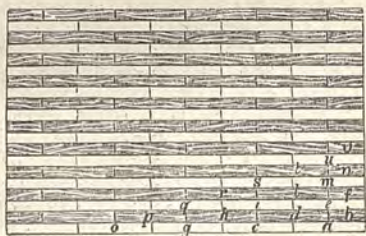


Fig. 240.

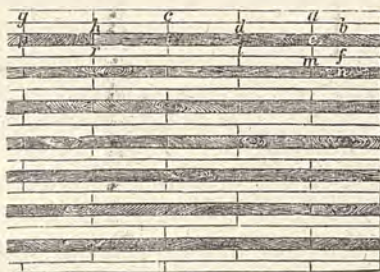


Fig. 241.

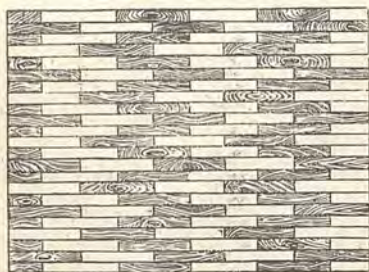


Fig. 242.

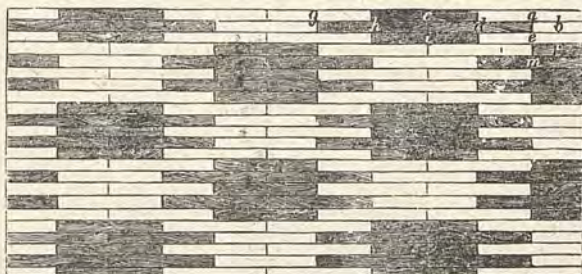


Fig. 243.

Fig. 240 a 243. — Pavimenti a liste sistema Daniele, di Torino.

lire 6 al m² a seconda della qualità dei legnami impiegati. Per mettere in opera siffatti pavimenti (fig. 240-241) si incomincia col porre un'assicella *a* in uno qualunque degli angoli: si prende poscia una mezza assicella *b*, la si munisce da un lato degli appositi ferretti e lamine e collocata accanto alla prima si spinge a mano contro quella, per modo che i due ferretti e le lamine entrino nei corrispondenti incastri della tavoletta *a*. Procedendo in modo analogo si pongono successivamente le tavolette *e*, *f*, *g*, *h*.... Perchè il pavimento riesca bene è necessario che la prima fila di tavole sia bene allineata. Per serrare alle altre l'ultima fila di assicelle si fa uso di una stanga lunga circa un metro, foggjata a scalpello ad una delle estremità. Si introduce lo scalpello fra la fila di assicelle e il muro e facendo leva si raggiunge lo scopo di serrare bene i fili. Lungo le pareti si dispone sopra il pavimento una piccola cornice di legno, fissandolo al medesimo con alcune punte.

Affinchè il pavimento riesca sodo e meno sonoro, vi si dispongono sotto, durante la posa in opera, a distanza di 50 cm. fra loro, delle liste di carta a più ridoppi. Nelle fig. 240 a 243 si hanno i principali disegni che si possono ottenere con tale sistema di pavimento.

3. Pavimento intarsiato a scacchi.

Questo pavimento consta di tavolette incollate insieme, ordinariamente di 58 cm. in quadro, le quali si mettono in opera sopra un falso palco. Questo è formato da tavole ben secche con connesure larghe circa 2 cm., e naturalmente tenute più basse dal

piano del pavimento finito, di tanto quanta è la grossezza delle tavolette. Perciò o si tengono fin dalla costruzione più basse le travi di quanto occorre, oppure si praticano nelle travi degli incastri in cui si adattano le tavole del falso palco.

Questi pavimenti si dividono in pavimenti impiallacciati ed in massicci. Nel primo sistema ogni tavoletta richiede un'intelaiatura con liste di testa, oppure consta di due strati di liste disposte ad angolo retto, incollati fra loro, oppure anche di uno strato solo fermato al disotto con traverse. Su tali tavolette si incollano i legnami da impiallacciatura secondo il disegno che si vuole presenti il pavimento. Nei pavimenti massicci la disposizione in vista deve essere così combinata che in ogni tavoletta o

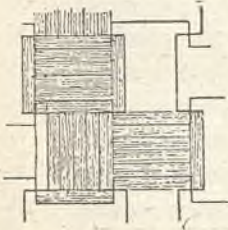


Fig. 244.

scacco risultino sempre due liste di testa. La fig. 244 mostra come esempio un pavimento a liste messo in opera nello stesso modo di un pavimento a scacchi. L'ultima assicella di ogni scacco forma la lista di testa pel successivo, segnato a linee nere nella figura.

Nella Tavola I sono indicati alcuni esempi di pavimenti scaccati massicci o impiallacciati.

Nella costruzione di tutti questi pavimenti bisogna principalmente tener conto del ritirarsi e contorcersi del legno dopo la formazione del pavimento. Perciò i legnami da porsi in opera devono essere di legno compatto, e secchi quanto più è possibile. Questo vale anche pei pavimenti incollati perchè altrimenti le unioni si scollebbero. Pei pavimenti ordinari può bastare l'essiccazione naturale, ma pei pavimenti ad intarsio e impiallacciati, conviene che il legname, compreso quello del tavolato morto su cui posano le tavolette del pavimento, sia essiccato in essiccatoi appositi a circa 37 centigradi e nel quale l'aria si rinnovi continuamente.

I legnami devono avere fibre piuttosto dritte, di durezza non troppo diversa, esser quasi privi di nodi e senza buchi. Affinchè il legname durante la costruzione non subisca cambiamenti, bisogna posarlo a temperatura moderata e a questo scopo i pavimenti di legno si eseguono dopo la posa delle chiusure, perchè così si può impedire il contatto dell'aria esterna col legno. Se poi si hanno tavole di diverso grado di secchezza, conviene collocare le meno secche al pianterreno e le più secche ai piani superiori.

I pavimenti ordinari di solito si mantengono puliti fregandoli e lavandoli: ma questo sistema non è da seguirsi perchè l'acqua penetrando nelle commessure s'infiltra nel riempimento del solaio, o nel suolo, danneggiando i materiali del solaio e dando luogo ad un'umidità dannosa alle persone. Qualche volta si verniciano, ma le vernici per quanto ben fatte assai presto si sciupano. Il miglior sistema è quello della lucidatura a cera, il quale è esclusivamente usato per i pavimenti a intarsio, siano o non impiallacciati. I pavimenti ordinari sono prima ben puliti e fregati con spazzole, segatura di legno inumidita o trucioli di ferro, indi vi si spalma la cera; quelli a intarsio fatti con legni fini si puliscono semplicemente con spazzole; dopo la spalmatura a cera si fregano con spazzole apposite e quindi con panni di lana.

4. Pavimenti massicci di tavoloni e di prismi di legno.

Nei passaggi carrai, come gli androni, nelle scuderie, nelle stalle, nelle rimesse e simili, accade di applicare dei pavimenti di legno immediatamente sopra un lastricato di pietra o un battuto di calcestruzzo. A questo scopo si usavano una volta solamente dei grossi listelli serrati l'un contro l'altro, o anche delle tavole coi fianchi piallati a due faccie piane oblique. La fig. 245 mostra queste due disposizioni. Si può tralasciare di incavigliare i legnami quando sieno rilegati a distanze non troppo grandi da altri per traverso e a questi assicurati per mezzo di un incastro a dente. Questo sistema ha in pratica molti difetti e tali pavimenti hanno una durata limitata, tanto più che difficil-

mente si possono praticare dei procedimenti di iniezione completa, data la lunghezza dei listelli o dei tavoloni.

Oggi giorno si usano invece i pavimenti formati di piccoli prismi, che sono come veri lastricati di legno. Tali prismi fatti con legno di testa (fig. 246) possono avere sezione quadrata od esagonale. È necessario impregnarli di qualche sostanza che ne impedisca il rapido deterioramento sotto l'influenza della umidità e dello sfregamento.

Il letto su cui deve posare il pavimento bisogna che sia compatto e resistente. Il migliore è dato dal calcestruzzo: questo però dev'essere fatto in modo da preservare il pavimento dall'umidità del sottosuolo, per cui il calcestruzzo non deve essere magro; di solito è formato con 1 parte di cemento e 8 parti di ghiaia. Su questo letto si può stendere un altro letto formato di sabbia e dell'altezza di mm. 6 ÷ 15, oppure di asfalto artificiale di mm. 15 ÷ 18 di grossezza, od anche uno strato di cartone incatramato grosso mm. 2 ÷ 4 per conservare più asciutto e più elastico il pavimento. I prismi si tagliano in diverso modo. Nella fig. 247

si vedono prismi di forma triangolare e di forma parallelepipedica e il modo con cui si dispongono l'uno accanto all'altro. L'angolo d'inclinazione delle faccie inclinate è di circa 63°.

Siccome i prismi vengono a presentare le porzioni di anelli legnosi alla superficie del pavimento, così, dovendosi fare in modo che questo abbia la maggiore uniformità di compattezza, bisogna che i prismi siano piuttosto piccoli. Perciò si fanno grossi da 8 ÷ 12 cm. e alti 15. Quando i prismi sono più grandi e di legno duro allora conviene

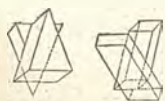


Fig. 247.

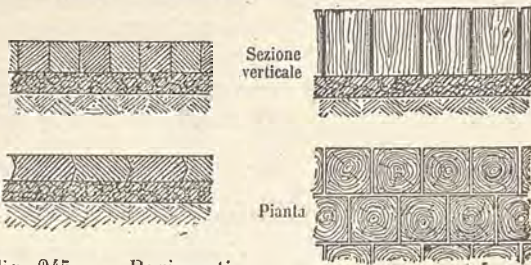


Fig. 245. — Pavimenti di tavoloni.

Fig. 246. — Pavimento fatto con prismi di legno.

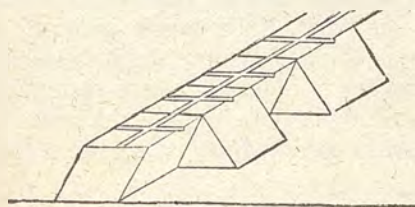


Fig. 248.

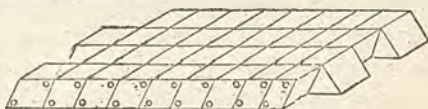


Fig. 249.

in ciascuno incidere due scanalature incrociantis (fig. 248) affinché il pavimento presenti una superficie meno levigata e le unghie degli animali possano trovare più facile presa. Anticamente i prismi si incavigliavano (fig. 249), ma oggi tale sistema è abbandonato.

Quanto al legno da adoperarsi l'abete è preferibile al larice e in genere il legno dolce è migliore del legno forte, sia per rispetto all'economia, sia perchè presenta una superficie meno levigata. Anche il larice rosso d'America (*pitch-pine*) è meno adatto dell'abete bianco e dell'abete rosso, i quali presentano anche il vantaggio di consumarsi più uniformemente.

I prismi prima di essere collocati in opera si immergono nel catrame liquido oppure si imbevono di *carbolineum*, di olio di creosoto o di cloruro di zinco. Collocandoli bisogna badare a lasciare i giunti piuttosto larghi, da 6 a 10 mm., nei quali si versa o asfalto o catrame liquidi: nei paesi caldi è più conveniente l'asfalto naturale più ricco di bitume.

Invece di prismi si usano anche dei cilindretti di legno forte, disposti colla fibra verticale secondo il sistema Elli, tagliati interi dai rami dell'albero, ma scortecciati, i quali perciò conservano tutta la loro resistenza. I cilindretti hanno 4 a 8 cm. di diametro, e altezza di circa 10 cm. Però l'inventore di questo sistema invece di un sottosuolo impermeabile di calcestruzzo preferisce un letto di sabbia e ghiaia, sul quale si battono i cilindretti. I giunti restano poi semplicemente otturati con sabbia. Questo pavimento non è altro dunque che un ciottolato nel quale i ciottoli di pietra sono sostituiti da pezzi di legno. Il sistema è certamente più economico, ma non è migliore perchè presenta un pavimento troppo permeabile, non adatto quindi nè a stalle nè a scuderie.

5. Pavimenti a graticciata.

Il pavimento a graticciata ordinario, che è un graticcio di listelli, viene eseguito nelle ghiacciaie, nelle stanze da bagno, per i tetti metallici piani, ecc., mediante listelli da tetto, piallati su 3 lati e alquanto smussati (fig. 250). Ordinariamente si fanno mobili, specialmente per poterli ripulire.

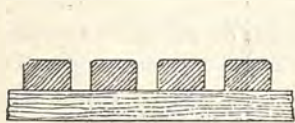


Fig. 250. — Pavimento a graticciata.

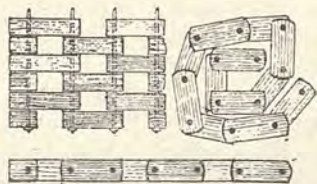


Fig. 251. — Pavimento a graticciata avvolgibile

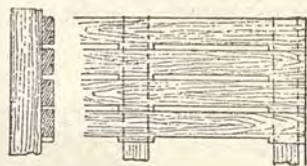


Fig. 252. — Pavimento di tavole per stalle o scuderie.

Un'altra costruzione di pavimento a graticciata, che sembra abbia probabilità di applicazione, è quella rappresentata nella fig. 251. Il graticcio viene formato con brevi ritagli di listelli, imperniati su asticelle di ferro.

I pavimenti a graticciata delle scuderie, dove le orine devono venir prontamente smaltite, sono generalmente formati con tavole (fig. 252). Nelle tavole si fanno gli appositi intagli in corrispondenza delle travi, la cui posizione è sempre stabilita secondo i posti degli animali. Invece delle travi si impiegano vantaggiosamente sostegni di pietra, sui quali allora le tavole sono semplicemente appoggiate, oppure vengono assicurate con cunei, onde si possono facilmente levare per pulire i canali di scolo e rimetterle poi nuovamente a posto.

VI. — Rivestimenti delle pareti.

1. Nell'interno dei fabbricati.

Nei locali che hanno pavimento di legno si suole ricoprire l'unione di questo colle pareti per mezzo di una fascia o zoccolo di legno. Se questa è poco alta (fig. 253 *a*) si ha un semplice zoccolino o cordone; se è più alta un vero zoccolo (fig. 253 *b*), oppure come in *c* un basamento con zoccolo e cimasa.

Gli zoccoli o i basamenti si assicurano mediante punte di ferro infisse nelle pareti o meglio (fig. 253 *c*) in dadi di legno murati nelle pareti stesse. Per basamenti più alti si può anche assicurare al pavimento la lista di zoccolo, col che nel ritiro delle assi non si forma alcuna fessura nel pavimento. La tendenza ad aerare costantemente lo spazio compreso fra le travi, ha in questi tempi condotto a munire gli zoccoli di piccoli fori, a disporli obliquamente, o a introdurvi una piastra di ferro con forellini (fig. 253 *d, e*). Per impedire che entro i detti fori si insinuino insetti, bisogna però munirli di grata o di graticcio in filo di ferro a piccolissime maglie. Quando il rivestimento della

parete non si limita ad uno zoccolo più o meno alto ma raggiunge l'altezza dei davanzali delle finestre vien detto *rivestimento di appoggio* o di *parapetto*, ed in generale esso viene costituito da specchiature intelaiate, onde rientra nei lavori da falegname, nei quali rientrano pure i *rivestimenti a tutta altezza* e a *mezza altezza*, cioè quelli che ricoprono tutta o parte della parete. Di questi rivestimenti si parlerà appunto trattando dei lavori da falegname.

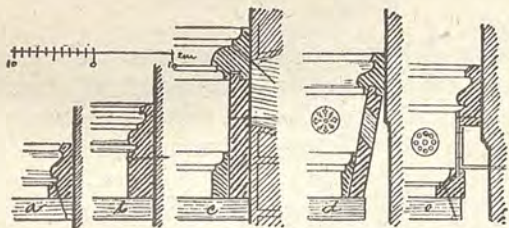


Fig. 253. — Zoccoli e basamenti di legno per pareti.

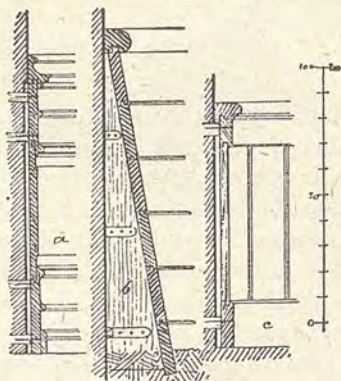


Fig. 254. — Rivestimenti di pareti interne.

Se le pareti delle scuderie di lusso si vogliono munire di un rivestimento di legno, questo viene ordinariamente eseguito con assi unite a scanalatura (fig. 254 c). Il listello superiore (di cimasa) può essere stabilito all'altezza dell'orlo superiore della mangiatoia e questa esser rivestita pure di tavole disposte obliquamente verso il basso (fig. 254 b). Invece di una cimasa di legno si può metterne una di ferro. Simili a questi sono i rivestimenti che si collocano alle pareti dei maneggi, ordinariamente fatti con tavole della grossezza di 4 cm. collocate orizzontalmente e inchiodate su spalle di legno tagliate a barbacane. Queste ultime vengono assicurate al muro con zanche di ferro.

In America si rivestono spesso le pareti con un'armatura di listelli per isolarne la faccia interna ed averla asciutta. Su fasce trasversali, o su piccoli gattelli, fissati nel muro, si inchiodano i listelli a 20 o 30 cm. di distanza, di solito obliquamente, e poi si rinzaffa, previo l'attacco di un incannucciato.

2. Rivestimenti di pareti all'esterno dei fabbricati.

Il rivestimento delle pareti esterne si pratica principalmente per costruzioni a pareti intelaiate, la cui esposizione renda necessaria una particolare difesa. Se le assi devono restar visibili, si possono inchiodare orizzontalmente (fig. 255 a) con parziale ricoprimento; oppure si possono disporre verticalmente con giunzione a scanalatura o con liste di ricoprimento (fig. 224). Nelle case a chalet col pianterreno di muratura, il rivestimento viene soltanto eseguito sui piani superiori. In tal caso dovendo far servire le assi medesime alla decorazione, una od ambedue le estremità di esse, a seconda del loro modo di collocamento, si lasciano libere, e si ritagliano in modo da ottenere la voluta ornamentazione.

In molti paesi, come in Italia nel Genovesato, sovente le pareti si rivestono con ardesie e quando queste sono sovrapposte a un tavolato, allora le assi si inchiodano orizzontalmente con giunto a taglio obliquo (fig. 255 b): in tal modo i chiodi delle ardesie non possono mai entrare in una connessura. Nei granai o fienili le cui pareti intelaiate

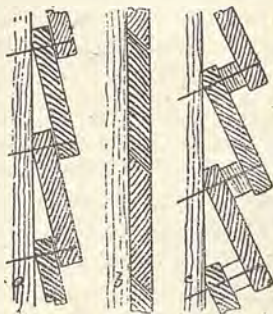


Fig. 255. — Rivestimenti di muri all'esterno.

non sono altrimenti riempite, il rivestimento di assi deve di solito esser praticato in modo da lasciar sempre adito a una forte aerazione dell'interno. Si dispongono allora le assi (fig. 255 c) nello stesso modo con cui son disposte le stecche delle gelosie, introducendo delle zeppe nei punti ove si devono fare le chiodature. Il ricoprimento rispettivo dell'asse è in questo caso di 7 ÷ 8 cm.

VII. — Rivestimenti dei tetti e dei cornicioni.

I tetti coperti in carton cuoio o in cemento di legno, e ordinariamente anche i tetti metallici, presentano sempre un tavolato su cui si appoggia il materiale di coperta; quelli di ardesia tanto un tavolato quanto un'armatura di listelli, e quelli di tegole in generale solo quest'ultima. Il rivestimento con assi si fa con assi squadrati di cm. 2,5 di grossezza. Per tetti piani il rivestimento si fa alquanto più grosso, circa 3 cm. e le tavole si uniscono sempre a scanalatura. Nei tetti molto inclinati si deve aver cura di fissare nelle tavole, prima di collocare il materiale di coperta, dei ganci che possano servire da scala quando si deve salire sul coperto per sgombrare di neve, riparazioni, ecc. In generale la direzione delle assi è parallela al colmo: ma se il tetto è ad arcarecci allora le assi sono disposte perpendicolarmente al colmo.

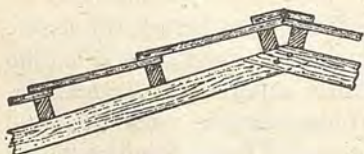


Fig. 256. — Tavolato per tetto coperto a carton-cuoio.

Di regola il rivestimento forma un piano per ogni falda di tetto; fa però eccezione quello per le coperture in carton cuoio che viene formato con tavolati a ricoprimento di m. 0,97 inchiodati su arcarecci distanti m. 0,90 l'uno dall'altro (fig. 256). Servono benissimo in questo caso per la commessura delle assi linguette di ferro di 14 mm. di larghezza.

L'esecuzione del rivestimento deve procedere contemporaneamente alla copertura del tetto. Se in fabbricati d'indole provvisoria il rivestimento deve servire anche da copertura, allora, per tetti poco inclinati, le assi vengono inchiodate normalmente alla gronda con liste di ricoprimento sulle connesure, e per tetti molto inclinati si possono anche disporre parallelamente alla gronda con ricoprimento nel modo indicato dalla fig. 255 a.

I listelli o correntini da tetto devono avere la grossezza di 4 a 6 cm. La loro distanza dipende dalla qualità del materiale di copertura. Gli impluvii devono sempre essere formati con assi occupanti una larghezza di 25 ÷ 30 cm. da ciascuna parte della linea d'impluvio. Queste assi vengono incassate a mezzo legno nei listelli, affinché la loro superficie sia a piano con quella delle faccie superiori dei listelli. Per tetti di asfalto affatto piani si applicavano un tempo, invece del tavolato, dei listelli accostati e distanti fino a 5 cm. l'uno dall'altro. Nelle connesure faceva presa lo strato di malta disposto come letto per l'asfalto.

Gli abbaini e lucernari richiedono uno spostamento nei correnti e uno speciale telaio che li circondi (fig. 257) formato di assi di 3 o 4 cm. di grossezza sporgenti dalla superficie del tetto cm. 7 ÷ 10.



Fig. 257. — Telaio per abbaino.

Riguardo all'attacco del rivestimento di assi o di listelli alla linea di gronda, sono da distinguere i tetti a semplice falda sporgente da quelli a cornicione. Nel primo caso la parte di tetto sporgente riceve il rivestimento usuale che viene pialato al disotto e che si estende fino alla tavola di rivestimento che maschera la muratura tra i correnti. Il canale di gronda può essere tanto sospeso quanto incassato; in tal caso il piovente ad esso corrispondente viene ottenuto o con un raddoppio sovrastante e sporgente di lunghezza variabile a seconda della rientranza del canale, o con legnami appositamente ritagliati.

La fig. 258 mostra in *a* come viene assicurata una doccia a sbalzo, e in *b* e *c* come si formano le doccie appoggiate sulla parte sporgente delle travi del tetto. In *b* la grande tavola sagomata, formante cimasa, viene assicurata con pezzi ad angolo fermati a vite e il listellino verticale, su cui si appoggia la gronda, è superiormente tagliato ad angolo e viene chiodato sul tavolato del tetto.

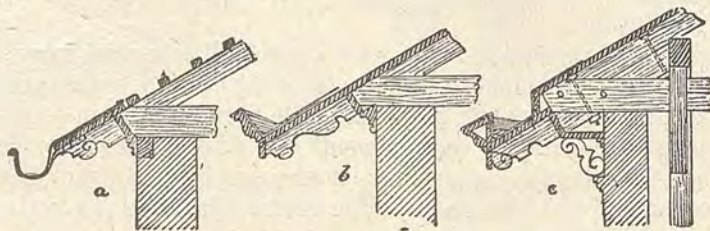


Fig. 258. — Gronde in legno.

Migliore è la costruzione disegnata in *c*, nella quale le catene del tetto sporgono dal muro frontale e ad esse e ai puntoni sono assicurati dei passafuori, formanti le mensole esterne, ai quali è chiodata una tavola frontale, che riceve poi gli assi sagomati di cimasa. La doccia è formata da questa tavola frontale e da una tavola chiodata sulla faccia superiore delle mensole, e perciò inclinata: ma per evitare l'angolo acuto che si avrebbe sul davanti della gronda, si dispone, inclinata verso l'interno, una piccola tavola fissata sulle tavole vicine con chiodi alla traditora. La doccia così costruita si ricopre poi con lastra metallica, di piombo, di rame, di ferro zincato, ecc.

La stessa figura mostra un altro dei vantaggi che si possono ricavare dall'applicazione dei passafuori ai puntoni e ai falsi puntoni; quello cioè di separare il canale di gronda, o doccia, in forma di cassa, dal resto del tetto. Inoltre siccome i passafuori sono pezzi corti di legname, così quando le loro teste debbano essere intagliate a scopo decorativo si può anche sceglierli di una qualità di legno diversa da quella dei puntoni e lavorarli con maggiore facilità.

Spesso, specialmente nelle costruzioni in legname, la cornice si fa continuare lungo gli orli inclinati del tetto che coronano il muro di frontispizio, formando così un

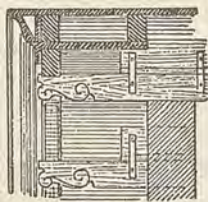


Fig. 259. — Sezione di un frontone di legno.

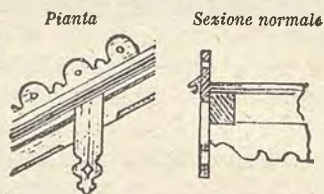


Fig. 260. — Finimento di un frontone di legno.

frontone. In tale caso i passafuori sulla parete a frontispizio si mettono in corrispondenza degli arcarecci e portano un corrente frontale, che dall'ultimo passafuori della gronda orizzontale si prolunga fino al colmo. La parte che rimarrebbe visibile fra gli arcarecci si maschera con un tavolato com'è indicato dalla fig. 259. Con questo sistema si ha il vantaggio che l'orlo superiore della gronda è nello stesso piano della falda del tetto, e quindi facile riesce il risvolto del cornicione sui frontoni.

Quando non si adoperano i passafuori ed occorre formare il frontone come nella fig. 259, la sezione di questo prende la forma indicata dalla fig. 260. All'ultimo corrente portato dai prolungamenti degli arcarecci si adatta una tavola, o cresta, intagliata superiormente, la quale alla sua estremità verso la gronda si allarga in modo

da ricoprire la testa della doccia. Questo allargamento è formato da una palmetta od altro ornato, mediante intaglio della tavola stessa: oppure è di riporto e può anche essere di metallo. La cresta si adorna ancora inchiodandovi verso il davanti un listello profilato, ed è fissata posteriormente alla superficie del tetto mediante lastrine di ferro ad angolo. In tali casi si suole anche proteggere la testa degli arcarecci, o dei correnti, inchiodandovi delle tavolette speciali, come mostra la figura, e formando così una specie di mantovana.

Nelle costruzioni totalmente di legno sotto l'angolo di colmo dei frontispizi si mettono generalmente degli ornamenti fatti di tavole intagliate. Dietro la tavola intagliata s'incolla quasi sempre una tavola di raddoppio colle fibre disposte in senso contrario a quelle della prima, onde evitare i contorcimenti e le scheggiature delle parti più delicate dell'intaglio. Affinchè più lungamente si conservino bisogna avere l'avvertenza di fissare questi ornamenti più che sia possibile dietro alla linea di gronda, per meglio proteggerli dagli effetti della pioggia.

Nella costruzione rappresentata nella Tavola II, fig. 1, si vede il cornicione del frontone munito di cresta, degli ornati angolari coprenti le teste della gronda e dell'ornato, di cui si è parlato ora, sotto l'angolo al colmo del frontispizio. Qui però l'ornamento è costituito da una traversa, che funge da catena, e da un ritto, i quali formano due campi triangolari riempiti da un ornato a traforo. Nella stessa Tavola II si sono rappresentati alcuni esempi degli ornamenti di legno che si adoperano per

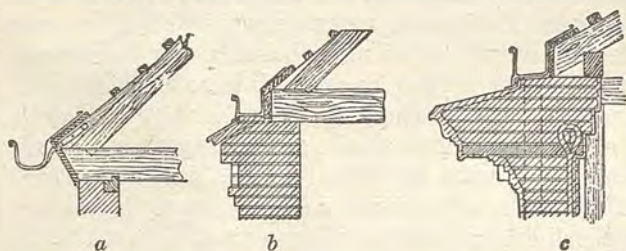


Fig. 261. — Disposizioni delle doccie.
a, doccia sospesa; b, c, doccia appoggiata.

decorazione dei tetti, e di cornici assai lavorate per la divisione dei piani, quali si usavano specialmente nel medio-evo nelle case di legno intelaiate.

Se la gronda non ha grande sporgenza, allora sotto la linea di gronda si trova di solito un cornicione. Solo in costruzioni affatto secondarie si inchioda un'asse davanti le teste dei correnti e si applica un canale sospeso a sbalzo (fig. 261 a). I braccioli del canale vengono inchiodati ai correnti o al soprapuntone quando esiste. È però migliore il sistema della fig. 261 b, in cui il canale di gronda non è sospeso, ma appoggiato sopra il muro, il quale porta alla sommità una cornice di mattoni. Contro le teste delle catene del tetto si inchioda una tavola ed un'altra viene chiodata ai piedi dei puntoni. Sopra queste due tavole si adatta il canale di gronda, il quale riposa in tutta la sua lunghezza su di una piccola banchina di muro, previamente coperta con zinco, che davanti al canale forma un piccolo piovente. La fig. 261 c indica una disposizione simile, ma per un cornicione di maggiore importanza. Poichè in questo caso si ha generalmente una sopraelevazione di muro, la tavola frontale viene inchiodata sulle teste dei correnti. Una lamiera a guisa di attico maschera la fronte della doccia e la sua congiunzione col letto su cui riposa: l'intera costruzione si raccomanda per una grande semplicità. Alquanto complicata è invece la disposizione della fig. 262 detta di Knoblauch. L'idea fondamentale di questo sistema è di utilizzare per la pendenza del canale l'intera sopraelevazione del muro dell'attico e di far sì che il canale sia facilmente visitabile dall'interno, e sia al riparo dal gelo. Le lamiere pendenti che si prolungano per tutta la lunghezza del canale vi conducono l'acqua con certezza, ma la costruzione oltre essere costosa ha anche il difetto che in caso di guasti l'acqua può produrre gravi danni. Inoltre i tubi di scarico devono formare un gomito e attraversare il muro per riuscire all'esterno.

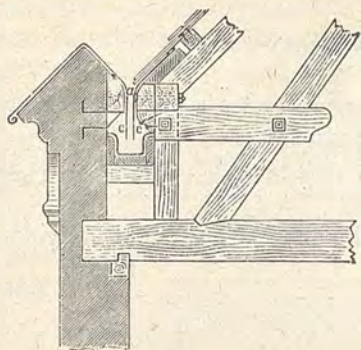


Fig. 262. — Disposizione di una doccia secondo il sistema Knoblauch.

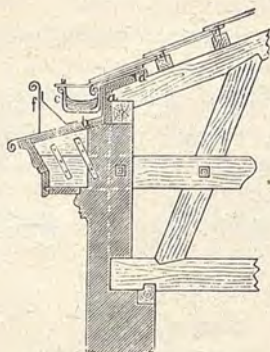


Fig. 263. — Cornicione di legno.

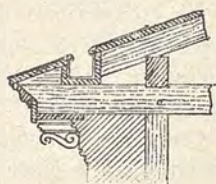


Fig. 264. — Doccia interna a livello della falda del tetto.

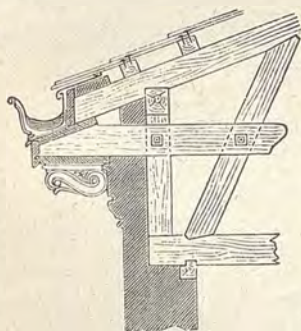


Fig. 265. — Doccia esterna a livello della falda del tetto.

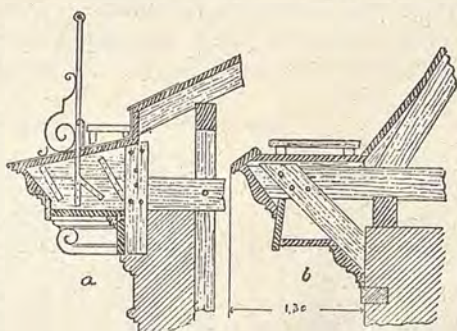


Fig. 266. — Disposizioni per docce accessibili.

Se tutto il cornicione deve essere costruito in legno, oltre al rivestimento della doccia si ha anche quello della cornice, per la quale bisogna disporre un'adatta armatura collegata con quella del tetto. Ordinariamente si prolungano a questo scopo le catene del tetto, inchiodando sopra e sotto le stesse i legnami necessari per ottenere il voluto profilo della cornice. La fig. 263 mostra una simile disposizione, che presenta sopra quella della fig. 264 un vantaggio, e cioè, che quando l'acqua eventualmente trapelasse dal canale potrebbe smaltirsi liberamente dal piovente della cornice. La doccia è però sostenuta solo dai braccioli e può essere facilmente danneggiata nelle ripuliture. La disposizione indicata nella fig. 264, può riuscir utile non solo per la solidità, ma anche per fabbricati con frontispizio, perchè la doccia giace sotto la superficie superiore delle falde del tetto. Se si vuole ottenere lo stesso scopo col canale di gronda posto immediatamente sopra il gocciolatoio del cornicione, allora bisogna ricorrere al sistema indicato dalla fig. 265. La costruzione riesce peraltro molto più costosa e anche il canale si visita assai più difficilmente. Un altro esempio offre la fig. 266 *b*, che rappresenta il canale di gronda della chiesa di S. Michele ad Amburgo (vedi anche fig. 180 *d*). In questo modo la gronda si può benissimo visitare; per facilitare lo scioglimento delle nevi si ricorre a larghi graticci di legno. Tale disposizione è da preferirsi anche a quella della fig. 266 *a*, poichè in questa il coronamento del cornicione riesce traforato dai molti fori necessari all'assicurazione della balastrata.

Per concludere si aggiungerà che nei lavori in legname delle cornici e dei cornicioni, specialmente per ciò che riguarda la gronda, si può essere sicuri di ottenere impermeabilità e durata quando si adoperi legname ottimo, ben stagionato e che sia lavorato e connesso colla massima precisione.

VIII. — Porte, portoni, botole.

La costruzione delle porte è di solito affidata al falegname, ma sovente anche il carpentiere è chiamato a costruire porte e portoni di forma semplice, specialmente per le chiusure di aperture esterne di locali secondari, di edifici rurali, di scuderie, rimesse, magazzini e simili.

Considerate rispetto al loro modo di costruzione le porte in legno si suddividono in tre categorie e cioè:

- 1° Porte a tavolato semplice;
- 2° > > doppio;
- 3° > > con specchiature.

Il carpentiere, in generale, si occupa solamente delle porte comprese nelle due prime categorie. È di queste che si terrà qui parola, rimandando per le altre al capitolo ove son descritti i lavori da falegname.

Le porte ordinarie hanno per lo più larghezza di 1 metro e quelle per scuderie di m. 1,25: l'altezza loro varia da m. 1,80 a 2,40.

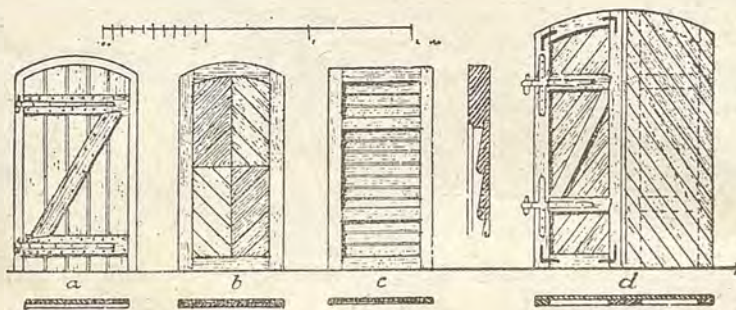


Fig. 267.

a, porta a tavolato semplice con traverse e contrafforte; *b*, porta a tavolato doppio o foderata; *c*, porta uso persiana; *d*, porta da magazzino a tavolato semplice con traverse e contrafforti.

Nelle fig. 267 *a*, *b*, *c* sono rappresentati tre tipi comuni per porte ordinarie. La prima (267 *a*) appartiene alla categoria delle porte a tavolato semplice. Queste sono costituite di tavole della grossezza di cm. 2 ÷ 4 unite fra loro a scanalatura e linguetta o a mezzo legno. Per località asciutte e non esposte alle intemperie, le tavole si uniscono talvolta con colla a filo piano; ma questo sistema non presenta però sufficiente solidità. Le tavole sono collocate verticalmente e sono chiodate su due traverse, una in alto e l'altra in basso, a circa 30 cm. da ciascuna parte, alle quali traverse sono pure commesse a coda di rondine. Per impedire l'infiattersi delle tavole si usa mettere qualche volta una traversa obliqua, detta *contrafforte*, unita a indentatura colle traverse orizzontali e chiodata sulle tavole con chiodi ribaditi. Le traverse sono quasi sempre di legno forte, qualunque sia la qualità del legname di cui è fatto il tavolato; sono larghe cm. 8 ÷ 12 e grosse cm. 3 ÷ 6 secondo la grandezza del battente.

Alle traverse sono fissate le bandelle, le quali sovente sostituiscono addirittura le traverse stesse. Anche i contrafforti sono spesso formati con lastre di ferro: e tanto le bandelle quanto i contrafforti assumono talvolta carattere ornamentale. Se ne hanno splendidi esempi nelle porte del medio-evo (vedi vol. II, opere da fabbro). La fig. 268 rappresenta appunto un portone costituito da un tavolato rinforzato con traverse di ferro.

La porta della fig. 267 *b* appartiene a quelle della seconda categoria; è cioè a tavolato doppio, uno interno e l'altro esterno sovrapposti. Le porte di questo genere si

dicono pure *foderate*, e il tavolato interno, che può essere formato con legno di essenza diversa da quella del tavolato esterno, dicesi *fodera* o *tavolato cieco*. Le giunture delle tavole nei due strati devono essere disposte in modo da non risultare mai parallele, bensì incrociantisi, affine di meglio impedire l'inflessione del legname. Perciò nella fodera le assi si collocano verticalmente e nel tavolato esterno orizzontalmente, o viceversa. Il tavolato esterno si tiene, superiormente e ai lati, un po' più stretto della fodera, per ottenere direttamente la battuta. Miglior aspetto presenta la porta formata come nella fig. 267 *b*, in cui la fodera è di assi verticali e la fronte è formata con tavole disposte obliquamente e comprese fra altre quattro tavole che contornano la porta.

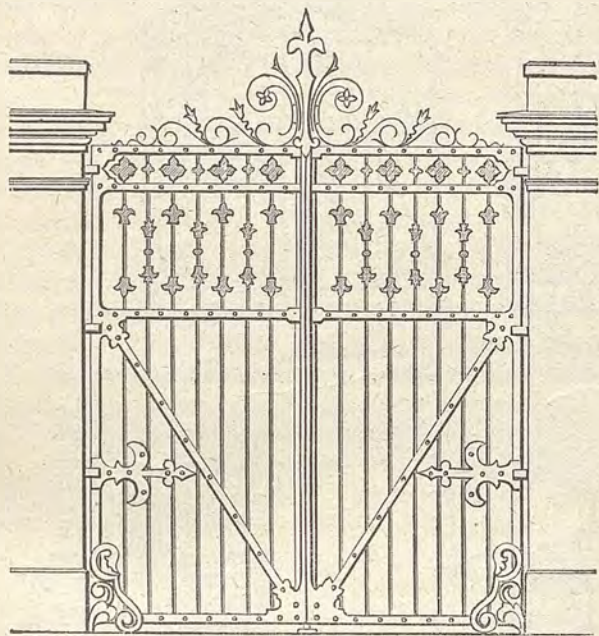


Fig. 268. — Portone a tavolato con rinforzi in lamiera di ferro.

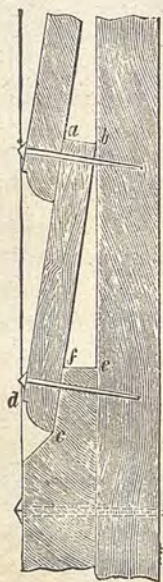


Fig. 269.

Qualche volta il tavolato esterno è fatto uso persiana, come lo indica in sezione la fig. 269: altre volte invece la porta a persiana manca della fodera (fig. 267 *c*), e allora potrebbe farsi rientrare nella categoria delle porte a specchiature. Il telaio è formato con legnami di cm. 3 ÷ 3,5 di grossezza uniti a maschio e femmina (fig. 219) e le specchiature con assi piallate, disposte obliquamente, e incastrate le une nelle altre.

Le porte a tavolato doppio per la loro costruzione riescono pesanti e quindi di grande solidità; sono poco soggette, per la disposizione delle tavole dei due strati, ad inflettersi e ad incurvarsi quando il legname si gonfia, e perciò si fanno di legnami forti e si adottano nelle località umide od esposte alle intemperie, nelle cantine, sotterranei, ecc.

Quando, per le dimensioni della porta, si avessero battenti grandi e pesanti, questi si costruiscono allora diversamente, con un sistema che si avvicina a quello delle porte a specchiature. Si fa una robusta intelaiatura di pezzi squadrati, ai quali viene chiodato il tavolato della porta. Per ottenere maggior robustezza si aggiungono contrafforti e traverse intermedie dette *pettorali*: e il numero degli uni e delle altre varia a seconda dell'altezza della porta: in generale si dispongono le cose in modo che le tavole possano chiodarsi alla distanza di m. 1,20 ÷ 1,50. Il contrafforte è sempre collegato con unioni a dente; presso il cardine inferiore della porta con il ritto verticale

di spalla, e superiormente colla traversa orizzontale, mai contro il ritto di battuta o di abbocatura (1), onde formare un triangolo, che agendo come una mensola, si opponga allo sfasciamento della porta sotto l'azione del proprio peso (vedi fig. 267 *d* e 270).

Nella fig. 267 *d* è rappresentata una porta da magazzino a due battenti della larghezza di m. 1,70. I telai sono formati da legnami della larghezza di cm. 15 ÷ 17 e della grossezza di cm. 4. Le traverse sono incastrate fra loro a indentatura e il tavolato è costituito da tavole grosse cm. 2,5, disposte inclinate. Le commessure angolari dell'intelaiatura è bene che siano rinforzate con piastre di ferro, perchè la porta nel chiudersi subisce sovente forti scosse.

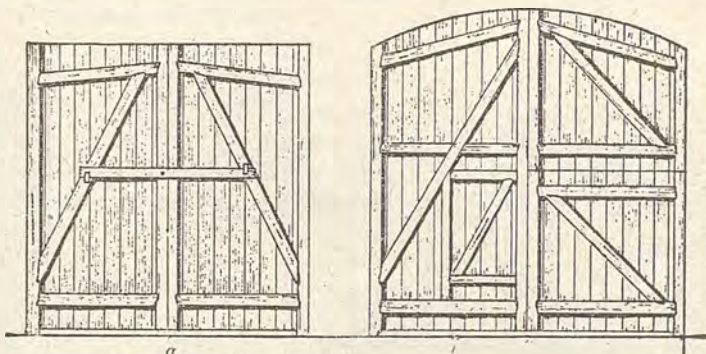


Fig. 270. — Portoni a rotazione.

a, portone con stanga di chiusura girevole; b, portone con sportello; c, portone con tavolato diviso a metà altezza.

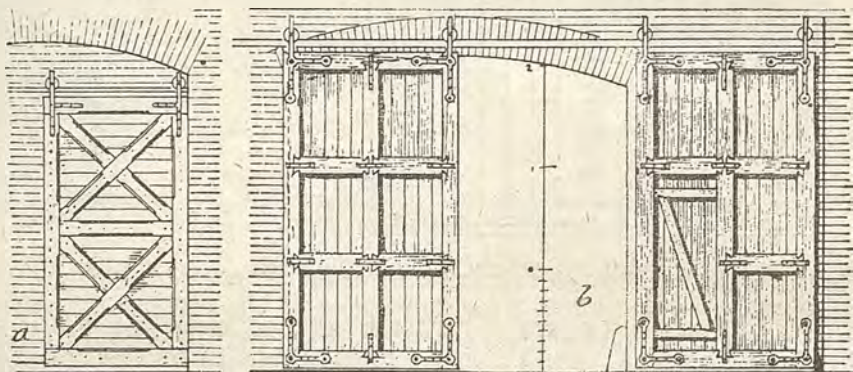


Fig. 271. — Portoni scorrevoli a sospensione.

Si dicono portoni (fig. 270 e 271) le aperture ancor più ampie aventi una larghezza di 3 a 4 m. Il movimento di rotazione dei battenti si fa sopra un *bilico* che gira in una *piletta* o *rallino* di acciaio, assicurata nel pavimento entro un blocchetto di pietra. Superiormente ogni imposta è trattenuta da un arpione murato, nel quale entra il perno della bandella assicurata al battente. Questi portoni si fanno ordinariamente con traverse di legni incrociati. L'intelaiatura di ogni imposta è costituita dal ritto di spalla, dal ritto di abbocatura, da due traverse, una in alto e l'altra in basso, e da un saettone o contrafforte. Si possono introdurre altri pezzi di rinforzo a seconda del bisogno e delle esigenze speciali. La fig. 270 *b* mostra dalla parte sinistra uno sportello, che deve essere disposto in modo da non interrompere il saettone. Nella disposizione disegnata dalla parte destra l'intera imposta è divisa in due parti in senso orizzontale: si usa principalmente per porte da magazzini.

(1) Si dice *abbocatura* il combaciamento di due battenti fra loro.

La chiusura dei portoni si fa con una stanga che può essere scorrevole e servire come traversa di rinforzo, oppure essere indipendente e girevole intorno ad un pernio fissato sopra un ritto dell'abboccatura (fig. 270 *a*). La fronte esterna del portone è formata da un tavolato di assi di 4 cm. unite a scanalatura e inchiodate sull'intelaiatura. Nelle fig. 270 *a, b* le traverse superiori sono inclinate verso i ritto di spalla e ciò per aumentare l'azione portante del triangolo formato dal retto di spalla, dal saettone e dalla traversa superiore.

La fig. 271 mostra la costruzione delle porte e dei portoni scorrevoli. Qui non sono più necessari i saettoni poichè i battenti sono sostenuti per tutta la loro larghezza o superiormente o inferiormente; quando si adottano è solo per iscopo decorativo come si vede nella fig. 271 *a*. Gli angoli vanno rinforzati con cantonali in ferro e le staffe dei rulli o delle rotelle devono essere assicurate con viti passanti: i legnami dell'intelaiatura debbono avere centimetri 5÷7 di grossezza. Poichè i grandi portoni scorrevoli spesso si aprono con fatica, si dispone una guida anche in basso e si fanno i rulli o rotelle coll'asse scorrevole entro una scanalatura (fig. 272). Siccome coll'asse ruota anche il rullo, l'attrito viene così di molto diminuito.

Quando lo scorrimento non è fatto per sospensione dei battenti, ma solo con appoggio inferiore, conviene dare ai rulli o rotelle il massimo diametro possibile, affinchè lo scorrimento si produca col minimo sforzo. Questo però vale anche per lo scorrimento a sospensione.

Si chiamano botole le aperture praticate nei pavimenti o nei soffitti per dar passaggio al locale sottostante o soprastante a quello in cui sono aperte le botole. Lo sportello di esse è formato come il battente delle porte a tavolato semplice (fig. 267 *a*) ed è munito

di catenaccio o di paletto, applicato sui ritto o sulle traverse del tavolato. Lo sportello si può disporre in modo che per aprirlo si debba rialzare od abbassare, e quando si vuole che le sue faccie siano a piano tanto col pavimento quanto col soffitto, allora bisogna comporlo di un doppio tavolato con intelaiatura intermedia abbastanza grossa da far risultare lo sportello di grossezza uguale a quella del solaio o della volta in cui è aperta la botola. Quando sullo sportello si deve poter camminare, come avviene per le botole dei pavimenti, bisogna badare ch'esso presenti una battuta resistente: in tal caso lo sportello si dovrà aprire alzandolo. Quasi sempre gli sportelli si aprono girando intorno ad un lato per mezzo di cerniere o perni, che si faranno incassati quando lo sportello dev'essere a piano col pavimento.

Trattandosi di aperture che non richiedono imposta mobile nè una chiusura continua del vano, come accade per esempio per le

cosidette botole che si applicano alle finestre delle prigioni, dei monasteri e simili, si può ricorrere alle imposte formate come le persiane, cioè aventi tapparelle fisse incastrate a maschio e femmina nei ritto laterali (fig. 273 *a*), o tapparelle mobili (fig. 273 *b*) imperniate nei ritto laterali e raccomandate ad un'asticciuola di ferro, muovendo la quale si possono rialzare od abbassare le tapparelle, lasciando così penetrare più o meno luce ed aria nell'interno del locale. Per grandi aperture conviene sempre adottare le tapparelle fisse. La fig. 273 *a* rappresenta appunto una simile chiusura per le finestre di una cella campanaria in un campanile. Specialmente negli alti campanili gotici del medio evo si usavano queste chiusure, composte di larghe tavole inclinate di legno, la cui faccia superiore era ricoperta di ardesie o di lastre metalliche. Avevano per iscopo di rimandare in basso il suono delle campane, e di impedire alla pioggia di penetrare nella cella campanaria. Anzi di questo particolare costruttivo se ne faceva sovente oggetto di decorazione.



Fig. 272. — Disposizione delle rotelle inferiori fra i battenti dei portoni scorrevoli.

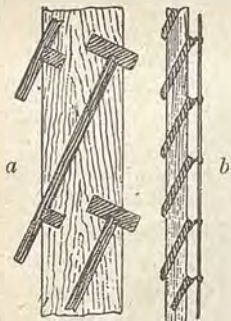


Fig. 273. — Chiusure a tapparelle.

a, tapparelle fisse; *b*, tapparelle mobili.

IX. — Ripari e cancellate.

Trattandosi di cingere spazi all'aperto si usano gli *steccati*, che presentano maggiore o minore finitezza secondochè devono essere temporanei o permanenti, e secondo la loro importanza. Lo steccato ha un'intelaiatura formata con stili affondati nel suolo e con due ordini di traverse orizzontali, chiodate agli stili ad una distanza di m. 0,30 circa tanto dal suolo quanto dalla testa degli stili. Queste traverse si commettono cogli stili a metà legno e dalla parte ove le faccie degli stili e delle traverse si trovano in uno stesso piano, si chiodano le tavole verticalmente, commettendole fra loro a scanalatura e linguetta, oppure anche a semplice filo piano. Gli stili devono essere grossi non meno di cm. $20 \div 22$, posti a distanza l'uno dall'altro di m. $2 \div 2,50$, ed interrati per la profondità di m. $1 \div 1,20$ quando lo steccato deve avere altezza di m. $1,80 \div 2$.

Se le tavole dello steccato arrivano fino al suolo risentono l'influenza dell'umidità di questo, degli spruzzi di acqua, ecc., cosicchè dopo un certo tempo tutte le tavole si trovano infracidite nella loro estremità inferiore. Perciò si usa di formare gli steccati disponendo le tavole orizzontali a ricoprimento, come indica la figura 274. In tal caso la distanza degli stili deve corrispondere alla lunghezza delle tavole, ma però bisogna disporli a una tale distanza, che le tavole non abbiano ad inflettersi fra uno stile e l'altro.

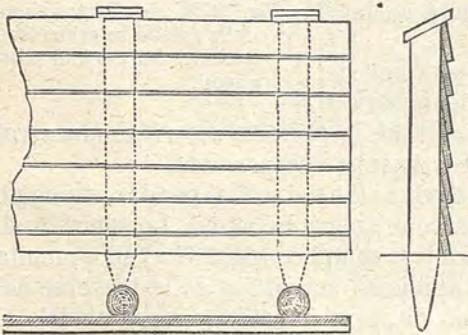


Fig. 274. — Steccato con tavole a ricoprimento.

Le teste degli stili si tagliano obliquamente e si ricoprono con assicelle più larghe delle teste stesse, onde preservarle dall'influenza dell'acqua, la quale così facilmente defluisce. I ripari a steccato di assi sono generalmente alti m. $1 \div 1,30$.

Quando alle tavole si sostituiscono dei listelli disposti verticalmente ed orizzontalmente, invece dello steccato di assi, si ha lo *steccato di listelli*, il quale riesce utilissimo in molti casi ed è assai più economico dell'altro genere di steccato (vedi pag. 89). La cancellata di listelli quale è rappresentata nella fig. 275 *a* si dice a *reticolato*. Gli stili di sostegno sono alla distanza di m. $2,50 \div 3$ e le traverse orizzontali vi sono inchiodate od incastrate a mezzo legno. Il reticolato consta poi di sottili asticciuole inchiodate l'una sull'altra e sulle traverse. Queste cancellate hanno altezza di m. $1,50 \div 2$: per altezze maggiori si avvicinano gli stili e si aggiunge una traversa intermedia. Allora si può anche fare a meno dei listelli incrociati, ottenendosi così una semplice *barriera*.

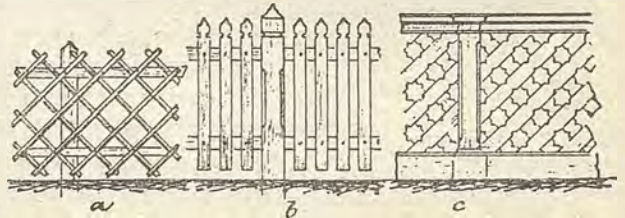


Fig. 275. — Cancellate di legno.

a, cancellata di listelli a reticolato; *b*, steconara; *c*, cancellata reticolata di assicelle con cappello e banchina.

Trattandosi di costruire un riparo meno modesto si usa il sistema indicato nella fig. 275 *b*. Invece di listelli si adoperano delle assicelle o stecche ordinariamente piallate ed anche ritagliate alle estremità a scopo decorativo. La fig. 275 *c* mostra una disposizione ancora più ricca, nella quale un reticolato di sottili assicelle è incastrato supe-

riormente in un cappello di legno sagomato, ed inferiormente in una banchina o zoccolo. Gli stili devono essere approfondati nel terreno m. 0,75 ÷ 1, costipandovi intorno alcune pietre per assicurarveli. Si possono anche fermare in una piattaforma interrata fatta con una tavola, oppure munirli al piede di due braccia orizzontali incrociantisi. Se gli stili sono incastrati in una soglia o lungarina, generalmente la cancellata è in forma di balaustrata o parapetto d'appoggio, come si usa nelle verande, nei terrazzini, e nei pergolati. La fig. 276 dà alcuni esempi di simili parapetti (vedi anche fig. 70, 71 e 73). Ordinariamente l'intera superficie del parapetto viene occupata da assi, le quali hanno le coste ritagliate e le faccie traforate, in modo da offrire un aspetto ornamentale e decorativo. Le assi sono di 2 ÷ 2,5 cm. di grossezza.

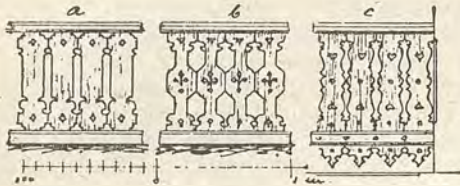


Fig. 276. — Parapetti di legno traforati per verande, terrazzini, pergolati e simili.

a e b, con cappello a cornice e lungarina di base appoggiata sul suolo; c, con cappello a cornice e traversa di fondo sorretta da stili o altri simili sostegni.

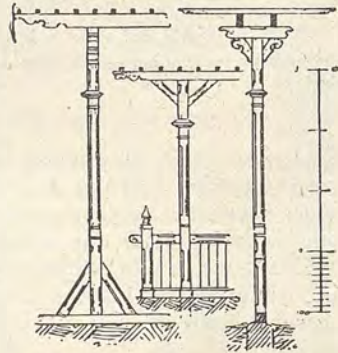


Fig. 277. — Stili o colonnette per pergolati, verande e simili.

Nella fig. 277 è indicato uno di tali parapetti per un pergolato. I lunghi stili debbono essere affondati m. 1,5 ÷ 2 nel terreno, e allora il basamento o zoccolo del pergolato vi è commesso ad incastro, come pure la traversa o cappello superiore di appoggio. Quando invece gli stili sono incastrati in una lungarina di base e non si possono assicurare con legature di ferro, conviene ricorrere a piccole saette, che servono a mantener stabile e verticale ogni stile.

Palizzate. — Lo scopo delle palizzate è di sviare le acque, o di impedire le frane o i movimenti dei terreni umidi e paludosi. Sebbene la loro struttura varii secondo lo scopo a cui sono destinate, pure sono sempre formate con pali conficcati nel terreno e collegati l'uno all'altro a scanalatura e linguetta, oppure a semplice commessura.

La grossezza dei pali è fra 12 e 25 cm. Devono essere di legnami dritti e preferibilmente ricavati da conifere: non è necessario che siano molto secchi, perchè anzi in tal caso, gonfiando a contatto del terreno umido, possono sconnettere la palizzata. Quando questa è formata con panconi o pali grossi 12 cm. allora si usa la commessura a scanalatura cuneiforme, e quando i pali sono di grossezza maggiore si usa la scanalatura quadra. Ciascun palo (fig. 278) viene poi tagliato all'estremità da conficcarsi in forma di scalpello.

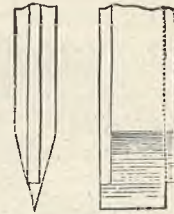


Fig. 278.

Si è già detto come si formino i semplici steccati di tavole o palancate. Quando si vuole che il riparo di tavole presenti un migliore aspetto, allora si può ricorrere ai sistemi indicati nella fig. 279. In a le traverse orizzontali sono commesse a mezzo legno cogli stili, e le tavole verticali sono accostate l'una all'altra a filo piano ed inchiodate sulle traverse. La commessura fra le tavole si nasconde con liste di ricoprimento, oppure si cordonano gli spigoli delle tavole.

Come lo indicano le fig. 279 *a* e *b* le teste delle tavole si possono coprire con un piccolo cappello oppure ritagliarle ornamentalmente. La fig. 279 *c* mostra come si possa dare un aspetto elegante e ricco a una chiusura di tavole, introducendovi tra-

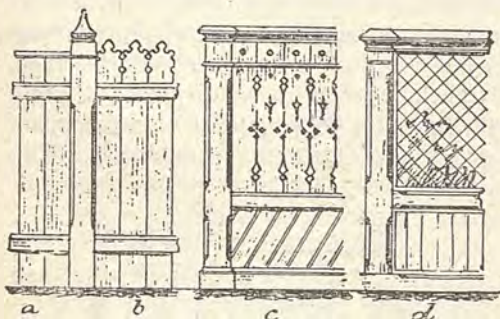


Fig. 279. — Cancellate di tavole o palancate.

verse di base e di cappello e disponendo poi le tavole in direzioni diverse. Se la parte superiore deve essere a giorno (figura 279 *d*), cioè formata soltanto da un graticcio metallico, basta che gli stili siano incastrati in una lungherina di base; però converrà assicurarli dalla parte interna mediante saette.

In tutti questi generi di ripari bisogna principalmente badare alla difesa e alla conservazione del piede degli stili. L'incastramarli e il carbonizzarli non basta. In costruzioni di qualche importanza è rac-

comandabile il processo americano, secondo il quale le teste dei pali vengono immerse per un certo tempo nell'olio di lino caldo; quando se ne estraggono, e mentre l'olio non è ancora asciutto, si cospargono con polvere di carbon di legna, ripetendosi l'applicazione finchè si formi una leggiera crosta.

La fig. 280 mostra in pianta ed in alzato uno speciale palo di ferro per cancellate (sistema Hoffmann di Lipsia). Le tavole poste orizzontalmente s'incastrano nelle scanalature laterali di ogni palo, indi si assicura il tutto avvitando il pomo, il quale è fatto in maniera da non potersi facilmente togliere.

Nella fig. 281 si dà l'esempio di una barriera e d'un cancello per una bandita di caccia. Esso può aprirsi tanto da un verso quanto dall'altro tirando una cordicella, senza scendere dalla cassetta di una carrozza o dal cavallo, e si rinchioda poi da sè per mezzo di una molla a spirale inserita fra i listelli mediani del cancello.



Fig. 280. — Palo in ferro per cancellata, sistema Hoffmann.

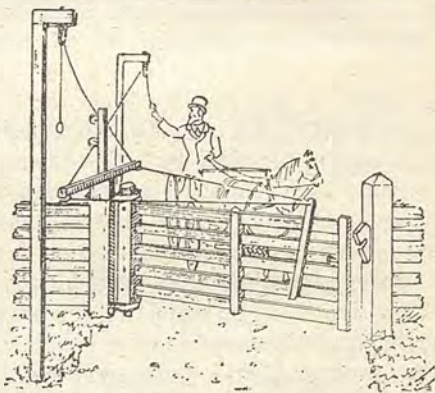


Fig. 281. — Barriera e cancello di legno per una bandita di caccia.

Si fanno anche dei ripari leggeri composti di stecche verticali, rilegate fra loro da fili metallici, che vengono assicurati a piantoni di legno posti alla distanza di m. 1,50 circa l'uno dall'altro. Si fanno pure delle cancellate miste di legno e di ferro, che riescono di bell'effetto.

La Casa Didero di Torino fabbrica delle speciali cancellate di legno di castagno spaccato, le quali si possono arrotolare in rotoli di 10 m. e rendersi così facilmente trasportabili. L'altezza di queste cancellate varia da m. 0,70 ÷ 2.

D. — SCALE

Solo quando si tratti di limitatissime esigenze in fatto di comodità, si possono sostituire le scale ordinarie colle così dette *scale a mano* od *a pioli*, fra le quali si distinguono quelle *da cantiere* o *da muratore* da quelle *da imbiancatore*. Le prime (fig. 282 a) consistono in due grossi tavoloni o due travicelli squadrati detti *staggi*, *spalle* o *fianchi*, sui quali sono chiodati e commessi a semplice intaccatura gli scalini, formati con pezzi di listelli da tetto. Le seconde (fig. 282 b), assai più leggere, hanno gli staggi formati da due piallacci e i pioli da correntini tondi, oppure da asticelle di ferro. Nelle scale a mano i pioli sono posti alla distanza di m. $0,27 \div 0,30$ l'uno dall'altro.

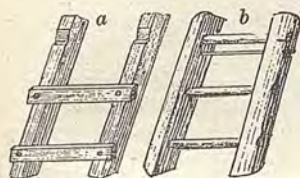


Fig. 282. — Scale a mano.
a, da muratore; b, da imbiancatore.

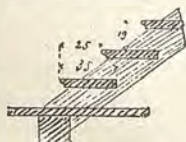


Fig. 285. — Scala da solaio,
o scala alla cappuccina.

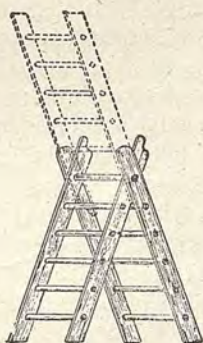


Fig. 283. — Scala a pioli
riducibile a scaleo, o a
scala di doppia altezza.

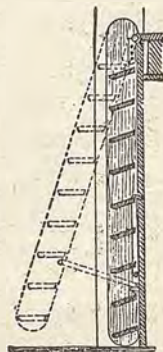


Fig. 284. — Scaleo da soffitta,
imperniato alla sommità.

Due scale a pioli unite fra loro a snodo ad un'estremità (fig. 283), possono servire come scaleo, cioè come scala doppia a cavalletto, ed anche come scala di doppia altezza. In questo caso gli staggi di uno dei rami della scala vengono ad appoggiarsi contro i pioli dell'altra.

Son dette poi *scale da annessare* o *da aggiuntare* quelle fatte a diversi rami i quali si possono fermare fra loro ai capi per accrescere la lunghezza della scala, e *scale da scorrere* quelle, in cui i pioli sono girevolmente impernati negli staggi, cosicchè avvicinando gli staggi l'un contro l'altro, i pioli vi si nascondono dentro e la scala resta ridotta a una sola asta.

Invece di pioli si possono adoperare delle assicelle, formando allora gli ordinari scalei, nella cui parte inferiore bisogna collocare o un listello di legno od un'asta di ferro per assicurarle quando sono aperte. La fig. 284 mostra una scala simile ad uno scaleo, che può servire per salire su di una soffitta, e che ordinariamente sta chiusa nel vano di un armadio o di una porta.

Le scale *da solaio*, dette anche *alla cappuccina* rappresentano il tipo più semplice di scale fisse (fig. 285); in esse l'alzata arriva fino a 20 ed anche 24 centimetri, e la pedata è di circa 35 cm. A motivo dei pesi rilevanti che vengono spesso trasportati su queste scale, si dà agli scalini di esse una grossezza non minore di 5 cm. ed agli staggi di 7 cm. Il primo e l'ultimo scalino vengono commessi agli staggi a maschio incollato o con indentatura a coda di rondine (v. fig. 222); gli altri vengono semplicemente forzati in una scanalatura. In queste scale sono da evitarsi possibilmente i giri, che, quando sono indispensabili, si formano con uno o due scalini a ventaglio fermati in un'antenna.

Altrettanto semplicemente quanto le scale da solaio si eseguono quelle per impianti provvisori. Anche per atrii e verande servono le scale di questo genere. Però in tal caso si usano staggi di quercia e scalini appoggiati sopra di essi (fig. 287 b).

Passando ora alle scale di legno fisse quali si usano nell'interno delle ordinarie case di abitazione, specialmente nell'Inghilterra, nella Francia, nella Germania e nei paesi in cui le case sono costrutte interamente, o quasi, di legno, si avverte che nel volume II è esposto quanto si riferisce alla posizione e forma della scala, alla disposizione degli scalini, al rapporto d'inclinazione fra alzata e pedata, ecc. onde qui non rimane che esporre la peculiare costruzione delle scale di legno.

Siccome però l'argomento delle scale sarà ripreso trattando delle scale di muratura e di ferro, e, come si è detto, ha un seguito nel secondo volume (cap. I, E), così sarà bene fin d'ora esporre la terminologia che vi si riferisce.

Gabbia della scala è il vano A B C D (fig. 286), in cui si svolge la scala, la quale si può comporre di una o più rampe (E, E', E'), dette anche *tronchi*, *rami* o *branche*, e di uno o più ripiani o *pianerottoli* (F, F', F''). I ripiani F, F' sono detti *intermedi*, *di riposo* o *di risvolta*, e quello F'' *di arrivo*, se corrisponde all'altezza di uno dei piani serviti dalla scala.

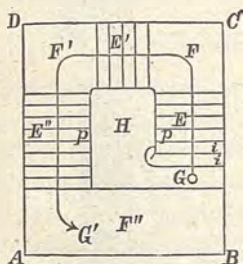


Fig. 286.

Qualche volta i ripiani come F ed F' possono essere di arrivo: ciò dipende dalla forma della gabbia e della scala, dalla lunghezza delle rampe, ecc.

La linea G G' si chiama *girata*; essa corrisponde al complesso dei tronchi di scala che servono a superare la differenza di livello fra due piani successivi.

Fianchi della scala sono quelle parti che limitano e sostengono le estremità degli scalini; *fianco esterno* è quello che corrisponde ai muri della gabbia, e può essere tanto il muro stesso quanto altro sostegno addossato od incastrato al muro; *fianco interno* è l'opposto, corrispondente all'*anima* H della scala. Quest'anima è talvolta costituita da un muro pieno, tal'altra è vuota: nel primo caso è detta *anima piena*, nel secondo *pozzo*.

Lo *scalino* è composto della *pedata* (p) e dell'*alzata*: la prima, che forma il *piano dello scalino*, è la distanza orizzontale fra l'orlo anteriore di uno scalino e quello del successivo; la seconda, che forma la *fronte* o *frontale* dello scalino, cioè la parte, quasi sempre verticale, sorreggente il piano dello scalino stesso, è la distanza verticale fra le facce superiori di due scalini successivi. *Lunghezza* di uno scalino è la distanza compresa tra un fianco e l'altro: essa corrisponde alla larghezza della branca, quando questa ha i fianchi paralleli.

Si chiama *scalino massiccio* quello formato di un pezzo solo: *scalino* o *scalini d'invito*, il primo o i primi gradini della scala, o di ogni girata: *scalino di uscita* o *di arrivo*, l'ultimo della girata; *parapetto* il riparo posto sul fianco interno della scala, ossia verso il pozzo, e che serve anche di appoggio a chi percorre la scala; *mancorrente*, *corrimano* o *bracciuolo* l'appoggiaio posto sopra il parapetto ed anche lungo il muro della gabbia, sul quale si pone la mano per aiutarsi nel salire e nello scendere. Il mancorrente è in generale di legno levigato, ma può essere anche di metallo o di altra sostanza e lungo le pareti è sovente formato da un cordone sostenuto con anelli o ganci di legno o di metallo infissi nel muro.

Si chiama poi *linea di salita* quella che corrisponde ad un costante rapporto tra l'alzata e la pedata degli scalini. Nelle scale a branche rettilinee questo rapporto è costante anche per tutta la larghezza degli scalini, onde qualunque linea compresa tra i fianchi, e ad essi parallela, può essere indifferentemente linea di salita; ma nelle scale aventi branche contenenti scalini curvi, o branche raccordate da scalini a *chiocciola* o a *ventaglio*, e nelle scale curvilinee, il detto rapporto varia da un estremo

all'altro dei gradini, onde vi è una sola *linea di salita*, corrispondente al rapporto scelto. La detta linea si tiene sul mezzo della branca per rampe larghe 1 metro; a m. $0,50 \div 0,70$ dal fianco esterno per rampe larghe da 1 a 2 metri (v. vol. II, pag. 40).

Son dette poi *scale a collo* quelle che hanno i fianchi appoggiati da muri, da pilastri, da colonne, da archi, da vólte, oppure le scale senza fianchi ma con scalini in qualche modo appoggiati agli estremi o per tutta la loro lunghezza. *Scale a volo* sono invece quelle in cui o uno od ambedue i fianchi non sono appoggiati che al piede e alla sommità della girata, e si sostengono da sè per tutta la loro lunghezza. Si comprendono nelle scale a volo quelle dette a *sbalzo* od a *strabalzo*, nelle quali gli scalini si sostengono da sè per uno dei loro estremi; quasi sempre per via di incastramento in un muro.

Per le denominazioni che dipendono dalla forma della scala si rimanda al vol. II.

Le scale di legno si fanno con legnami di essenza tenera e forte o con ambedue insieme, adoperando la forte per le parti più soggette a consumo, quali le pedate, e la tenera per le alzate, o meglio frontali, e pei fianchi. Però quando non si tratta di fare grande economia, conviene usare legname forte per tutte le parti della scala, tanto più che i legni forti sono suscettibili di essere lucidati semplicemente a cera, mentre i legni dolci devono essere verniciati. Le eleganti scale degli *Hall* inglesi (vedi vol. II, cap. I), sono fatte con legni fini, come ciliegio, susino, acajou, riuscendo così assai leggere e di grande effetto estetico.

Il corrimano, che dev'essere sempre levigato, si fa di legno forte e per i balaustri o i regoli del parapetto si adopera volentieri il legno delle conifere, che può dare regoli lunghi, dritti e robusti. Però quando i balaustrini sono rotondi o diversamente sagomati al tornio, conviene usare legno forte.

Il legname va scelto ben secco e le tavole, specie quelle per le pedate, devono essere prive, o quasi prive di nodi, perchè nel consumarsi del piano dello scalino, i nodi si consumano meno e quindi il detto piano riuscirebbe ineguale.

La costruzione delle scale di legno è da comprendersi fra i più difficili lavori del carpentiere, onde conviene affidarla ad operai esperti, intelligenti e coscienziosi.

Le scale di legno si fanno o con scalini massicci, o con sole pedate, o con scalini formati da piano e frontale fra loro calettati ed incastrati nei fianchi, oppure a questi sovrapposti. Si è già detto delle scale alla cappuccina, costituite da sole pedate. Quelle che hanno gli scalini incastrati nei fianchi son dette *a cassette* (fig. 287 a): l'incastramento per gli scalini nei fianchi si fa di $2 \div 2,5$ cm. di profondità e le pedate si fanno di $4 \div 6$ cm. di grossezza, profilandole nella parte anteriore a tondino e listello, o a semplice tondino, o a gola rovescia, o con altro profilo (fig. 289 b, c, d, e). I frontali si fanno con tavole di circa 2 cm. di grossezza e si incastrano nei fianchi come le pedate, oppure vi si appoggiano solamente contro, bastando a tenerli fermi la commessione colle pedate. I fianchi sono fatti con tavoloni grossi cm. $6 \div 9$, e la loro larghezza dipende dal rapporto d'inclinazione fra pedata ed alzata. La loro grossezza varia anche secondochè sono appoggiati o non, cioè secondochè la scala è a collo o a volo.

La larghezza dei fianchi per le scale a cassette si determina in modo che gli orli superiore ed inferiore del fianco sporgano, in senso verticale, 5 o 6 cm. sopra e sotto gli spigoli anteriore e posteriore degli scalini. In generale tale determinazione si fa graficamente, ma si può anche ottenere per mezzo dell'espressione:

$$A = (s + a + 2d) \frac{p}{\sqrt{p^2 + a^2}}$$

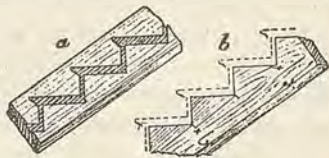


Fig. 287. — Scale fisse.

a, a cassette, con scalini incassati nei fianchi;
b, all'inglese od anche alla cappuccina con
scalini sovrapposti ai fianchi.

in cui A è la larghezza cercata, a e p l'alzata e la pedata dello scalino, s la sua grossezza, e $d = 5 \div 6$ cm.

In questo genere di scale gli scalini non possono contorcersi essendo incastrati nei fianchi. L'alzata è commessa colla pedata con unione a scanalatura e linguetta (fig. 288, 289, 292), e nelle scale un po' adorne, il filo posteriore della commessura inferiore viene ricoperto con apposito listello sagomato, oppure si adotta un'alzata più alta, che sporge al disotto delle pedate con profilo sagomato (v. scalino inferiore delle fig. 288 *a*). Sovente si fa invece più lunga la pedata, che si profila nel suo orlo posteriore (fig. 289 *b*).

Le spalle o fianchi si rilegano mediante tiranti di ferro (fig. 289 *a*), i quali si nascondono sovente con un listello sagomato coprente anche il filo della commessura superiore fra alzata e pedata (fig. 289 *b*).

Le scale a *scalini sovrapposti*, cioè quelle in cui le pedate sono appoggiate sulla costa superiore dei fianchi, hanno questi fianchi fatti a gradinata e gli scalini vi sono fissati

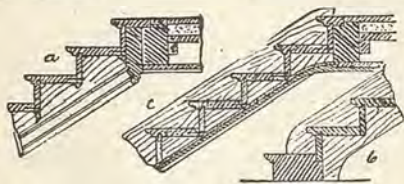


Fig. 288.

a, scala a gradini sovrapposti; *b*, scala a cassette con scalino d'invito massiccio; *c*, scala a cassette con spianamento inferiore.

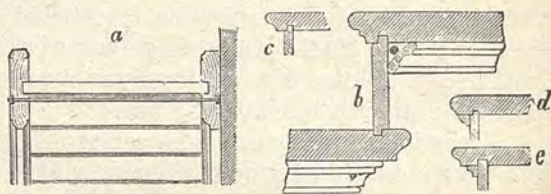


Fig. 289. — Scala a cassetta con staggi rilegati da tiranti di ferro.

tanto con chiodi o viti di ferro, quanto con caviglie o viti di legno. Siccome in questo caso tagliando le spalle per formarvi la gradinata, si perde molto legname e si indeboliscono le spalle, così si possono formare gli angoli sporgenti della gradinata con pezzi indipendenti incollati sui fianchi (fig. 287 *b*, nei due scalini inferiori). Però questo sistema non è conveniente perchè si aumenta di troppo la mano d'opera.

I fianchi di queste scale si fanno grossi $7 \div 15$ cm. e bisogna che nel loro punto più debole, cioè nel tratto fra lo spigolo posteriore della pedata e l'orlo inferiore del fianco, abbiano ancora una larghezza verticale di $15 \div 22$ cm. Perciò la larghezza maggiore di essi presa normalmente al loro orlo inferiore, ossia la lunghezza della normale abbassata dal vertice di uno degli angoli sporgenti della gradinata sul detto orlo inferiore, sarà data dalla formola

$$A = (s + a + d') \frac{p}{\sqrt{p^2 + a^2}}$$

in cui $d' = 15 \div 22$ e le altre lettere hanno il significato di quelle usate nella formola precedente.

Siccome in questo genere di scale la pedata di solito sporge dal fianco, o da ambedue i fianchi quando la scala non è contro una parete, così la testa o le teste della pedata, si muniscono di un listello da cornice, il quale può essere commesso alla pedata ad ugnatura (fig. 290 *b*), specialmente quando l'orlo anteriore della pedata è sagomato, oppure commesso con giunto retto e visibile sul fronte della pedata, come si vede in *a* (fig. 290). Contro le pareti della gabbia gli scalini di queste scale si dispongono in generale come quelli delle scale a cassette.

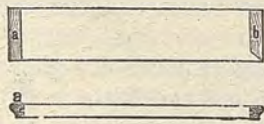


Fig. 290. — Listelli di cornice alle teste delle pedate.

Allorchè la branca è larga più di m. 1,80, tanto nell'uno quanto nell'altro genere delle scale di cui si tratta, conviene disporre tra i due fianchi una guida intermedia di ritegno sotto agli scalini

I fianchi esterni, cioè quelli contro parete, possono assicurarsi e sostenersi per mezzo di zanche, per cui si fanno più sottili dei fianchi interni, sorretti solo agli estremi. La loro grossezza sarà di $4 \div 5$ cm.

Nelle scale a cassette i fianchi si profilano superiormente ed inferiormente; il profilo superiore si fa in modo che non trattenga la polvere e l'inferiore si scornicia più o meno finemente a seconda della ricchezza della scala. La fig. 291 offre alcuni esempi di simili profili. Tanto nelle scale a cassette quanto in quelle a scalini sovrapposti la fronte del fianco si può anche ornare con cornici di riporto o con ornati scolpiti.

Dove il fianco interno si innesta con un sostegno verticale, o con un ripiano, si usa porvi una mensoletta piena o traforata (v. Tav. IV, fig. 2).

Nelle scale a scalini sovrapposti questi riescono a contatto coll'intonaco della parete, che va soggetto a guastarsi quando si lava la scala: perciò lungo la parete si dispone uno zoccolino di tavole sagomato superiormente, oppure, quando la scala è più ricca, si fa un rivestimento alto come il parapetto della scala. Tale rivestimento si usa anche nelle scale a cassette, e allora si appoggia e si commette col fianco esterno, che fa così da zoccolo.

Le scale a scalini sovrapposti sono di miglior aspetto che non quelle a cassette; sono di più facile e spedita costruzione e presentano maggior larghezza utile dello scalino, a parità di larghezza tra i fianchi, perchè gli scalini sporgono dai fianchi; onde a parità di lunghezza utile degli scalini si può tenere più stretta la gabbia della scala; la qual considerazione riesce in molti casi di non poco peso.

Quando non è richiesta una certa ornamentazione, gli scalini vengono al disotto rivestiti ed intonacati (fig. 288 c), per il che gli spigoli inferiori delle pedate si piallano obliquamente, in modo che il rivestimento di tavole possa facilmente inchiodarvisi.

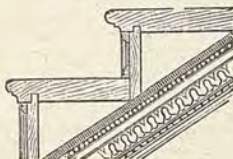


Fig. 292. — Scalini sovrapposti ai fianchi e soffittati in piano.

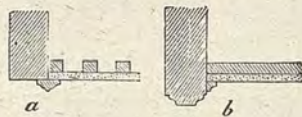


Fig. 293. Soffittatura delle rampe.

Se tuttavia si deve dare alla scala un aspetto elegante, si inquadrano i sottogradini con liste incollate (fig. 292) e si adornano le spalle con intagli, ecc. Invece del rivestimento di assi si può anche foderare la sottofaccia della scala con un soffitto a stuoia e con correntini. I fianchi si fanno alti in modo che la loro faccia inferiore venga a coincidere col fianco del soffitto compiuto, coprendo la giuntura con un listello sagomato (fig. 293 a); oppure si lasciano sporgere al disotto (fig. 293 b).

Quanto alla faccia inferiore dei ripiani, se ne può lasciare visibile l'armatura, ovvero si può soffittare, sia con un soffitto di legno, sia con uno di stuoie ed intonaco. Nel primo caso conviene che i travi dell'armatura siano scorniciati e levigati; nel secondo si può formare il soffitto di legno con cassettoni profondi quanto lo consentono l'altezza delle travi dell'armatura, e con cornici più o meno ricche, oppure con un solo tavolato. Il soffitto intonacato si fa con stuoie, o con listelli, nel solito modo.

Allorchè le scale di legno sono intonacate per di sotto, resta alquanto diminuito il pericolo d'incendio: e se da una parte presentano una certa economia devono però essere

solide e rigide, affinchè resistendo alle scosse non producano screpolature e staccamento dell'intonaco.

Il gradino d'invito sopporta spesso il peso dell'intera scala e perciò si fa volentieri massiccio (fig. 288 *b*): dev' essere sempre bene assicurato al pavimento: molte volte si fa di pietra. I fianchi della scala vi si incastrano ad unghia, e vi si incastra pure la colonnetta del parapetto, nella quale si commette a dente la parte superiore dell'unione ad unghia del fianco. Inoltre la colonnetta si assicura a questo fianco con una vite di legno. Siccome dalla stabilità della colonnetta dipende la rigidità del parapetto, così si usa anche perforare la colonnetta e disporvi dentro un'anima di ferro, fermata a vite sotto o dentro allo scalino d'invito, e sopra la colonnetta con madrevite, che si copre poi con un bottone.

Lo scalino di uscita di ogni rampa si appoggia di solito direttamente contro il pianerottolo. Siccome il trave del pianerottolo contro cui viene ad appoggiarsi lo scalino, deve portare contemporaneamente questo e il tavolato del pavimento del ripiano, così allo scalino di uscita si dà una larghezza minore di quella degli altri scalini (fig. 288 *c*). Questo si fa nel caso delle scale a cassette; in quello delle scale a scalini sovrapposti si colloca davanti al detto trave una tavola speciale, debitamente profilata nella parte inferiore (fig. 288 *a*).

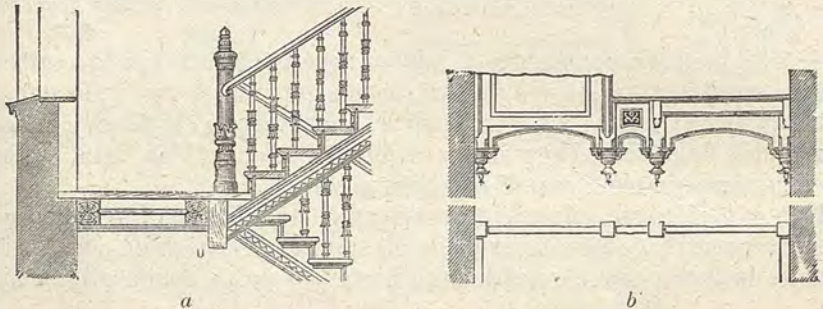


Fig. 294. — Scala a collo con scalini sovrapposti ai fianchi.

Quando i ripiani intermedi, o quelli di arrivo, occupano tutta la lunghezza di un lato della gabbia, allora ogni ripiano è portato da un trave *b* (fig. 294 *a*), contro cui vengono ad appoggiarsi i fianchi della scala. Nella fig. 294 *b*, sezione trasversale della scala, è indicato come si possa decorare il trave *b*, collocando nei punti di commessione di esso coi fianchi dei brevi monaci guerniti inferiormente da pomi decorati, e reggenti superiormente delle colonnette (fig. 294 *b*), contro le quali si appoggia il corrimano. Si può anche reggere il trave con un finto arco, o con mensole, che diventano necessari quando il trave *b* è molto lungo.

Nelle scale a cassette la linea superiore del fianco interno, sporgente al disopra delle pedate, non potrebbe seguire una linea continua, dopo il ripiano, ma fra il ripiano e la rampa ascendente si produrrebbe un salto, ad evitare il quale si ricorre ad un raccordo in curva, detto *orecchione*.

Quando il pianerottolo non è sostenuto da un trave che si appoggia su due muri opposti della gabbia, la sua armatura può essere assicurata a un così detto angolo pensile; a meno che si ricorra al sistema delle scale a volo, in cui il pianerottolo è sostenuto dallo stesso fianco interno della scala. Quando si adotti l'angolo pensile, e il pianerottolo corrisponda al piano di un solaio, allora si incastra nella trave del solaio più prossima al muro della gabbia, uno dei travetti del pianerottolo (fig. 295 *A*), e l'altro travetto si commette alla testa libera del primo a mezzo legno, mentre si incastra nel muro l'altro suo estremo. Se il pianerottolo non è all'altezza di un solaio, o non si possa



Fig. 1.

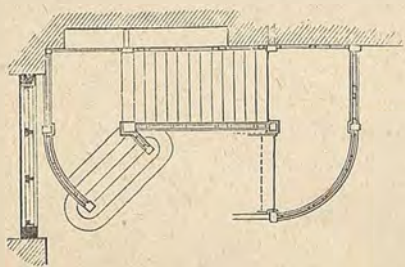


Fig. 2. — Pianta.

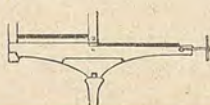


Fig. 3.

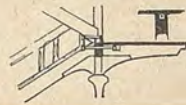


Fig. 4.

Scala 1:200.

Scala in legno nella Sala dei Congressi al Trocadero di Parigi (arch. Bourdais)

comettere uno dei travi della sua armatura con altro trave di locale attiguo, si ricorre al sistema indicato in B nella fig. 295. Si dispone in angolo un travetto cf , sostenuto a circa metà altezza da un travetto diagonale ab commessovi a mezzo legno, e sulla testa libera del travetto d'angolo si comettono le estremità dei travetti gf , fe incastrati nel muro per l'altro loro estremo.

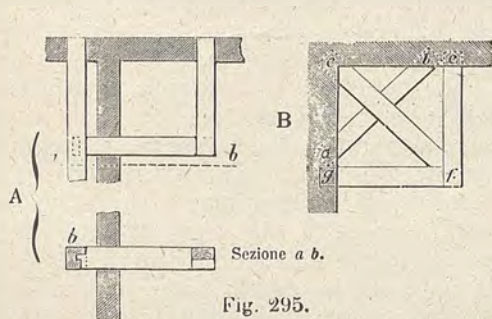


Fig. 295.

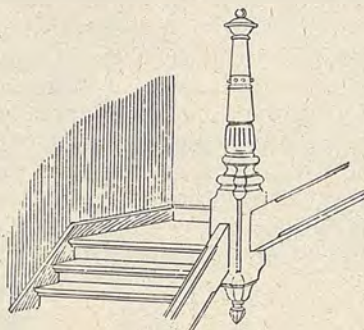


Fig. 296.

Tanto nelle scale a scalini sovrapposti, quanto in quelle a cassette, per mascherare il salto che si verifica nell'angolo sospeso del ripiano fra gli scalini, e quindi anche tra i fianchi e nel parapetto, si ricorre sovente a una colonnetta pensile, o monaco, più o meno lavorata (fig. 296), posta nel punto f , oppure ad un raccordo curvilineo, cioè a un orecchione. Le scale così formate prendono l'aspetto di scale a volo. La colonnetta pensile si prolunga talvolta superiormente, sostenendola alle travi di un pianerottolo superiore o del soffitto. Ove lo si possa, è però sempre meglio ricorrere a sostegni, che salgono dal basso e si protendono fino al sommo della scala e magari fino al soffitto della gabbia.

Nella scala a collo ed a cassette della Tav. III si vedono le sopraddette colonnette pensili poste al principio e alla fine delle branche. Questa scala, che è quella della sala dei Congressi al Trocadero di Parigi, merita di essere studiata tanto per la sua originalità quanto per la sua eleganza e per il modo con cui il suo autore, l'ingegnere Bourdais, ha saputo risolvere il difficile quesito di svolgere una scala di m. 8,10 di altezza in un ristrettissimo spazio, senza far uso di scalini a ventaglio. La scala sorge in un angolo della sala, ove non si voleva concedere all'ingegnere che lo spazio per una scala a chiocciola; gli scalini d'invito appoggiano sul suolo e all'infuori di essi e del piede della colonnetta che regge il secondo pianerottolo, niente altro ingombra il pavimento della sala.

Gli scalini sono 48 e la loro lunghezza è di metri 2. Due ripiani intermedi arrotondati a quarto di circolo, servono a dare un'impronta caratteristica ed elegante al complesso della scala. L'intera costruzione è sorretta dalla colonna che appoggia sul pavimento e da quella più svelta che appoggia sul primo pianerottolo. Esse portano delle travi composte da due pezzi distinti; quello inferiore fa da mensola al trave più lungo, sorreggente il pianerottolo (fig. 3 e 4, Tav. III). Queste travi sono incastrate nel muro e vi sono fermate per mezzo di tiranti di ferro e di bolzoni (fig. 3), che si oppongono alla spinta prodotta dal peso della seconda rampa della scala. Si nota che le altre travi secondarie dei pianerottoli, le quali si prolungano formando i fianchi inclinati delle rampe (fig. 4), sono interrotte dal passaggio delle travi principali normali ai muri, e che per supplire all'interruzione si è ricorso a due chivarde di ferro (fig. 4) del diametro di 28 mm.

Il parapetto è formato da una intelaiatura di legno che dà luogo a riquadri alternativamente grandi e piccoli, riempiti da ornati di ghisa dolce. Nel mezzo dei riquadri più grandi stanno delle targhette, sulle quali furono scritti i nomi dei viaggiatori, che hanno maggiormente contribuito alla formazione delle collezioni etnografiche del Trocadero.

Tutta la scala è di vecchia quercia, proveniente dalla demolizione dell'antica stazione di S. Lazzaro. È vero che l'ingegnere Bourdais è incorso nell'inconveniente di doverappare i buchi delle chivarde e delle caviglie che avevano le vecchie travi, ma fu per contro sicuro di non incorrere nelle pericolose e inevitabili deformazioni, che si avverano quando si adopera legname di incerta stagionatura.

Un altro esempio di scale dello stesso genere, in cui si ha pure una rampa a volo, è fornito dalla scala interna nel palazzo del Duca Mario Grazioli in Roma, ideata dall'arch. Giovanni Riggi (v. fig. 1, Tav. IV). Anche qui la prima rampa d'invito appoggia sul pavimento del vestibolo e una colonnetta appoggiata sul primo ripiano regge il terzo pianerottolo intermedio. Ma a differenza della scala del Trocadero il secondo

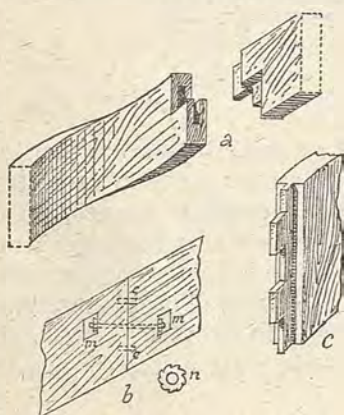


Fig. 297. — Modo di congiungere l'orecchione coi fianchi.

ripiano non è portato da un solo sostegno, bensì dalla parete che trovasi sotto la seconda rampa e da due mensoloni sporgenti dalla stessa parete. Contro il mensolone libero vengono ad appoggiarsi i fianchi della rampa a volo, i quali si appoggiano superiormente sopra un altro mensolone sostenuto dalla colonnetta di cui si è parlato. Non occorrono altre parole per spiegare questa costruzione, la quale col movimento delle sue linee, coi suoi archetti contemporaneamente di sostegno e di decorazione, colla cassettonatura dei sottoripiani e del soffitto, offre un aspetto elegantissimo.

Allorchè si adotta l'orecchione in corrispondenza di un pianerottolo, questo bisogna unirlo ad incastro coi fianchi rettilinei (fig. 297 *a, b*) e assicurarlo anche con chivarde. I giunti si tengono verticali in modo che coincidano colle generatrici della superficie cilindrica dell'orecchione. Nella fig. 297 *a, b* sono indicati

due sistemi di unione dell'orecchione coi fianchi. Nel sistema *b* invece dell'incastro a doppio dente, come si vede in *a* ed in *c*, si hanno due caviglie *c, c*, che riuniscono i fianchi, i quali si stringono e si assicurano mediante una chivarda *d*, avente le estremità filettate. Le madreviti sono tagliate nella periferia a guisa di ruote dentate (*n*); così per mezzo delle incavature *m* si possono prima colle mani, poi con uno scalpello, far girare le madreviti e stringere i fianchi. Gli incavi *m* si tappano poi con pezzetti di legno, avendo cura di farne combinare la venatura con quella del fianco.

In generale quando l'orecchione porta il pianerottolo, come nelle scale a volo, si incurvano i gradini presso il ripiano nel modo indicato dalla fig. 298, affinché meglio si possa fare la commessione fra orecchione e ripiano. S'incurvano quasi sempre solo il gradino che precede il pianerottolo, quello corrispondente al ripiano e i due successivi. Per determinare la larghezza delle pedate sulla parte curva del fianco si può procedere nei seguenti due modi. Si prendono i punti 0 e 8 sul mezzo delle pedate 7 e 11, ossia si fa $A0 = A8 = \frac{3}{4} AB$, e si descrive un quarto di cerchio tangente ai fianchi rettilinei in detti punti. Esso determinerà in pianta la curvatura dell'orecchione. Si divide il quadrante 08 in 8 parti eguali: i tratti $B.1, 1.3, 3.5, 5.7, 7.C$ saranno le larghezze delle pedate 7, 8, 10, 11 e del ripiano lungo il fianco esterno. Si unisce poi il centro *P* dell'arco col punto 3: questa retta incontrerà la *A E* nel punto *F*: si fa $F G = F 3$ e nei punti 3 e *G* si abbassano le perpendicolari rispettivamente sulle

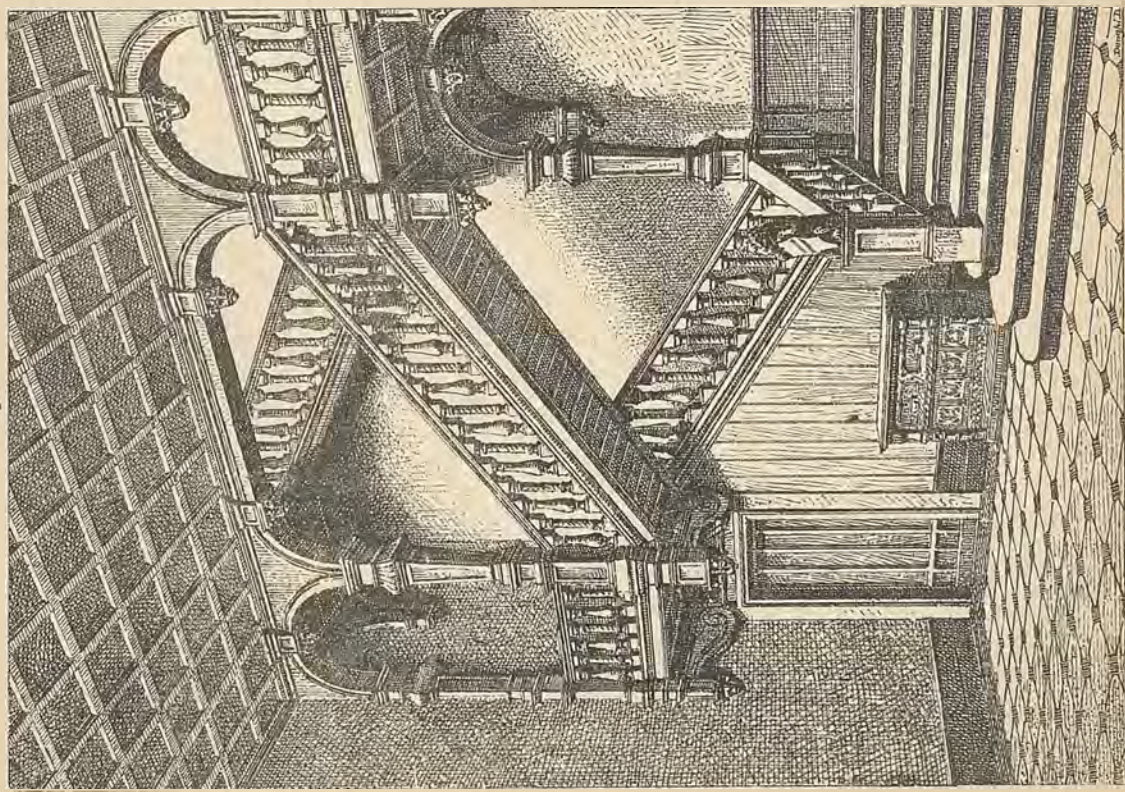


Fig. 1

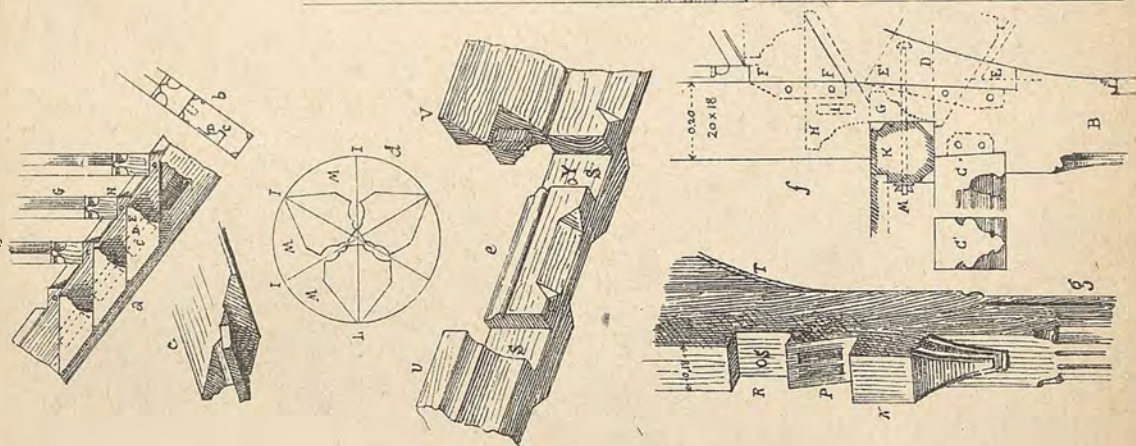


Fig. 2.

Fig. 3

Fig. 4.

Fig. 1. — Scala in legno nel Palazzo del Duca Mario Grazioli in Roma (arch. G. Riggi).

Fig. 2, 3, 4 (a, b, c, d, e, f, g). — Scala in legno con scalini massicci incastrati nei fianchi.

rette F3 e FG: il loro incontro determina il centro H dell'arco GS. Lo stesso si fa per incurvare lo scalino che precede il pianerottolo e per gli scalini che lo seguono.

Invece di dividere in 8 parti l'arco OS si può procedere in questo modo. Su una retta MN si portino successivamente le larghezze di 6 pedate normali, uguali perciò tra loro; esse corrisponderanno alle 7 alzate 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13. Nel punto che corrisponde

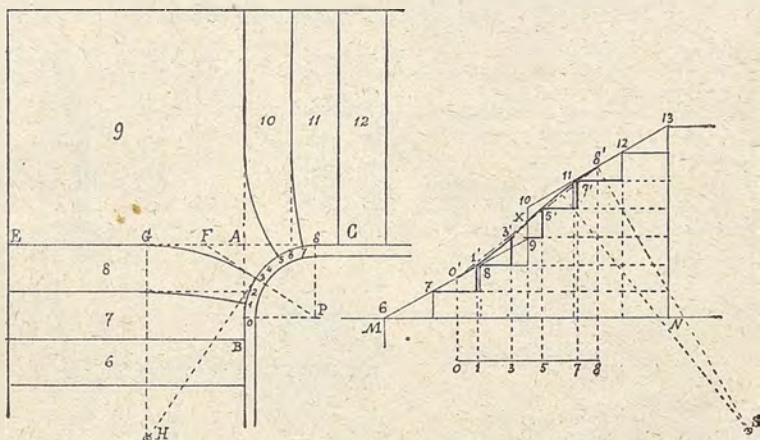


Fig. 298. — Incurvamento degli scalini presso l'orecchione.

all'alzata 9 del pianerottolo si avrà una pedata nulla, cioè le alzate 9 e 10 si troveranno su una stessa verticale, ossia il tratto di verticale 9-10 è quello che si deve superare colla curva dell'orecchione. Perciò se si prende il punto X sul mezzo di 9-10 e si descrivono due archi tangenti nei punti O' e S' , corrispondenti ai limiti dell'orecchione, e raccordantisi nel punto X, questi due archi daranno lo sviluppo dell'orecchione. Questa curva è incontrata nei punti $1', 3', 5', 7'$ dalle orizzontali delle alzate: le loro proiezioni 1, 3, 5, 7 daranno in 0-1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-8 le larghezze sviluppate dei gradini sul quadrante OS.

Si è visto come si determina la curva sviluppata dell'orecchione. Nella fig. 299 *a*, *b*, *b'*, *b''*, *c* è rappresentato il modo con cui si ottengono la forma e le dimensioni dell'orecchione e del pezzo di legno occorrente per ricavarlo. In *a* è rappresentata la proiezione orizzontale dell'orecchione: in *b'* il suo sviluppo, eseguito secondo il sistema sopra indicato; *h* è la sua altezza, uguale a quella del fianco rettilineo, che sporge sopra e sotto gli scalini della quantità *mn*. Col sussidio delle figure *a* e *b'* si son costruite la proiezione verticale *b* dell'orecchione, e la fig. *b'*, che è una sezione dell'orecchione nella direzione del piano ABFE, faccia superiore del parallelepipedo ABCD, dal quale si deve ricavare l'orecchione. Questo pezzo è segnato con grossezza uguale a QR, altezza uguale ad AC, cioè superiore di alquanto all'altezza dell'orecchione, e larghezza AD, anch'essa un po' maggiore a quella dell'orecchione. Nella fig. *c* sono poi disegnati il parallelepipedo e l'orecchione in proiezione assonometrica, per meglio mostrarne la forma e il modo secondo il quale si deve procedere nel tagliare l'orecchione dal parallelepipedo di legno. Si segna cioè sulla faccia superiore di esso la figura $O_2O_3S_3S_2$ e sulla faccia inferiore la stessa figura, ma in senso contrario. Indi si taglia il pezzo secondo le curve O_2S_2 e O_3S_3 , formando così due superficie cilindriche. Si uniscono poi i punti corrispondentisi delle due sagome relativi alle sezioni P0, P1, P2... P8 (fig. *a*), e sulle rette risultanti, che sono tante generatrici delle due superficie cilindriche ora dette, si portano le distanze O'_1O_3 , O'_2O_2 , ecc., della fig. *b*, tanto dalla faccia superiore del pezzo, quanto dall'inferiore. Si otterranno così i punti pei quali

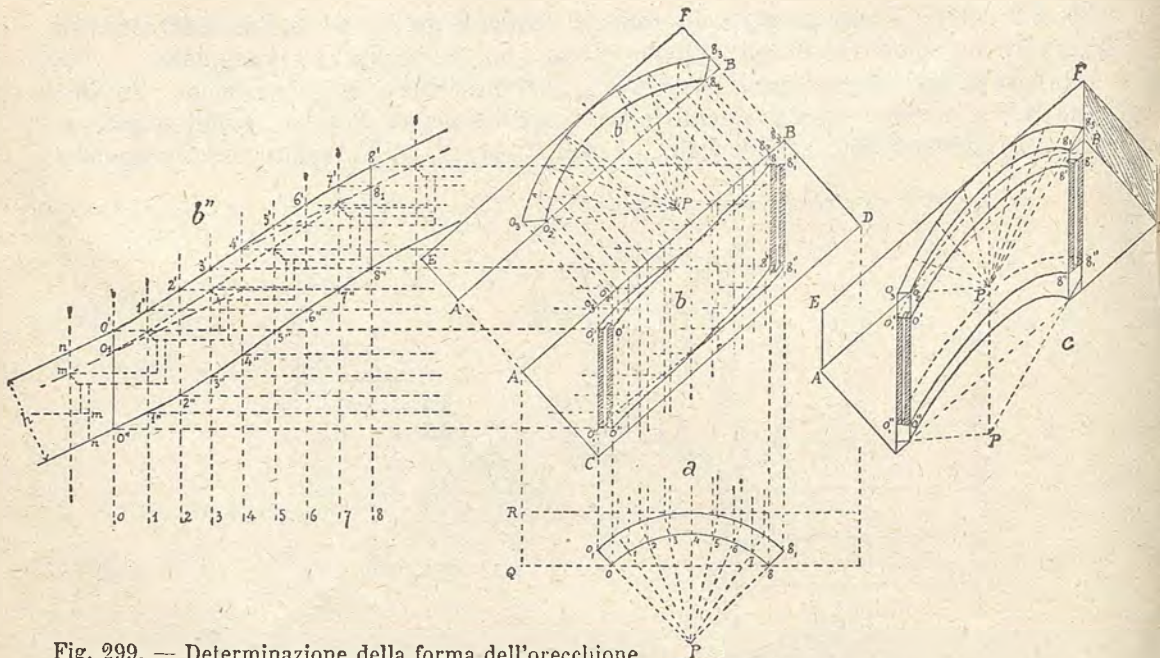


Fig. 299. — Determinazione della forma dell'orecchione.

dovranno passare le curve che determinano le faccie superiore ed inferiore dell'orecchione. Secondo tali curve si taglierà il legno, e così l'orecchione sarà ultimato.

Quando l'orecchione è molto lungo, non bastano le chiavarde per unirlo ai tratti rettilinei dei fianchi, ma bisogna rinforzarlo con piastre di ferro avvitate sulle sue faccie superiore ed inferiore, ed incastrate nel legno, perchè non restino visibili.

Nel vol. II, pag. 39, è indicato un metodo per la determinazione degli scalini nelle scale aventi una parte degli scalini a ventaglio. Si esporranno ora qui due metodi per determinare la forma degli scalini nelle scale con risvolti a chiocciola, siano essi solo a quarto di circolo o a semicircolo. Nella fig. 300 *a*, *b* è indicato il primo metodo, più complicato, e nella fig. 301 *a*, *b* il secondo più pratico e più semplice.

Nella rampa *a* (fig. 300) sono rappresentati in punteggiata gli scalini rettilinei e quelli a ventaglio, allorchè si fanno concorrere questi ultimi nel centro del quarto di circolo determinante l'orecchione. Volendosi ottenere una migliore e più comoda distribuzione degli scalini lungo il fianco interno, il che serve anche a diminuire il numero degli incastrati nell'orecchione, e così a meno indebolirlo, si procede nel seguente modo, simile a quello usato nella fig. 298. Sopra una retta orizzontale *AB* (fig. *b*) si portino da 1 in 4 le pedate 1, 2, 3, 4 della fig. *a*: da 4 in 9, gli archi sviluppati 4.5, 5.6 . . . 8.9, corrispondenti alle larghezze delle pedate sul fianco interno degli scalini a chiocciola concorrenti nel centro dell'orecchione; infine da 9 in 12 le successive pedate rettilinee. Sopra una normale in 1 all'*AB*, e partendo dal punto *B'*, si portino poi tante alzate corrispondenti alle pedate della retta *AB*. L'incontro delle verticali in 1, 4, 9 e 12 colle corrispondenti orizzontali determineranno i punti 1'', 4'', 9'' e 12'', e le rette 1''4'', 4''9'', 9''12'' daranno l'inclinazione dei fianchi rettilinei e del tratto in curva sviluppato. Ad evitare però i flessi nei punti 4'' e 9'', e per poter ottenere la graduale diminuzione nella pedata degli scalini a chiocciola, si sostituisce alla retta 4''9'' una curva, che si ottiene dividendo per mezzo la retta 4''9'', portando sulle 1''4'' e 9''12'' le due distanze 9''*p* e 4''*r* uguali a 9''*s* = *s*4'', e innalzando la perpendicolare in *s* alla 4''9'' e le perpendicolari in *p* e *r* alle 9''*p* e 4''*r*. I punti d'incontro di queste due ultime perpendicolari con quella innalzata in *s* saranno i centri degli

archi ps e sr , tangenti in s , i quali determineranno la curva voluta. Le orizzontali della linea $1C$ delle alzate incontrano la detta curva nei punti $3^x, 4^x \dots 10^x$, che proiettati sulla orizzontale $A'B'$ daranno i punti $3^x, 4^x \dots 10^x$, i quali, insieme coi punti $1^x, 2^x, 11^x$ e 12^x determineranno le nuove larghezze degli scalini da portarsi sul fianco interno della rampa, come è precisamente indicato in figura. Unendo questi punti coi punti $1^o, 2^o, 3^o$, ecc., della linea mediana della rampa, si avranno nelle rette $3^o3^x, 4^o4^x \dots$ le nuove direzioni degli scalini.

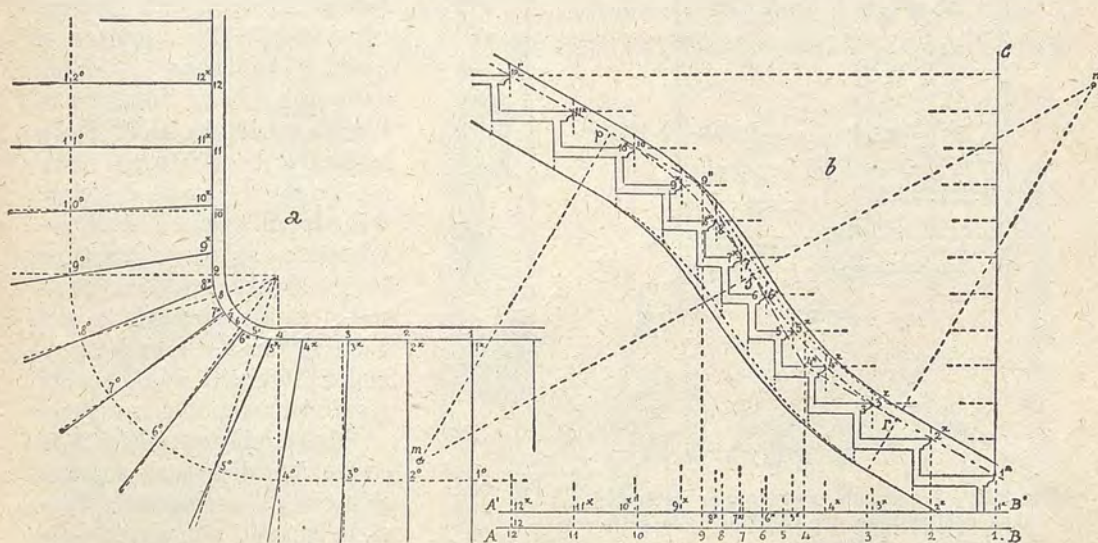


Fig. 300. — Primo metodo per determinare la direzione degli scalini nelle scale con scalini a ventaglio.

Per avere poi le curve degli spigoli superiore ed inferiore del tratto di fianco $3^x 10^x$, bisogna portare sopra e sotto gli scalini (fig. *b*), su tante verticali partenti dagli spigoli anteriore e posteriore delle pedate, una quantità costante, che si è detto varia fra i 5 e i 6 centimetri. Però unendo tutti i punti che così si ottengono si originano due curve (punteggiate nel disegno) che vanno gradatamente avvicinandosi dagli estremi verso il loro mezzo. Ne consegue che il fianco esterno non avrà nella parte curva la stessa altezza della parte rettilinea. Si correggono perciò le dette curve disegnando a occhio due altre curve, fra le quali interceda normalmente ad esse una distanza uguale all'altezza dei fianchi rettilinei presa pure normalmente rispetto ai loro spigoli.

L'altro metodo, che si è detto più pratico e più spiccio, è il seguente.

Sia da trovare la graduale diminuzione degli scalini di una scala con porzione di chiocciola semicircolare (fig. 301). Si conduca la linea $1-21$ di mezzo della rampa e la si divida in 20 parti uguali, essendo 21 il numero delle alzate della rampa. Supposto che le pedate 1, 2, 19 e 20 non abbiano a subire rastremazione nella loro larghezza, si portino sopra una retta qualunque $2-11$ (fig. 301 *b*) 9 parti uguali fra loro, corrispondenti alle pedate da 2 a 10. Indi si tiri la retta $2-C$ che faccia un angolo qualunque colla $2-11$; da 2 in $11'$ si porti la lunghezza mn del fianco interno sviluppata, e da 2 in $3'$ una quantità uguale (od anche un po' minore) alla larghezza delle pedate di larghezza costante, ossia delle parti in cui fu suddivisa la linea mediana della rampa. Da $11'$ si tiri una parallela a $2-11$ e si unisca 3 con $3'$: la retta $3-3'$ incontrerà la parallela tirata da $11'$ nel punto $3''$: si divida $11'-3''$ in 8 parti uguali e ciascun punto di divisione si unisca col corrispondente punto della $2-11$. I punti $3', 4', 5', 6', 7' \dots$ della retta $2-C$ daranno le larghezze $2-3', 3'-4', 4'-5', 5'-6' \dots 10'-11'$ da portare sul fianco interno da m in n .

Unendo i punti che così si segneranno sul fianco interno coi punti 3, 4, 5, 6... 11 della linea mediana della rampa, si avranno le direzioni degli scalini gradualmente rastremantisi.

Nelle scale con scalini a chiocciola il fianco esterno si collega negli angoli a coda di rondine, a meno che la gabbia sia circolare nella parte a chiocciola, chè allora il fianco diventa pur circolare e allora bisogna formarlo di tanti pezzi come l'orecchione interno, i quali si collegano a doppio dente (fig. 297 c). Non occorre l'inchiodatura se il fianco esterno è incastrato nel muro o sorretto da staffe di ferro.

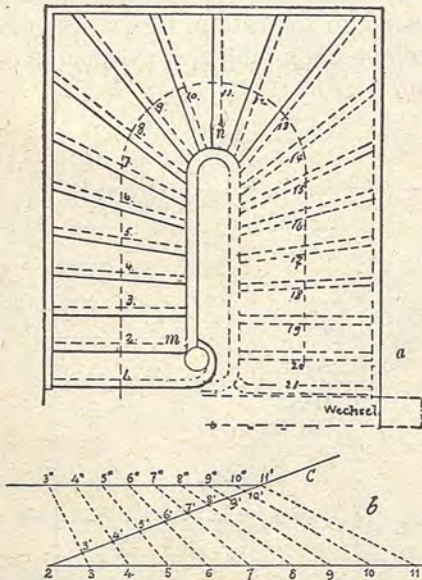


Fig. 301. — Secondo metodo per determinare la direzione degli scalini nelle scale con scalini a chiocciola.

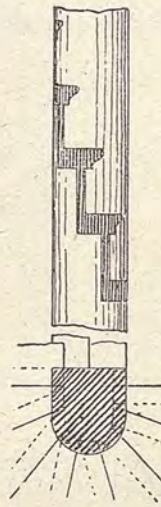


Fig. 302.

Quando gli scalini sono sovrapposti al fianco, bisogna tenere il fianco interno piuttosto grosso, perchè la sua parte in curva viene ad essere molto ritagliata dagli scalini assai vicini che vi concorrono.

Molto più semplice è la costruzione delle scale a mezza chiocciola o a chiocciola completa quando non devono essere a volo, ma siano soste-

nute da un'antenna o da un'anima piena. Allorchè quest'anima è appoggiata nella sua estremità inferiore allora la scala è a collo, e quando si riduce ad una colonnetta pensile, allora la scala diventa a volo. In quanto al tracciamento degli scalini sull'antenna (fig. 302) non occorre spender parole, poichè col sussidio della pianta e dello sviluppo della parte circolare dell'antenna, corrispondente agli scalini in curva, si possono facilmente segnare la posizione e le dimensioni delle pedate e delle alzate sull'antenna e praticare in questa i necessari incavi.

Allorquando vi sono parecchie rampe sovrapposte e l'antenna si protende dal basso fino all'ultima rampa, l'effetto che ne risulta non è troppo bello, tanto più che il parapetto deve interrompersi nel suo incontro coll'antenna. Perciò in tal caso non si adotta questo genere di scale che per fabbricati secondari, per scale di servizio e simili.

Le scale a chiocciola intiera, dette anche a vite o a lumaca, si distinguono in iscale a pozzo e ad anima (v. vol. II, pag. 41). In queste ultime il fianco esterno può essere sostenuto tanto dal muro della gabbia quanto da colonne o mensole, oppure può essere a volo. L'anima però deve sempre saldamente fermarsi nelle sue estremità, ed avere un diametro tale che ogni pedata alla periferia dell'anima sia ancora larga almeno centimetri 6. Perciò dal numero n degli scalini componenti il giro della chiocciola si determinerà il diametro d dell'anima, ossia sarà:

$$d = \frac{6n}{\pi} = \frac{6}{3,14} n = 1,94 n.$$

Così se fosse $n = 16$ si avrebbe $d = 16 \times 1,94 = \text{cm. } 31$, in cifra tonda. Se la scala a chiocciola fa più di un giro, allora il numero n delle pedate p moltiplicato per l'alzata a deve dare un'altezza h di circa m. 2,20 (v. vol. II, p. 41). Indicando perciò con D il diametro della circonferenza mediana della scala, sulla quale si fa generalmente la ripartizione degli scalini, sarà $D \cdot \pi = n \cdot p$ e quindi, nel caso di $n = 16$, si avrà $p = \frac{D \cdot \pi}{16}$.

Di più $n = \frac{h}{a}$; onde la questione si riduce a vedere se p sia tale che la scala non diventi incomoda e se non si scosti troppo dal valore $\text{cm. } 60 - 2a$. Quando fosse dato p allora si troverà D mediante la relazione $D = \frac{na}{\pi}$.

Se il fianco esterno è addossato al muro di gabbia (fig. 304), allora viene quivi sostenuto da staffe di ferro, da gattelli di legno e simili. Ma sovente la scala è isolata ed allora il fianco esterno può essere tanto sostenuto quanto libero. Nel primo caso è sorretto da stili, colonne od altri simili sostegni verticali, che salgono dal piede della

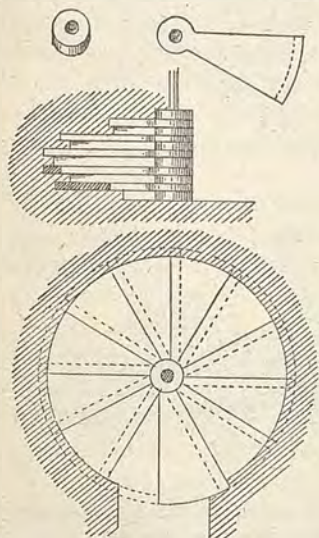


Fig. 303. — Scala a chiocciola con scalini infilati in un'anima di ferro.

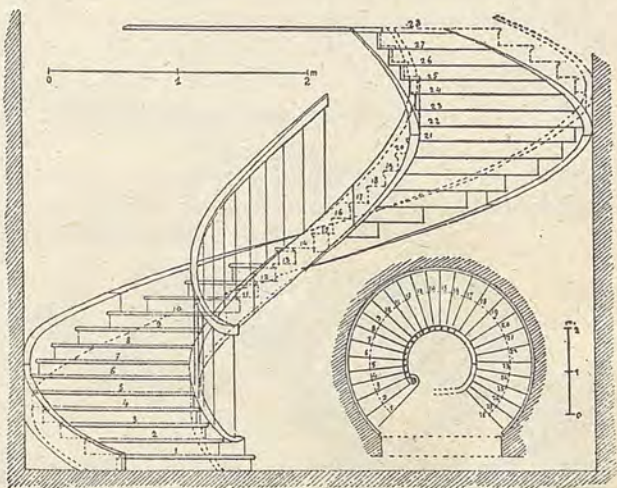


Fig. 304. — Scala a chiocciola a pozzo.

scala e la circondano, formandone così la gabbia (fig. 307), oppure da mensole incastrate nel muro di gabbia. Il secondo caso occorre quando la scala è a sbalzo (fig. 312), cioè gli scalini sono sostenuti solamente dall'anima: allora conviene rilegarlo coll'anima mediante tiranti di ferro, rinforzarlo con una lama di ferro incastrata nella sua faccia inferiore, oppure sostenerlo con ferri a T sopportati dall'anima, e collegarlo col parapetto in modo che questo concorra a rinforzarlo.

Si può dare alla scala un aspetto migliore adottando un'anima di ferro vuoto, la quale richiede un diametro minore di quello che occorrerebbe per un'anima di legno: gli scalini vi si assicurano mediante ferri d'angolo.

Un altro sistema di costruzione di scale a chiocciola è indicato dalla fig. 303. In una anima di ferro si infilano le tavole tagliate colla forma delle pedate, e separate l'una dall'altra mediante una rotella di legno dell'altezza dell'alzata. Questa poi si può mettere oppure tralasciare. Gli scalini vengono incastrati nel muro, come si farebbe per le scale di pietra.

Quando si hanno da costruire scale a chiocciola a volo si preferisce fare l'anima di ferro anzichè di legno. Se ne parlerà trattando della costruzione delle scale di ferro.

Le scale a chiocciola a pozzo sono quasi sempre a volo, perchè raramente il fianco interno viene sorretto da sostegni lungo il pozzo. La fig. 304 rappresenta appunto una scala a chiocciola a pozzo e a volo, nella quale tanto il fianco esterno, quanto l'interno sono formati da tanti pezzi a curva elicoidale, incastrati fra loro a doppio dente. Il fianco esterno è saldamente fissato alla parete, mentre l'interno è a volo e si sostiene

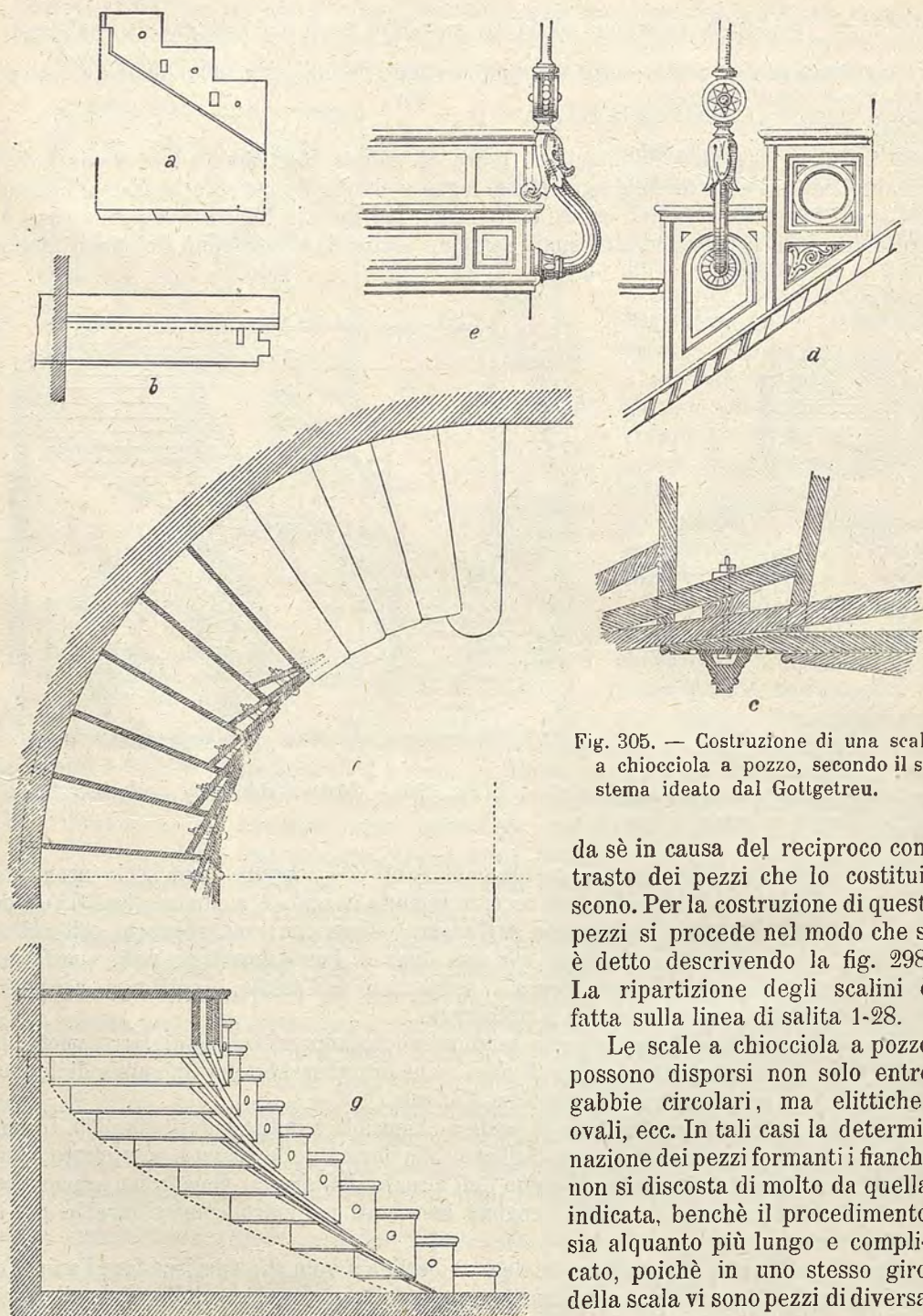


Fig. 305. — Costruzione di una scala a chiocciola a pozzo, secondo il sistema ideato dal Gottgetreu.

da sè in causa del reciproco contrasto dei pezzi che lo costituiscono. Per la costruzione di questi pezzi si procede nel modo che si è detto descrivendo la fig. 298. La ripartizione degli scalini è fatta sulla linea di salita 1-28.

Le scale a chiocciola a pozzo possono disporsi non solo entro gabbie circolari, ma ellittiche, ovali, ecc. In tali casi la determinazione dei pezzi formanti i fianchi non si discosta di molto da quella indicata, benchè il procedimento sia alquanto più lungo e complicato, poichè in uno stesso giro della scala vi sono pezzi di diversa forma.

Merita qui di essere ricordata una scala a chiocciola a pozzo (fig. 305), costruita con un sistema tutto speciale dal Gottgetreu e descritta nel suo trattato (1).

(1) *Lehrbuch des Hochbau-Konstruktionen*, parte II.

Nella trasformazione di un edificio esistente si doveva, per ragioni speciali, sostituire ad una scala in muratura di gabbia semicircolare una scala di legno, e per la costruzione non si poteva disporre che degli operai del luogo, piccolo paese di campagna lontano da ogni centro importante, operai non troppo abili. Per ciò il Gottgetreu dovette escogitare un sistema di costruzione, nel quale la scala fosse tutta composta di pezzi dritti e di forma tale che andasse ripetendosi per l'intera scala. Per il fianco interno serve il pezzo disegnato in pianta ed elevazione in *a, b*; su di esso si appoggiano tre gradini; nella sua parte inferiore è tagliato alquanto a cuneo ed adornato da un tondino che si scorge in *c, d*. Per il pezzo formante l'alzata si è adoperata la sagoma della fig. *b*, avente altezza doppia dell'alzata degli scalini. I pezzi tagliati secondo queste due sagome s'incastano insieme in modo che la pedata viene ad appoggiarsi, colla sua estremità interna, sopra tre pezzi successivi del fianco e col suo orlo anteriore sull'alzata. I pezzi dritti del fianco s'incontrano fra loro sotto un angolo molto acuto (circa 8°) e sono tenuti ancora insieme da una chiavarda, che attraversa pure una zeppa di ripieno in legno di quercia, come si vede chiaramente nelle figure *c, f*.

Tale chiavarda serve anche a fermare i colonnini del parapetto, di cui se ne è rappresentato il piede nelle fig. *d, e*. La scala è inferiormente rivestita da una fodera di tavole lavorata a tondino nell'orlo corrispondente al fianco (fig. *d*).

Un'altra specie di scale di legno è quella a *scalini massicci*. Come si vede nella fig. 306 ogni scalino è formato da un pezzo solo di legno. Queste scale si possono costruire a sbalzo come quelle di pietra, immurando cioè i gradini in una loro estremità, in modo che lo scalino si regga per il solo effetto dell'incastamento nel muro, oppure appoggiando gli scalini sopra travi di legno.



Fig. 306. — Sezioni e collegamenti di scalini massicci.
a, b, scalini massicci a sbalzo; *c*, scalini massicci appoggiati su travi.

Nel primo sistema (fig. 306, *a, b*) la parte posteriore di ogni scalino deve imboccare nell'anteriore del successivo e gli scalini devono poi essere collegati o da lame di ferro fissate nella loro faccia inferiore con viti (*a*), o da chiavarde che attraversano la grossezza degli scalini e li collegano a due a due (*b*). Le scale di legno a sbalzo presentano però molti difetti, senza tener conto che danno luogo a un grande consumo di legname, epperò sono oggigiorno quasi del tutto abbandonate.

Più comunemente si adotta il sistema degli scalini appoggiati su travi (fig. 306 *c*), nel quale gli scalini sono chiodati sopra travi che formano i fianchi delle rampe. La faccia inferiore di ogni scalino viene piallata, cosicchè gli scalini stessi formano il soffitto della rampa. Allorchè la scala è esterna, nella parte posteriore di ogni scalino si lascia una fessura per lo scolo dell'acqua.

Gli scalini possono però anche incastrarsi nei fianchi, come si è visto per le scale a cassette, e il medio-evo ci fornisce esempi bellissimi di scale massicce di legno con scalini tanto incastrati nei fianchi, quanto appoggiati.

Nella Tav. IV, fig. 2, 3, 4 (*a, b, c, d, e, f, g*) è riprodotta appunto una scala con gradini massicci incastrati nei fianchi, quale viene descritta dal Viollet-le-Duc nel suo *Dictionnaire raisonné d'architecture*. Essa rappresenta il tipo più semplice di scale in legno di tal genere, quello che si costruisce coi mezzi più naturali. Nella figura 3 se ne vede la pianta: B è il primo scalino della prima rampa, salita la quale si arriva al pianerottolo intermedio C, da cui si ascende al ripiano E, a livello del primo piano. Le rampe sono sostenute da quattro stifi, che salgono dal basso fino alla sommità, e in

fondo sono incastrati entro un basamento di pietra (fig. 2). Il fianco interno della prima rampa appoggia pure sopra questo basamento, e si commette nello stile F, che riceve a mezzo legno la pedata da pianerottolo G, sostenuta anche da un travetto commessovi a tenone e mortisa e riposante sul gattello H. Nella sezione non si vede la seconda rampa, ma essa è in tutto simile alla terza, nella quale si vede il fianco interno sorretto nella parte inferiore dalla mensoletta I e nella superiore dalla saetta K. Le grandi saette come K sono necessarie per impedire gli effetti della spinta delle rampe e i movimenti degli stili, che si verificano specialmente quando la scala serve parecchi piani. Esse rendono rigido tutto il sistema, specialmente quando si colloca una formella traforata, come vi si vede in figura, nel triangolo formato dal fianco, dallo stile e dalla saetta K.

Nella figura 4 a è rappresentata una porzione del fianco interno, vista dalla parte interna, e in b la sua sezione. Ciascun gradino si incastra nel fianco per mezzo di un tenone C (vedi fig. 4 c), munito di una spalletta inclinata D. La parte superiore E si incastra pure leggermente nel fianco. Gli scalini sono piallati al disotto e formano il soffitto delle rampe. Sul fianco si appoggiano i colonnini G del parapetto, commessi a dente e canale entro i rinforzi H.

Simili scalini massicci erano anticamente quasi sempre ricavati da rimessiticci di legno di quercia, come lo indica la fig. 4 d. Con tre tagli di sega I si divideva il pezzo, di cm. 50 circa di diametro, in 6 prismi triangolari, da ciascuno dei quali si ricavava uno scalino in modo tale che avesse il davanti rivolto verso il cuore del legno, essendo quella la parte dello scalino più soggetta a consumarsi.

Se rimaneva così qualche poco di alborno questo veniva a trovarsi nella coda dello scalino, non sottoposta allo sfregamento dei piedi. Questa maniera di ricavare gli scalini in pieno legno, col davanti verso il cuore, ha inoltre i seguenti vantaggi: impedisce al legno di torcersi o di fendersi, perchè i tagli di sega sono fatti precisamente nel senso delle fibre: fornisce scalini tutti egualmente resistenti e sei sciaveri M, che possono utilizzarsi ancora assai bene.

Da ciò si vede come i carpentieri del medio-evo, alla qual'epoca si riferisce il Violletle-Duc, dessero molta importanza non solo alla scelta del legname, ma al modo di adoperarlo, per ottenere lavori resistenti e tali che non andassero soggetti a spaccarsi, fendersi e contorcersi, a subire insomma quei movimenti tanto funesti nei lavori di legno. Qualche volta invece della quercia si adoperava per gli scalini il noce od il castagno.

Le fig. 4 e, f, g rappresentano il modo col quale sono commessi i fianchi negli stili, gli scalini da pianerottolo, i travetti di sostegno dei pianerottoli, ecc. In f sono disegnati sopra una stessa proiezione verticale: lo stile B; il fianco EE' della rampa d'arrivo; quello FF' della rampa di partenza; il travetto C del pianerottolo col suo doppio tenone e il suo profilo C'; la mensoletta D del fianco FF'; lo scalino G da ripiano; il primo scalino H di partenza appoggiantesi sullo scalino G da pianerottolo, e il suo tenone I incastrantesi nello stile; la sezione K della parte dello scalino da ripiano compresa fra due stili. Questo scalino, commesso a mezzo legno nello stile e appoggiato in parte sul travetto C, è fortemente serrato nella sua commessione da una chiavarda M, che penetra nella mensoletta D, ove è fissata. La mensoletta D e i fianchi EE', FF' non sono commessi sul mezzo degli stili, ma affiorano la loro faccia interna (vedi la pianta). Nella fig. 4 g sono rappresentati in prospettiva i diversi tagli fatti nello stile per le commessioni. N è il rinforzo su cui si appoggia l'estremità del travetto G; P sono i due incastri pei tenoni dello stesso travetto fatti nel taglio inclinato contro cui si appoggia l'estremo del travetto stesso; R è l'intaglio nel quale viene a inserirsi lo scalino da ripiano ed S il foro per la chiavarda anzidetta; T è la mensoletta del fianco. La figura prospettica 4 e mostra invece lo scalino da ripiano dalla parte dei suoi intagli SS inserentisi negli intagli R dei due stili di uno stesso ripiano. Lo scalino d'arrivo (G della fig. f) è in U; quello di partenza (H della fig. f) è in V, col suo tenone;

Y è il foro della chiavarda, che mette capo nella mensoletta inferiore del fianco. La parte centrale X è quella compresa fra due stili e indicata colla sezione K nella fig. 4 y.

I colonnini dei parapetti sono, come si è detto, commessi coi fianchi, e il mancorrente, che li rilega superiormente, è invece commesso cogli stili.

Viollet-le-Duc dice che questo sistema di scale di legno con rampe rettilinee e ripiani, persistè fino al secolo XVII: era molto solido, non si deformava come la maggior parte delle scale, che si costruirono in seguito, nelle quali i fianchi solamente fermati contro gli scalini da ripiano finiscono quasi sempre per inflettersi.

La figura 307 rappresenta invece una scala con gradini massicci, ma a chiocciola ed isolata, formante un'opera affatto indipendente dalla costruzione in muratura. Anche questa scala si è presa a prestito dal *Dizionario* del Viollet-le-Duc. Questo genere di scale, collocate in generale in un angolo del locale che dovevano mettere in comunicazione con un altro ad esso sovrastante, era piuttosto un'opera da falegname che da carpentiere, trattata con cura e sovente con grande ricchezza di sagome e di sculture. Gli scalini di tali scale furono fatti di pezzi massicci fino a tutto il secolo XV, avevano un'anima ed erano riuniti al centro per mezzo di un'asta rotonda di ferro, o di una chiavarda che impediva ad essi di deviare. Ciascun scalino aveva il suo stilo nel quale si commetteva. Ogni stilo, di un solo pezzo per tutta l'altezza del piano, era commesso alla base e al sommo in un anello di legno. Tutti gli stili venivano a formare la gabbia della scala, la quale era o un cilindro od un prisma avente tante faccie quanti erano gli scalini in proiezione orizzontale. Si riproduce in α una porzione della pianta di una scala simile avente dodici scalini sulla sua circonferenza. B sono gli stili,

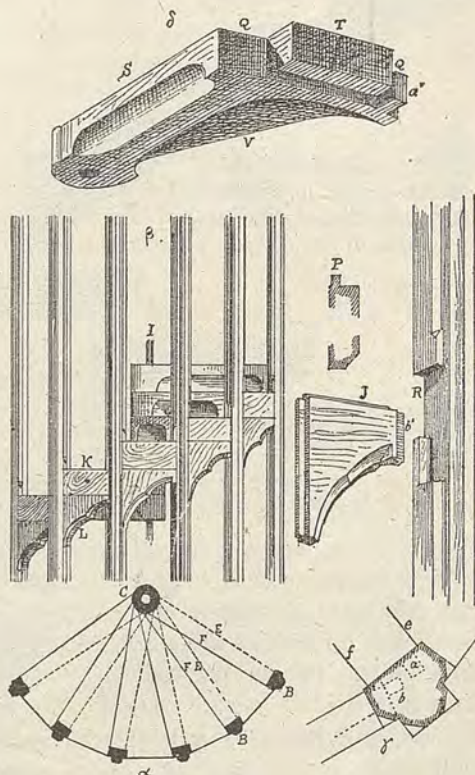


Fig. 307. — Scala a chiocciola isolata con scalini massicci.

C l'anima ed EF il ricoprimento di ciascun scalino sul sottostante, essendo F l'orlo anteriore ed E il posteriore di ogni gradino. β è la proiezione verticale della scala: in questa figura si vede il ferro tondo I che infila tutti gli scalini, la faccia K anteriore degli scalini, i quali appoggiano sopra mensolette L incastrate negli stili. La fig. γ dà in scala maggiore la sezione orizzontale di uno stilo: a è il tenone posteriore dello scalino (a' della fig. δ); b è la linguetta della mensoletta, disegnata in prospettiva nella figura J, ove si vede appunto la linguetta stessa in b' e nella parte superiore un dente (P della sezione), destinato a incastrarsi nel fianco T dello scalino (fig. δ). Un intaglio R nello stilo permette poi allo scalino di commettersi. La fig. δ mostra lo scalino in prospettiva: S è la sua faccia anteriore; T il fianco visibile all'esterno sopra la mensoletta L; Q i due intagli, contro cui si appoggiano gli intagli R degli stili. Sotto la testa T si vede poi l'intaglio per il dente superiore della mensoletta; lo spigolo V, corrispondente alla faccia posteriore dello scalino, mostra poi come questo sia tagliato a cuneo per renderlo più leggero e meno ingombrante.

Si usano anche scalini massicci di legno per le scale che conducono alle cantine, ai sotterranei ed anche per scale esterne. Allora gli scalini sono incastrati nei loro estremi nei muri laterali, oppure sono appoggiati sopra un massiccio di muratura od anche sopra vòlte.

Sovente nelle scale di muratura lo spigolo anteriore degli scalini è fatto con un travicello squadrato (fig. 308), oppure è rivestita con una tavola di legno tutta la pedata

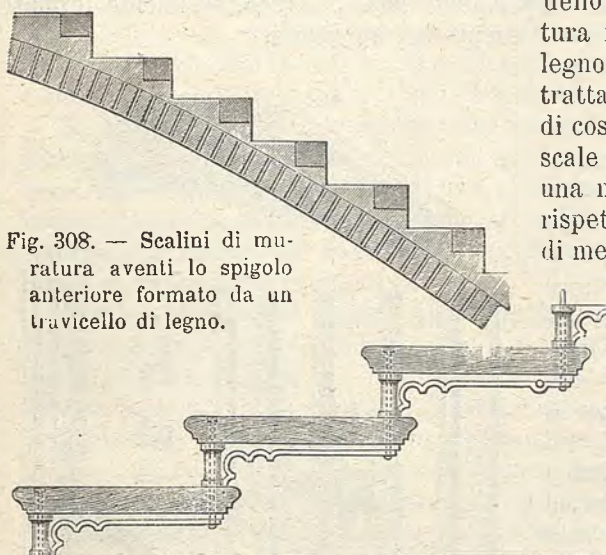


Fig. 308. — Scalini di muratura aventi lo spigolo anteriore formato da un travicello di legno.

dello scalino. Anche nelle scale con ossatura metallica si usa fare la pedata di legno (fig. 309); ma di ciò si riparlerà trattando delle scale di ferro. Queste scale di costruzione mista offrono, rispetto alle scale interamente di legno, il vantaggio di una maggiore sicurezza contro il fuoco e, rispetto alle scale con pedate di pietra e di metallo, quello di un transito più gradevole, poichè la pedata di legno è meno fredda, meno sdruciolevole e meno rumorosa.

Le fig. 310 *a, b, c* rappresentano le maniere più comunemente seguite per fermare le pedate di legno su gradini di pietra. Le viti attraversanti le tavole, generalmente della grossezza di 5 o 6 cm., si avvitano entro dadi impiombati nella pietra; la testa delle

Fig. 309. — Scalini con ossatura metallica e pedate di legno.

viti si lascia affiorare la faccia superiore della pedata, oppure vi si incastra e si ricopre poi con un pezzetto di legno. Il sistema della fig. *c*, col quale la pedata viene trattata mediante un gancio che si impegna in un occhio impiombato nella pietra, benchè presenti il vantaggio di non lasciar visibili le teste delle viti, pure è troppo complicato.

Quando la pedata è molto grande allora conviene inserire al disotto della tavola formante pedata ed a ciascuna sua estremità una lista di rinforzo, come si vede indicato nella stessa fig. *c*. La fig. *d* indica una maniera di collocare le pedate di legno sopra scalini di muratura di mattoni: la parte posteriore di ogni pedata è incastrata nella muratura

per potere essere collegata, mediante viti, colla parte anteriore della pedata ad essa sovrastante. La costruzione viene semplificata immurando dei piccoli tasselli di legno, sui quali le pedate vengono chiodate od avvitate.

Per scale di maggior importanza si possono anche applicare alla rampa di muratura i fianchi di legno, sui quali le pedate vengono ad inchiodarsi come nelle scale a scalini sovrapposti. Si possono anche formare le alzate di legno ed allora si viene a rivestire

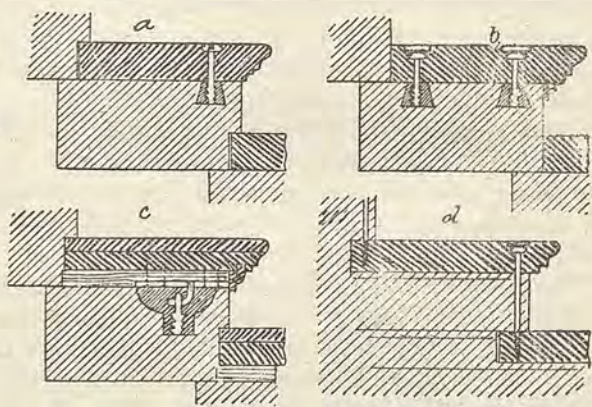


Fig. 310. — Scalini di pietra e di muratura con pedate di legno.

a, b, c, scalini di pietra; *d*, scalini di muratura di mattoni.

completamente la scala di muratura in modo da farla confondere con una scala tutta di legno.

Il parapetto delle scale di legno si fa tanto di legno quanto di ferro, componendolo tanto con asticciuole o colonnini o balaustri, quanto di formelle piene o traforate in un solo pezzo, oppure composte da assicelle. Nelle scale a cassette i bastoncini del parapetto si incastrano nella faccia superiore dei fianchi e nelle scale con scalini appoggiati si fanno quasi sempre a collo d'oca, fissandoli lateralmente ai fianchi, invece di incastrarli negli scalini stessi. Quando il parapetto è di ferro i bastoncini sono fermati al piede entro una lama di ferro, che si avvita sulla faccia superiore dei fianchi, o sulla laterale se il parapetto è a collo d'oca, oppure si appoggia sull'orlo anteriore degli scalini, ai quali viene assicurata con cantonali di ferro.

La fig. 294 *a* mostra un parapetto formato con colonnini di ferro incastrati nelle pedate: nella scala della Tavola III il parapetto è invece costituito da un'intelaiatura di legno, i cui riquadri sono riempiti da ornati di ghisa dolce, come si è detto. Nelle scale della Tav. IV i parapetti sono tutti di legno e formati da colonnini incastrati nella faccia superiore del fianco.

La fig. 311 rappresenta invece un bastoncino di ferro a collo d'oca per una scala a scalini sovrapposti: *d* è il fianco; *f* la pedata colla testa *e* di riporto; *a* è la chiavarda infilata nel dado che sta al piede del bastoncino e fissata nel fianco di legno; *b* è il corrimano di legno munito di bottoni *g*, posti a una certa distanza l'uno dall'altro, per impedire, come si usa appunto negli edifici scolastici, che i bambini possano salire sul parapetto e scivolare lungo il corrimano. L'altezza *c* è quasi sempre di m. $0,80 \div 1,00$.

Un altro esempio di bastoncini a collo d'oca si vede nella scala più sopra ricordata del Gottgetreu (fig. 305).

La fig. 312 rappresenta una scala a chiocciola a sbalzo, nella quale il parapetto è formato da tante lesenette scolpite, i cui inter-spazi sono riempiti da formelle traforate e pur esse minutamente scolpite.

I parapetti si assicurano alle estremità delle branche contro piantoni o stili saldamente fissati nei travetti dei pianerottoli o nel pavimento, con viti e cantonali di ferro (fig. 313). Per disegni di parapetti si rimanda ai capitoli che trattano delle scale di muratura e delle scale di ferro.

L'appoggiatoio, detto anche corrimano o mancorrente, deve avere forma tale che la mano vi si possa comodamente adattare, e perciò la larghezza *a* della sua parte superiore (fig. 314), non deve essere maggiore di 6 o 7 centimetri. La fig. 314 indica alcuni profili di corrimani da adattarsi sopra parapetti muniti superiormente di lama in ferro. L'ultimo però di essi e quelli della fig. 315 sono da adattarsi sopra i bastoncini stessi del parapetto. L'altezza *b* varia da 4 a 6 centimetri. Quando, per l'importanza maggiore della scala, occorre di avere un corrimano più largo e più alto degli ordinari, si adotta un profilo doppio, simile a quello della fig. 315 *c*, ossia un corrimano con incavo. Il mancorrente, come si è detto altra volta, dev'essere di legno duro e tirato a lucido, a meno che si debba ricoprire con velluto o cuoio, nel qual caso si fa anche di legno dolce, e gli si dà un profilo molto semplice (fig. 315 *d*).

Si disse già parecchie volte che si adotta sovente il corrimano anche lungo i muri di gabbia della scala. In tal caso esso è portato da braccioli di ferro immurati e sporgenti dal muro (fig. 316 *a*), oppure è posto entro un'incassatura fatta nel muro stesso (fig. 316 *b*).

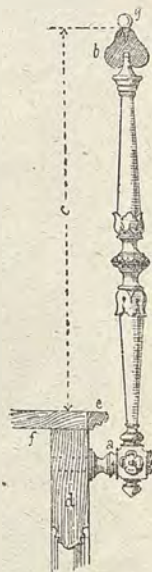


Fig. 311.

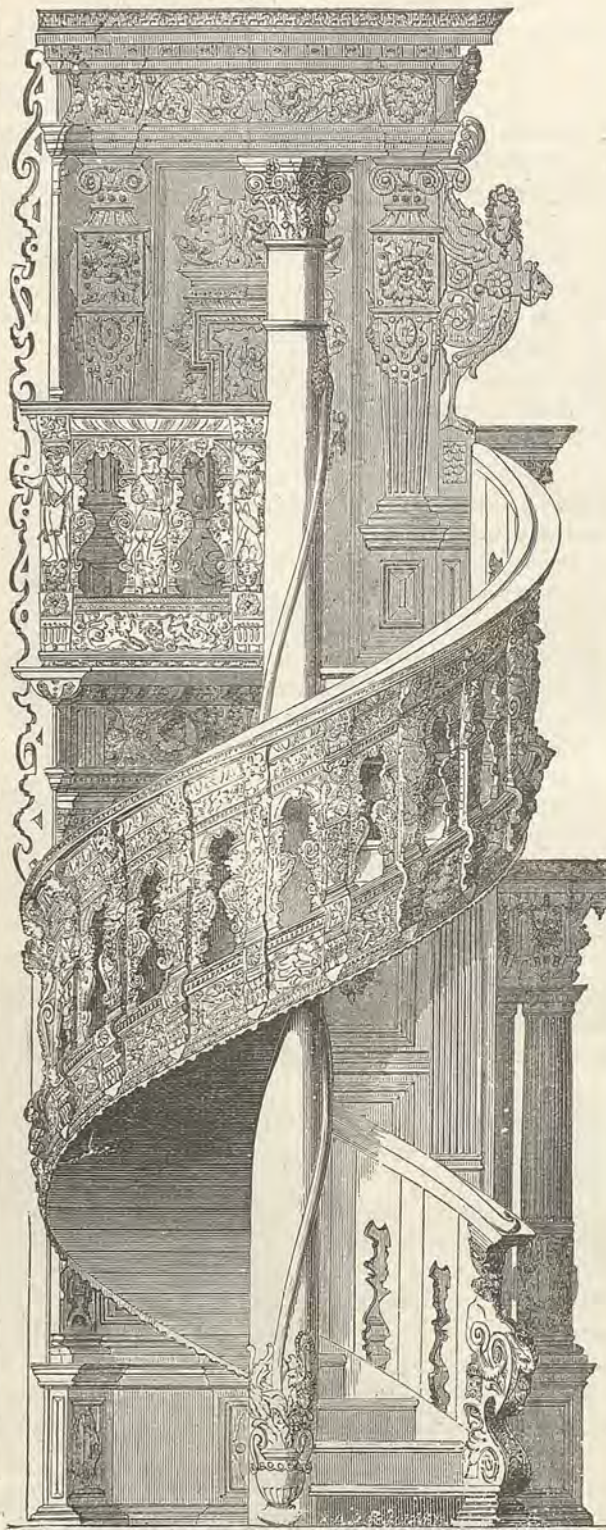


Fig. 312. — Scala a chiocciola nella Camera d'oro del Palazzo del Consiglio a Brema.

Fig. 313.

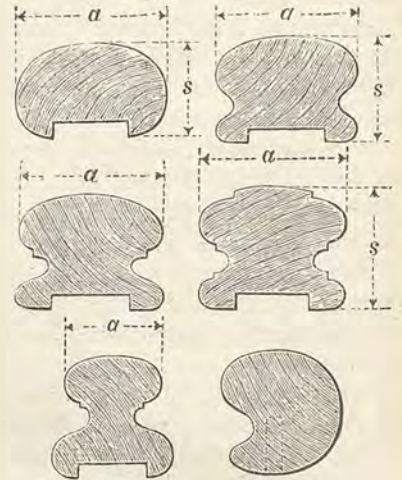


Fig. 314. — Profili diversi di corrimani o mancorrenti da adattarsi sopra la lama di ferro del parapetto.

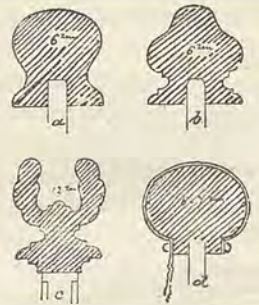


Fig. 315. — Profili diversi per mancorrenti da adattarsi sopra i bastoncini del parapetto.

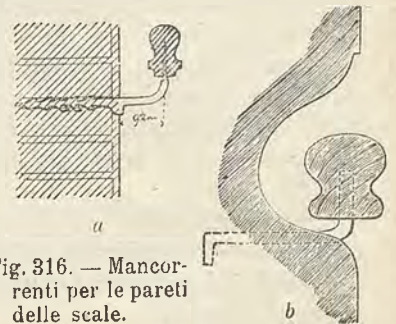


Fig. 316. — Mancorrenti per le pareti delle scale.

Si chiuderà questo paragrafo ricordando che: 1° le scale curvilinee di legno si costruiscono per lo più a volo e la pianta per esse più opportuna è la semicircolare o la circolare: le scale con pianta di forma bizzarra si devono possibilmente evitare perchè riescono poco solide e di lavoro costoso; 2° le scale a chiocciola quando devono essere intieramente a volo, è meglio costruirle di ferro anzichè di legno, perchè quelle di ferro sono di costruzione molto più sollecita ed economica, occupano meno posto e riescono anche più eleganti per la loro leggerezza; 3° le scale massiccie a sbalzo non sono consigliabili, tanto più che quelle di tavole con scalini sovrapposti offrono pari aspetto, sono molto più solide, più leggere e meno costose; 4° le scale a volo sono sempre poco solide e meno ancora quando sono curvilinee: onde, potendolo, converrà attenersi alle scale a collo; 5° le scale a cassette sono più usate che non quelle a scalini sovrapposti, perchè sono di più facile esecuzione: il parapetto, se di legno, si collega assai meglio coi fianchi, i quali sono più adatti ad essere scolpiti od ornati da cornici di ricco profilo; 6° fra le scale a chiocciola meritano una speciale menzione quelle così dette *giranti*, delle quali parla Mathurin Jousse, e che erano impiegate nei castelli e nelle costruzioni militari, dovunque si avevano a temere sorprese notturne. Si collocavano entro torri rotonde, nella cui parete interna erano aperte delle porte in corrispondenza ad ogni piano dell'edificio. La scala era indipendente dalla muratura e racchiusa in un tamburo di legno, nel quale erano aperti tanti vani quante erano le porte della torre. La scala aveva l'anima imperniata al piede ed alla sommità, cosicchè se in una certa posizione del tamburo le porte di esso corrispondevano a quelle della torre, onde si poteva così accedere in ogni piano dell'edificio, quando al tamburo si faceva fare un quarto di giro, i vani di esso si trovavano di fronte al muro pieno della torre e rimaneva così precluso ogni accesso nell'interno dell'edificio medesimo.

E. — LAVORI PROVVISORIALI

Diconsi lavori provvisionali quelle costruzioni di legname che non entrano a far parte definitiva di una fabbrica, ma che sono necessarie per costruirla, ripararla, restaurarla, decorarla ed anche demolirla. Tali costruzioni non durano che il tempo occorrente al compimento di detti lavori, nel corso dei quali devono non solo potersi traslocare ma anche ridurre a maggiori o minori proporzioni, e son destinate a scomparire allorchè sia compiuto il lavoro per il quale servirono. È in causa dell'essenza stessa di tali costruzioni che il materiale più adatto a comporle è il legname, perchè per la sua leggerezza, per le sue dimensioni e per la facilità colla quale si può collocare in opera, si presta assai meglio di ogni altro materiale alle rapide formazioni di strutture, che abbiano a subire continue modificazioni di forma, di mole e di posto. Oggi però che il ferro ha preso in molte costruzioni il sopravvento sul legname si fanno pure con esso molte armature provvisorie, specialmente nella classe delle centinature.

I lavori provvisionali di legname, a seconda dell'ufficio al quale sono destinati, si possono distinguere in:

1° Impalcature o ponti di servizio, che a loro volta si suddividono in:

- a) Palchi o ponti fissi;
- b) Palchi sospesi o pensili e di sbalzo;
- c) Palchi mobili e cioè: palchi aerei, palchi scorrevoli, palchi girevoli;

2° Incastellature o castelli per il trasporto ed il sollevamento di grandi massi, di travature di legno o di ferro e di intere fabbriche;

3° Sbadacchiature e puntellature;

4° Centinature ed armature per archi e vòlte.

Al trasporto dei materiali e anche degli uomini nel punto ove si procede al lavoro occorrono poi i così detti *attrezzi e macchine da cantiere*, di cui si darà pure un cenno. Si tralascieranno però i lavori provvisori idraulici e le armature per la costruzione dei ponti, che fanno parte dell'architettura idraulica, della quale non può occuparsi questo *Manuale*, che tratta specialmente dell'architettura civile.

1° *Impalcature o ponti di servizio*. — Servono a sostenere gli operai, i materiali e gli attrezzi occorrenti alla costruzione. Simili strutture devono potersi facilmente comporre e smontare ed offrire agli operai comodo e sicuro sostegno. Perciò il carpentiere dovrà cercare di soddisfare a tali condizioni impiegando la minor quantità possibile di legname, facendone poco spreco nel commettere i diversi pezzi dell'armatura, scegliere questi in modo che la loro solidità sia proporzionata all'altezza a cui l'armatura va spinta ed ai carichi che deve reggere, e adottare un tale sistema di struttura che, una volta scomposta, possa fornire legnami in tale stato da potersi utilmente impiegare in nuove armature.

I carpentieri italiani furono giustamente rinomati per tali lavori, anzi ve ne furono parecchi che si resero celebri, quali lo Zabaglia, il Foschini, il Pierantoni, l'Albertini, il Paraccini, il Pellini, addetto ai lavori della Galleria Vittorio Emanuele di Milano, il Campanarino, il Fontana, il Serra e molti altri. Anzi l'Emy scrisse « che gli operai italiani sono tanto abili quanto audaci nei mezzi che essi impiegano per giungere a tutti i punti, sia interni che esterni degli edifizj ».

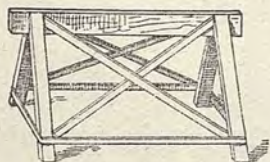


Fig. 317. — Cavalletto da muratore.

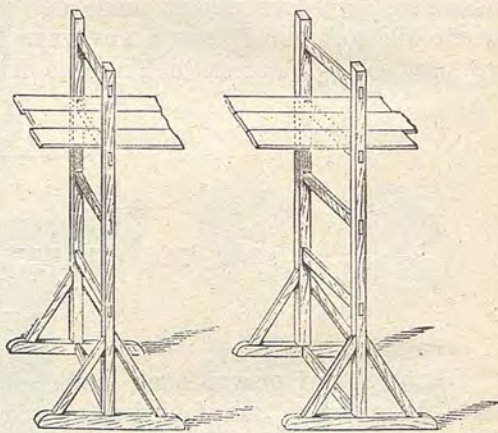


Fig. 318. — Ponte formato con cavalletti a scala.

a) *Palchi fissi*. — Fra i palchi fissi il tipo più semplice è quello formato con cavalletti da muratore. Si prendono due o più cavalletti del genere di quello rappresentato nella fig. 317, e vi si collocano sopra delle tavole in modo da formarne un suolo atto a portare gli operai e i materiali da costruzione. Fino a tre metri circa d'altezza serve un simile ponte; per altezze maggiori può servire il ponte formato coi cavalletti a scala (fig. 318), o del resto si ricorre ai ponti ordinari. Nei fabbricati comuni il ponte di servizio basta che venga disposto da una parte sola del muro, perchè questo di solito ha una grossezza tale che il muratore può colle braccia comprenderla tutta. Di solito il ponte si dispone nella parte esterna del muro; ma quando non debesi ingombrare la via si colloca nella parte interna. Elevato il muro fino all'altezza a cui si può giungere senza ponte, si dispone una fila di cavalletti da muratore parallelamente al muro, e sopra di essi e sul muro, in corrispondenza dei vani delle finestre, si appoggiano dei travetti, livellandoli mediante mattoni o zeppe di legno, sui quali

infine si forma il suolo di tavole. Poi si prosegue ad innalzare il muro fino all'altezza degli appoggi dell'impalcatura del solaio superiore, e se per caso non si può arrivare fino alla detta altezza si costruisce sul ponte un altro ponte posato su pilastri provvisori di mattoni a secco. Se questo non bastasse ancora allora si forma questo secondo ponte con un altro ordine di cavalletti da muratore, avendo cura di collocarli in corrispondenza dei cavalletti sottostanti. Quando si è raggiunta l'altezza dell'impalcatura del solaio si pongono a sito i travi di tale impalcatura e poi si continua ad innalzare il muro nel modo ora detto. Così riesce possibile di completare una casa in muratura di mattoni a parecchi piani, servendosi di ponti fatti coi soli cavalletti da muratore e con pilastri di mattoni.

Ma questo sistema non è usato e trattandosi di elevare una fabbrica a più di un piano, si ricorre ai ponti così detti *ordinari*. Questi si compongono di ponti esterni e ponti interni, i quali allorchè coprono tutta l'area fabbricanda, all'infuori delle parti che devono occupare i muri, sono detti *ponti generali*.

Per la costruzione di essi si impiegano legnami non squadrati, o solo grossolanamente squadrati, leggeri, resistenti, diritti, quali possono fornire l'abete, il pino ed il larice.

Nella fig. 319 *a, b, c* sono rappresentati tanto i ponti esterni quanto il ponte generale. Il ponte esterno si forma piantando verticalmente nel terreno tanti *pali* o *stili a*, detti anche *antenne, candele, piante, pertiche*, lunghi da 10 ÷ 12 metri, grossi in calce 25 ÷ 30 cm. e aventi in punta un diametro di 10 ÷ 15 cm. Si collocano alla distanza di 2 ÷ 4 m. l'uno dall'altro parallelamente ai muri di facciata e distanti da questo di quanto devono essere larghi i ponti di servizio esterni. Tale larghezza dipende dalle maggiori o minori sporgenze che devono presentare i muri di facciata, ma oscilla fra 1,50 e 3 metri. Le candele sono infisse nel suolo per una profondità di m. 1,2 ÷ 1,5, e si appoggiano sopra un pezzo di tavolone per meglio ripartire la pressione sul suolo ed impedire che si affondino troppo nel terreno. Occorrendo se ne rinforza il piede con saette e puntelli obliqui conficcati pure nel suolo.

Le antenne si collegano orizzontalmente fra di loro per mezzo di *lungarine* o *correnti b*, detti anche *filagne*, poste a circa 2 metri l'una dall'altra. Queste nuove travi, lunghe m. 8 ÷ 10, grosse centimetri 16 ÷ 18 al piede e cm. 6 ÷ 8 in punta, sono fermate alle antenne con buone funi di canape e per maggior sicurezza sono appoggiate sopra apposite *mensole (m)* o *gattelli*, chiodati contro le antenne stesse.

Si esporranno più innanzi le diverse maniere usate per il collegamento dei correnti alle antenne.

Sopra i correnti *b* e sul muro costruendo si appoggiano i *travicelli c*, dai 10 ai 12 cm. di diametro, sui quali si collocano le tavole formanti il ponte di servizio esterno P. Dette tavole hanno 30 ÷ 35 cm. di larghezza, 4 ÷ 5 di grossezza e m. 2 ÷ 3 di lunghezza. Bisogna avvertire di non mettere qualche tavola in modo che possa alzarsi ad un estremo quando si appoggia il piede sull'altro, o, come suol dirsi, evitare le tavole in bilancia, che possono dar luogo a disgrazie. Quando questi travicelli corrispondono ad un vano del muro si sorreggono con un *traversino t*, appoggiato sulle spalle del vano.

Le antenne si devono elevare in modo che sporgano circa m. 1,5 ÷ 2 al disopra delle parti più alte della fabbrica, e quando l'altezza del fabbricato è tale da superare quella delle candele, allora queste si prolungano aggiungendovene altre (*g*) (fig. 319). La fig. 320 *a* indica il modo col quale si suole allungare le antenne pèi ponti di fabbricati ordinari. Per un tratto *mn*, che oscilla fra m. 1,5 ÷ 4, a seconda della maggior robustezza del collegamento, si accolla l'antenna superiore all'inferiore, appoggiandone il piede sopra un gattello G, fortemente chiodato alla candela inferiore. Indi si legano le due antenne con fasciature *f* in lamina o nastro di ferro, e siccome per la

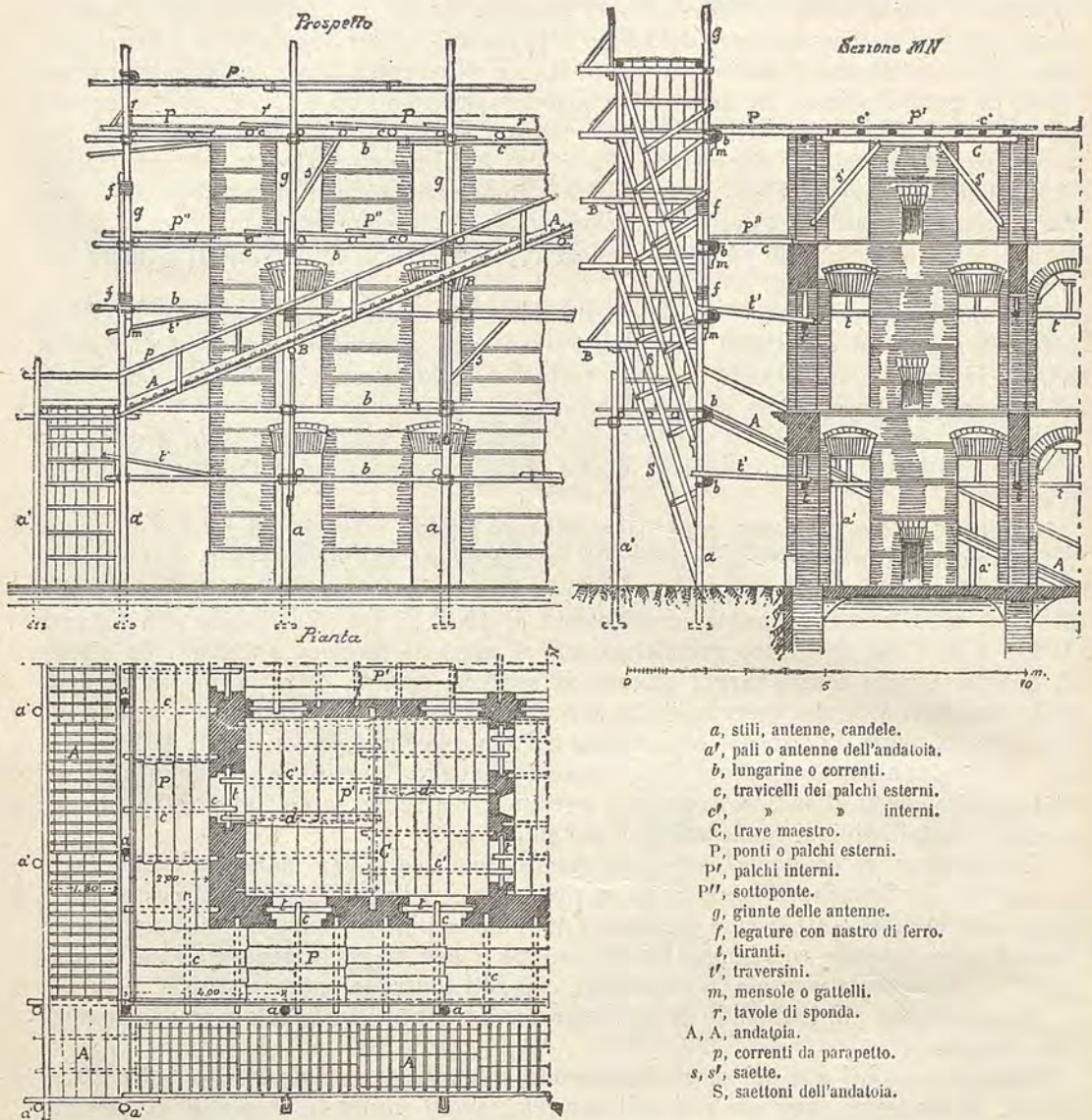


Fig. 319. — Ponte di servizio ordinario.

forma cilindrica delle travi la lamina non potrebbe aderire dappertutto al legno, gli spazi che rimangono si riempiono con cunei di legno dolce, cacciativi a forza. Invece che con nastro di ferro le fasciature si possono fare anche con funi, ma ugualmente si impiegano i detti cunei. Il nastro di ferro viene chiodato sulle antenne e perciò deve essere forato a distanze di 10 cm. circa.

La fig. 320 *b* rappresenta l'allungamento di antenne grossamente squadrate: la fasciatura è pur fatta con lamina di ferro, resa bene aderente al legno mediante la infissione di un cuneo.

Le fig. 320 *c, d* indicano invece antenne formate dalla riunione di quattro travi squadrate, quali occorrono nei ponti di servizio per alti fabbricati, come cupole, campanili, ecc., e nei ponti molto larghi, sui quali devono trovar posto macchine ed ordigni

per il sollevamento di materiali di gran mole, e perciò devono reggere carichi considerevoli. Il collegamento si fa con tavole *t* chiodate alle travi (fig. 320 *c*), oppure con traverse di travicelli inchiodate (fig. 320 *d*).

Alle antenne così prolungate si assicurano i ponti di servizio nello stesso modo e colla stessa sicurezza come avviene per quelli assicurati alle antenne inferiori.

Siccome in seguito ad un eventuale cedimento del terreno, o per la spinta prodotta dal carico dei ponti, o per altra causa qualsiasi, le antenne potrebbero perdere la loro verticalità, ed allontanandosi dal muro produrre la rovina del ponte di servizio, così si rilegano mediante i così detti *tiranti t'* ai traversini *t*, di cui si è già parlato. Questi traversini, sia perchè devono reggere uno o più travicelli del ponte, sia perchè devono sopportare lo sforzo loro trasmesso dal tirante *t'*, sia perchè sopra di essi si usa fare il puntellamento del vólto dell'apertura a cui corrispondono, allorchè però questa non supera m. 1,50 di larghezza, si dovranno tenere piuttosto grossi e si incasteranno bene nella muratura.

Onde impedire ai materiali di cader fuori del ponte, i margini dei ponti esterni sono sempre muniti di una sponda *v*, formata con tavole in costa, chiodate alle antenne o sostenute da apposite saettine chiodate sui travicelli del palco. I ponti di servizio si muniscono pure di un corrente di parapetto *p* per la sicurezza degli operai.

In quanto al ponte generale interno *P'* (fig. 319), esso è formato da un'impalcatura di tavole, ordinariamente di pioppo, chiodate sopra travicelli *c'*, appoggiati sui muri costruendi, oppure, a seconda della grandezza dell'area da coprirsi, appoggiati sopra i muri e sopra travi maestre *C*, debitamente incastrate nei muri e rinforzate da saette *s'*. Anche qui accadrà che i travicelli *c'* cadano in aperture e allora si ricorrerà ai traversini ausiliari *t*. Tutti questi legnami devono avere dimensioni proporzionate agli sforzi a cui vanno assoggettati; conviene però osservare che, trattandosi di impalcature provvisorie, bisogna aver anche riguardo al massimo risparmio di spesa e alla massima facilità di esecuzione, cosicchè si sceglie-

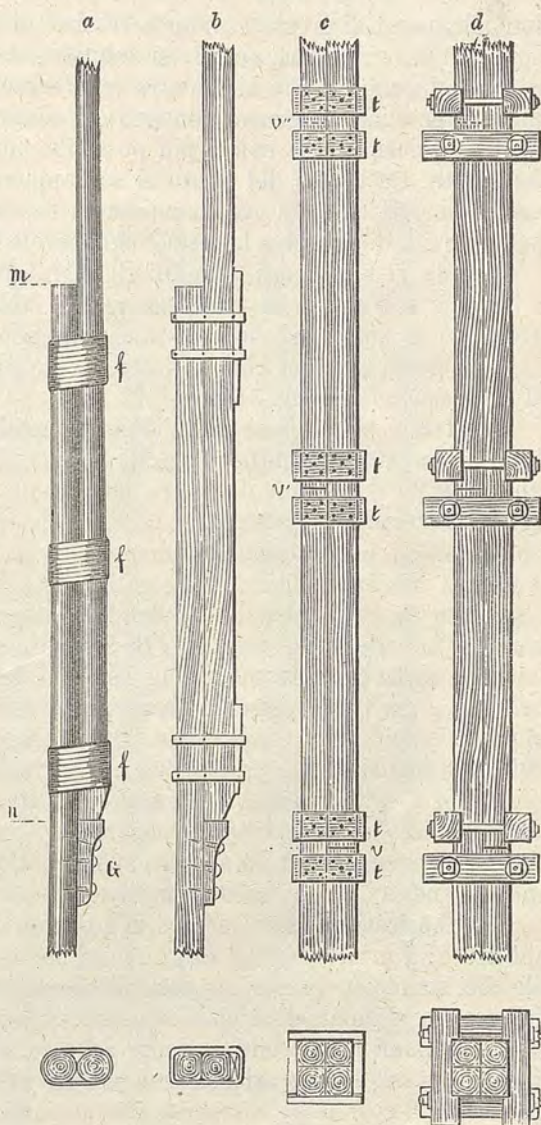


Fig. 320. — Allungamento e accoppiamento di antenne per ponti di servizio.

a, allungamento di travi rotondi con gattello di legno e fasciature di ferro; *b*, allungamento di travi grossamente squadrate con gattello di legno e fasciatura di ferro; *c*, antenna formata da un fascio di quattro travi squadrate rilegate con tavole chiodate; *d*, antenna formata da un fascio di quattro travi squadrate riunite da traverse inchiodate.

ranno legnami di grossezza non eccessiva, di facile maneggio e si ricorrerà a saette e puntelli per rinforzarli quando si dubitasse della loro resistenza.

I ponti generali che si fanno a pianterreno, cioè immediatamente sopra i sotterranei, si possono rinforzare con puntelli conficcati sul terreno: pei ponti generali dei piani superiori questo non è più possibile, epperò le travi di essi si rinforzeranno con saette. Le tavole del ponte si sovrappongono alle loro estremità, e per tenerle ferme, sopra la testa di ogni campata di tavole si chiodano le assi d trasversali, colle quali si evita di chiodare la testa d'ogni tavola della campata sul travicello sottostante.

Quando vi sono ponti generali gli operai, per salire dal suolo ai ponti di servizio, si servono sovente delle scale interne del fabbricato, che si costruiscono contemporaneamente ai muri: ma siccome tale passaggio riesce incomodo e insufficiente nella maggior parte dei casi, così si ricorre a scale a pioli, oppure alle così dette *andatoie od erte cordonate A* (fig. 319).

L'andatoia si compone di un'impalcatura di tavole larga circa 2 metri, sulla quale si chiodano tanti correntini o listelli di legno dolce con sezione di cm. 4×5 e distanti centimetri $25 \div 30$ l'uno dall'altro. Quest'impalcatura è ordinariamente posata sopra tavole trasversali, spaziate di m. $0,75 \div 1$, le quali sono chiodate sopra due forti correnti paralleli, posti longitudinalmente sotto ai margini dell'andatoia. Fino a 4 o 5 metri di altezza il corrente che sta contro le antenne è da queste sostenuto e quello esterno è sorretto da appositi pali a' . Oltre tale altezza si adotta un altro sistema. Ad ogni antenna si collega un travicello B, alquanto sporgente dal margine esterno dell'andatoia, il quale è sostenuto per un estremo dall'antenna stessa, mediante mensole e legatura, e per l'altro estremo da un saettone S, fissato nell'estremità inferiore sopra un gattello dell'antenna medesima. Sopra i travetti B si dispongono i correnti longitudinali dell'andatoia, e su questi si costruisce l'impalcatura. Per rinforzare i saettoni S ed i travicelli B si ricorre a tiranti e staffe di legno chiodati lateralmente ad essi ed alle antenne. Siccome poi queste devono reggere tutto il peso dell'andatoia di sbalzo, così converrà sostenerle con un numero sufficiente di tiranti t' , dei quali si è sopra parlato. Anche l'andatoia si munisce di una sponda e di un correntino da parapetto.

Pei fabbricati ordinari bastano in generale due ponti di servizio per ogni piano del fabbricato: il primo è fatto sopra i muri del piano inferiore ed il secondo ad altezza tale che, stando su di esso, sia possibile formare gli archi e i vólti delle aperture, le cornici, ecc., corrispondenti al piano. Quando un ponte ha servito si demolisce e se ne impiegano i legnami a costruire il ponte ad esso superiore. Nei ponti esterni però, onde impedire possibili disgrazie, si deve sempre avere un doppio ordine di ponti, e perciò si conserva il così detto *sottoponte*, cioè il ponte immediatamente sottostante a quello su cui si lavora. Così nelle figure 319 a, b P è il ponte di lavoro e P'' è il sottoponte. Il sottoponte è necessario per meglio guarentire la vita degli operai e per trattenere i materiali che cadessero dal ponte superiore attraverso agli intervalli delle tavole. Nell'interno i sottoponti non si eseguono quasi mai, sia perchè i ponti presentano maggior sicurezza, sia perchè difficilmente occorre di passarvi sotto. Nella demolizione successiva dei ponti esterni si lasciano però a posto i correnti b , che collegano le antenne. Tanto nei ponti interni quanto negli esterni, allorchè gli operai non potessero eseguire per tutta l'altezza il tratto di muro che intercede fra il primo ed il secondo ponte, allora si formeranno sul primo ponte altri ponti intermedi mediante i cavalletti da muratore o i cavalletti a scala, precedentemente descritti. È pur ovvio che ad ogni ponte generale interno corrisponde un palco esterno.

In molti luoghi, in Lombardia ad esempio, si usa di ricoprire tutta la fronte esterna del ponte di servizio con stuoie, le quali, oltre a meglio guarentire la vita degli operai e dei passanti, servono egregiamente, nei casi di demolizione, ad impedire che il pulviscolo prodotto nel demolire i muri si spanda nelle vie e nelle case adiacenti.

Quando per la grande distanza dei muri fra loro, o per altra ragione, non convenisse fare i ponti generali interni, allora si ricorrerà ad antenne interne e si costruiranno i ponti nella stessa maniera ora descritta per i ponti esterni.

La fig. 321 rappresenta un'impalcatura di servizio con doppia fila di antenne: una esterna e l'altra interna al muro di facciata. Le antenne hanno cm. $15 \div 16 \times 18$ di

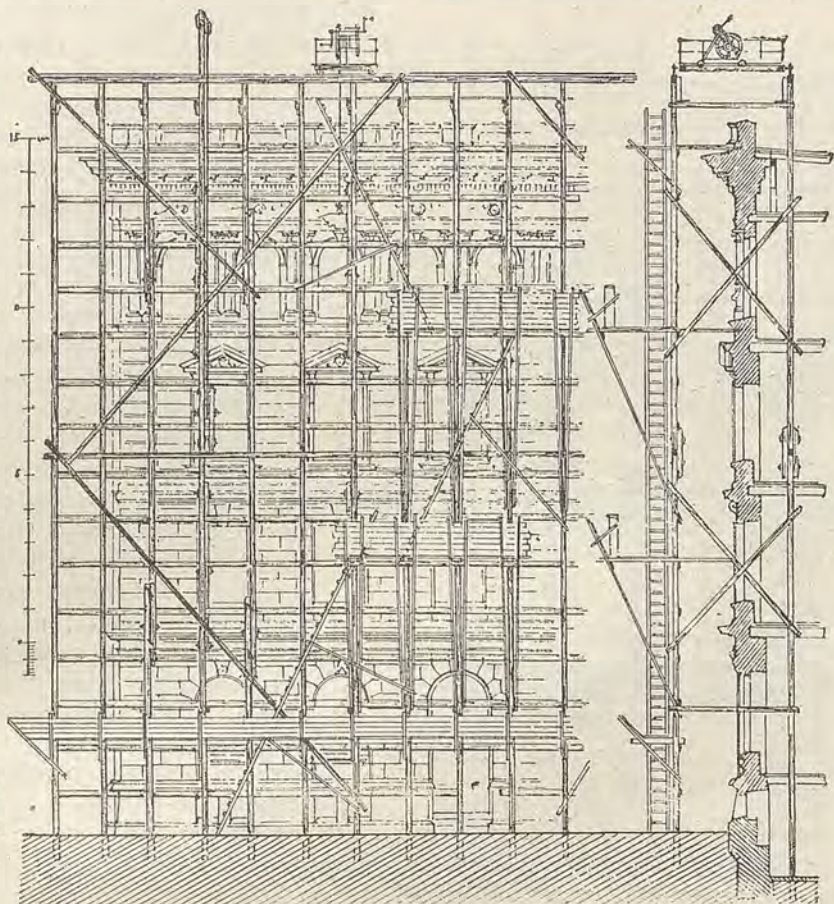


Fig. 321. — Impalcatura di servizio ordinaria con stilata esterna ed interna e scale a pioli.

squadratura, sono superiormente rilegate da cappelli incastrati in esse, od assicurati con arpioni, e le due stilate sono riunite per mezzo di legnami incrociati diagonalmente a croce di Sant'Andrea e inchiodati. Le antenne di ciascuna stilata sono poi a lor volta rilegate da altre travi oblique. Immediatamente sotto al cappello superiore è disposto un sistema di correnti e travicelli, che serve anche propriamente da ponte di servizio. Per l'accesso ai palchi di servizio servono in questo caso scale a pioli. I materiali sono sollevati mediante un verricello collocato sul ponte superiore, e che scorrendo sopra rotaie, poste sui cappelli delle stilate, reca il materiale nel punto voluto. Si riparlerà in seguito di questi verricelli e di altri ordigni per il sollevamento dei materiali.

Dovendosi costruire una fabbrica con soli mattoni si ricorre sovente a ponti anche più leggeri: così le antenne si possono rilegare con tavole (fig. 323 a), sulle quali appoggiano le traverse a reticolato, che reggono poi le tavole del palco. L'altro capo delle traverse si incastra nei così detti *fori da ponte* lasciati nel muro.

Sovente il fabbricato viene eretto con soli ponti interni leggeri, come ora si è detto, ed allora occorre poi un ponte esterno per l'arricciatura della fronte. In tal caso può servire un ponte come quello rappresentato nella fig. 322. I ponti fissi che corrispondono ai correnti longitudinali della stilata sono, in generale, così distanti l'uno dall'altro per economia di costruzione, che bisogna ricorrere a ponti intermedi trasportabili

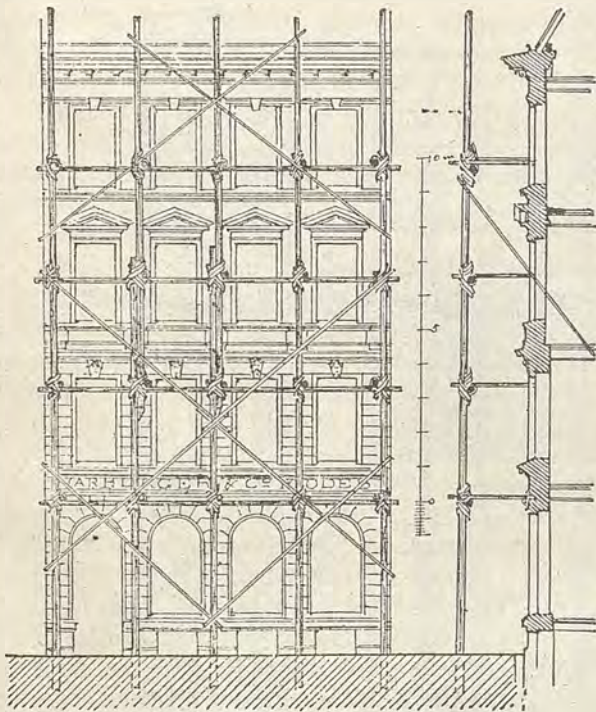


Fig. 322. — Impalcatura di servizio per arricciare facciate, ripararle, ecc.

fatti con cavalletti. Il collegamento delle travi è ottenuto con funi di canapa o filo di ferro. La solidità e la durezza di una simile costruzione dipende dall'abilità degli operai e dalla bontà del materiale impiegato. Tal genere di ponte può essere utile anche quando si tratta di eseguire riparazioni generali alle fronti dei fabbricati.

Allorchè si è ultimata la costruzione dei muri e si sono pure costruiti il tetto, le vòlte ed i solai, si ricostruiscono i ponti esterni in ordine inverso al precedente, per procedere ai lavori di finimento. Se si tratta di solai se ne possono collocare a posto le travi maestre o i travicelli mentre si costruiscono i muri, anzi si possono far servire gli stessi legnami per costruire i ponti di servizio interni: se si tratta di vòlte i muratori lasciano nei muri le necessarie intaccature o riseghe per le

imposte, e ultimati i muri e il tetto si ricostruiscono i ponti interni per le vòlte, usufruendo delle stesse breccie o *covili*, in cui erano incastrate le travi dei primi ponti.

Per la costruzione delle parti sotterranee di una fabbrica servono in generale i ponti di servizio con cavalletti, sia semplici che a scala. Per la discesa degli operai e dei materiali si usano piani inclinati, larghi circa 2 metri, formati da due travicelli appoggiantisi cogli estremi sul suolo superiore e sul fondo del sotterraneo, sopra i quali sono chiodate delle traversine a distanza di circa 1 metro l'una dall'altra, che portano poi l'impalcatura di tavole formante piano inclinato. Quando tale piano riuscisse troppo erto allora vi si chiodano dei listelli, come per le andatoie già descritte. I piani inclinati senza correntini servono bene per portare i materiali dal cantiere al sotterraneo mediante carrettelle a mano, o per discendere grossi blocchi per mezzo di corde, rulli, ecc. Ai ponti fatti con cavalletti si accede con scale a pioli, oppure con tavole munite di correntini trasversali, dette *tavole da andatoia*.

I ponti fissi durante la stagione invernale non sempre si conservano. Se il tetto è già ultimato si conservano i ponti interni, che restano così riparati dalle intemperie, ma quelli esterni si demoliscono, togliendone però solo il palco coi suoi travicelli e lasciando a posto l'ossatura principale. Le tavole si trasportano nell'interno del fabbricato o si addossano al muro perimetrale di facciata, nel qual caso bisogna lasciare i travicelli dei palchi per potervele appoggiare. Così pure si tolgono tutte le corde

che legano le lungarine alle antenne, sostituendole con tirantini di legno di pioppo, riservandosi, è cosa ovvia, di rifare le legature quando si riprenderanno i lavori. Nello stesso modo si demoliranno i ponti interni quando il fabbricato non abbia ancora il tetto. Allora tutti i legnami si trasporteranno in luogo coperto del cantiere, ricordando di non posarli direttamente sul terreno, ma sopra pilastrini di muro a secco o sopra travicelli sostenuti da pilastrini.

In quanto alle legature delle lungarine alle antenne si è già detto come si possono fare con semplice fune o con altri sistemi. La fig. 323 rappresenta in *b* il modo di sostenere una lungarina all'antenna senza gattello di legno, ma con semplice legatura di fune. In *a* le lungarine sono formate da sole tavole, chiodate sulle antenne come si è detto parlando della impalcatura della fig. 321.

Nella fig. 324 sono indicati alcuni congegni per l'attacco delle lungarine, nei quali sono sopresse le funi. In *a* il congegno si compone di un'asta di ferro incurvata, la quale è obbligata a premere la lungarina contro l'antenna in seguito alla pressione esercitata nel suo estremo inferiore da un colletto a vite, che abbraccia l'antenna. In *b* la lungarina è sostenuta da una mensoletta sopportata da un pezzo metallico dentato e riunito alla mensoletta mediante due tiranti laterali snodati nell'attacco. La pressione esercitata dalla lungarina sulla mensoletta si trasmette al pezzo dentato, i cui denti penetrano nel fusto dell'antenna, impedendo al sistema di scorrere: e siccome detta pressione verticale si

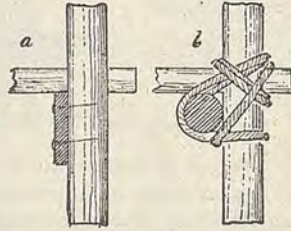


Fig. 323. — Collegamenti delle lungarine alle antenne.
a, lungarina di tavole fissata con chiodi;
b, lungarina sostenuta con fune di canapa.

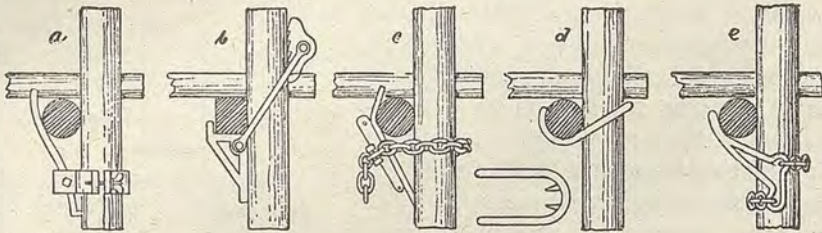


Fig. 324. — Sistemi diversi per collegare le lungarine alle antenne nei ponti di servizio.

risolve in due altre pressioni opposte contro l'antenna, così quanto maggiore sarà detta pressione tanto più solido riuscirà l'attacco. In *c* è indicata la sospensione Krückel, simile a quella *a*; in *d* la sospensione con staffa uncinata, i cui uncini penetrano nel legno quanto maggiore è il peso della lungarina. In *e* è rappresentato il gancio sistema Schaper; anche qui la pressione della lungarina si risolve nelle due pressioni opposte esercitate dalle catene, in forza delle quali il congegno si fissa talmente contro l'antenna da non poter più scorrere in nessuna maniera.

La fig. 325 rappresenta il sistema di attacco con catene proposto da Bouilliant, fonditore e costruttore meccanico a Parigi, in sostituzione delle legature con funi per il sostegno delle lungarine e di quelle a nastro di ferro per il prolungamento delle antenne. L'apparecchio consiste in una catena che abbraccia le travi da collegare e che si attacca ai due uncini di un robusto manicotto lavorato internamente a chiocciola. Facendo girare la vite la catena si tende maggiormente e il cuscinetto di ghisa viene premuto contro l'antenna in modo da rendere l'unione saldissima. Per prolungare un'antenna basterà applicare due dei detti apparecchi, come si vede in *b*.

Questo sistema presenta, rispetto alle fasciature comuni eseguite con funi, il vantaggio che si può con maggiore speditezza operare il collegamento. Inoltre per i ponti che dovessero restare per molto tempo esposti alle intemperie, si evita l'operazione di sciogliere le legature per toglierne le funi e di rifarle alla ripresa dei lavori, come già si è detto, oppure si evita di doverle ricambiare ogni cinque o sei mesi quando si lasciano a posto, colla perdita del materiale e del tempo per togliere le funi deperite e collocare le nuove. Le fasciature con catene durano invece a posto parecchi anni e ai piccoli rallentamenti, che possono verificarsi per la maggior stagionatura dei legnami, si pone presto riparo stringendo le viti.

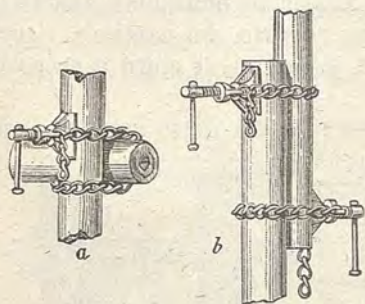


Fig. 325. — Collegamento di lungarina ad antenna ed allungamento di antenne con catene, secondo il sistema Bouilliant.

Il diametro del ferro costituente gli anelli delle catene nel descritto apparecchio, è usualmente compreso fra 20 e 24 mm. Col limite inferiore si può esercitare stabilmente sulla catena uno sforzo di circa Kg. 3000, col superiore di circa Kg. 4350. Il cuscinetto che si appoggia contro il legno è di ghisa, mentre il manicotto ed i relativi uncini devono essere di ferro o meglio di acciaio, essendo soggetti a sforzi considerevoli di trazione e di flessione.

Quando la stilata del ponte è formata da un doppio ordine di antenne, allora si può adottare il sistema Heidrich (fig. 326). Consiste in un colletto *a* di lamiera di ferro composto di due rami riuniti per mezzo delle chiavarde *b*, stringendo le quali si fa aderire il colletto alle due antenne *A*, nel cui intervallo passa la lungarina. Questa si appoggia sul colletto, che non può scorrere in basso in causa dei due uncini *c* conficcati nelle antenne. Nella stessa figura è indicato il modo di prolungare le antenne mediante piastre di ferro *f*, composte di due parti munite di alette, che si stringono insieme per mezzo di chiavarde attraversanti le alette medesime. L'unione si rende più stabile con altre chiavarde che passano da parte a parte l'antenna e le piastre.

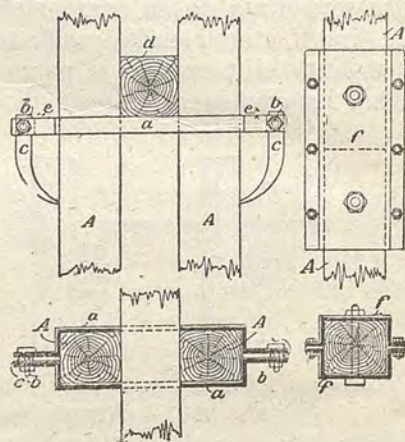


Fig. 326. — Sostegno di lungarine e allungamento di antenne secondo il sistema Heidrich.

A, antenna; *a*, lungarina; *a*, colletto di ferro; *b*, chiavarde; *c*, uncini.

In Inghilterra le impalcature di servizio si fanno assai più stabili che in Germania, perchè vi è l'uso di foderarne l'intera facciata esterna con tavole. Solo in corrispondenza ad ogni palco di servizio si lasciano alcune aperture per dar luce. La maggior spesa di tale rivestimento di assi viene largamente remunerata dall'affittarne tutta la superficie per cartelli di pubblicità. Il piede delle antenne viene semplicemente conficcato nel terreno, mentre a Parigi si suole fissare sopra il terreno entro un cono di gesso.

Un altro sistema di impalcatura, che evita i fori da ponte nei muri, è usato a Monaco col nome di impalcatura a scale. Delle scale di un metro di larghezza vengono collocate verticalmente a distanza di circa 3 metri l'una dall'altra ed assicurate fra loro mediante tavole o listelloni. Dette scale sono alte circa 22 metri ed hanno i fianchi fatti con travi grosse centimetri 16 ÷ 18. Le tavole dei palchi si appoggiano sugli scalini, come pei cavalletti a scala.

Per lavori di riparazioni esterne si può adoperare un'impalcatura del genere di

quella della fig. 322; ma per evitare i buchi che bisognerebbe fare nel muro, si appoggiano i travicelli da ponte sopra una serie di abetelle addossate obliquamente contro il muro.

Piccole impalcature per riparazioni di singoli tratti vengono eseguite semplicemente come ponti volanti (fig. 327). Il palco è appoggiato sopra tavole in costa sostenute da puntelli interrati al piede e da traverse che si appoggiano sopra una cornice od alta sporgenza del muro.

Per la decorazione delle vólte e dei soffitti si può usare di un'impalcatura simile a quella della fig. 328. Si mettono verticalmente, o con leggera scarpa, contro due pareti opposte, dei ritti r, r , aventi un diametro di circa 16 cm., a distanza fra loro di 2 metri all'incirca. Si collega ciascuna serie di ritti con correnti orizzontali S, S , aventi pure un diametro di circa cm. 16, e ad altezza tale dal pavimento che fra il palco ed il soffitto, o fra il palco e l'imposta della vólta, rimanga uno spazio alto rispettivamente circa m. 1,85 e m. 0,90. Sopra questi correnti si dispongono i travicelli mn e su questi le tavole. Quando la larghezza del locale superi i 4 metri, allora converrà sostenere i travicelli mn in punti intermedi medianti altri correnti $S'S'$ collegati ai ritti pp .

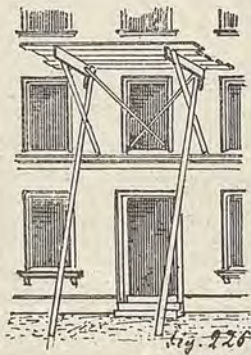


Fig. 327. — Ponte per riparazioni parziali esterne.

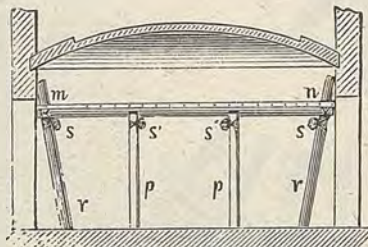


Fig. 328. — Ponte interno per la decorazione di vólte e soffitti

Fra le impalcature ordinarie per la costruzione di case è da notarsi quella ideata dal costruttore Montjoie, che, sotto la direzione dell'ing. Delalande, costruì a Parigi, sull'*avenue Troudaine*, una serie di dieci case usando di una sola impalcatura, che trovasi descritta ed illustrata nel *Giornale del Genio Civile*, anno 1871. Essa componevasi di due stilate parallele, composte di 24 antenne di abete del Nord, in un sol pezzo, alte m. 20 e della squadratura di cm. 35×35 . Le due stilate erano distanti fra di loro di m. 4 e le antenne erano pure spaziate di m. 4. Tre serie di tavoloni rilegavano fra loro le antenne, e ciascuna stilata era coronata da un cappello, il quale sosteneva un binario per lo scorrimento del carro a verricello. Lunghi saettoni reggevano esternamente ad ogni stilata il palco superiore di servizio. I palchi intermedi si formavano nel modo solito appoggiandone i travicelli sui tavoloni del rilegamento orizzontale delle antenne. In virtù del verricello mobile, che innalzava il materiale all'altezza di ciascun ponte intermedio di lavoro e lo portava nel punto in cui doveva impiegarsi, l'erezione delle dieci case seguì contemporaneamente e con speditezza mirabile. In tale impalcatura si impiegarono circa m³ 95 di legname e il costo di tutto il ponte fu di lire 4400, cioè lire 100 al m. l., poichè era lungo m. 44.

Altre impalcature fisse del genere di quella ora descritta, usate vantaggiosamente per l'erezione di case potrebbero citarsi; però o per qualche particolare congegno, o per la struttura medesima della loro ossatura, che si allontana da quella delle impalcature citate, le quali si possono ritenere come tipiche, è più giusto comprenderle fra le impalcature speciali, ideate per innalzare o riparare grandi edifizi, per costruire e riparare cupole, campanili, archi di trionfo e simili. In questi ponti hanno singolare importanza i congegni per innalzare i pesanti blocchi di pietra, di marmo, ecc., dei quali sono in generale composte le dette costruzioni. Perciò l'impalcatura dovrà farsi in modo che possa reggere non solo il peso delle macchine di manovra, ma quello dei

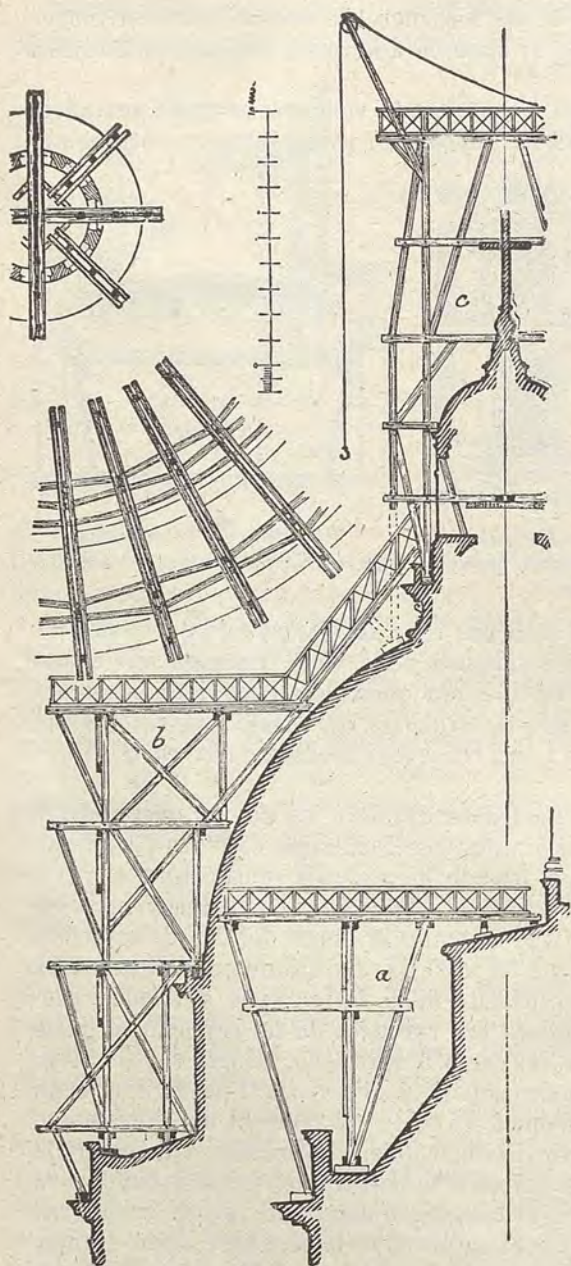


Fig. 329. — Impalcatura per le riparazioni del Panthéon di Parigi (*Encyclop. d'Arch.*, 1873; *Annales Industrielles*, 1872; *Semaine des Const.*, 1881-82).

zione della *Cupola degli Invalidi*, per la costruzione del *Crédit Lyonnais*, dei *Magasins du Printemps* e per la riparazione del *Panthéon*, danneggiato nella guerra del 1870. Le tre parti sovrapposte della cupola di quest'ultimo erano forate da 14 colpi di obice che le avevano guastate in molti punti: così pure i dipinti interni avevano sofferto assai. I lavori di riparazione furono diretti dall'architetto Louvet, e le impalcature costruite dai carpentieri P. N. ed E. Duprez. Si trattava di riparare la lanterna: di ricollocare

materiali che possono depositarsi sui ponti, allorché non sono immediatamente collocati in opera. Anche qui bisogna però badare all'economia del legname, e studiare i collegamenti in modo che il legname stesso sia poco danneggiato da intagli, ecc., onde poterlo utilmente reimpiegare. Questi ponti, che devono presentare una grande sicurezza e devono rimanere sovente in opera per parecchi anni, si eseguono quasi sempre con legnami squadrati, regolarmente commessi con chivarde ed arpioni, onde ridurre al minimo le unioni a maschio e femmina.

Fra questi palchi fissi merita di essere ricordato, per le sue grandi dimensioni e per la sua semplice, accurata e solida composizione, quello costruito a Parigi dal carpentiere Dabrin pei restauri della facciata della chiesa di San Gervaso.

Un altro ponte di servizio notevole per la sua arditezza fu quello composto da Giovanni Pierantoni di Bologna nel 1868, per ricostruire l'armatura del coperto del gran teatro Farnese di Parma. Infatti la piattaforma di servizio di questo ponte, la quale aveva la superficie di oltre 1200 metri quadrati, era stabilita all'altezza di circa 23 metri dal suolo.

Per la sua originalità si distingue invece il palco costruito dal celebre Zabaglia (V. RENAZZI, *Castelli e ponti di Maestro Nicola Zabaglia*, Roma 1824), allo scopo di restaurare la vólta della tribuna nella basilica di San Paolo in Roma. Esso non era altro che un ponte a cavalletti ma aventi la ragguardevole altezza di m. 13 circa. Lo riproducono l'Aluisetti e il Mazzocchi nelle loro opere (V. Bibliogr. al fine del capitolo).

Degne di nota sono anche le impalcature eseguite a Parigi per la ripara-

la croce, del peso di circa Kg. 4000 e posta all'altezza di 110 metri dal suolo; di rifare la copertura in piombo della cupola superiore e di riparare i dipinti della seconda cupola, a 90 m. dal suolo. Le impalcature costruite per procedere a tutte queste operazioni si componevano: 1° Di un ponte *a* (fig. 329) esterno, a 45 m. dal suolo, per la manovra d'innalzamento dei materiali, collocato sotto il colonnato del tamburo della cupola; 2° di una impalcatura *b* sopra il detto colonnato, composta di tante stilate circondanti la cupola e di un'ultima impalcatura *c* sorpassante il cupolino. La composizione di questi due palchi, destinati alle riparazioni esterne e alla posa della croce, è indicata anche dalle piante disegnate in figura; 3° di una grande armatura interna a tre ponti sovrapposti, con 22 metri di portata e dei quali il più basso era a 70 m. dal suolo; 4° di diversi altri ponti secondari per la riparazione del peristilio dell'edificio e per le riparazioni interne della cappella di Santa Genoveffa. Per la formazione delle impalcature della cupola si dovettero superare non poche difficoltà, dovute alla lunghezza e al peso delle loro membrature e all'altezza alla quale queste dovevansi portare. Bisognò non solo impiegare una quantità considerevole di capre e di cordami, ma adottare un sistema di montatura abbastanza pericoloso. Si fu difatti entro specie di botti attaccate con funi alla sommità interna della gran cupola dell'edificio, che gli operai salirono a posare i primi pezzi del ponte inferiore dell'armatura interna. Talune di queste impalcature non presentavano punti di appoggio sul suolo, nè incastramenti, nè collegamenti coll'edificio. Il grande ponte esterno *b* della cupola non posava che sulla parte superiore del colonnato ed era staccato dalla cupola di circa cm. 30.

Quando un ponte di servizio deve servire per proseguire od ultimare una fabbrica già incominciata, come per esempio avvenne per la torre del duomo di Colonia, allora la parte di edificio già compiuta si utilizza per sostenere il ponte di servizio, che si costruisce gradatamente, secondo i progressi della fabbrica, della quale si adopera sempre l'ultima parte per appoggiarvi il prolungamento del ponte di servizio.

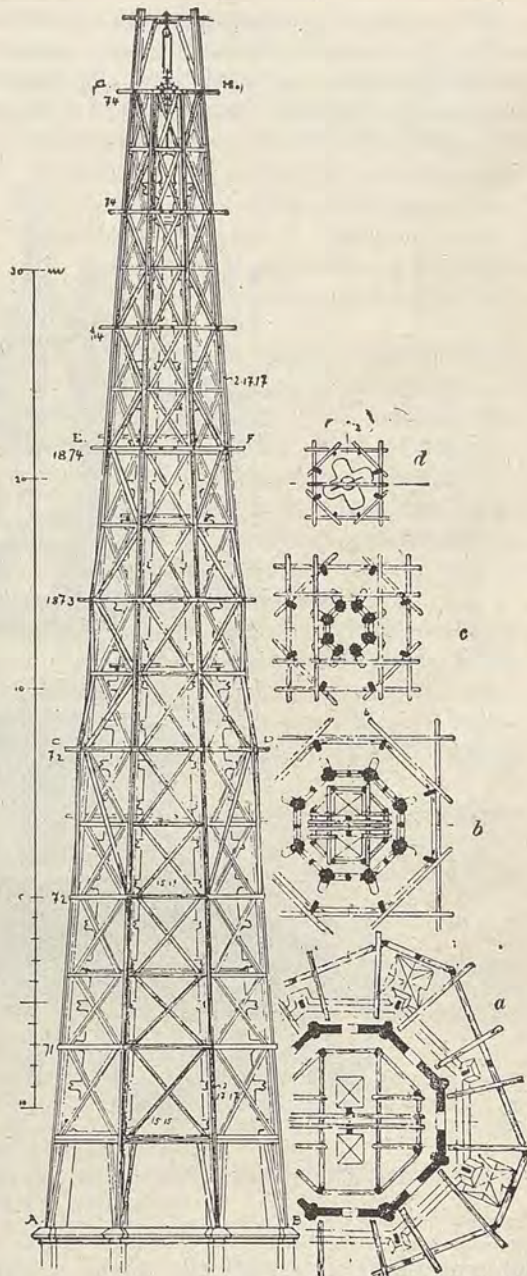


Fig. 330. — Impalcatura per la costruzione della guglia del campanile di S. Nicola in Amburgo.

a, pianta A B; *b*, pianta C D; *c*, pianta E F; *d*, pianta G H.

Un esempio di impalcatura fissa di tal genere si ha in quella usata per l'erezione della guglia del campanile di San Nicola in Amburgo (fig. 350). L'armatura ottagonale era ben collegata colla parte inferiore della guglia, come si vede dalla pianta *a*, per presentare una sufficiente resistenza contro la pressione del vento. Le antenne inclinate delle costole, formate da doppi correnti, erano incastrate entro le lastre di copertura

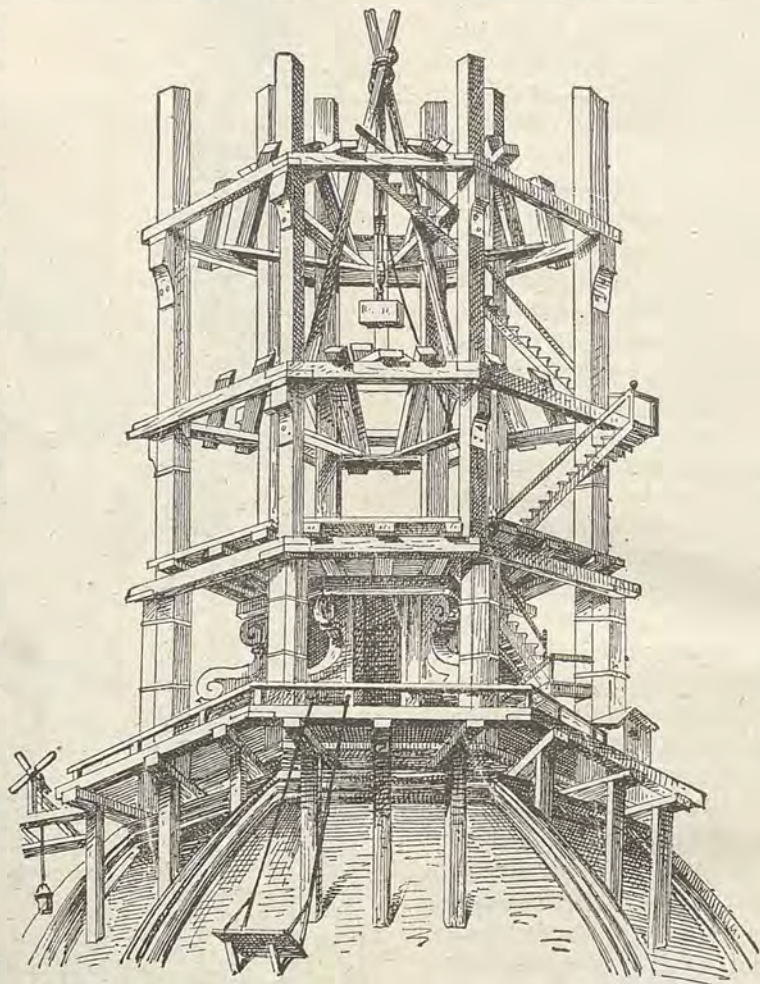


Fig. 331. — Impalcatura per la costruzione della lanterna della cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze.

dei contrafforti sottostanti alla guglia e non caricavano menomamente l'armatura inferiore. Dalla figura risulta abbastanza evidente il modo di costruzione di quest'armatura, della quale si formavano due piani alla volta, a misura che si andava elevando la guglia, onde poter sfalsare le giunzioni dovute al prolungamento delle antenne. Per ottenere maggior robustezza le traverse orizzontali di quattro lati opposti si tennero così lunghe da formare tanti quadrati, come si vede nelle piante. Il sollevamento dei materiali si fece nell'interno della guglia per tutto il tratto inferiore fino all'altezza raggiunta nel 1873 e indicata in figura. Da questo punto fino alla sommità, non essendo più abbastanza largo il vuoto interno della guglia, i materiali si sollevarono esternamente mediante apposite taglie.

l'ra questo genere di impalcature devesi citare il ponte di servizio, eretto nel 1839, per la costruzione della *Torre di Santo Stefano a Vienna* (V. *Allg. Bauzeitung*, 1843); quello per la *Chiesa della Trinità di Parigi* (V. *Nouv. Ann. de la Constr.*, 1873); quello per la *Colonna Vendôme* (V. *Encyclop. d'Arch.*, 1875); i ponti di servizio per sostenere la *Torre della cattedrale di Bayeux*, allorchè se ne ricostruirono i quattro piloni (V. FLACHAT, *Cathédrale de Bayeux*); l'impalcatura per la torre di *Saint-Germain l'Auxerrois* (*Nouv. Ann. de la Constr.*, 1859); i ponti per l'erezione della *Mole Antonelliana di Torino*, che ha la punta della cuspide a 162 metri di altezza dal suolo; l'impalcatura per la *Galleria Nazionale di Berlino* e quella della *Cupola di Santa Maria del Fiore di Firenze*, della quale si dà, nella fig. 331, la parte che servì al Brunellesco per costruire la lanterna della cupola stessa.

Una costruzione speciale per le armature dei campanili, che si distingue dalle altre, è descritta nel *Scientific American*, anno 1879, II^o, p. 134. Essa fa l'ufficio anche di tetto e man mano che la costruzione della muratura procede viene innalzata per mezzo di viti, onde la stessa armatura serve per la costruzione di tutto il campanile.

Fra i palchi fissi dovrebbero trovar posto anche le armature che servono per sollevare e mettere a posto travature di legno e di ferro per la formazione di tettoie, cupole, ecc. Ma siccome nella maggior parte dei casi essi non sono veri palchi di servizio ove gli operai stanno a lavorare su piani succedentisi, come si è visto per tutti gli esempi sopra ricordati, così si crede più giusto comprenderli fra le incastellature.

Come palchi fissi possono considerarsi anche quei ponti provvisori che servono al trasporto, al deposito e alla posa in opera di materiali nella costruzione dei ponti, viadotti od altri simili manufatti, siano essi in muratura od in ferro, i quali lavori provvisionali si compongono pressochè come taluni ponti stabili sopra i corsi d'acqua; ma facendo essi parte delle costruzioni idrauliche non se ne tratterà in questo *Manuale*.

Riguardo ai ponti ordinari per la costruzione e riparazione degli edifici nell'interno delle città, si nota che la loro forma, costituzione, ecc., sono soggette ai locali regolamenti edilizi. Ecco gli articoli principali che su questo argomento si trovano nei regolamenti delle città di Roma, Milano, Torino, Napoli, Venezia.

1) **Roma.** — TITOLO V, ART. 56. — Per le nuove fabbriche o grandi restauri i ponti saranno formati di candele verticali, solidamente piantate, poste a conveniente distanza le une dalle altre, costituite da legni accoppiati fra loro in numero e grossezza proporzionale all'elevazione dell'edificio, uniti mediante ganasce di castagno equidistanti, inchiodate ad uso e stile d'arte.

Per adoperare altri sistemi di ponti si dovranno riportare nei singoli casi speciali licenze.

ART. 57. — I traversoni orizzontali saranno tutti di buon legno di castagno almeno della riquadratura del travicellone, cioè dai 10 ai 12 centimetri, o anche di abete colla riquadratura di almeno cent. 14 × 16. I mozziconi saranno esclusivamente di castagno della riquadratura dei travicelli o dei travicelloni, secondo il carico al quale devono essere assoggettati, escluso ogni legname viziato.

ART. 58. — Le palanche che costituiscono i piani orizzontali di servizio saranno sostenute da tre supporti o mozziconi, e perfettamente a contatto le une colle altre.

ART. 59. — È assolutamente prosritto l'uso dei mozziconi senza porvi sostegno verticale, o un saettone. Il saettone sarà assicurato al mozzicone mediante gattello o ganascia. I mozziconi saranno raccomandati all'interno dei muri da gattelli inchiodati e da traverse.

ART. 60. — L'accesso ai vari piani dei ponti di servizio si effettuerà o con una solida scala a pioli, non più alta di 4 metri, ovvero con rampe ascendenti di robusta struttura e conveniente ampiezza, collocate fra le candele ed il muro, inclinate in guisa che ne sia facile l'accesso anche con rilevanti pesi; saranno queste munite di un solido parapetto inchiodato all'interno.

ART. 61. — Per la unione dei diversi membri dei ponti di servizio si adatteranno o rigchette verniciate a minio di buona qualità e non consunte, o gattelli e ganasce di legno di castagno unite con chiodoni consistenti e perfettamente ribaditi.

ART. 62. — I ponti a sbalzo dovranno essere muniti di solido parapetto e validamente assicurati nell'interno.

ART. 63. — Le bilancie sostenute da cordami e puleggie saranno fatte con palanche (tavole) solidissime e parapetti stabilmente fissati all'ingiro.

ART. 70. — Tutti i ponti avranno il parapetto all'altezza di 1 metro, inchiodato internamente ed una palanca collocata a coltello nel fianco per impedire la caduta dei rottami:

- a) Ogni ponte avrà il sottoponte interamente chiuso distante dal ponte al massimo di due metri, e si estenderà dal muro alle candelie;
 b) Resta del tutto vietato l'uso del doppio ordine di cavalletti e piane.
 c) Non è lecito accumulare sul ponte materiale in una quantità pericolosa alla sicurezza di esso.

2) **Milano.** — CAPO IV, ART. 28. — I ponti di servizio dovranno avere per forma, dimensione e collegamento delle loro parti tutti i requisiti necessari onde garantire la sicurezza dei lavoratori ed impedire la caduta dei materiali. Pei ponti ordinari si osserveranno le norme seguenti:

Le abetelle (*piantane*) saranno sempre composte di legni accoppiati.

Pei collegamenti dei legnami è proibito l'uso delle funi, dovendosi invece impiegare fasciature di ferro inchiodate.

Gli intavolati delle impalcature saranno formati di tavole inchiodate sui travicelli coi giunti ben combaciati e protetti da tavole ben combacianti; ogni tavola sarà sostenuta da almeno tre travicelli.

Ogni impalcatura in esercizio dovrà sempre avere un sottoponte ad una distanza non maggiore di m. 2,50.

I ponti e le rampe dovranno sempre essere muniti di parapetto composto di almeno due correnti.

Non sarà lecito di collocare, anche temporaneamente, sopra i ponti i materiali di fabbrica in quantità tali da comprometterne la sicurezza.

Le fronti dei ponti verso strada saranno munite di stuoie o graticci di giunchi o altrimenti, in guisa da evitare la caduta di qualunque oggetto nella strada.

3) **Torino.** — CAPO XII, ART. 128. — I ponti di servizio, le andatoie e le scale inservienti ai lavori dovranno essere stabiliti solidamente ed in guisa da prevenire in ogni modo la caduta dei materiali sulla via pubblica.

Questi ponti e queste andatoie devono essere muniti di parapetti di legno o di fune, ed i travi dei ponti a sbalzo muniti di saetta.

I ponti di servizio dovranno sempre essere praticati con larghezza minore dei sottostanti steccati.

Le scale che saranno appoggiate al suolo dovranno essere in un sol pezzo; un operaio dovrà sempre stare di stazione al loro piede.

ART. 129. — Oltre la prima, per ogni pontata nuova delle dette scale sarà conservato il tavolato ed il parapetto della pontata sottostante.

ART. 130. — Quando il cantiere dei lavori non è recinto da steccati, il primo ponte di servizio verso il pubblico passaggio non potrà essere costruito ad un'altezza minore di tre metri misurati dal suolo sotto l'armatura del ponte.

4) **Napoli.** — APPENDICE III, ART. 1. — Nella costruzione degli anditi necessari, tanto per elevare nuove fabbriche, quanto per ricostruire, decorare, o semplicemente imbiancare le antiche, sia nell'esterno che nell'interno, sarà cura e responsabilità degli appaltatori e capi-maestri, che tali anditi riescano e si mantengano solidi e ben condizionati. Per conseguire questo scopo, gli appaltatori ed i capi-maestri dovranno curare che le pedarole di sostegno agli anditi siano di legname castagno pronto e saniccio, di diametro non minore di m. 0,10, lunghe 1,60 e che vengano conficcate nelle mura per la profondità non minore di m. 0,40 e fermate nei buchi con biette dello stesso legno. Qualunque sia l'estensione dell'andito, il suo piano dovrà contenere non meno di due tavole di legno pioppo di buona qualità, di grossezza non minore di m. 0,06, che unite debbono formare una larghezza non minore di m. 0,50, e la cui lunghezza dovrà oltrepassare l'intervallo delle pedarole per non meno di m. 0,25, da ciascun estremo. Tali tavole dovranno essere legate alle pedarole con corde di canapa, lunghe ciascuna m. 3.

Gli anditi ad altezza maggiore di m. 4 dal suolo dovranno essere garantiti da una spalliera congegnata con impiedi e traverse di ginelle, e gli impiedi fermati ad altre pedarole conficcate nel muro, al di sotto o al disopra del piano dell'andito.

Il solo primo ordine di anditi al di sopra di m. 4, e quelli al disotto delle cornici molto sporgenti, dovranno avere la spalliera di tavole chiuse di altezza non minore di m. 1, e la larghezza del piano dell'andito dovrà raggiungere m. 0,75, il tutto bene chiodato e legato con corde di canapa.

ART. 2. — Le scale di servizio in un'opera qualunque dovranno essere di legname castagno, pronto e solido in ciascuna delle parti, dovendo essere ogni scala rafforzata da tre perni di ferro a viti, che ne tengono strette le due estremità ed il mezzo.

5) **Venezia.** — SEZIONE IV, ART. 26. — Quando per esigenze di pubblico passaggio o per altre particolari circostanze non venisse permessa la interclusione del suolo, ma fossero prescritti i palchi di servizio, questi dovranno essere muniti di parapetti e di stuoie ed avere il tavolato disposto in guisa da ovviare la caduta di materiali, sia in minuti frammenti che in polvere, o il trapelamento e lo stillicidio delle materie liquide.

ART. 27. — Nel caso previsto dall'articolo precedente i palchi di servizio dovranno essere collocati ad un'altezza non minore di m. 2,50 dal piano stradale, misurata dalla linea inferiore del palco; salvo di provocare diversi provvedimenti dalla autorità municipale se circostanze specialissime impedissero l'osservanza di tale prescrizione.

ART. 28. — Gli assiti di chiusura, i palchi, le scale, i meccanismi ed altro, dovranno essere in istato da garantire tanto la sicurezza dei passanti, quanto quella degli operai addetti ai lavori.

b) *Palchi sospesi o pensili e di sbalzo*. — Si ricorre ai palchi sospesi e a sbalzo, usati nelle riparazioni, sopraelevazioni, ecc., quando non si possono avere per l'impalcatura appoggi sopra il terreno. Essi restano così sorretti ad una certa altezza o per mezzo di funi, o per mezzo di membrature di legname, che s'incastano nei muri o si appoggiano sopra i loro sporti, oppure passando entro vani di finestre si assicurano dalla parte interna dell'edificio.

La figura 332 rappresenta il cosiddetto *ponte a bilancia*, il quale è formato con travicelli AB, aventi circa 16 cm. di diametro appoggiati ai davanzali delle finestre e fissati verso l'estremo interno a ritti CD e pn, disposti verticalmente e contrastanti col pavimento e col vòlto. Questi travicelli si collegano fra loro mediante altri travicelli disposti orizzontalmente e parallelamente alla facciata. Su questi si collocano le traverse uv a distanza di m. 0,80 circa, sulle quali hanno appoggio le tavole del palco.

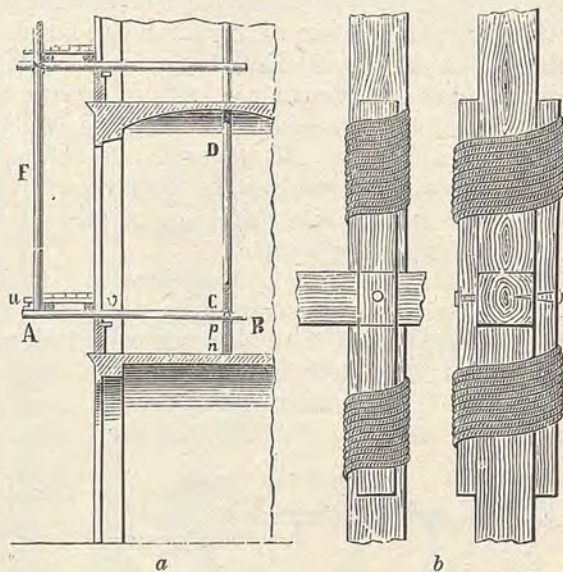


Fig. 332. — Ponte a bilancia.

Quando si dovessero stabilire davanzali, si fissano sulle travi appoggiate ai davanzali dei ritti F mediante fasciature e gattelli (b); con travi orizzontali assicurate a questi ritti, con traverse e con tavole si formerà il palco intermedio.

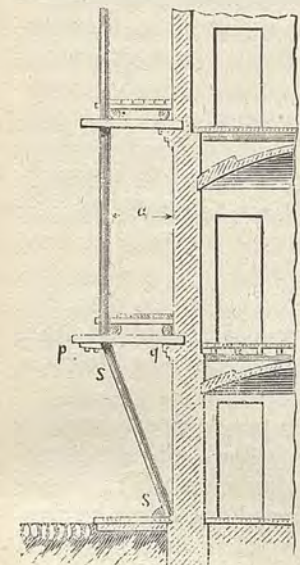


Fig. 333. — Ponte di sbalzo rinforzato da saettoni.

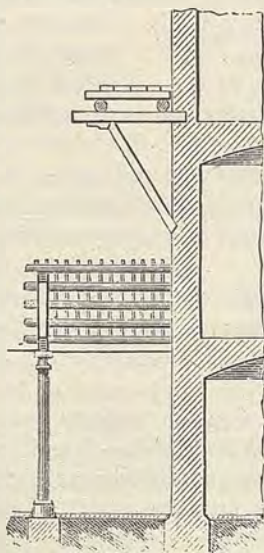


Fig. 334. — Ponte di sbalzo.

Quando i travicelli AB non possono fermarsi nell'interno, allora si incastrano nel muro a guisa di mensole dei travicelli pq (fig. 333), i quali si rinforzano, se è possibile, con saettoni S. Perchè l'incastamento della mensola nel muro sia solido si deve, specialmente quando occorrono due o più ordini di palchi sovrapposti, foggiare le teste delle mensole a coda di rondine, oppure fermarle nella muratura con staffe di ferro. Una disposizione analoga si adotta anche

quando il piede del saettone non si può conficcare nel terreno, come accade nell'esempio della fig. 334.

A Napoli si improvvisano dei palchi pensili formati con scale a pioli, giuntate

quando occorra, disposte verticalmente e colla larghezza in direzione normale al muro, e assicurate per mezzo di corde contro una serie di travi infisse nel muro stesso; sui corrispondenti pioli delle varie scale si mettono poi a conveniente altezza l'uno dall'altro i piani di tavole formanti palchi di servizio per gli operai.

Un'impalcatura di sbalzo veramente degna di nota è quella ideata dall'architetto Pollak di Vienna per ultimare la facciata del Duomo di Milano, ma posta in opera e modificata dall'arch. Amati nel 1806, in seguito all'avvenuta morte del Pollak. L'impalcatura dell'Amati è disegnata nell'opera dell'Aluisetti. Essa spingevasi ad un'altezza di circa 60 metri dal pavimento del tempio, ed era così solida da reggere al carico di massi di marmo del peso di più che 7 tonnellate. Servì per il sollevamento e la posa delle statue delle cuspidi e dei frastagli marmorei, che ornano la facciata e i fianchi del magnifico tempio.

Un'altra disposizione di ponte a *bilancino* è quella dei palchi sospesi a travi sporgenti dai tetti e assicurate ai correnti od ai puntoni dei tetti medesimi. Più innanzi, ove sono indicati gli apparecchi di salvaguardia per gli operai, si vede disegnato un simile ponte. L'estremità interna delle travi sporgenti dal tetto contrasta contro due correnti di cui uno è fermato sopra e l'altro sotto i puntoni, in modo da abbracciare due o tre di questi; per maggior sicurezza, l'estremità stessa è assicurata con funi.

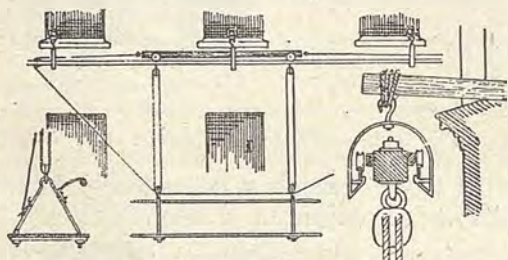


Fig. 335. — Ponte pensile a spostamento verticale ed orizzontale.

appeso il ponte pensile, e per impedire la flessione delle travi sorreggenti, queste sono ancora rinforzate da un puntello appoggiato sul muro di fronte dell'edificio. Il ponte a bilancino essendo appeso con funi e taglie si può abbassare ed innalzare a volontà, e può contenere parecchi operai ad un tempo. Però siffatti ponti sono assai pericolosi, per quanto il loro modo di costruzione, allorchè questa venga con accuratezza eseguita, sia sicurissimo.

Un altro ponte pensile dello stesso genere è quello rappresentato nella fig. 335, che è appeso a travi sporgenti da aperture di finestre ed assicurate nell'interno. Esso può muoversi non solo in senso verticale, ma anche in senso orizzontale, poichè le taglie di sospensione sono attaccate ad un travicello fiancheggiato da rotelle, le quali scorrono sopra regoli di ferro, sorretti da apposite staffe di metallo appese alle travi sporgenti dalle finestre.

In tutto simile è il ponte sospeso usato da Rondeau nel dipingere dal disotto la tettoia della Galleria delle Macchine all'Esposizione Universale di Parigi del 1889. L'apparecchio è descritto nel *Génie Civile* da Flachet e nella *Construction Moderne*, anno IV.

La fig. 336 rappresenta invece il palco sospeso fisso usato per le riparazioni alla torre di Deggendorf (*Zeitschr. d. bair. Arch.-u.-Ing.-Ver.*, 1871). Dalle finestre soprastanti al punto da ripararsi sporgevano dei legnami posti diagonalmente in modo che ciascuno di essi appoggiasse sopra due finestre di lati contigui; ad essi erano sospese le antenne che sostenevano, per mezzo di saette e correnti, i palchi di servizio. La mezza pianta di sinistra indica la parte inferiore dell'armatura, cioè quella corrispondente ai palchi; la mezza pianta di destra indica la parte superiore.

Trattandosi di ripulire e di imbiancare le facciate degli edifizii e per simili altri scopi si è sperimentato anche il ponte brevettato della fig. 337. Esso consta di un albero verticale solidamente fermato nelle sue estremità, lungo il quale scorre un albero cavo, sostenuto superiormente da funi e taglie. A questo albero cavo è assicu-

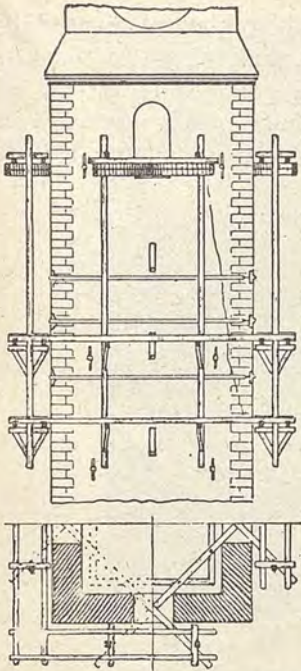


Fig. 336. — Ponte sospeso fisso adoperato per le riparazioni della torre di Deggendorf.

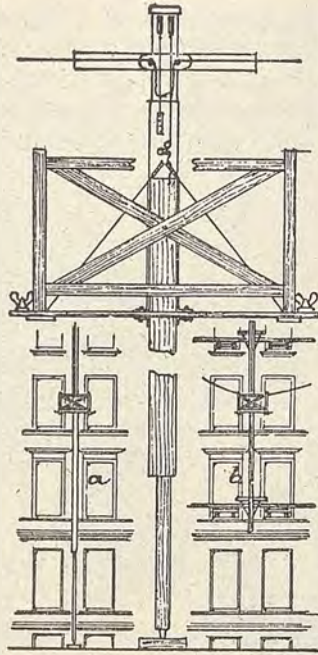


Fig. 337. — Ponte pensile con movimento verticale ed anche con movimento orizzontale.

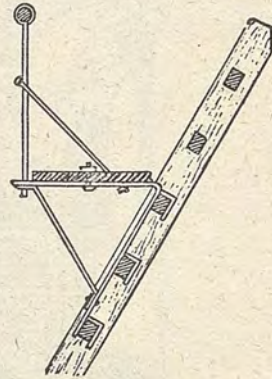


Fig. 338. — Ponte a sbalzo spostabile su scala a piuoli.

rato il palco fatto a gabbia, che può quindi innalzarsi od abbassarsi secondochè si tirano o si allentano le funi che sopportano l'albero cavo. In *a* si vede questo ponte a solo movimento verticale, mentre in *b* è indicato lo stesso ponte con doppio movimento verticale ed orizzontale. Allora l'albero pieno è appoggiato alle sue estremità sopra due correnti orizzontali, sui quali scorre per mezzo di rotelle, ed il suo scorrimento è ottenuto per mezzo della trazione esercitata nell'uno o nell'altro senso sopra la gabbia del palco.

Semplicissimo e molto utile, quando si tratta di piccole riparazioni parziali, è il ponte a sbalzo spostabile, rappresentato nella fig. 338, adattato ad una scala a piuoli.

Un singolare ponte di servizio sospeso a movimento verticale è quello riprodotto nella figura 339 ed immaginato per riparare i camini industriali. È conosciuto sotto il nome di *Climax* ed è dovuto a Brown e Porter di Liverpool. Permette agli operai di innalzarsi lungo l'esterno del camino e attendere alle dovute riparazioni senza correre pericoli di sorta. Il ponte consiste in quattro travi parallele disposte a due a due in piani paralleli e ad altezze differenti su due faccie opposte del camino. Le loro teste sono riunite da catene e sono fra loro ancora rilegate con due aste di ferro (quali si vedono chiaramente nella coppia di travi superiori), che si appoggiano sulle altre due faccie del camino, stringendovisi contro in modo da impedire all'apparecchio di scorrere in basso. La coppia di travi inferiori porta inoltre il palco del ponte. Un'asta di acciaio filettata, munita di chiave di manovra, riunisce ciascuna trave superiore alla inferiore corrispondente per mezzo di staffe fissate sul mezzo delle travi. Imprimendo a queste ultime aste un movimento di rotazione simultaneo nello stesso senso, si avvicinano o si allontanano le due coppie fra loro. È facile comprendere come si debba manovrare per far salire il ponte lungo il camino. Si supponga effettuata la chiusura superiore delle aste laterali orizzontali: allora il ponte è sorretto dalle catene e dalle aste filettate. Si allentano le aste orizzontali

della coppia inferiore di travi, e questa si fa salire mediante la rotazione delle aste filettate. Quando la coppia inferiore è al punto voluto, si stringono le sue aste orizzontali a chiavarda, in modo che la coppia stessa e il ponte non possono più scorrere in basso. Allora si allentano le aste orizzontali della coppia superiore la quale si fa salire finchè le catene sono tese: si serrano contro il camino le aste

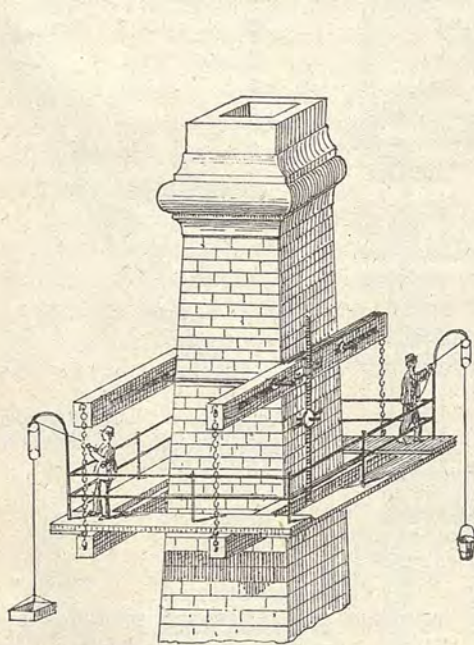


Fig. 339. -- Ponte di servizio per alti camini.

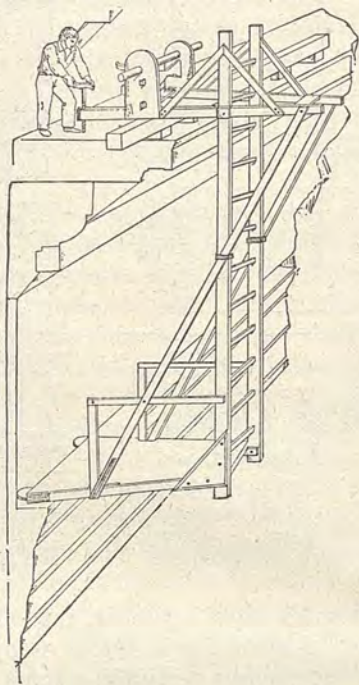


Fig. 340. -- Ponte sospeso detto il *Carriuolo* per riparare l'interno del Vaticano a Roma.

superiori, si allentano le inferiori, e si ricomincia l'operazione se il ponte deve essere portato in posizione più alta. La disposizione descritta è applicabile ai soli camini quadrati, ma è facile immaginare quella che occorrerebbe quando si trattasse di camino circolare.

Altro ingegnoso ponte sospeso a movimento orizzontale è quello rappresentato dalla figura 340, ideato dallo Zabaglia per parare l'interno del Vaticano in Roma. Esso fu chiamato *carriuolo* e scorre sopra una trave posta lungo la cornice del cornicione, sulla quale si ferma mediante una vite. La parte inferiore del ponte si appoggia sull'architrave del cornicione e per facilitare lo scorrimento questa parte è munita di due rotelle ad asse verticale, che si appoggiano e scorrono lungo la parete del fregio.

Le figure 341 e 342 rappresentano il sistema di ponte sospeso ideato dall'ingegnere Bourdais per ristaurare la volta della sala delle feste nel palazzo del Trocadero a Parigi. Questa volta, fatta in *staf*, aveva sofferto assai per le condensazioni di vapore acqueo che si formavano sovr'essa tutte le volte che la sala in occasione di feste o concerti, veniva ad accogliere la grande quantità di persone di cui è capace, cioè più di 5 mila. Siccome il lavoro di riparazione sarebbe stato piuttosto lungo e non si voleva nel frattempo sospendere le feste che si sarebbero tenute nella sala durante l'Esposizione del 1889, così l'ing. Bourdais ricorse ad un ponte generale sospeso, che fu completamente nascosto alla vista del pubblico mediante un sottostante velario.

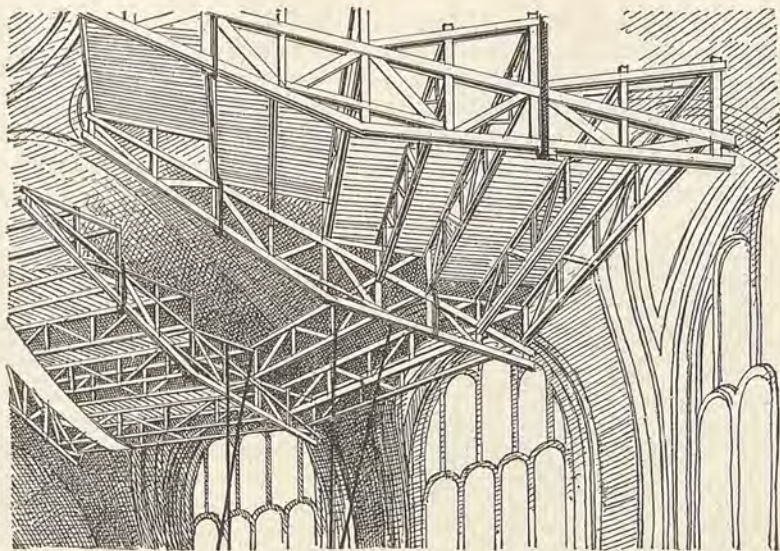


Fig. 341. — Veduta prospettica di una parte del ponte.

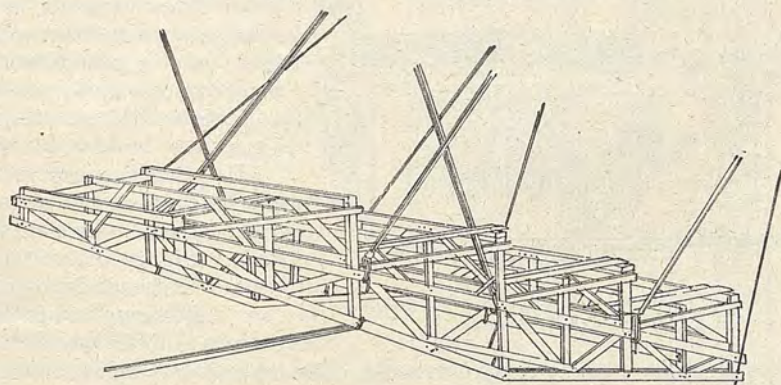


Fig. 342. — Coppia di travi composte del ponte durante il loro sollevamento.

Fig. 341-342. — Ponte sospeso per restaurare la vólta della Sala delle Feste nel Trocadero di Parigi.

La vólta in *staf*, grosso un centimetro, è sostenuta dall'armatura della cupola, ed è a questa appunto che il Bourdais sospese il suo ponte di servizio, formato di 12 travi composte inclinate corrispondenti alle centine metalliche della cupola. Ogni trave composta era formata da due mascelle superiori e da due coppie di mascelle inferiori oblique, rilegate alle prime con saette e ritti verticali, prolungati al disopra e resi solidali mediante traverse che formavano gradino, come si vede nelle figure. Tutte le unioni eran fatte con chivarde, ed ogni trave composta veniva sorretta al primo e al terzo quarto della sua lunghezza. Siccome le travi convergevano verso un centro comune, così sopportavano arcarecci di lunghezze diverse. I più corti, di m. 6,50, erano costituiti semplicemente da due travi di costa; i seguenti, fino a m. 8 di lunghezza, erano fatti nello stesso modo ma muniti di saette di scarico: gli altri, fino

alla massima lunghezza di m. 11,50 erano costituiti da travi americane. Questi arcarecci reggevano i tavolati dei quattro gradini dell'armatura sui quali stavano gli operai. La messa in opera dell'armatura si fece sollevando successivamente una coppia di travi composte già rilegate dai relativi arcarecci. La figura 342 rappresenta una coppia di travi cogli arcarecci durante il sollevamento.

Si è già accennato ai ponti sospesi detti a *bilancino* formati da travi sporgenti dal tetto, e sorreggenti il palco per mezzo di funi o di catene. Nella figura 343 si è

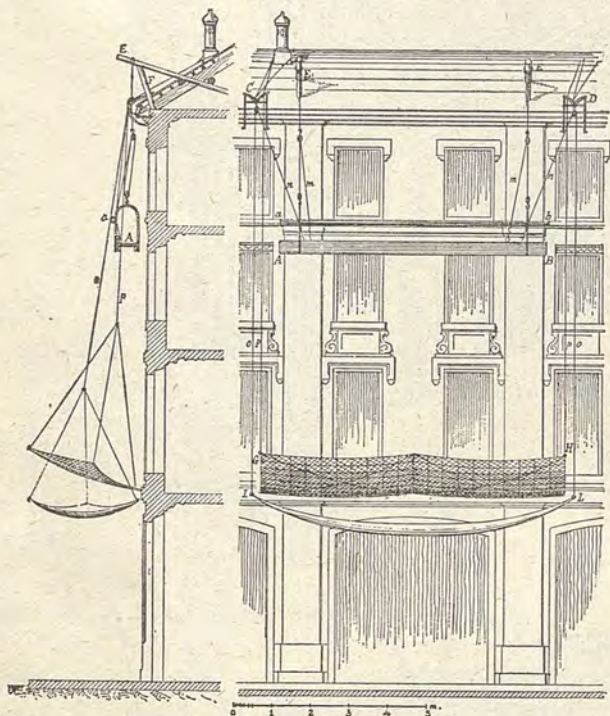


Fig. 343. — Ponte sospeso a bilancino con apparecchio di sicurezza, tipo Laurency.

Le funi di sospensione passano entro carrucole, onde è possibile far discendere e salire il ponte, e l'estremità della fune di comando viene legata alla sbarra di parapetto *a b* del palco.

L'apparecchio di sicurezza del tipo Laurency si compone di una rete solidamente tesa al disotto del ponte sospeso. La rete ha tre metri di larghezza ed è lunga un metro più del ponte; è leggermente inclinata verso la fronte della fabbrica e solidamente sospesa alle torrette del tetto con corde di fil di ferro, le quali passano sopra le staffe *C* e *D* destinate ad impedire lo sfregamento delle corde sull'ultima membratura del cornicione. Tali staffe sono costruite molto solidamente con ferro curvato a freddo: le loro dimensioni variano secondo quelle dei cornicioni che devono riparare. Sotto la rete trovasi poi ancora un copertone incatramato sostenuto per mezzo delle funi o alle staffe, ed esso serve a trattenere i calcinacci, i liquidi e simili, che possono cadere dal ponte e passare attraverso la rete. La disposizione del sistema è tale che ponte, rete e copertone sono assolutamente fra loro indipendenti. La rete è posta ad un'altezza conveniente per non impedire la circolazione nella via: essa è di filo di ferro nero, a maglie di 2 centimetri, e sostenuta di tratto in tratto da ferri cavi incurvati e da altri fili di ferro galvanizzati di 8 millimetri posti a croce di Sant'Andrea. Altra

appunto rappresentato tal genere di ponte e vi è pure indicato un apparecchio di sicurezza che dovrebbe applicarsi non solo a tutti i ponti sospesi, i quali, come già si è detto, sono sempre pericolosi ancorchè scrupolosamente eseguiti, ma anche in tutti quei casi nei quali un operaio è obbligato a lavorare in posizione tale, per cui un falso passo, un capogiro, un momento di disattenzione sono sufficienti a precipitarlo nel vuoto. E tale apparecchio serve anche a guarentire i passanti, la cui sicurezza è ugualmente compromessa tanto per la possibile caduta di un operaio, quanto per quella di una pietra, di un utensile o di altro.

Il palco sospeso, o a bilancino, *AB*, è sorretto per mezzo di due funi alle travi *E* sporgenti dal tetto, a lor volta fermate contro i correnti del coperto. Una saetta *F* serve a rinforzare la estremità della trave sporgente.

serie di fili di ferro di 2 mm. s'agganciano a quelli della croce, e costituiscono in certo modo una seconda rete con maglie di 33 cm. circa. Il copertone si può innalzare od abbassare manovrando dal ponte i tratti n delle corde che lo sostengono alle carrucole delle staffe C e D. In Francia questi apparecchi si possono affittare: la posa e la rimozione di una rete di 3 metri di larghezza costa L. 1,30 per m. lineare, ed il suo affitto L. 0,30 per ogni metro di lunghezza e per ogni giorno. Lo stesso Laurency ha ideato un apparecchio di sicurezza a rete, fatto a guisa di carro, che si fa scorrere sul suolo e si pone sotto al punto in cui è sospeso il ponte di servizio, o l'operaio che attende al suo lavoro.

c) *Palchi mobili*. — Palchi mobili sono quelli che possono ricevere un determinato movimento in senso verticale, orizzontale o circolare, senza che occorra smontarli e che rendono possibile la costruzione od il ristauo di un edificio, senza ricorrere ad un armamento generale, sovente assai costoso e di difficile esecuzione.

Dei *palchi mobili aerei*, cioè di quelli sospesi che possono spostarsi in senso verticale od orizzontale, è inutile riparlarne, avendone già detto abbastanza parlando dei ponti pensili.

Sono detti *palchi girovaghi* quelli muniti di ruote, che possono essere tirati al paro di un carro ovunque occorra e per tal modo servire ad ogni sorta di edifi e per le più svariate operazioni necessarie alla manutenzione e alla decorazione di questi. Celebre è il carro, detto *castello*, fatto costruire, credesi, dallo Zabaglia per ispolverare l'interno della basilica Vaticana in Roma; esso è portato da quattro larghe ruote, colle anteriori a sterzo, ed è formato a più ordini di piani, ai quali si accede con scale a piuoli disposte fra l'uno e l'altro di essi.

Del medesimo sistema è appunto il *castello a ruote* rappresentato nella fig. 344 e che usasi specialmente in Piemonte. Serve questo specialmente per l'ultimazione delle fronti dei fabbricati, per la tinteggiatura di esse, per le riparazioni esterne e simili.

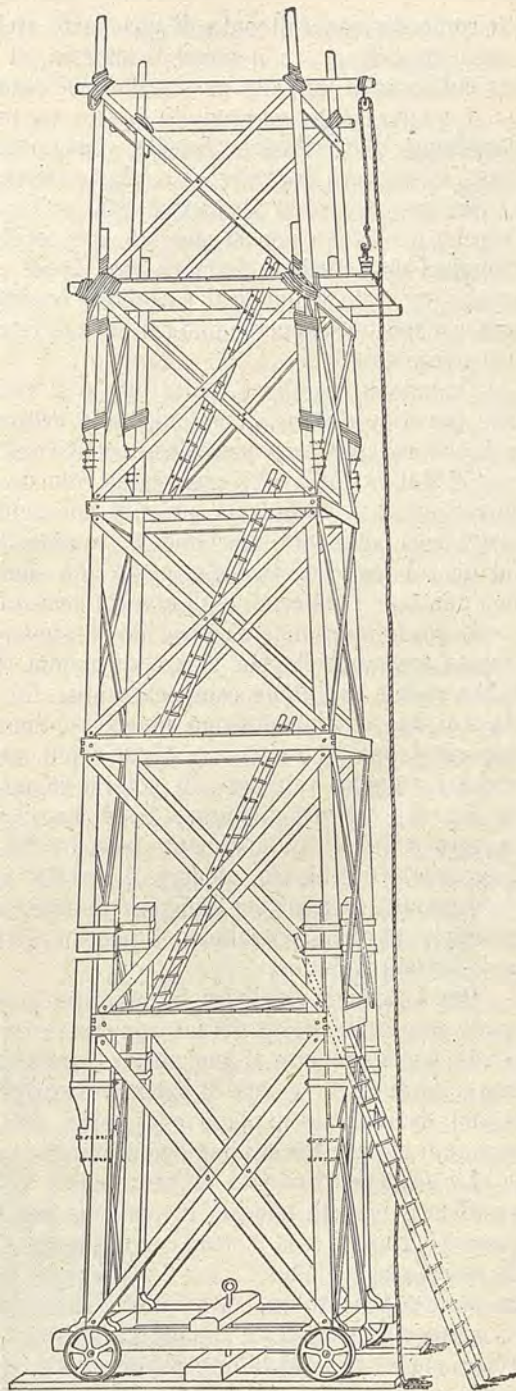


Fig. 344. — Castello a ruote.

Si compone generalmente di una parte stabile di pochi metri d'altezza, la quale può anche passare sotto il vólto di androni, di portoni, di portici, ecc., allorchè trattasi di collocare il castello nei cortili delle case.

I quattro ritti angolari di questa parte stabile si possono allungare mediante l'aggiunta di successive abetelle, appoggiate a gattelli e fermate con staffe di ferro, con chiavarde e legature di corda, ottenendo così un castello alto 20 e più metri. A diverse altezze si formano i telai atti a sorreggere le tavole dei diversi palchi, e perchè il castello non si sfasci e non oscilli troppo si collegano fra loro le abetelle angolari con crociere fermate con chiodi o chiavarde. Ai diversi ponti si ascende mediante scale a piuoli. Il castello è munito inferiormente di quattro ruote affine di poterlo spostare, spingendolo con leve di ferro, lungo la facciata dell'edificio e portarlo nel punto voluto.

Quando il castello è molto alto e si vuol far scorrere bisogna collocare sotto le sue ruote due robusti tavoloni, onde evitare scosse durante il movimento, le quali potrebbero cagionare pericolose oscillazioni, specialmente se gli operai si trovano sui palchi del castello. Nel centro del robusto telaio di base vi è una grossa vite di ferro verticale, girando la quale si può sollevare di alquanto tutto il castello, che si potrà così far girare agevolmente, cambiandone la direzione. Una puleggia assicurata ad un travicello orizzontale, posto alla sommità del castello, permette di sollevare con una fune i materiali e gli utensili necessari.

Il *ponte meccanico Frattini* ha la stessa forma di un castello a ruote ed è come questo trasportabile per mezzo di uomini o cavalli quando è chiuso. Si compone di tante specie di gabbie compenetrantisi, le quali, mediante un meccanismo azionato da soli due uomini, possono innalzarsi l'una sull'altra portando il palco di servizio superiore fino ad un'altezza di 20 e più metri. Questo ponte presenta sul castello a ruote i seguenti vantaggi: di potersi smontare in pochissimo tempo e coll'impiego di due soli operai; di durare assai maggior tempo perchè di ferrò; di essere più leggero e quindi più facilmente trasportabile e di essere sempre pronto in qualunque occasione. Oltre a ciò, mentre il castello a ruote presenta tanti palchi ad altezze determinate, cosicchè per giungere alle altezze intermedie fra un palco e l'altro bisogna ricorrere a palchi a cavalletto, il ponte Frattini ha un palco che può essere portato ad un'altezza qualunque.

Per l'analogia degli usi bisogna qui accennare alle scale così dette *aeree*, fra le quali occupa un posto distinto quella inventata dal meccanico torinese Paolo Porta e che porta appunto il suo nome. Questa scala (fig. 345 e 346) sostituisce con molti vantaggi tutte le specie di palchi volanti di cui si è prima parlato ed anche le lunghe e mal sicure scale a piuoli e di corda, che si adoperano per giungere rapidamente a grandi altezze senza l'impiego di impalcature fisse.

La scala è terminata in basso come una leva angolare, ossia è munita di un'appendice o braccio minore, il quale fa angolo ottuso invariabile colla scala propriamente detta. Ad esso metton capo i tiranti di ferro, dai quali dipendono essenzialmente la resistenza e l'inflessibilità della trave a sistema triangolare, che costituisce la scala; la quale si può prolungare a volontà mediante la successiva aggiunta dei tronchi di cui si compone. Detta leva angolare a braccia disuguali è mobile attorno ad un asse di rotazione imperniato all'intelaiatura del carro ed attraversante il braccio maggiore della scala in prossimità dell'angolo ottuso. Per sollevare la scala, la potenza è applicata ad abbassare il braccio minore, o coda della scala, che può essere così mantenuta in equilibrio sotto qualsiasi inclinazione, dalla linea orizzontale a quella prossima alla verticale. Girando un albero a manovella, munito di ruota d'incontro con nottolino d'arresto e di un rocchetto dentato, il quale imbecca in una ruota dentata di grande diametro, si svolgono o si avvolgono sull'albero della detta ruota le funi o



Fig. 345.
Scala aerea Porta,
sviluppata.

le catene che abbassano od innalzano il braccio minore della leva. Quando la scala ha assunto l'inclinazione voluta in questa la mantengono la ruota d'incontro e il nottolino d'arresto. Ad evitare ogni pericolo di rovesciamento, qualunque sia il numero dei tronchi di prolungamento, l'inclinazione della scala ed il peso degli uomini e dei carichi ch'essa deve reggere, servono due grossi contrappesi di ferro fuso assicurati all'estremità di due robuste sbarre orizzontali di ferro battuto, le quali possono venire più o meno allungate a seconda del bisogno. Dalla parte anteriore del carro vi è ancora un albero sul quale può farsi avvolgere una fune di canape; con questa fune e con una carrucola attaccata all'estremità superiore della scala, si può, per mezzo di apposito cestone, far salire o discendere materiali od utensili. Per mettere in opera questa scala si tolgono dal carro i diversi suoi tronchi e si collocano a terra nell'ordine che devono avere a scala sviluppata; indi, mantenendo la posizione orizzontale, s'incastano successivamente gli uni negli altri fermandoli con traverse di legno che fanno poi da scalino; quando tutti i tronchi sono a posto si agisce sulla manovella e si fa prendere alla scala l'inclinazione che si desidera. Questa scala non oltrepassa il peso di Kg. 1400 e può sollevare come gru un peso di Kg. 150.

Richiede dieci minuti circa, nè più di quattro uomini, per essere composta e scomposta, ed il suo carro è provveduto di sterzo, cosicchè si può con facilità farle fare

piccole variazioni di direzione anche quando è sviluppata. Dopo che il Porta ebbe inventata la sua scala, e che ne fu universalmente riconosciuta la grande utilità e la

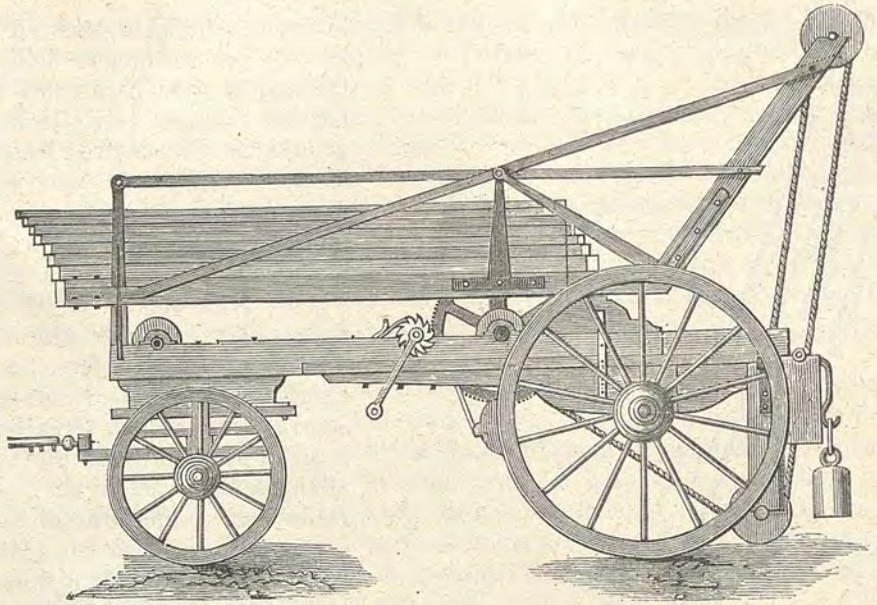


Fig. 346. — Scala aerea Porta, chiusa.

sicurezza, ne furono ideati molti altri sistemi da diversi costruttori, quali il Vincenzo Manfredi di Reggio Emilia, il Canciano Canciani, il Colombo di Milano, ecc. Notevole è quella del Manfredi, la quale differisce essenzialmente dalla Porta in ciò, che l'inclinazione non è ottenuta con trazione di funi o catene, ma mediante lo spostamento di un telaio e che i diversi tronchi della scala scorrono l'uno sull'altro durante l'allungamento od il raccorciamento della scala medesima. La scala Colombo differisce dalle altre specialmente negli staggi dei diversi tronchi, che invece di essere di legno sono formati con tubi di ferro.

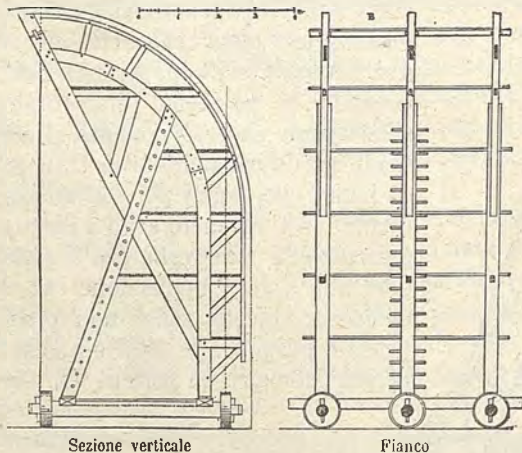


Fig. 347-348. — Palco scorrevole per la serra calda del Castello di Versailles.

zione secondo una data direzione, nella quale sono anche guidati da rotaie di legno o di ferro.

Un palco scorrevole dei più semplici è rappresentato nelle figure 347 e 348; esso fu costruito a servizio della serra calda nel castello di Versailles. È munito di sei piccole ruote, ed una delle saette serve da scala di accesso ai diversi piani, mediante piuoli in essa conficcati.

Un altro rappresentato nelle figure 349, 350 e 351 venne eseguito per decorare una cappella mortuaria a Torino. Quest'armatura è fatta con travi e tavole d'abete

di funi o catene, ma mediante lo spostamento di un telaio e che i diversi tronchi della scala scorrono l'uno sull'altro durante l'allungamento od il raccorciamento della scala medesima. La scala Colombo differisce dalle altre specialmente negli staggi dei diversi tronchi, che invece di essere di legno sono formati con tubi di ferro.

In generale colle scale aeree a quattro ruote si può raggiungere un'altezza di 30 ÷ 35 m.: tutte poi, quando sono chiuse, si possono trainare a forza d'uomo o per mezzo di animali.

Si chiamano *scorrevoli* quei palchi, pure montati su di un carro, ma capaci soltanto di un movimento di trasla-

e scorre sopra quattro ruote portate da un robusto telaio di base, composto di tre travi doppie parallele rilate alle estremità da due coppie di travi ad esse normali, fra le quali sono comprese le ruote di scorrimento.

Una croce di Sant'Andrea serve a rinforzare il sistema. Le suddette travi doppie reggono le tre armature principali del ponte, composte ciascuna di due puntoni e due saette. Sopra mascelle trasversali fissate a dette armature sono appoggiate le tavole dei diversi ordini di palchi.

Opere di questo genere, meravigliose per mole ed arditezza, si eseguirono pel tempio di S. Pietro in Roma. E dapprima lo Zabaglia, allo scopo di restaurare il portico, ideò un'armatura mobile assai semplice, appoggiata per traverso sulle cornici, le quali le servivano inoltre di piano di scorrimento. In seguito Pietro Albertini, che successe allo Zabaglia, costruì nel 1773, per ripulire gli stucchi e le dorature della volta della navata maggiore, una grandiosa e comoda armatura, di cui si è rappresentata in prospettiva una metà nella figura 352. Quest'armatura venne composta sul pavimento del tempio, indi, per mezzo di taglie fissate con arpioni di ferro alla volta, e di parecchi argani, fu innalzata e tenuta presso alla volta medesima per poter formare sopra gli sporti

del cornicione la solida impalcatura sulla quale venne poi appoggiata e fatta scorrere a seconda del bisogno. Ai diversi ordini di palchi si accedeva mediante scale a mano.

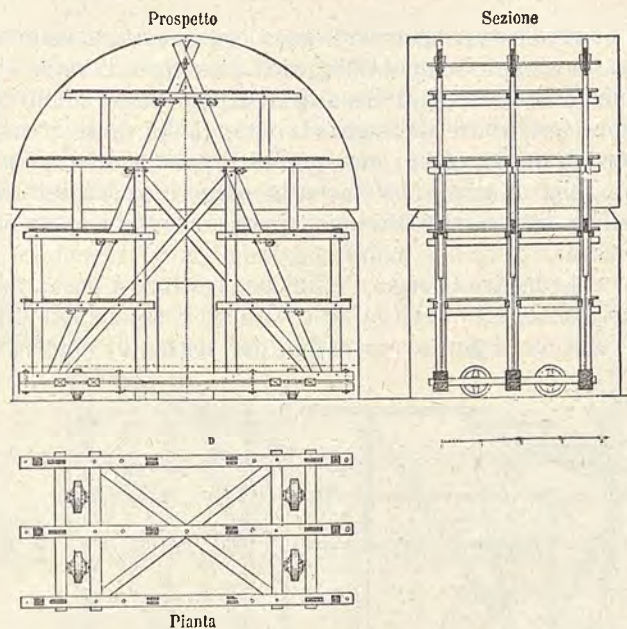


Fig. 349, 350, 351 — Ponte scorrevole per la decorazione di una cappella mortuaria a Torino.

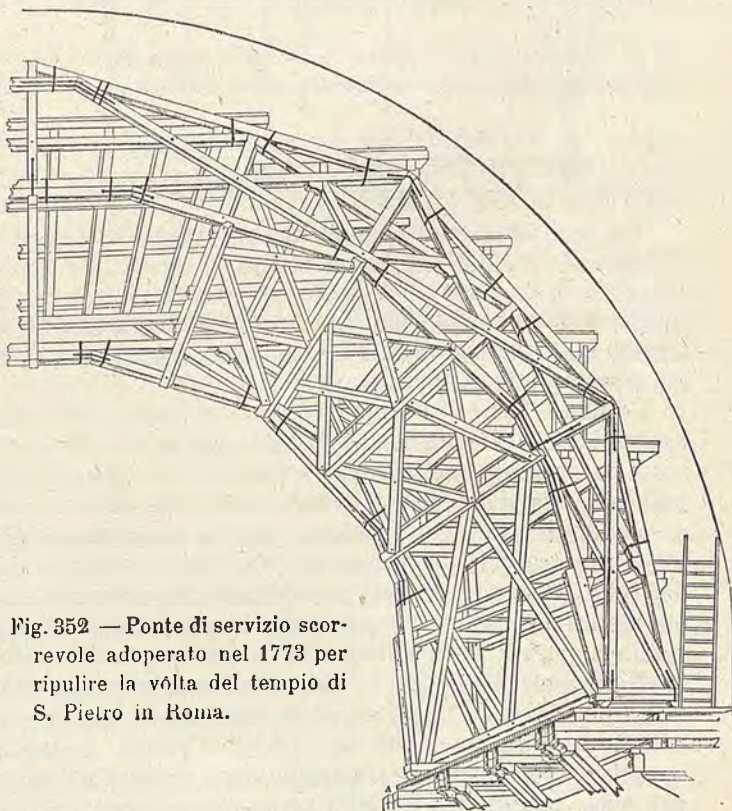


Fig. 352 — Ponte di servizio scorrevole adoperato nel 1773 per ripulire la volta del tempio di S. Pietro in Roma.

Le impalcature scorrevoli sono ora quasi unicamente impiegate allorchè trattasi del collocamento in opera di grandi travature di legno o di ferro per la formazione di tettoie, gallerie e simili. Se ne potrebbero citare infiniti esempi poichè le tettoie delle stazioni ferroviarie delle grandi città, quelle delle grandiose esposizioni che si succedettero in questi ultimi anni, quelle di pubblici mercati e di pubbliche gallerie di passeggio, che si ammirano anche in parecchie città italiane, quali ad esempio Milano, Napoli e Torino, non furono altrimenti messe in opera che ricorrendo ad impalcature scorrevoli.

Il capomastro Giorgio Pellini per mettere a posto, nel 1867, gli archi in ferro e poi i vetri del coperto della galleria Vittorio Emanuele di Milano, costruì appunto un semplice e leggero ponte, scorrevole per mezzo di quattro rotelle su rotaie di ferro, e

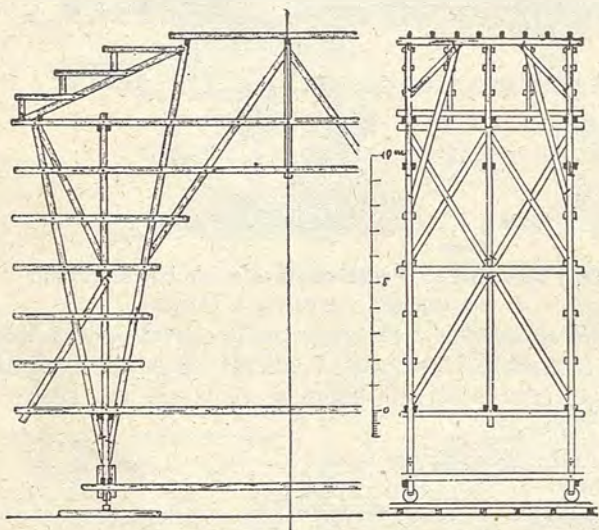


Fig. 353. — Impalcatura scorrevole per le gallerie dell'Esposizione di Vienna.

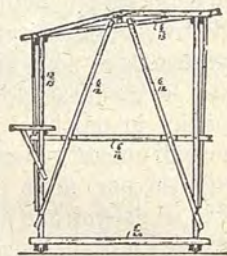


Fig. 354. — Ponte scorrevole per le gallerie dell'Esposizione di Vienna.

avente due ordini di palchi, il primo dei quali reggeva la capra per sollevare e mettere a posto gli archi metallici, ed il secondo, formato di cavalletti con rampe praticabili, era a servizio degli operai.

Le figure 353 e 354 rappresentano due impalcature adoperate per le gallerie della Esposizione di Vienna del 1873. Nella prima si vede quella che servì per mettere a posto le armature della Galleria centrale del Palazzo dell'Esposizione, e che doveva pure adoperarsi pei lavori di coloritura della galleria stessa, onde doveva offrire la possibilità di collocare a qualsiasi altezza un tavolato. Nella figura 354 si vede invece il ponte scorrevole più piccolo del precedente, che servì per il collocamento in opera del tetto già rappresentato nella figura 188. Esso era costruito in due parti divisibili per lasciar nel mezzo un passaggio libero. Queste impalcature scorrevano mediante rotelle appoggiate sopra lungarine fermate sopra traversine di legno.

Nelle figure 355 e 356 è riprodotta l'impalcatura scorrevole che servì per la costruzione della tettoia metallica della stazione di Napoli, eseguita nel 1870 su progetto e sotto la direzione dell'ing. Alfredo Cottrau. L'impalcatura, semplice, robusta e comoda, si componeva di tre grandi travi maestre all'americana, alte 5 metri, collocate nel senso longitudinale. Nell'interno era collocato un piccolo casotto ad uso ufficio e magazzino per gli attrezzi minuti, e sul piano superiore, intieramente ricoperto da robustissimo pavimento, erano quattro antenne sostenute da colonne e saettoni, le

quali servivano ad innalzare e a mettere in opera le grandi incavallature della tettoia. L'intero palco finalmente era sostenuto da otto robuste colonne, le quali, al livello del marciapiede, posavano su di un numero uguale di carretti, formati ciascuno da due coppie di ruote di carrozze merci, ed il tutto era disposto in modo da poter scorrere da un'estremità all'altra della stazione, senza punto interrompere il servizio dei treni sui cinque binari del fabbricato. Ogni puntone delle capriate, diviso in tre pezzi, veniva innalzato per mezzo di un arganello, posto dietro il casotto, sul gran palco mobile: dopo riuniti i tre pezzi l'intero puntone veniva sollevato e collocato

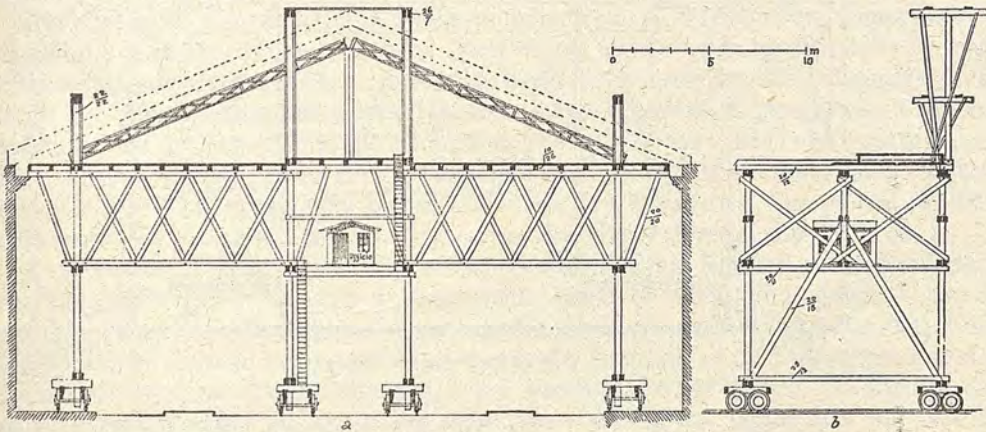


Fig. 355 e 356. — Palco scorrevole per la costruzione della tettoia metallica della stazione di Napoli (vedi *Giornale del Genio Civile*, anno IX).

nel suo posto definitivo mediante grosse funi attaccate alla sommità delle quattro antenne, corrispondenti al primo e quarto quinto della lunghezza del puntone. Dopo si procedeva al collocamento a posto dei tiranti e dei saettoni, e per la posa delle costole e per le congiunzioni definitive si faceva uso di due palchi volanti.

Un altro rimarchevole palco scorrevole di tal genere, ideato dall'ing. Mathieu, è quello che servì per la costruzione della tettoia metallica della stazione di Orleans; esso permise d'innalzare un'incavallatura di 50 metri coi suoi arcarecci in meno di tre giorni, e ciò senza interrompere il movimento dei treni. Se ne trova una descrizione particolareggiata nel volume XVI dei *Nouvelles Annales de la Construction* dell'Oppermann.

Si ricordano pure i ponti mobili per la posa delle incavallature delle tettoie per le stazioni di Bordeaux, di Nantes, di Milano, di Torino, ecc. A proposito di queste ultime, la cui costruzione fu diretta dall'ing. Birlé, si nota che la prima è ad arco acuto ribassato e la seconda ad arco semicircolare. L'impalcatura scorrevole usata per la Stazione Centrale di Milano fu costruita su disegno proveniente dall'officina di Clichy, presso Parigi, da dove provennero anche gli arconi di ferro; essa però presentava degli inconvenienti, onde l'ing. Birlé ne fece costruire un'altra, che soddisfece pienamente al bisogno.

L'armatura per la tettoia di Torino, la più ampia che siasi fatta in Italia, essendo di 48 metri il diametro degli arconi, fu progettata dallo stesso ing. Birlé in assai migliori condizioni, e fece buonissima prova.

Fra i ponti di servizio scorrevoli per la costruzione di grandi gallerie per Esposizioni si ricorda quello adoperato dalla *Compagnia di Fives-Lille* per elevare e collocare a sito le incavallature della grande galleria delle macchine dell'Esposizione di Parigi del 1878. Questo ponte è rappresentato nelle fig. 357 e 358.

Fig. 357. — Prospetto.

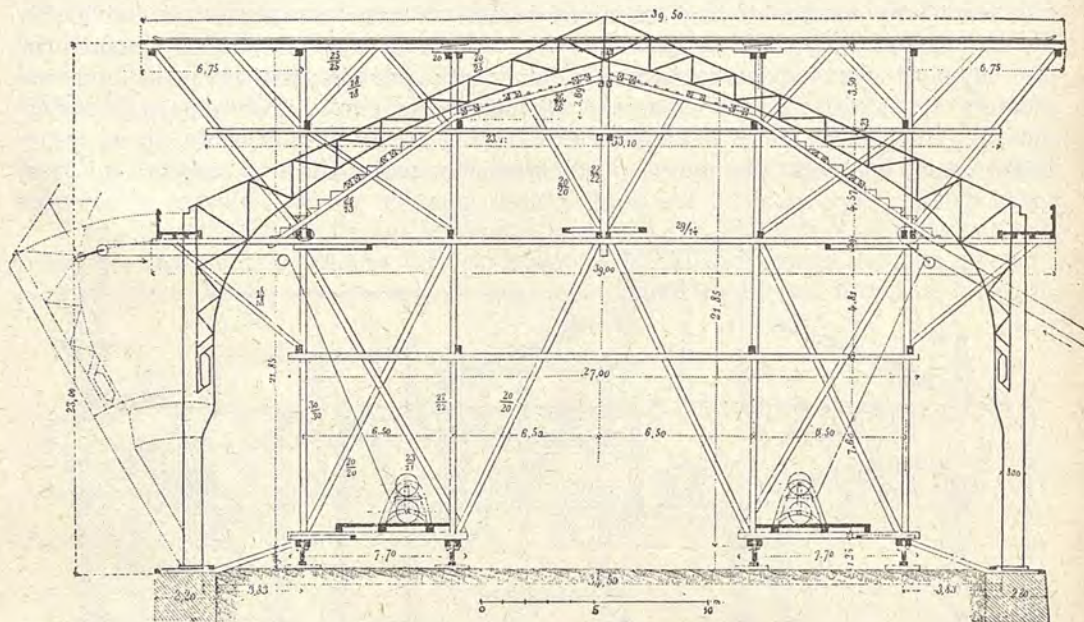


Fig. 357 e 358. — Castello mobile per la costruzione della Galleria delle Macchine dell'Esposizione parigina del 1878 (Dall'Opera dell'ing. SACHERI, *Le costruzioni moderne all'Esposizione Universale di Parigi del 1878*).

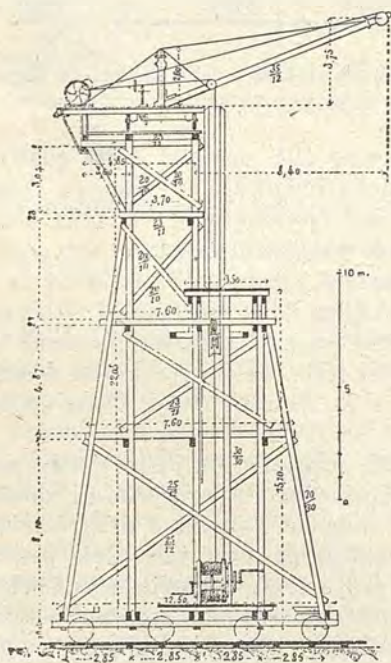


Fig. 358. — Fianco.

Si pensò essenzialmente ad avere un'impalcatura di m. 39,50 di larghezza e di m. 16,90 di profondità, o lunghezza, ad un'altezza di m. 23 dal suolo. Su questa impalcatura scorreva su apposito binario un carrello (fig. 358), che portava da un lato un verricello e dall'altro un braccio di gru della portata massima di m. 8,40, e fornito di due puleggie, una alla sua sommità e l'altra a poca distanza dal suo estremo inferiore. Quest'ultima serviva ad innalzare tutti i pezzi componenti la incavallatura su di un'impalcatura posteriore di m. 3,50 di lunghezza, di forma rampante (fig. 357), ossia tale da assecondare la forma stessa delle incavallature di ferro. La puleggia inferiore serviva ad elevare le travi longitudinali rileganti due incavallature consecutive, le quali erano così sollevate per il punto di mezzo della loro lunghezza, ossia a m. 7,50 di distanza dalla incavallatura. Per ultimo due brevi impalcature a m. 1,80 da terra portavano ciascuna un verricello per l'erezione dei piedritti. Questi venivano sollevati per mezzo di puleggie di rimando, le une assicurate al ponte di servizio e le altre all'estremità superiore dei piedritti stessi; ma ad ogni piedritto era già stato unito in precedenza il primo pezzo o peduccio della incavallatura, come si vede dalla fig. 357, dove a sinistra è rappresentato in punteggiato un piedritto quasi del tutto rialzato. I due piedritti di una stessa incavallatura

erano sollevati contemporaneamente per mezzo dei verricelli già menzionati e col'opera di 18 uomini in tutto. Ciascuno di tali piedritti, compresi il primo pezzo d'imposta della incavallatura, pesava Kg. 8000. Alla base di essi, per facilitarne la rotazione, si disponeva una sbarra cilindrica di ferro assicurata con chiavarde fatte passare nei fori già preparati per le ribaditure: tale sbarra posava e girava in due cuscinetti fissati ad un'intelaiatura di legno. Tutte le altre parti della incavallatura erano innalzate facendole passare attraverso le trappole o parti mobili dell'impalcatura poligonale, che assecondava la forma della incavallatura. Il verricello della gru superiore era manovrato da 6 uomini.

Notevoli sono le grandi impalcature mobili di cui si servirono la *Compagnia di Fives-Lille* e la *Società degli antichi Stabilimenti di Cail* per la posa delle 20 incavallature di cui componevasi la grande galleria delle macchine dell'Esposizione di Parigi del 1889, galleria che aveva 115 m. di larghezza e 420 di lunghezza. I sistemi usati dalle due imprese differivano completamente fra loro, ma tanto l'uno quanto l'altro diedero buoni risultati; giova però notare che quello di Fives-Lille presentava un cubo di legname assai minore (Vedi *Revue Technique de l'Exposition Universelle de 1889*, la *Construction moderne*, anno III, la *Semaine des Constructeurs*, anno XII, ecc.).

A proposito di queste grandiose strutture mobili, l'ing. Birlé, di cui si è già parlato, dice (1): « Nell'armamento di una grande tettoia, lo studio più importante che si deve fare prima di incominciare i lavori è quello per la costruzione del castello mobile. Oltre i pericoli ai quali sono esposti gli operai che lavorano ad un'altezza così grande, s'hanno ad avere moltissimi riguardi, e per l'economia e per il facile andamento dei lavori. Perciò, innanzi tutto, bisogna pensare seriamente ad impiantare un castello mobile sicuro e comodo. La scelta del tipo evidentemente dipende dalla forma degli arconi della tettoia: siccome poi questi ordinariamente sono curvi, o semicircolari, o ad arco di circolo ribassato, o ad arco acuto, così fra i tipi che di solito tornano i più convenienti, c'è una certa analogia, la quale può essere una guida quando si debbano stabilire dei ponti di servizio in condizioni analoghe. In generale poi una tettoia è sempre divisa in parecchie travate: il lavoro per ciascuna di queste è sempre lo stesso, qualunque sia il loro numero; dunque, evidentemente, la prima condizione alla quale deve soddisfare il ponte di servizio è quella di poterlo far scorrere facilmente in modo che successivamente ed ordinatamente man mano s'abbiano ad innalzare e mettere in opera ciascun arcone e ciascuna travata. Da questa condizione ne viene che innanzi ogni cosa s'ha a badare dove e quanti sono i punti di appoggio dei quali si può disporre. Senza dire di altre ragioni, quanto maggiore è il numero loro, tanto più facile riesce lo stabilire il castello mobile, perchè si è sempre limitati assai nella lunghezza dei legnami che si adoperano. Non si deve risparmiare la spesa perchè il castello mobile sia abbastanza stabile fino dal primo momento che lo si adopera; le riparazioni successive o le aggiunte vengono sempre a costar caro, talvolta sono impossibili e poi sempre imbarazzano l'andamento dei lavori. Quando il castello mobile è molto alto, conviene costruirlo colle sue scale invece di metterci delle scale mobili a piuoli: con ciò si ottiene economia di tempo e di fatica per gli operai. Lo sviluppo esterno del castello mobile, in quella parte dove si deve fare il maggior lavoro, dovrà avvicinarsi più che sia possibile alla curva d'intradosso della tettoia, avere degli scaglioni, il cui numero dipenderà dal lavoro da farsi per l'armamento, cioè dal numero dei giunti degli arcarecci e dal modo col quale essi si uniscono agli arconi. L'assito deve essere senza pericolo. L'addobbo del castello mobile dev'essere completo in modo di avere con esso tutto l'occorrente pel lavoro, cosicchè gli operai

(1) V. il giornale *Il Politecnico*, anno 1867, (Parte tecnica) Milano.

non abbiano a correre dal castello mobile al cantiere e viceversa, invece di lavorare » È su tali principii che l'ing. Birlé costruì il castello mobile per l'armamento della tettoia della Stazione di Torino.

Si ricorre anche a castelli scorrevoli per il finimento interno ed esterno di lunghi fabbricati, come sono appunto le tettoie di stazioni ferroviarie, le gallerie delle Esposizioni e simili. Notevoli sono quelli adoperati per eseguire le decorazioni in istucco e le pitture della parte superiore della galleria di 30 metri, che, nell'Esposizione di Parigi del 1889, conduceva dalla cupola centrale alla galleria delle macchine, e quello che servì a collocare i coronamenti e le decorazioni in ceramica delle gallerie esterne del Palazzo di Belle Arti della stessa Esposizione (V. *Construction moderne*, anno IV, pag. 356).

Fra i ponti mobili si distinguono ancora i *palchi girevoli*, i quali sono capaci di un movimento di rivoluzione attorno ad un asse verticale: essi non servono che per l'interno di edifici a base circolare, a meno che siano muniti di appositi pezzi di allungamento, nel qual caso possono servire anche per edifici a base ellittica o di altra simil forma.

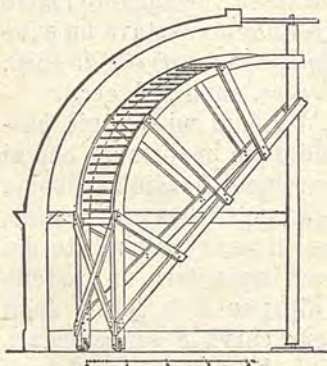


Fig. 359. — Palco girevole di Huger.

Come tipo di tali palchi può servire quello ideato da Huger (fig. 359) e premiato dalla Società d'Incoraggiamento di Londra. Esso è in forma di fuso sferico e fissato ad un albero verticale imperniato agli estremi: è munito di rotelle che ne agevolano il movimento, ed ha praticabile la superficie esterna a servizio degli operai.

Ingenzosa e ardita fu l'impalcatura girevole ideata dal Campanarino per i restauri interni, eseguiti verso la metà del secolo scorso, della gran volta emisferica del Panteon in Roma. Essa era costituita da due grandi travi all'americana, arcuate superiormente secondo la curvatura della volta, rinforzate da tiranti e piastre di ferro e fra loro collegate da croci di S. Andrea, pure in ferro. Queste travi formavano un unico e rigido sistema, il cui estremo superiore s'imperniava nella sommità della cupola in una solida armatura fissata nel vano della lanterna, e l'estremo inferiore scorreva tutto all'intorno sul cornicione d'imposta della cupola.

Per la posa in opera del gran coperto ad archi di legno della vecchia sala del Corpo legislativo a Parigi, fu pure impiegata un'impalcatura girevole ideata dal carpentiere Guillaume, e per restaurare e dipingere nel 1861 l'interno del teatro Carignano di Torino si usò pure un ponte girevole formato da un semicerchio girevole sopra un perno ed il cui raggio era uguale al raggio minore dell'elisse formante il perimetro interno della sala degli spettacoli. Per mezzo di travi prolungantisi all'esterno dell'armatura principale gli operai potevano raggiungere tutte le parti della sala.

Altri ponti girevoli per cupole emisferiche di medie dimensioni furono proposti anche dall'Emy, il quale vi faceva mobile anche il tavolato di servizio, in modo da poterlo abbassare od innalzare seguendo la curvatura della volta. Tali congegni però sono di troppo limitata applicazione, onde non si crede necessario dirne di più.

2° *Incastellature o castelli per il trasporto ed il sollevamento di grandi massi, di travature di legno o di ferro e di intere fabbriche.* — In generale queste armature si compongono di due parti distinte: del castello propriamente detto, e dei meccanismi; quello serve a reggere questi od i loro organi di trasmissione, ed i secondi servono a muovere, sollevare e collocare a sito il masso, o le travature, di cui si tratta.

Colossali monoliti furono trasportati ed eretti dagli Egizi, ma poco conosciuti o nulla affatto sono i mezzi a tal uopo impiegati: però anche in tempi meno antichi e

nei moderni si hanno esempi parecchi di trasporto e sollevamento di pesantissimi massi, di grandiosi e alti monumenti. Così ricordasi l'*Obelisco Vaticano*, alto 25 metri, che ora si eleva nella piazza S. Pietro in Roma, fatto trasportare dall'Egitto da Caligola, e quindici secoli dopo (nel 1586) fatto rimuovere da Sisto V per collocarlo in piazza S. Pietro. Fra i numerosi progetti in tale occasione presentati per il suo trasporto da architetti e meccanici, fu scelto quello di Domenico Fontana da Melide, lo stesso che nel 1588 eresse sulla piazza di S. Giovanni Laterano, anche per ordine di Sisto V, l'*Obelisco di Costanzo*, alto ben 36 metri, e nel 1587 quello di Piazza del Popolo pure in Roma. Sono ancora da ricordarsi l'*Obelisco di Arles*, trasportato in quella città nel 1676 dal convento di Saint-Remy, distante 15 chilometri, presso il quale giaceva sepolto da parecchi secoli, ed innalzato cogli stessi procedimenti usati dal Fontana; il famoso *Obelisco di Luxor*, tratto nel 1831 dalle rovine dell'antica Tebe presso Luxor, ed innalzato sulla Piazza della Concordia a Parigi nel 1836, per opera dell'ing. Lebas (1); il gran masso di pietra, del diametro di m. 11, proveniente dalle cave d'Istria, che serve di copertura al *Mausoleo di Teodorico* a Ravenna; il *frontone del Louvre*, formato di due pezzi della lunghezza di 17 m. ciascuno ed innalzato per mezzo di un castello di legname ideato dall'architetto Perrault; infine l'enorme monolito granitico che serve di base alla statua equestre di Pietro il Grande in Pietroburgo, e che è noto sotto il nome di *scoglio di Pietroburgo*. Trovavasi esso nella Finlandia, in un terreno pantanoso, a 6 chilometri dalla Neva, ed ancorchè ridotto sul sito a minori proporzioni, pure pesava ancora 1500 tonnellate, allorchè il conte Carhuri, famoso meccanico di Cefalonia, incaricato da Caterina II del trasporto di quel masso, si accinse all'opera, la quale riuscì egregiamente.

Chi desidera particolareggiati ragguagli al riguardo legga fra le note fatte da Basilio Soresina al *Trattato tecnico e pratico dell'arte di edificare* del Rondelet, quelle che riguardano *i diversi mezzi impiegati dagli antichi e dai moderni per muovere, condurre o elevare massi di forme e dimensioni straordinarie*.

Fra i notevoli castelli più recentemente costruiti si ricorda dapprima quello che servì per erigere sui loro piedistalli le colonne dell'Arco della Pace in Milano, opera dell'architetto Cagnola, compiutasi nel 1838. I sostegni principali di tale armatura (fig. 360) erano formati da fasci di travi collegate trasversalmente fra loro da altre grosse travi e assicurate ancora da puntelli e saette. In A si vede il fianco del monumento, in B la colonna, lunga m. 10,50, nel momento in cui comincia ad innalzarsi, in C la base su cui essa deve posare. È bene notare che in tutto il tratto compreso fra le due legature, il fusto della colonna era fasciato di corda, per meglio assicurarsi contro possibili spezzature. Nell'angolo superiore della figura è indicata in pianta la disposizione dei legnami dell'armatura.

Il castello (fig. 361) che servì nel 1865 per la posa della statua di Napoleone I sulla colonna Vendôme, si componeva di due parti ben distinte, l'una fissa, che costituiva il castello propriamente detto, e l'altra mobile, cioè il carro-capra. La principale caratteristica del castello era la piccolezza della base sulla quale insisteva, cioè da un lato la faccia superiore dell'abaco del capitello e nella sua parte mediana lo zoccolo della piccola calotta, con cui finisce la colonna. Sulla sporgenza dell'abaco si collocò una suola mobile circolare C, avente superiormente una larghezza di cm. 20 e inferiormente di cm. 10, essendo essa tagliata in isbieco, onde riportare il carico nel punto di maggior resistenza dell'abaco. Sopra tale suola si collocarono quattro lungarine D, parallele ciascuna ad uno dei lati dell'abaco e sporgenti da esso di un metro circa: queste lungarine erano congiunte a metà legno e rilegate all'esterno e all'interno dai cantonali E ed F, i quali ultimi posavano sulla suola C. Questo primo

(1) V. *Magasin pittoresque*, anno 1837.

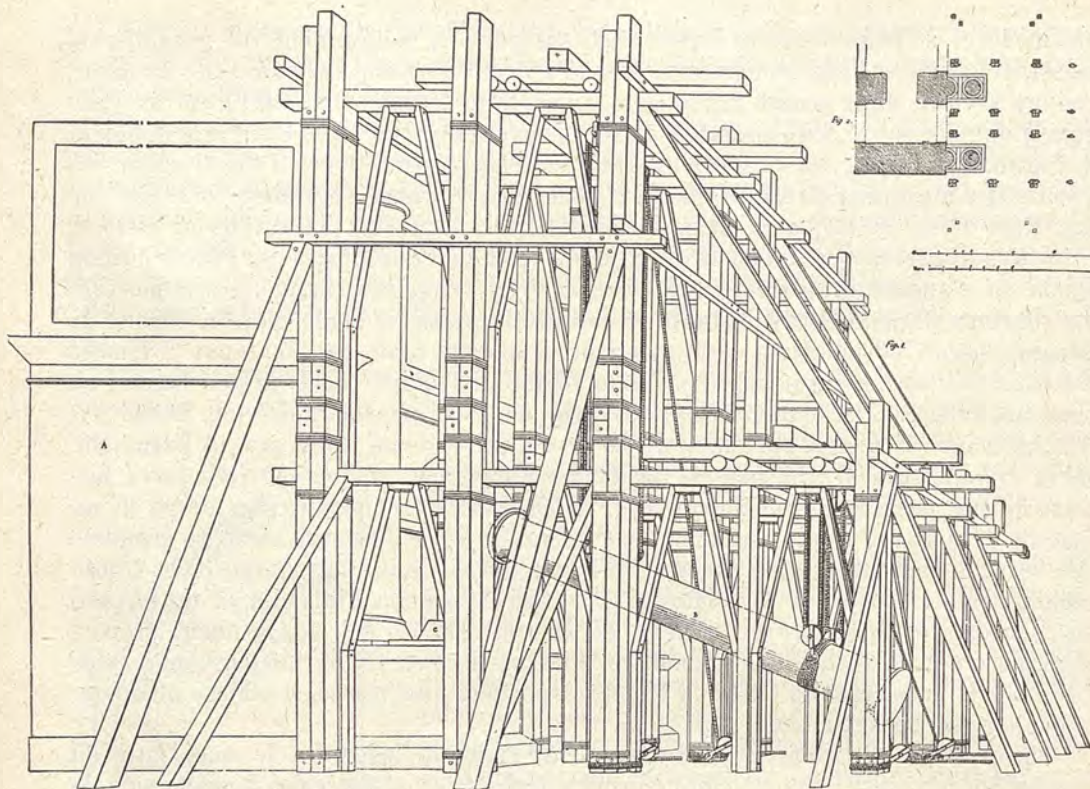
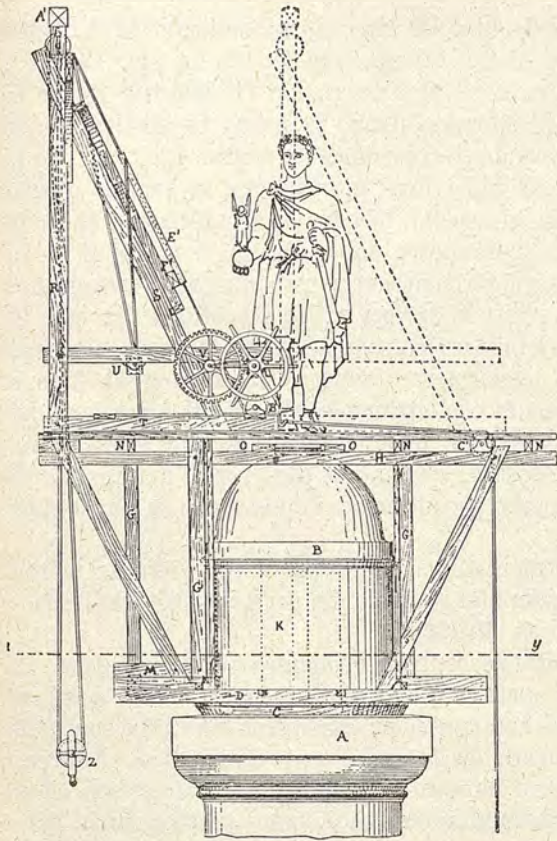


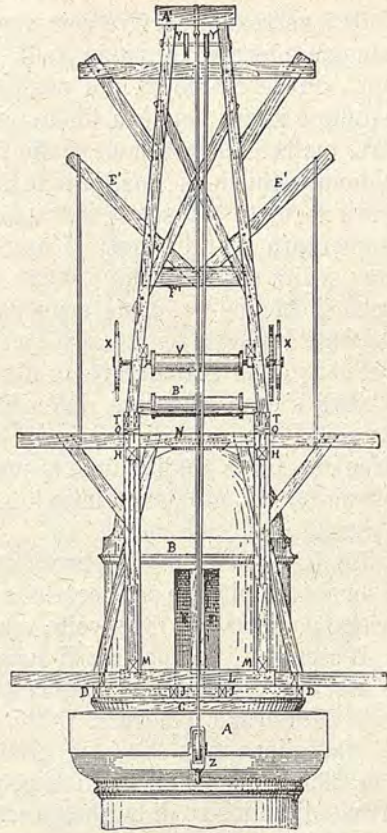
Fig. 360. — Incastellatura costruita per la posa in opera delle colonne dell'Arco della face in Milano.

A, fianco del monumento; B, colonna che sta sollevandosi; C, piedestallo sul quale deve posare la colonna.

telaio, che si appoggiava solamente su otto punti della suola, diventò la base di tutto il castello superiore, composto di ritti G e di traverse H. Per ottenere una specie di pianerottolo sul quale deporre la statua momentaneamente prima del suo arrivo al sommo della colonna, si costruì, di fronte alla portina I della scaletta interna che conduce sull'abaco, una piattaforma di legname, che aveva per punto di appoggio principale due travetti orizzontali a sbalzo J. Questi si appoggiavano sopra la suola C passando sotto ad una delle lungarine D, e venivano ad incontrarsi contro la candela K, posta lungo l'anima della scaletta a chiocciola della colonna. Le estremità a sbalzo dei travetti J sopportavano una traversa L, sulla quale erano incastrate ad angolo retto due piccole lungarine M. Queste portavano i ritti e le saette di scarico, fatte a mascella, il cui scopo era di sostenere altre lungarine superiori commesse alla testa dei ritti e alle saette a mascella. Traverse N e panconi O, a livello della calotta superiore P, sopportavano il palco superiore, e due guide fisse Q servivano per lo scorrimento del carro-capra. Componevasi esso di due aste R, leggermente inclinate verso l'interno, commesse in un medesimo cappello e rilegate da una croce di S. Andrea, e da una traversa appoggiantesi su due saette S. Tale armatura della capra era sostenuta dalle lungarine T, che scorrevano sulle guide Q. Riguardo alla parte meccanica della capra, consisteva in due verricelli, uno semplice U, manovrato con leve, e l'altro V mosso da ingranaggi con un albero munito di due ruote X ad impugnature. Su questo secondo verricello s'avvolgeva la fune di manovra, che passava prima sopra una delle due puleggie di rame Y fissate al sommo della capra, poi sulla taglia Z, al cui anello era attaccata la statua, e infine metteva capo al cappello A'.



Pianta della parte superiore.



Pianta della parte inferiore - Sez. xy.

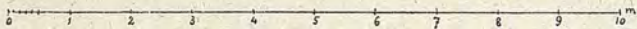
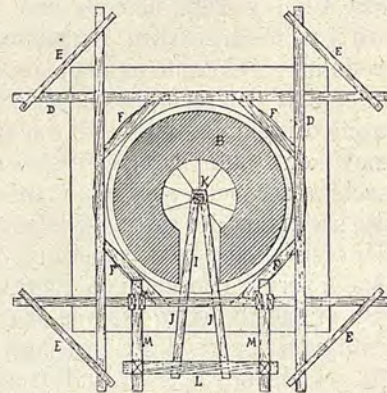
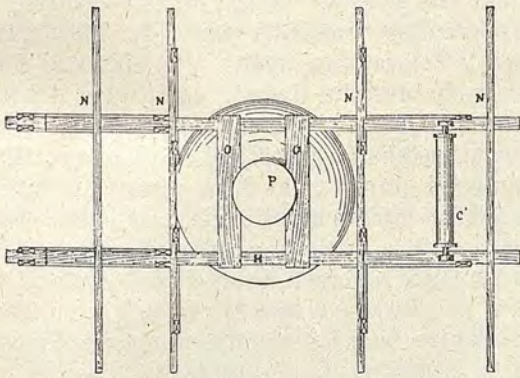


Fig. 361. — Castello che servi per la posa della statua di Napoleone I sulla colonna Vendôme a Parigi.

- | | |
|--|-----------------------------------|
| A, abaco. | K, candela verticale. |
| B, padiglione sopra la colonna. | L, traversa. |
| C, suola circolare. | M, piccole lungarine di base. |
| D, lungarine. | N, traverse superiori. |
| E, cantonali esteriori. | O, panconi. |
| F, cantonali interni. | P, zoccolo superiore. |
| G, ritto. | Q, guide fisse. |
| H, correnti o traverse superiori. | R, ritti della capra. |
| I, apertura che dalla scaletta interna mette sull'abaco. | S, saette della capra. |
| J, travetti a sbalzo. | T, lungarine di base della capra. |
| | U, verricello semplice. |

- | |
|--|
| V, verricello della fune di manovra. |
| X, ruote con impugnature. |
| Y, puleggie di rame. |
| A', cappello della capra. |
| W, verricello di sicurezza della fune. |
| C', verricello di sostegno della fune. |
| D', ganci. |
| E', leve di legno. |
| F', traversa. |

L'altro verricello serviva per una seconda fune di riserva, accavalcantesi sull'altra puleggia e fermato al piede della capra. La fune di manovra faceva un giro semplice sopra un verricello B', poi passava sopra un ultimo verricello C, disposto dietro al castello e infine pendeva liberamente all'esterno. Quando la statua fu innalzata, la si portò nella sua posizione definitiva facendo retrocedere la capra. L'altezza della colonna richiedeva una grande lunghezza nella fune di manovra, e quando questa aveva formato tre strati sovrapposti sul verricello, bisognava svolgerla, perchè col'aumentare di tali strati si accresceva il diametro del verricello, e perciò si aveva una perdita di forza. Era dunque necessario di mantenerla fissa durante l'ascensione: il che si ottenne nel modo seguente. Due leve E' furono articolate ad una traversa F' rilegante le saette della capra: all'una delle loro estremità, presso la capra, si erano praticate delle scanalature di diametro leggermente inferiore a quello della fune, e all'altra s'eran attaccate delle funi rilegate con carrucole alla parte superiore del castello. Per mezzo di tali corde si abbassavano le leve avvicinandone le estremità scanalate, fra le quali la fune di manovra restava fortemente compressa, mantenendosi così perfettamente fissa. Finito lo svolgimento si continuava l'operazione, la quale ebbe la durata di 3 ore e mezza.

Le figure 362 e 363 rappresentano in pianta ed alzato la parte superiore del ponte di servizio impiegato per l'erezione dei padiglioni d'angolo del gran vestibolo dell'Esposizione parigina del 1878, volto verso l'*École Militaire*.

Il castello si componeva di quattro antenne centrali formanti un quadrato di m. 12 di lato, e di altre antenne formanti altri quattro quadrati di 5 metri di lato posti ai vertici del primo quadrato. Tutte queste antenne si prolungavano fino alla sommità del padiglione (fig. 362), ed erano rilegate da traverse e da croci di S. Andrea. A m. 20,50 dal suolo si aveva il primo palco limitato ai quattro quadrati esterni ed a striscie di un metro di larghezza, che mettevano in comunicazione i quattro palchi parziali. Questo primo palco servì per l'innalzamento e la posa dei piedritti angolari e degli architravi di collegamento. Il palco superiore, a 33 metri di altezza, ossia all'altezza AB (fig. 362), portava una grandiosa gru, girevole intorno all'asse centrale di tutto il ponte di servizio. L'impalcatura appare assai bene dalla pianta (fig. 363); la gru si vede invece soltanto punteggiata a destra dell'elevazione, mentre nella pianta ne sono punteggiati il circolo d'azione, ed il circolo che descrive il punto d'appoggio del suo braccio orizzontale durante il suo orientamento. Questa gru, munita di verricello Megy a movimenti automatici, essendosi a tal uopo installata ai piedi del castello la relativa macchina a vapore, servì per il sollevamento dei grandi archi delle vetriate, di tutti i pezzi secondari, dei costoloni della cupola, dell'architrave superiore, ecc. ed infine anche dei pezzi della corona superiore, per sostenere la quale si ricorse ad uno speciale palco di servizio formato da quattro ritti verticali, rinforzati da croci di S. Andrea. In causa di questo nuovo palco la gru non era più libera nei suoi movimenti, ma fu adoperata ugualmente come gru fissa per sollevare tutti i pezzi, che venivano deposti sulla grande impalcatura, indi trasportati orizzontalmente e messi in opera per mezzo di semplici capre.

Interessanti e degni di studio sono i ponti di servizio che servirono ad innalzare le armature degli edifici della grande Esposizione di Parigi del 1889, e specialmente della torre Eiffel: si consulti perciò la *Revue technique de l'Exposition Universelle de 1889* e i diversi periodici che si citano nella bibliografia di questo capitolo.

Si terminerà ricordando il castello (fig. 364) che servì per l'erezione dei padiglioni dell'Esposizione di Amburgo. Le parti più pesanti da innalzare erano le quattro colonne d'angolo di 200 quintali ciascuna e i due archi che le riunivano di 400 quintali. Si costruì una doppia armatura di antenne e in ognuno dei quattro angoli un robusto castello, che dovendo ricevere tutto il peso dei pezzi da sollevarsi, constava di doppi ritti della

Fig. 362. — Elevazione.

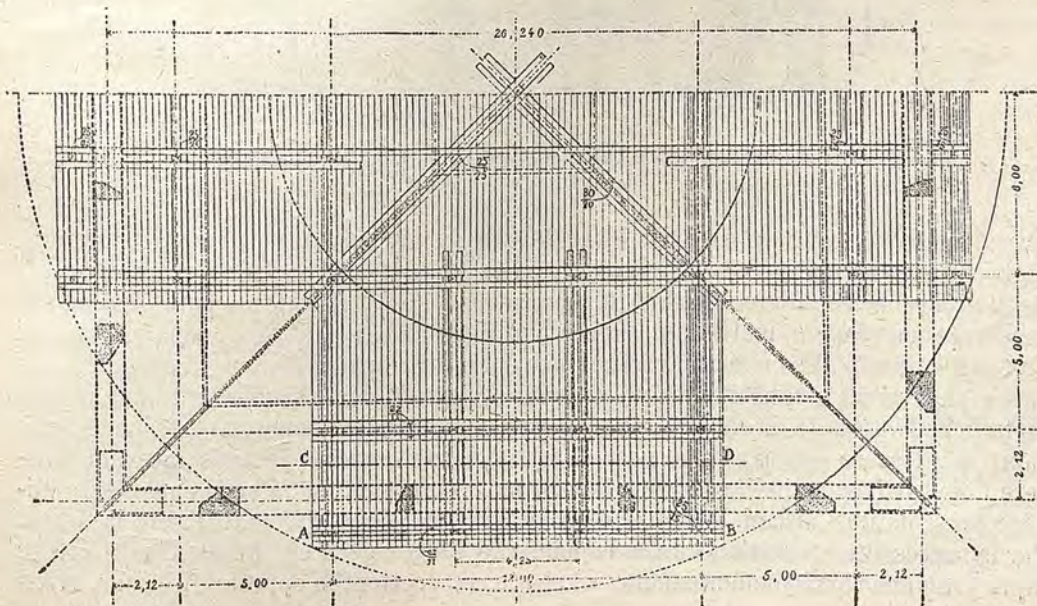
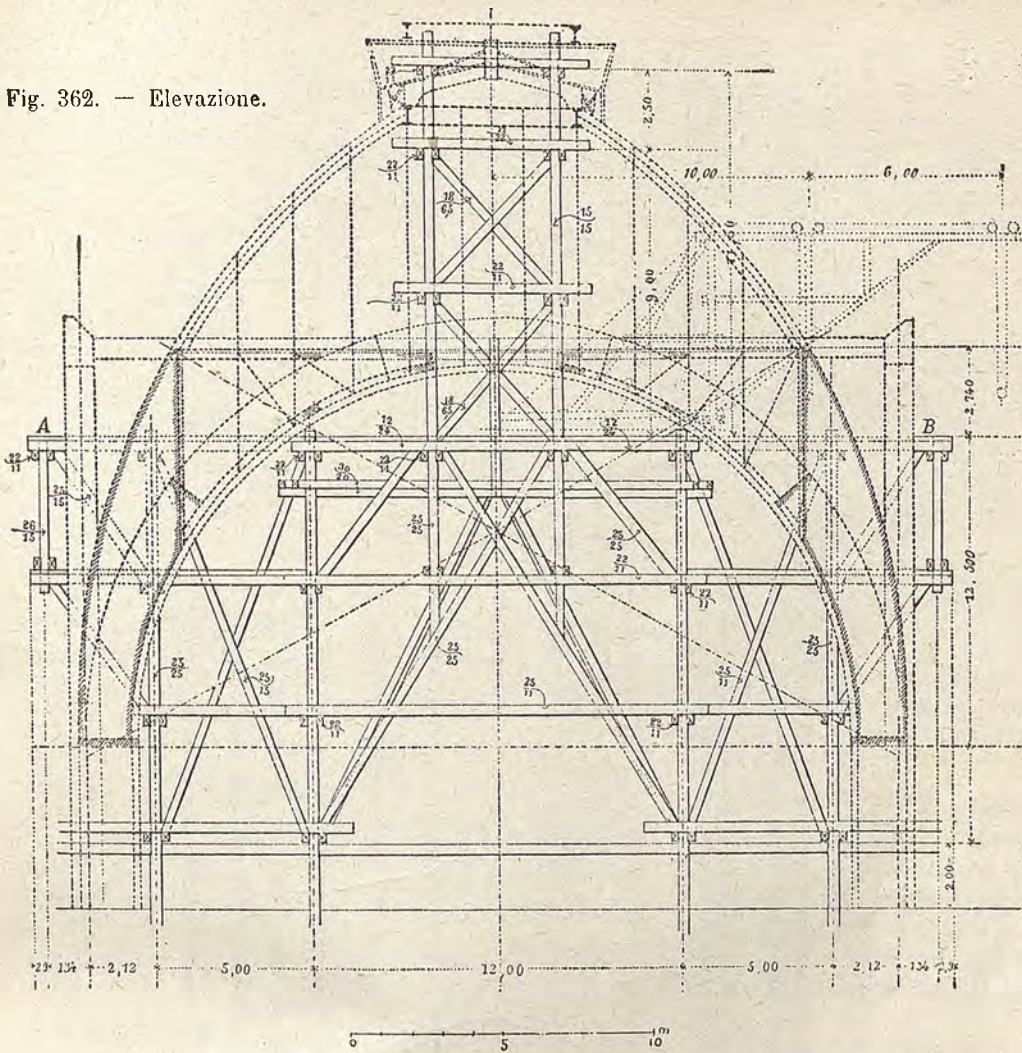


Fig. 363. — Pianta.

Fig. 362 e 363. — Castello impiegato per l'erezione dei Padiglioni terminali del gran Vestibolo, dell'Esposizione di Parigi del 1878, volto verso l'École Militaire.

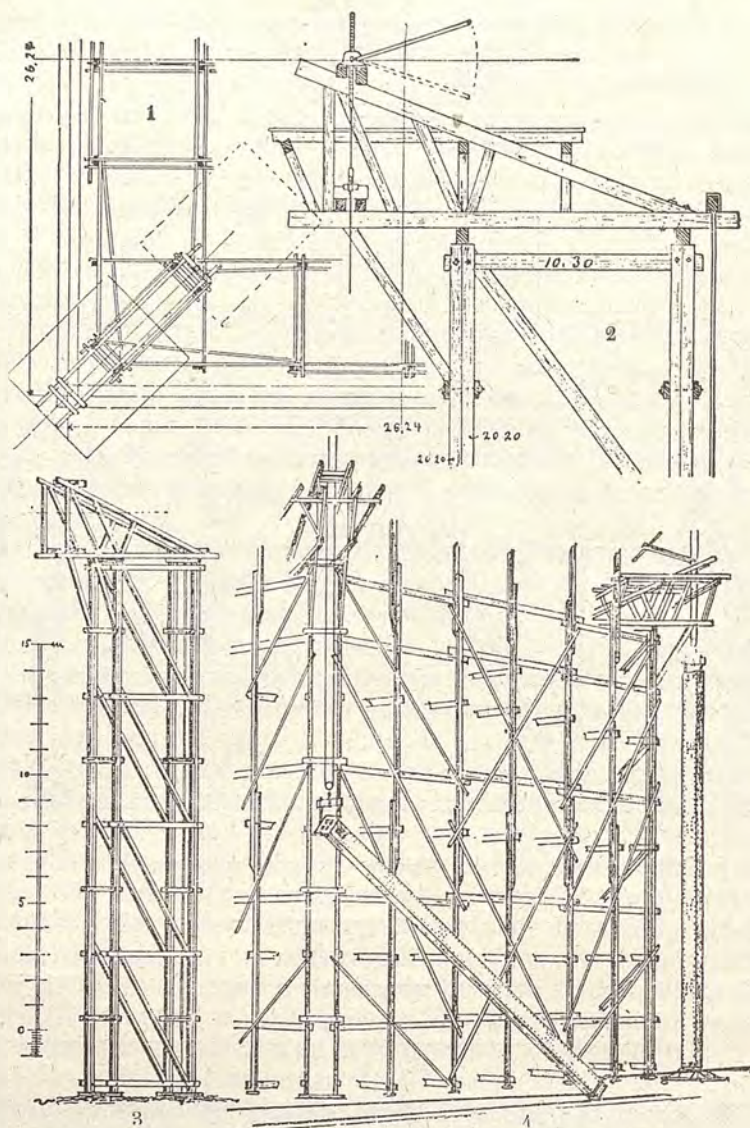


Fig. 364. — Castello che servi per l'erezione dei Padiglioni dell'Esposizione di Amburgo.
 1, pianta; 2, particolare della capra con martinello; 3, castello-capra; 4, impalcatura esterna.

grossezza di mm. 20×20 e di tavole inchiodate, di mm. 10×30 , regolarmente collegate. Mediante ognuno di tali castelli veniva innalzato un piedritto, mentre il peso degli archi soprastanti veniva ripartito sopra due di essi. Il sollevamento si eseguiva mediante un doppio martinello avente un rapporto di 1 a 44 ed una portata di 2×112 quintali. Esso manovravasi con due sbarre di ferro di 30 mm. di groszchezza. Le capre che sorreggevano i martinelli erano assicurate con chiavi e con lunghe funi metalliche trattenute da caviglie piantate nel suolo. Siccome importava assai che dette capre non fossero sollecitate dal peso se non in senso verticale, perciò si facevano scorrere i piedritti (come indica la figura) sopra una sottoposta ruotaia, sulla quale essi venivano presi da due argani, dei quali l'uno rilasciava la fune di quanto l'altro la tirava. Per la successiva costruzione della cupola, che raggiungeva un'altezza di m. 45,40, le capre venivano corrispondentemente innalzate con saettoni in opposta direzione, rivol-

gendo la sporgenza della piattaforma verso l'interno, come è segnato nella pianta con linee punteggiate. Per assicurare gli argani che erano così avanzati verso il mezzo, servivano senz'altro le fascie stesse della cupola, che venivano inchiodate di mano in mano che procedeva la costruzione, così che da ultimo il pezzo centrale di chiusura, del peso di 400 quintali, venne sollevato in un giorno da tutti e quattro gli argani. La spesa totale dell'innalzamento dell'intero padiglione a cupola non ammontò che a 8500 marchi (lire 10,625).

Fra i trasporti di costruzioni che hanno affinità con quelli dei monoliti, si cita, come uno dei più antichi, il trasporto della torre della Chiesa della Magione in Bologna, effettuato nel 1455 dal famoso architetto e meccanico Aristotile Fioravanti (1), che nello stesso anno raddrizzò in Cento la torre di San Biagio, inclinata di piedi $5 \frac{1}{2}$, e quella di Sant'Angelo a Venezia (caduta però nel giorno successivo al suo raddrizzamento), ed in seguito la torre di Zerese fuori di Mantova.

Celebre è ancora il trasporto effettuato nel 1776 dal mastro muratore Giuseppe Serra del campanile della Chiesa detta della Madonna di Palazzo, nella piccola città di Crescentino, in Piemonte, campanile alto più di 22 metri (2).

Più recente è il trasporto fattosi in Francia, in un villaggio del dipartimento del Calvados, di un alto campanile di legno. Tale operazione fu eseguita dai carpentieri Nicolle e Lamy, i quali fecero percorrere al campanile, collocato superiormente alla Chiesa, un tragitto di circa 21 metri. Il campanile dapprima sollevato con verricelli fu poi trascinato su carri e per mezzo di argani al disopra di un'impalcatura di legname, posta attraverso alla sommità dei muri della Chiesa; l'operazione riuscì felicemente in sole 18 ore di lavoro.

Al giorno d'oggi si fanno trasporti ben più importanti e difficili. Tale ad esempio l'operazione eseguita nel 1884 alla foce della Tay (Scozia) per rimuovere un faro del peso di 400 tonn. e portarlo a 80 metri di distanza. Questo faro, a base circolare del diametro di m. 5,15, ha un'altezza di 20 metri e il trasporto doveva eseguirsi sopra uno strato di sabbia, ricoperto continuamente da un velo d'acqua. Si cominciò per tagliare la muratura di mattoni sotto le fondazioni, e introdurre sette travi in pitchpin, destinate a sostenere l'edificio e posanti su altrettante vie di scorrimento. Sei di tali

(1) Vedi la Memoria storica di Carlo Malagola nel periodico *Il Politecnico*, anno 1874, Milano.

(2) Nel *Magasin pictoresque*, anno 1844, è riprodotta anche un'incisione di Grégory, che assiste, nella sua infanzia, all'operazione. Un documento dell'epoca dice: « L'anno 1776, il 26 maggio, fu eseguito il trasporto del campanile, alto 7 trabucchi e più (m. 22,50), della chiesa detta della Madonna di Palazzo, col concorso e alla presenza della numerosa popolazione della città e di stranieri accorsi per essere testimoni del trasporto del campanile colla sua base e forna intiera, per mezzo del procedimento del nostro concittadino Serra, mastro muratore, che si incaricò del trasporto di detto campanile a una distanza di 5 piedi liprandi (3 metri) e di congiungerlo colla chiesa in costruzione. Per effettuare tale trasporto si sono dapprima tagliate e aperte alla base, presso terra, le quattro facce in muri di mattoni del campanile, e si introdussero nei fori fatti, da nord a sud, cioè nella direzione che doveva avere l'edificio, due grosse travi, parallelamente alle quali, fuori del campanile, si disposero due altri ordini di travi della lunghezza e larghezza necessaria per il cammino e la posa del campanile nella sua nuova posizione, ove si erano già preparate le fondazioni in muratura di mattoni a calce. In seguito si collocarono sul detto piano dei rulli di tre pollici e mezzo di diametro, e su questi, un secondo ordine di travi della lunghezza delle prime. Nei fori da est a ovest, si introdussero, in forma di croce, delle travi di minor lunghezza. Per evitare le oscillazioni del campanile, lo si mantenne con otto puntelli, due per ciascun lato, fissati al basso colle travi suddette, e in alto colla muratura del campanile ai due terzi della sua altezza. Il piano sul quale doveva scorrere l'edificio aveva l'inclinazione di un pollice. Il campanile fu tirato da tre funi che si avvolgevano su tre argani, di cui ciascuno era mosso da 10 uomini. In meno di un'ora il trasporto fu eseguito. È notevole che, durante il trasporto, il figlio del muratore Serra, posto sul campanile, continuò a suonare le campane, non essendo queste state levate ».

vie erano formate da pezzi posti in piatto e muniti di tasselli per prevenire i movimenti laterali delle travi superiori: quella del centro presentava in sezione la forma di un V. L'insieme era sostenuto da traverse di m. 6,60 di lunghezza e spaziate di 22 centimetri da asse ad asse. Gli intervalli furono ben tappati, e nei punti ove il terreno cedeva, si rinforzò tutto il sistema mediante pezzi longitudinali passati sotto le traverse. L'altezza dell'intaglio praticato nella muratura era di m. 0,47 di cui 0,40 per le travi sovrapposte e il resto per i cunei di chiusura. Per evitare rotture nei muri dell'edificio, se ne fasciò la base con cinque giri di catena, i cui estremi erano riuniti da un tenditore a vite. L'interno invece si rinforzò con un'armatura di legno. S'impiegarono 11 giorni nei preparativi, durante i quali si erano anche battuti all'esterno i sei pali che dovevano servire come punti d'appoggio per i sei martinelli, che, manovrati ciascuno da due uomini, furono sufficienti per mettere in movimento la massa. L'operazione non presentò alcuna difficoltà, e lo spostamento laterale fu continuato con tre martinelli fino alla distanza di tre metri. Poi si operò con due soli martinelli e sei uomini. L'avanzamento era di 25 millimetri per minuto; le vie erano accuratamente lubrificate. Appena le fondazioni della torre furono scoperte, si tolsero e si ricolocarono a 80 metri più lontano. Il trasporto durò 14 giorni, e la spesa totale fu di 4200 lire.

Si citerà ancora il trasporto di un camino industriale, in America, del peso di 130 tonnellate all'altezza di 27 metri, e col diametro alla base di m. 1,95. Bisognava evitare ogni oscillazione, e perciò si costruì alla base una specie di gabbia alta m. 7, alla quale si rilegò tutta la costruzione. Questa venne sollevata mediante 34 verricelli, indi posata su rulli e quindi condotta a posto.

I fari ed i camini industriali si possono considerare come monoliti elastici, e difatti è notorio che sotto potenti raffiche di vento, tali costruzioni oscillano senza rompersi; per questa particolarità il loro trasporto riesce più facile di quello degli edifici propriamente detti, più larghi che alti, e formati da reticolati di muri e di molte pareti divisorie. I pericoli di sfasciamento e di rotture sono in tal caso assai maggiori, onde i procedimenti di trasporto diventano, se non più complicati, assai più difficili. Essi, benchè dipendano dalle circostanze che si presentano in ciascun caso particolare, hanno però questo di comune, che il fabbricato di cui si tratta deve venire anzitutto distaccato dalle sue fondamenta e quindi adagiato su di una speciale costruzione in legno od in ferro, appoggiantesi su terreno sodo o su rotaie, colla quale si effettua il trasporto. Pure comuni hanno i mezzi di sollevamento, il quale è sempre prodotto mediante martinelli o torchi idraulici.

Le fig. 365 a 369 spiegano questo genere di lavoro coll'esempio di una casa di Buffalo (America), la quale nel luglio 1882 venne alzata di m. 1,52 e spostata di m. 10,66. Questa massiccia casa di 4 piani aveva una lunghezza di m. 27,45, una larghezza di m. 24,4 ed un peso di circa 2300 tonnellate (1). I muri perimetrali avevano una grossezza di centim. 40 e quelli interni di 30. Anzitutto vennero praticati sotto il pavimento del piano terreno dei fori nei muri, distanti m. 1,20 l'uno dall'altro, e vi si introdussero delle travi lunghe m. 2,40 e della sezione di $\frac{30}{30}$ centimetri. La facciata, che conteneva aperture di bottega separate da stretti pilastri e colonne di ferro, dovette prima essere puntellata; il lavoro venne condotto in modo che in corrispondenza delle colonne e dei pilastri, appena tagliata metà del fondamento, si inserivano due longarine su due travi e quando il peso veniva da queste sostenuto mediante incuneatura, si dava mano alla seconda metà del lavoro. Dopo che le travi portanti erano introdotte sotto il fabbricato, si scavava il terreno tutto all'intorno dei muri per poter costruire l'armatura reticolare. Questa consisteva di legnami trasversali

(1) Artingstall, *Raising and moving of buildings bodily.*

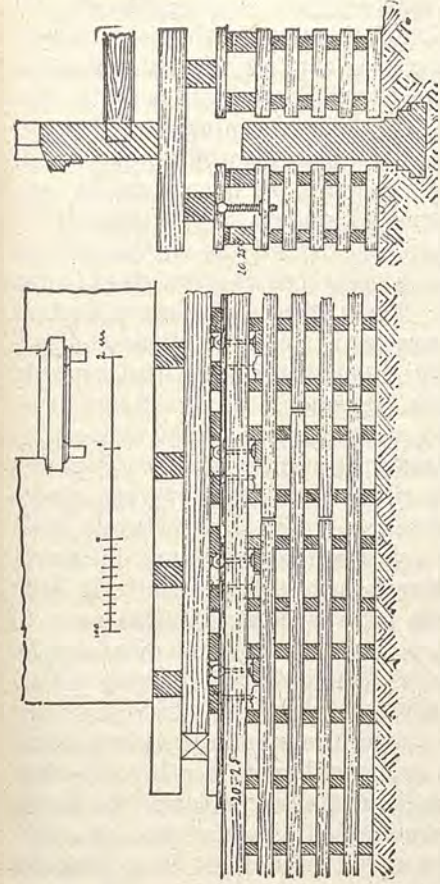


Fig. 368.

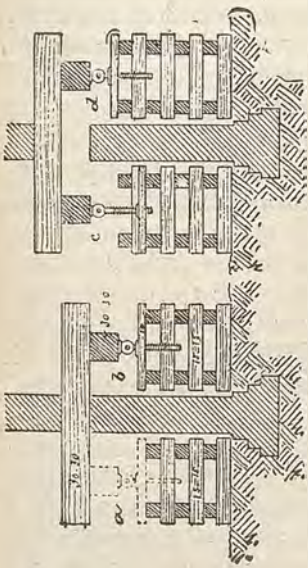


Fig. 365.

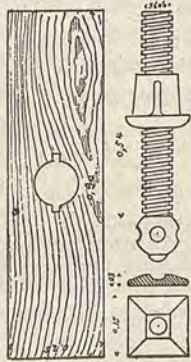


Fig. 366.

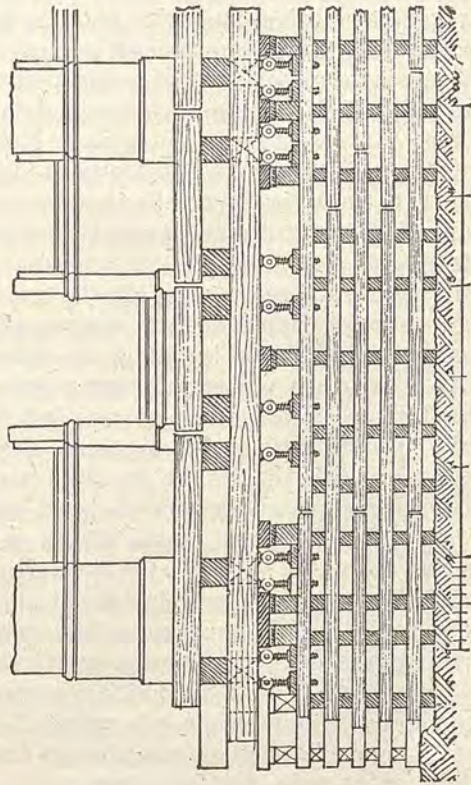


Fig. 367.

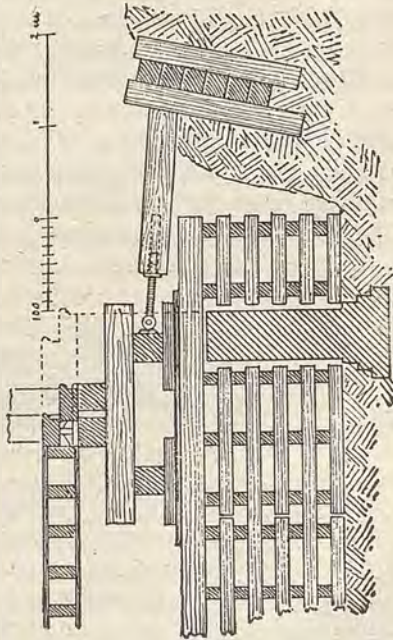


Fig. 369.

Fig. 365 a 369. — Procedimento di trasporto di una casa a Buffalo (America).

lunghi 0,90 e di legnami longitudinali di lunghezza indeterminata, sì gli uni che gli altri di $\frac{15}{15}$ centim. di sezione. La fig. 365 mostra lo stato di questa costruzione quando ebbe raggiunto il primo stadio. Si ebbe la massima cura che tutti i legnami poggiassero perfettamente e fossero disposti orizzontalmente. Raggiunta l'altezza indicato nella fig. 365 *a*, venne collocata la longarina portante *b* sotto alle travi inserite nel muro, e mediante viti di ferro il peso venne riportato sull'armatura sottostante. Le viti di ferro sono rappresentate in più grande scala nella fig. 366; si muovevano in una madre vite con orecchioni, introdotta in una tavola di quercia di 10 centimetri di grossezza. Sotto a ciascuna delle travi portanti dovevano esservi due viti da ciascuna parte, perchè dappertutto ne rimanesse sempre una in posto mentre si rimetteva l'altra in principio di giro. Tutte le viti venivano girate fino a che sopportassero l'intero peso del fabbricato, senza però alzarlo. Quando tutte le viti furono in azione si disposero gli operai a coppie, addette ognuna alle 2 viti di una trave. A un dato comando tutti gli operai giravano le viti di un mezzo giro, servendosi di una lunga leva. Dopochè il comando era stato ripetuto tante volte quanto bastava perchè ogni coppia di operai avesse girato di mezzo giro le viti di sua spettanza, si ripeteva il procedimento. Quando tutte le viti si erano alzate di circa 30 centim. dovevano essere rimesse a principio di giro. La fig. 365 *c* rappresenta tale stadio. Fra le tavole delle viti si disponeva una nuova serie di brevi traverse, vi si collocavano sopra due nuove travi longitudinali, da ogni coppia di viti se ne levava fuori una per metterla nella nuova posizione, e la si girava finchè sopra di essa fosse riportato l'intero peso. Si faceva poi lo stesso colla seconda vite ed allora si poteva ricominciare a girarle tutte.

Allorchè l'edificio fu innalzato all'altezza voluta, si disposero (vedi fig. 368) sull'armatura inferiore dei nuovi legnami trasversali e sopra di questi delle travi di scorrimento con sezione di cent. 20×25 . Esse avevano la superficie superiore piallata, erano lunghe più che fosse possibile e le unioni di testa erano rafforzate con tavole inchiodate da ambe le parti. Si estendevano fino a raggiungere (anche commesse in più pezzi) la nuova sede del fabbricato, sulla cui armatura di scorrimento, che prolungavasi fino alla sede stessa, erano adagate con molta precisione. Si spalmarono poi accuratamente di sego e sapone e si posero sotto alla fabbrica delle assi di quercia piallate di 2,5 cm. di grossezza. Si levò allora una vite da ogni coppia (v. fig. 368) e lo spazio intermedio, fin sotto le longarine, venne inzeppato a cuneo con blocchi di quercia di cm. 10×30 di sezione e della lunghezza di m. 0,90. Quando questi ebbero ricevuto il peso, si levò anche la seconda vite di ogni coppia e si potè cominciare lo spostamento nel modo indicato dalla figura 369, facendo lavorare le viti contro un punto del terreno reso stabile con una posteriore armatura in legno.

Se il fabbricato dovesse anche girarsi si potrebbe ottenere tal risultato facendo lavorare maggiormente le viti su una delle estremità della fronte. In questo caso conviene

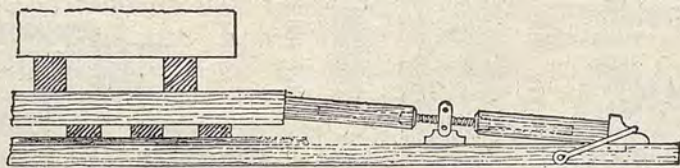


Fig. 370. — Vite a doppio verme per il trasporto dei fabbricati.

però munire le guide di cilindri di legno di 20 cm. di diametro, perchè col loro girare si facilita l'inclinazione del fabbricato. Dopo un piccolo avanzamento (di circa 40 cm.) è necessario ricondurre al primo posto le viti, ciò che richiede anche un'ulteriore aggiunta alla loro sede. Recentemente si sono impiegate delle viti doppie (fig. 370), che lavorano con due vermi opposti e permettono un avanzamento continuo di circa m. 1,80.

Nell'esempio sopra citato l'edificio venne rimosso di m. 3,66 al giorno: in altri casi più recenti si accelerò il movimento fino a 6 metri al giorno. I preparativi richiesero 34 giorni lavorando con 15 operai: solo nelle tre giornate dell'alzamento delle viti, il numero di questi salì a 45 per servire le 500 viti sottoposte alla casa. Per lo spostamento furono necessarie solo 12 viti, i cui punti di attacco sono resi visibili nella figura 367 per mezzo di croci. Il legname occorrente per l'armatura inferiore, per le longarine, le travi portanti, ecc., fu di 184 metri cubi.

In America, a questo genere di lavori, riesce favorevole la circostanza, che si ripetono abbastanza frequentemente, cosicchè spesso i legnami e le viti possono servire più volte pel medesimo scopo. Lo straordinario e rapido accrescimento di molte città rende necessari allargamenti di strade, ecc., e si è colà verificato che torna più conveniente rimuovere le case esistenti, invece di demolirle per ricostruirle nella nuova posizione. Per esempio, quando nel 1867 la via dello Stato in Chicago dovette essere allargata da m. 24,40 a 30,50 e considerevolmente rialzata per difenderla dai guasti che le acque vi producevano ogni anno su di una lunghezza di 5 chilometri, ben molte case si dovettero alzare e spostare nel modo sopra indicato.

Nella fig. 371 è rappresentata la disposizione di un'armatura di sostegno per una casa, nella quale il peso delle pareti trasversali si fa portare da travi continue, grosse 30 ÷ 35 cm e poste sotto il carico a distanze di m. 0,90. Il più grande lavoro di tal genere fu il trasporto dell'Albergo Pelham a Boston nell'anno 1881. Il fabbricato è alto 7 piani, riposa su grandi colonne di granito e pesa in cifra tonda 5000 tonnellate. Doveva esso retrocedersi di 4 metri e tutti i preparativi, a quest'uopo necessari, vennero eseguiti in due mesi e mezzo, impiegando 4351 giornate di operai, senza sospendere l'esercizio dell'albergo e senza disturbare neppure per un istante coloro che vi dimoravano. Le condotte di gaz e di acqua vennero prolungate con dei tratti pieghevoli cosicchè si poterono mantenere in esercizio anche durante il movimento della fabbrica. Questo ebbe luogo in due giorni con 56 viti mosse a forza d'uomo, presso a poco nel modo indicato dalla fig. 369. Le spese ammontarono a 150 mila lire (V. *Deutsche Bauzeitung*, 1881, pag. 585).

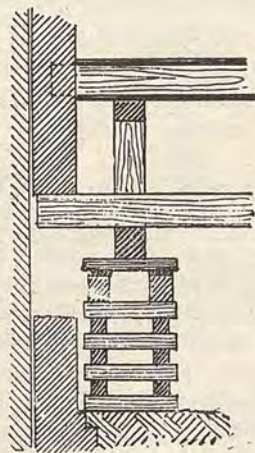


Fig. 371.

In modo affatto diverso da quello descritto finora venne, nel 1888, portato di m. 180 entro terra l'Albergo della Spiaggia di Brighton nell'isola di Covey, un grande fabbricato in legno di 4 piani, che aveva sofferto nelle fondamenta in seguito alle erosioni dell'acqua marina. Il fabbricato venne dapprima innalzato di m. 2,50 mediante viti; poi si disposero sotto di esso 24 binari a scartamento ordinario, sui quali si condussero 122 carri a piattaforma, ripartiti in 24 brevi treni. Allentando quindi le viti si adagiò il fabbricato sui carri, si attaccarono davanti ai treni 6 pesanti locomotive, colle quali il fabbricato venne condotto nel suo nuovo posto.

Il successo di questi lavori dipende essenzialmente dalla più minuziosa cura nella esecuzione dell'armatura e dalla stabilità del terreno. Sulla celerità e facilità del movimento esercitano molta influenza le circostanze atmosferiche: così, per es., in tempo polveroso è assai difficile e quasi impossibile mantenere lubrificate le vie o guide di trasporto, condizione importantissima perchè il movimento abbia luogo. È poi indispensabile che l'operazione proceda sotto un'unica e sicura direzione.

Finora in Europa non vennero eseguiti lavori di importanza così grande come quelli che si effettuarono in America. La figura 372 mostra l'espedito adottato nel 1880 per sollevare con viti il fabbricato della Stazione in Magonza della Società di Navigazione

a vapore Colonia-Düsseldorf. La casa, costruita con tavoloni, pesava circa 50 tonnellate. Essa doveva venir alzata di m. 1,75, rimossa di m. 10,21 verso est e poi di m. 11,25 verso sud. L'alzamento si ottenne con 24 viti, lo spostamento su cilindri di ferro lunghi 30 cm. e grossi 3,5, per mezzo di 2 martinelli a dentiera. Cinque uomini impiegarono 5 giorni nei preparativi, cinque per l'avanzamento, otto per il movimento verso est, sette per quello verso sud, e così 25 giornate per l'intero lavoro. Le porte e le finestre vennero tenute chiuse e non soffersero danno. Le spese ammontarono a 1375 lire.

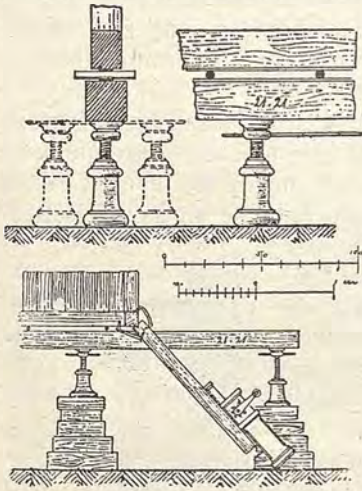


Fig. 372. — Sistema di viti adoperato per il sollevamento della stazione di Magonza-Düsseldorf.

Per fabbricati di meno solida costruzione è necessario togliere le chiusure delle finestre, puntellare le aperture e rafforzare l'insieme con spranghe diagonali e trasversali, bene assicurate.

Nell'alzamento intrapreso nel 1888 della baracca scolastica nella *Grenzstrasse* a Berlino, una costruzione lunga m. 45 e larga 15, e a pareti intavolate con rivestimento massiccio, si applicarono alla fronte delle saette puntellate, per evitare una disgregazione del rivestimento. Il fabbricato, mediante circa 100 viti, venne sollevato di 25 centim. in un giorno. Siccome le fondamenta venivano immediatamente sottomurate riescì inutile sottoporre un'armatura in legno (V. *Baugewesen Zeitung*, 1884, p. 890).

Riguardo ad una possibile semplificazione nello spostamento di un fabbricato la *Revue gén. de l'Architecture* (1863) comunica un tentativo del colonnello Rochas, il quale ha fatto rimuovere di 32 metri, senza apparecchio di viti e con soli 16 uomini, un piccolo magazzino di cartucce a Romorantin, di 16 metri quadrati di superficie e di 50 tonnellate di peso. Il trasporto fu eseguito per mezzo di palle sferiche di ferro poste fra rotaie, come mostra la fig. 373. In simil guisa il conte Caburi trasportò, sopra palle di bronzo e rotaie, il basamento del monumento di *Pietro il Grande* a Pietroburgo, del peso di 1200 tonn. e del quale si è già fatto cenno precedentemente.

Ammesso però anche che nel movimento su palle sferiche occorra uno sforzo equivalente solo a $\frac{1}{80}$ parte del peso da trasportare, tuttavia pel trasporto delle fabbriche non si trova un gran vantaggio usando questo sistema, giacchè l'operazione principale consiste sempre nel sollevamento e susseguente posa del fabbricato sopra una base speciale. Ad ogni modo si può eseguire anche il movimento su rotaie o su cilindri, risparmiando così un certo numero di viti.

Per fabbricati ed oggetti in genere di non grande superficie si adoperano spesso con vantaggio i torchi idraulici invece delle viti. All'adozione di questo procedimento per grandi fabbricati si oppone il numero rilevante di torchi che occorrerebbero, rendendo incomparabilmente più costosa l'intrapresa. Come esempio si può rammentare l'applicazione di 12 torchi idraulici al sollevamento e rivolgimento del monumento *Kreuzberg*, eseguito a Berlino nel 1878. Il monumento, un obelisco in ferro di m. 18,40 d'altezza, riposa su di un basamento in pietre calcari di m. 3 d'altezza e m. 10 di diametro. I torchi erano distribuiti sotto di questo in modo, che 4 erano stabiliti sulla periferia di un circolo di m. 0,70 ed 8 su quella di un circolo di m. 1,58 di diametro.

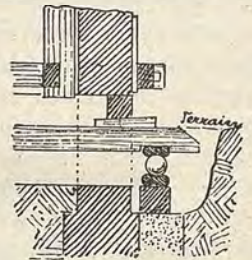


Fig. 373. — Sistema adottato dal colonnello Rochas per il trasporto di un piccolo magazzino di cartucce.

Ogni torchio sollevava un peso di 16 tonnellate, con un rapporto di 4000 volte la forza esercitata sulle pompe. Per rivolgere il monumento di gradi 20 e 46' i cilindri dei torchi erano collocati col corpo rivolto verso l'alto, rimanendo fermi gli stantuffi; questi ultimi erano all'estremità arrotondati sfericamente rimanendo cilindrica solo una breve parte della lunghezza. Quindi, allorchè i cilindri dei torchi avevano raggiunta la posizione più alta, cessava la spinta in senso verticale e si poteva, coll'introdurre una spinta laterale, determinare un traboccamento, che, quando fosse opportunamente scelto lo spigolo di rotazione, conduceva ad un rivolgimento. Questo spigolo di rotazione veniva collocato in mezzo ad un piano di ferro introdotto tra le fondamenta e i torchi idraulici (V. *Deutsche Bauzeitung*, 1878, p. 402).

Singole parti di fabbricati si possono inoltre innalzare vantaggiosamente col mezzo di martinelli, quando si possa opportunamente disporli. Come esempio può essere ricordato l'alzamento di 3 travate reticolari tubolari del ponte a un binario sull'Elba a Wissemberg; alzamento reso necessario, nel 1877, per la ricostruzione della stazione. Ognuna di queste travate pesava 80 tonnellate e venne sollevata di m. 0,94 in un'ora e mezzo, o due ore, mediante 32 martinelli, di cui 8 ripartiti a ciascuna estremità e 16 nel mezzo. La spesa ammontò a 5625 lire.

L'innalzamento effettuato dall'ing. Picard del ponte del canale dell'Est presso Frouard (Francia) è un altro notevole esempio da ricordare. Tale innalzamento si dovè eseguire per guadagnare l'altezza di m. 0,37. Il ponte ad arco, in muratura, ha m. 4,60 di larghezza ed una corda di 10 metri, con una saetta di m. 1,30 alla chiave. La muratura ha m. 0,88 di grossezza alla chiave ed 1,50 all'imposta. La volta del ponte fu dapprima armata per mezzo di cinque centine distanti m. 1,50 l'una dall'altra e appoggiate ciascuna su quattro ritti verticali, riuniti da quattro ordini di filagne. I quattro ritti di ogni centina poggiavano sopra una suola, sotto la quale trovavasi una lungarina esattamente simile, fermata con zeppe sopra la strada di alaggio. Per mezzo di cunei e controcunei, le soles e le lungarine erano mantenute parallele e sufficientemente distanti perchè fosse possibile introdurre dei martinelli fra esse e sotto ciascun ritto. I martinelli erano, per conseguenza, in numero di 20. Tutte le giunzioni furono verificate e biettate con pezzetti di lamiera. Terminati i lavori preparatori, si tagliò la volta all'imposta, non lasciando temporariamente che tre punti d'appoggio per parte. Essendo poi stati rimossi i punti d'appoggio, la vólta, i cui reni erano stati precedentemente compressi con martinelli per evitare le dislocazioni, appoggiò completamente sulle armature di legno. Vólta e centine pesavano in tutto 180 tonnellate: ciascun martinello doveva dunque sollevare un peso di 9000 Kg. Il sistema non potè essere mosso che dopo parecchi giri di martinelli, ma l'operazione continuò in seguito senza interruzione fino al suo termine. I cunei erano accuratamente serrati, ed i martinelli ricondotti a fondo, compiuta la loro corsa di m. 0,025. Dopo 14 ore di lavoro, l'innalzamento fu ultimato, senza che si producessero fessure molto sensibili, le quali si stuccarono poi con malta di cemento Portland e sabbia. Rialzate le imposte, si disarmò la vólta dopo 8 giorni.

Per pesi minori, per esempio, per il tetto in legname di un fabbricato, quando si voglia alzare un piano di questo senza toglierne la copertura, si usa sempre di martinelli a vite. Ma anche con una buona puntellatura del tetto è poi quasi sempre necessaria una nuova copertura, non foss'altro che per gli attacchi ai frontoni e ai fumaioli. È quindi più conveniente, lasciando dapprima intatto il vecchio tetto, disporre un canale di gronda provvisorio al di dentro delle pareti esterne, alzare poi queste, collocarvi la nuova impalcatura ed allora rapidamente ricostruire l'armatura del tetto e ricoprirlo.

Il raddrizzamento di una casa inclinata venne eseguito a Schwerin da Westendarp nel 1879 nel modo seguente (fig. 374 a 376). La casa era fabbricata su palizzata non abbastanza ben affondata, e si era inclinata così regolarmente da una parte che si

Fig. 374. — Sezione.

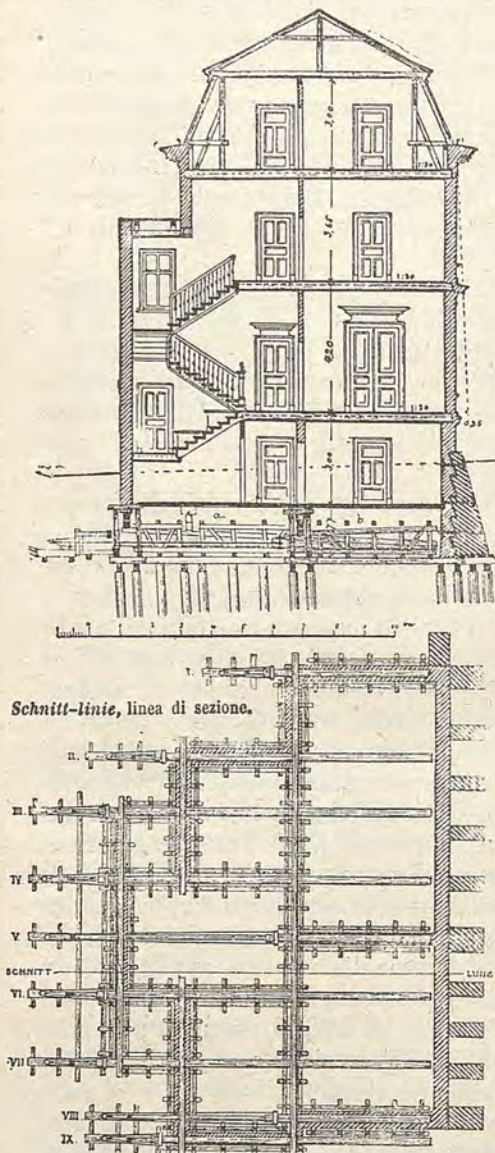


Fig. 375. — Pianta.

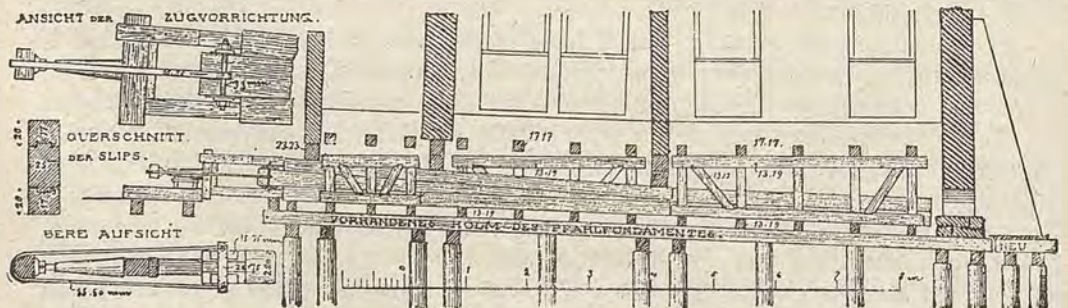


Fig. 376.

decise di raddrizzarla mediante un'inclinazione corrispondente verso la parte opposta. Per prima cosa si assicurò la casa dalla parte inclinata con una serie di barbacani, fabbricati su nuovi pali infissi con assoluta stabilità (*pianta e sezione*, fig. 375 e 376). Poi attraverso a tutti i muri, a distanze di m. 0,70 a m. 0,90, si introdussero delle travi portanti sostenute da un'armatura da ciascuna parte (come è indicato in *a* nella figura 375), che riposava sul cappello della fondazione. La parte inferiore della muratura potè così venir rimossa, ponendosi al suo posto sotto ai muri longitudinali delle travi di $\frac{22}{23}$ centimetri e sotto a ciascun muro trasversale due legnami, in mezzo ai quali venne collocato un cuneo spalmato di sego e sapone, la cui grossezza ed inclinazione corrispondeva all'inclinazione da darsi al relativo muro. Le superficie di scorrimento di ogni cuneo, per diminuire l'attrito, erano guernite di ferro. I legnami suddetti venivano a sopportare l'intero peso del muro, onde l'armatura si potè disfare e ricostruire, come è indicato nella fig. 375 in *b*. Tutti i montanti si accorciarono di quanto erano grossi i cunei e quando questi si ritirarono ripresero il peso delle travi portanti dei muri. La fig. 376, in iscala doppia, mostra a destra il cuneo già levato, e il muro da questa parte già ricondotto a piombo, e a sinistra il cuneo non ancora levato. Il ritiro dei cunei avveniva per mezzo di viti. Come

Fig. 374, 375 e 376. — Raddrizzamento di una casa a Schwerin eseguito nel 1879 dall'ing. Westendarp.

Ansicht der Zugvorrichtung, fianco dell'apparecchio di trazione; *Bere auf sicht*, pianta dello sdruciolatoio; *Querschnitt der Slips*, sezione dello sdruciolatoio; *Vorrändenes Holm des Pfahlfundamentes*, cappello preesistente dei pali di fondazione; *Neu*, nuovo id.

si vede dalla pianta nella figura 375 erano necessari in tutto nove cunei, che avevano a sopportare un peso complessivo di 546 tonnellate. Il carico di ogni cuneo variava tra 49 e 88 tonnellate; in conseguenza la forza di trazione necessaria ad estrarre ogni singolo cuneo oscillava fra 8 e 14 tonnellate. Una circostanza sfavorevole si ebbe in ciò che i cunei erano di legno di pino invece di essere di legname duro. Del resto il lavoro, che durò due mesi di tempo, riuscì egregiamente. Per il ritiro dei cunei si impiegarono 10 giorni, perchè le viti lunghe solo 30 centimetri richiedevano un frequente ricambio con perdita di tempo. Le aperture di porte e finestre durante questo tempo furono puntellate e si verificarono nei muri delle crepe insignificanti che tornarono poi a rinchiudersi; i mobili vennero lasciati nella casa. La spesa totale ammontò a 18,000 marchi (L. 22,500).

Un altro esempio di operazione del genere si ha nel sollevamento con raddrizzamento di casa, effettuato a Hal (Belgio), dall'ing. Rieck. La casa, di m. 10.50 X 11, composta di sotterraneo, tre piani fuori terra e piano a tetto, era fondata sopra un terreno di alluvione. Le fondazioni poggiavano sopra uno strato di terra argillosa, grosso circa 50 centimetri, sotto il quale stava un banco di terra plastica, di circa quattro metri di altezza e sovrastante ad uno strato di torba, offrente dal lato destro della facciata minore resistenza che dal sinistro. Tale stato di cose ha avuto per effetto di fare inclinare da un lato la casa, appena questa fu ultimata. Per ottenerne il raddrizzamento si cominciò a puntellare la casa dalla parte destra, indi la si fasciò con ferri a doppio T in corrispondenza del pavimento di ciascun piano, rilegando tali fasce con altri ferri verticali di 3 in 3 metri. A ciascun piano si disposero poi ancora delle chiavi fra i muri perimetrali. La casa fu così posta come entro una gabbia di ferro, destinata a impedire le deformazioni dei muri. In seguito le fondazioni, mal costruite con cattivi materiali, furono tolte a tratti e sostituite con altre solide, poggiate su buon fondo. Ciò fatto si dispose un reticolato di ferri a T sotto a tutti i muri dell'edificio, a circa 1 metro sotto il soffitto del sotterraneo: questo reticolato era destinato a reggere tutta la costruzione, del peso di 630,000 Kg. Si procedè quindi alla posa dei martinelli, e per questo si praticarono dei tagli nelle parti inferiori dei muri di fondazione, introducendovi poi delle tavole di quercia sulle quali si posarono i verricelli, in numero di 36. La loro posizione rispettiva fu calcolata in modo che il carico di ciascun martinello non superasse le 20 tonnellate per vite. A fianco di ciascun martinello si fissò un piccolo apparecchio composto di due piastre graduate, di cui una applicata alle fondazioni e l'altra alla muratura da elevarsi. La graduazione di ciascun apparecchio corrispondeva esattamente alle quantità da elevarsi. Tali apparecchi servirono a regolare l'andamento dell'operazione, ed è in grazia di essi se l'alzamento si fece in modo regolare e se non avvennero rotture nei muri dell'edificio. Così stabiliti i preparativi si tagliarono tutti i muri sotto il reticolato di ferro, onde la struttura superiore venne a poggiare completamente sopra le viti dei martinelli. Messi in moto questi ultimi simultaneamente da una numerosa squadra di operai, l'edificio si innalzò e si raddrizzò in meno di un giorno di lavoro e senza che si verificassero rotture, all'infuori di una lastra di vetro della veranda posteriore alla casa.

Per chiusa si aggiunge qualche notizia sul raddrizzamento delle cuspidi di campanili di legno. Bisogna avere un riguardo affatto speciale alla struttura particolare della costruzione. Se questa consta soltanto di impalcati e di saettoni senza antenna centrale, si può eseguire il raddrizzamento solo col serrare o allentare le saette nei diversi piani. Ma se l'unione dei legnami è più complessa e in ogni piano assicurata con travi commesse, allora il raddrizzamento deve avvenire in massa mediante l'alzamento di una banchina nel piano inferiore e per effettuarlo conviene ricorrere alle viti.

Come esempio si riproduce l'installazione di viti usate nel raddrizzamento di una delle cuspidi della Chiesa di Santa Maria in Lubecca, eseguito negli anni 1883-1884 sotto la direzione dell'ispettore Schwiening. La deviazione delle cuspidi dalla verticale era assai sensibile: nella torre settentrionale, verso ovest e nord era rispettivamente di m. 3,02 e m. 1,635; nella torre meridionale, verso ovest e sud, di m. 2,69 e m. 3,675. Anche la muratura nella prima torre deviava dalla verticale rispettivamente di m. 1,18 e 1,88, e nella seconda di m. 0,97 e 1,61, ma non ritenendo conveniente il suo raddrizzamento, l'operazione si limitò a raddrizzare soltanto le cuspidi. Venne a tal uopo scelto come piattaforma il piano soprastante al frontone.

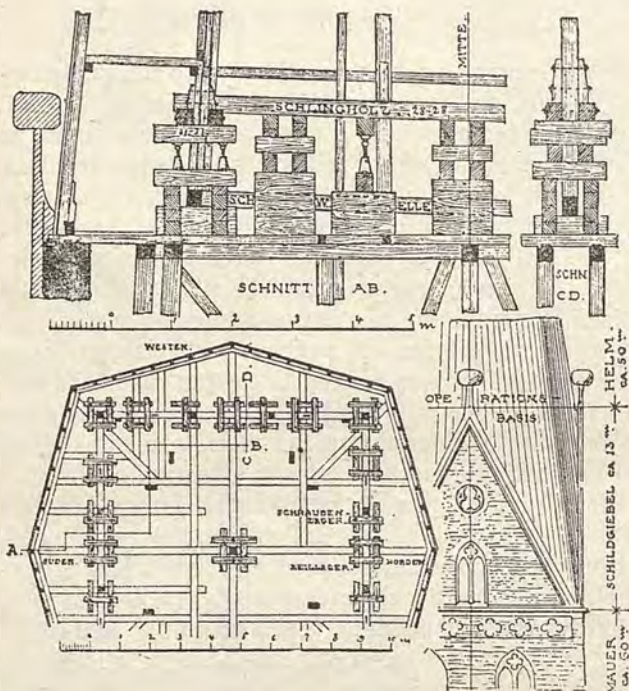


Fig. 377. — Raddrizzamento delle cuspidi della chiesa di Santa Maria in Lubecca.

Mitte, mezzeria; *Schlingholz*, legname d'attacco; *Schwelle*, banchina; *Schnitt AB-CD*, sezione AB - CD; *Westen, Süden, Norden*, ovest, sud, nord; *Schraubenlager*, apparecchio a vite; *Keillager*, id. a cuneo; *Operations-basis*, base di operazione; *Helm* ca. 50", cuspide di 50 metri circa; *Schildgiebel* ca. 13", frontone di 13 metri circa; *Mauer* ca. 60", muratura di 60 metri circa.

lavoro veniva collocata nella nuova posizione con sottoposti blocchi di quercia di m. 0,47 ÷ 0,56 di altezza, come si rileva dalla sezione A B. Il raddrizzamento durò 2 o 3 giorni durante il qual tempo tutte le unioni dell'armatura, sopra e sotto la piattaforma, vennero sciolte, e, ad evitare infortuni, munite di catene di ritegno, che potevano, secondo il movimento della cuspide, venir tese o allentate. Per scaricare l'armatura del tetto, la copertura in piombo, che doveva venir sostituita da una in rame, venne preventivamente levata. Per osservare il movimento delle cuspidi, vi si applicarono delle scale fatte con listelli, il cui movimento era controllato con teodolite opportunamente disposto. Ultimato il rialzamento i blocchi vennero inchiodati colle banchine e coi ritzi; si ricollocarono a posto le saette tra cavalletto superiore ed inferiore e quindi si allentarono le viti e si rimossero i legnami ausiliari. Le spese del raddrizzamento importarono per ogni cuspide circa lire 3750.

Dopo che il corrispondente solaio fu con cura rinforzato, si collocarono le viti colla disposizione indicata nella pianta (fig. 377). Per ogni cuspide si adoperarono 24 viti, 2 delle quali sotto all'antenna centrale.

Il ricollocamento delle viti in posto si faceva in modo assai semplice, mediante sostegni a cuneo, che venivano disposti in mezzo ad ogni due apparecchi a vite, come mostra la sezione A B. La sezione C D rende manifesto come collo spingere i cunei ad ogni giro delle viti, queste venivano liberate dal peso, onde potevano essere rialzate. Le viti trovavano il loro punto d'attacco sotto speciali legnami, che prima di imprendere il lavoro erano stati inchiodati ai ritzi. La banchina era poi inchiodata a questi ultimi, indi sollevata insieme, e dopo il compimento del

Più innanzi sono descritti i martinelli, ma per rendersi conto fin d'ora del lavoro che può fornire un simile apparecchio, si ricorda che esso si ottiene colla formola:

$$P = \frac{r(h + 2\pi rf)}{R(2\pi r - fh)} Q$$

in cui P è la forza applicata alle sbarre del verricello o martinello, Q il peso da sollevare, R il braccio di leva, h il passo della vite, r il raggio della stessa, f il coefficiente di attrito.

3° *Sbadacchiature e puntellature.* — Si puntella una costruzione, od una parte di essa, per sostenerla allorchè minaccia rovina sia per vetustà, sia per difetti costruttivi, oppure quando vi si debbano eseguire modificazioni, come sostituzioni di travi, di solai a volte, formazione o ingrandimenti di aperture, le quali cose richiedono demolizioni di massicci, di spalle, di muri continui, ecc. Senza un adeguato puntellamento tali demolizioni lascierebbero prive di sostegno o di contrasto le parti soprastanti, o quelle che fiancheggiano il tratto demolito, parti che cederebbero sotto il peso o la spinta delle altre ad esse circostanti. Nelle puntellature si deve tener presente:

1° Che i puntellamenti sostengano le parti in cattivo stato senza alterare la solidità delle altre;

2° Che in ragione del peso che i puntelli hanno da sopportare, la loro sezione sia giustamente calcolata, onde evitare piegamenti e spezzature o successive aggiunte di legnami ingombranti;

3° Che nessun puntello tenda a contrariare l'effetto degli altri, ma che insieme concorrano ad un medesimo scopo;

4° Che la costituzione della puntellatura sia studiata in modo da sortire il suo effetto coll'impiego della minor quantità di legname e di membrature, tanto per economia nella spesa, quanto per arrecare il minimo impedimento nell'esecuzione delle opere;

5° Che i punti d'appoggio dei puntelli siano ben scelti e stabili e opportunamente rinforzati quando non si riconoscono tali; poichè può accadere che puntellando una parte se ne stacchi un'altra, o che il peso venga diretto sopra un punto più debole.

Siccome le circostanze che si possono presentare in un puntellamento, variano all'infinito, così non è possibile sottoporre a regole determinate la combinazione dei suoi pezzi. Solamente sullo studio dei puntellamenti eseguiti, fra i quali se ne contano di importantissimi, sulla conoscenza della teoria della resistenza dei materiali e della meccanica, sull'abilità e sull'esperienza del carpentiere, a cui è affidata l'operazione, si basa la buona riuscita di una razionale ed efficace puntellatura.

Le puntellature si possono dividere in *semplici* e *composte*; le prime si riferiscono alle puntellature dei solai, minaccianti di cedere o per deperimento dei legnami, o per carichi straordinari; alle puntellature di muri; alle sbadacchiature di aperture allorchè trattasi di ingrandirle o modificarle, ecc. Le seconde, più complesse e difficili, si riferiscono alle puntellature di un edificio allorchè trattasi di sottomurarlo, o di ripararne le fondamenta; oppure quando vi si devono praticare larghe aperture a pianterreno, onde occorre sostenere tutta l'altezza del muro soprastante; o quando ancora vi si devono togliere colonne, pilastri od altri simili sostegni, per ripararli o sostituirli con nuovi, e così via.

La fig. 378 rappresenta la puntellatura di una finestra che devesi allargare. I puntelli verticali lungo le spalle e quello di mezzo appoggiano inferiormente sopra una banchina. Per forzare i puntelli si fa uso di cunei, i quali si possono evitare collocando i puntelli un po' inclinati e spingendoli poi a forza.

La fig. 379 mostra appunto una puntellatura di tal genere, nella quale i puntelli inclinati hanno l'ufficio di riportare il carico sui fianchi dell'apertura che devesi eseguire in rottura, sotto il maschio delle due finestre soprastanti.

Più complessa è la puntellatura che si deve fare quando trattasi di demolire un tratto di una parete per formarvi una grande apertura (fig. 380 *a, b, c*). Allora per sostenere il tratto di muro sopra la parte che si vuol demolire e i solai laterali, bisogna ricorrere ad una doppia puntellatura: da una parte si vede come i puntelli appoggino direttamente sopra le travi del solaio sottostante, normali alla parete, e dall'altra sopra brevi traverse appoggiate sulle travi dell'altro

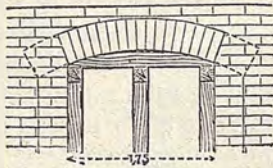


Fig. 378. — Puntellatura di apertura che si deve ingrandire.

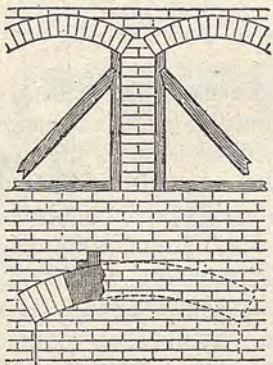


Fig. 379. — Puntellatura con puntelli inclinati.

solaio parallele invece alla parete. I puntelli portano superiormente due cappelli, sui quali si appoggiano tanti ferri a doppio T sorreggenti il tratto di parete superiore e i relativi solai. Ciò fatto si colloca a posto la colonna che deve sostituire la parete demolita e portare la superiore mediante i due ferri longitudinali, sopra di essa appoggiati. Come risulta dalla figura 380 *b* la colonna è posta in modo da potersi poi rialzare, allorquando si tolgono i piccoli ferri a doppio T trasversali dalla puntellatura, e far sì che i ferri longitudinali possano combaciare colla base della parete superiore. Sotto i puntelli si collocano dei cunei, da forzarsi nel caso in cui i solai superiori avessero a cedere un poco e così impedire le fenditure che potrebbero verificarsi nei soffitti.

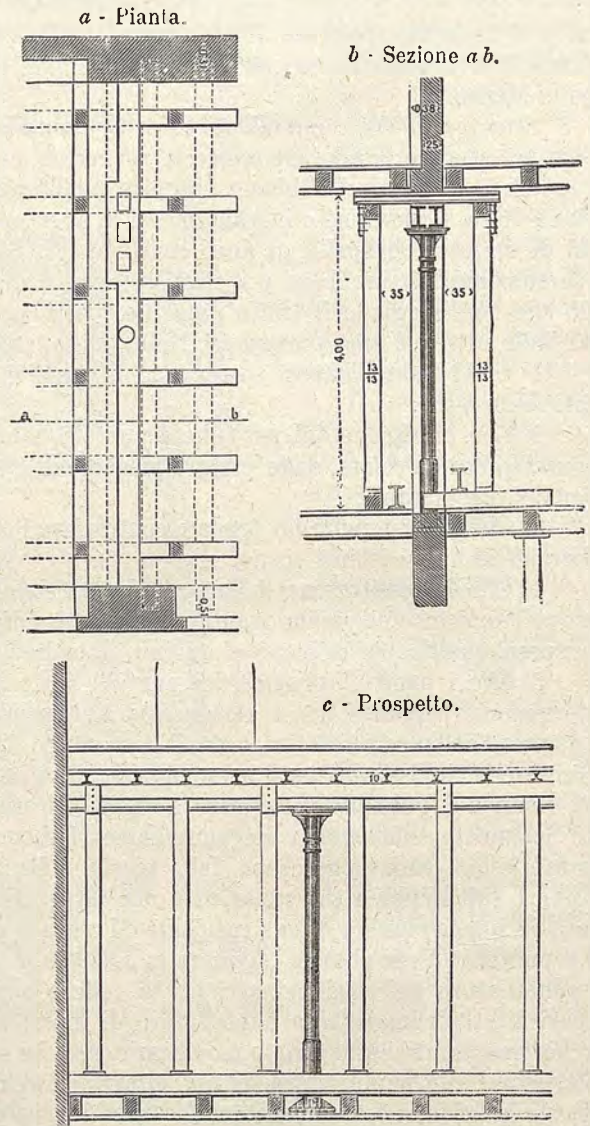


Fig. 380. — Sostituzione di una colonna ad un tratto di parete continua.

Con cura ancor maggiore deve essere eseguita una puntellatura che abbia a sopportare il peso di un'intera facciata. Anche in questo caso una puntellatura verticale interna riceve il peso del solaio di travi e delle murature soprastanti, mentre la parte rimanente è sostenuta da una puntellatura esterna. Piuttostochè adoperare legnami di straordinaria grossezza, si preferisce tenere i puntelli più vicini gli uni agli altri. La fig. 381 mostra chiaramente la disposizione di una simile puntellatura per aprire una finestra in rottura di muro.

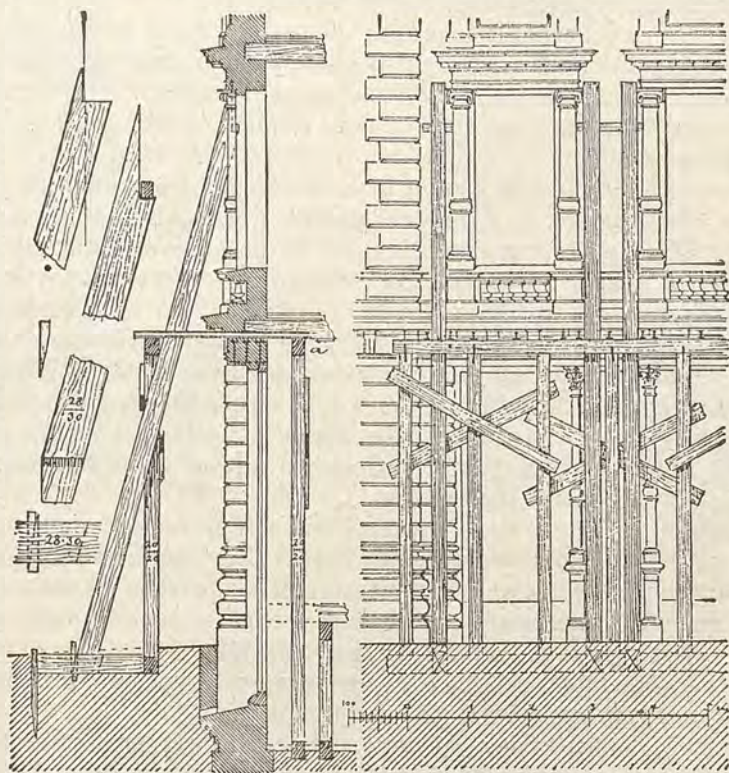


Fig. 381. — Puntellatura per apertura di vano in rottura di muro.

Il peso del solaio, che fino al completo collocamento dei sostegni è privato del suo appoggio, viene sostenuto dalla traversa *a* e dai puntelli verticali sottostanti. Questi si appoggiano o per mezzo di piccole banchine sulle due prime travi del solaio del piano terreno (opportunamente puntellate), oppure, come nella figura, sul massiccio pavimento della cantina, oppure ancora sul solido terreno. Una serie corrispondente di puntelli verticali viene stabilita dalla parte esterna della facciata: questi, riuniti agli interni per mezzo di brevi traverse (per le quali si possono con vantaggio adoperare anche delle rotaie da ferrovia usate), portano la parte di muro che non può essere sostenuta da puntelli obliqui. Su questi ultimi ricade il peso della muratura superiore e il loro collocamento deve essere eseguito con ogni cautela e col massimo riguardo a tutte le circostanze particolari del singolo caso. Devono collocarsi sempre in modo che il loro prolungamento, come è indicato nella figura, raggiunga un solaio. Si impegnano con un intaglio a squadra nella testa (avente uno dei lati a piombo) sotto a un corso di pietre o di mattoni disposti colla lunghezza perpendicolare alla parete, ponendo un pezzo di legno duro di $\frac{12}{15}$ centim. di grossezza e 25 cent. di lunghezza tra l'intaglio del puntello e il corso nominato: sotto di quest'ultimo deve essere praticata nel muro un'incava-

tura atta a ricevere la punta del puntello, così che quando il puntello è in azione non abbracci il muro, ma col suo intaglio preme contro al pezzo di legno sottoposto al muro.

Si fa agire il puntello per mezzo di cunei posti nel cuscino in cui è infisso il suo piede. È esso un legno della stessa grossezza del puntello e di m. 1,50 a m. 2 di lunghezza; viene interamente interrato ed assicurato talora con una tavola per traverso sul davanti, talora solo tra pali. Esso deve combaciare perfettamente col sottosuolo, spingendovi sotto all'occorrenza della stoppa o simili.

Per l'introduzione dei cunei vi si pratica da parte a parte un intaglio, la cui larghezza corrisponde a $\frac{1}{3}$ della grossezza. Il puntello ha un dente d'incastro corrispondente, di centim. 25 di lunghezza con taglio verticale. Davanti a questo si introduce un primo cuneo colla parte più larga verso il basso e quindi si spinge a forza il 2° cuneo facendo agire il puntello.

I cunei devono avere circa 30 centim. di lunghezza e 5 o 6 centim. di grossezza, e devono essere di legno duro. Se la base del puntello è corta, bisogna assicurare il tratto di legno pieno all'estremità con una chiavarda. Si riconosce se il puntello è in azione dalla sua sonorità quando è percosso col martello. La stessa prova vale anche pei puntelli verticali e si deve ripetere più volte durante il lavoro; specialmente per questi ultimi è bene avvertire di non spingerli troppo in modo da sollevare il solaio.

I puntelli vengono abbracciati trasversalmente da filagne di tavole inchiodate. Ultimato il lavoro, si levano i puntelli verticali e dopo una settimana o due si rimuovono i saettoni obliqui. Pel loro disarmo è meglio, invece di disserrare i cunei mantenendo fermi i cuscini, smuover questi ultimi praticandovi intorno un po' di scavo. Facendoli scorrere all'indietro, i cunei si allenteranno.

Un'altra puntellatura dello stesso genere è quella rappresentata dalle fig. 382 e 383 ed usata nel rifacimento parziale dell'edificio detto « The Equitable Building » di New-York. Si trattava di rifare la cornice del pianterreno dell'edificio; le parti della costruzione più direttamente interessate erano perciò le cornici dei due piani, pianterreno e primo piano (tratteggiate più intensamente nella sezione AB), dei quali quest'ultimo è sorretto dal sottostante per mezzo di colonne accoppiate, poste in corrispondenza dei maschi di muratura, ma senza far corpo con quest'ultima.

Il disegno indica la disposizione adottata dal costruttore per sostenere la cornice superiore e la coppia di colonne di un maschio durante l'operazione. La cornice del primo piano fu sopportata da un certo numero di puntelli, disposti a due a due nello stesso piano e secondo inclinazioni diverse (v. sezione AB). Ciascuno di tali puntelli, della lunghezza di circa 18 metri, era composto di due travi di sezione quadrata (mm. 304 × 304), collocate testa a testa e rilegate da due ganasce, in maniera da formare un pezzo solo (fig. *a*, *b*). Ciascun puntello appoggiava il suo piede sopra un cuscino inclinato, mantenuto così da biette in forma di cuneo (particolare α). Per stringere od allentare i puntelli vi erano quattro martinelli a vite posti al piede di ciascuno di essi (v. particolare α).

Il puntellamento delle colonne aveva luogo solamente per attrito in questo modo. Ciascuna colonna, del diametro di m. 0,60, era abbracciata (fig. *b* e particolare β) in due punti, nella parte superiore e in quella inferiore del fusto, da due pezzi di legno orizzontali, formanti ganasce e incavati in modo da adattarsi bene contro il fusto stesso delle colonne. Queste coppie di legni erano rilegate nel senso verticale da un sistema di saette inclinate e di tiranti di ferro verticali, e nel senso orizzontale da biette e chivarde. Il tutto (fig. *a*) formava un insieme solidale per la coppia di colonne di uno stesso maschio.

Infine le due mascelle inferiori si appoggiavano in corrispondenza delle colonne sopra una traversa orizzontale sostenuta da tre puntelli di m. 12,19 in un sol pezzo e

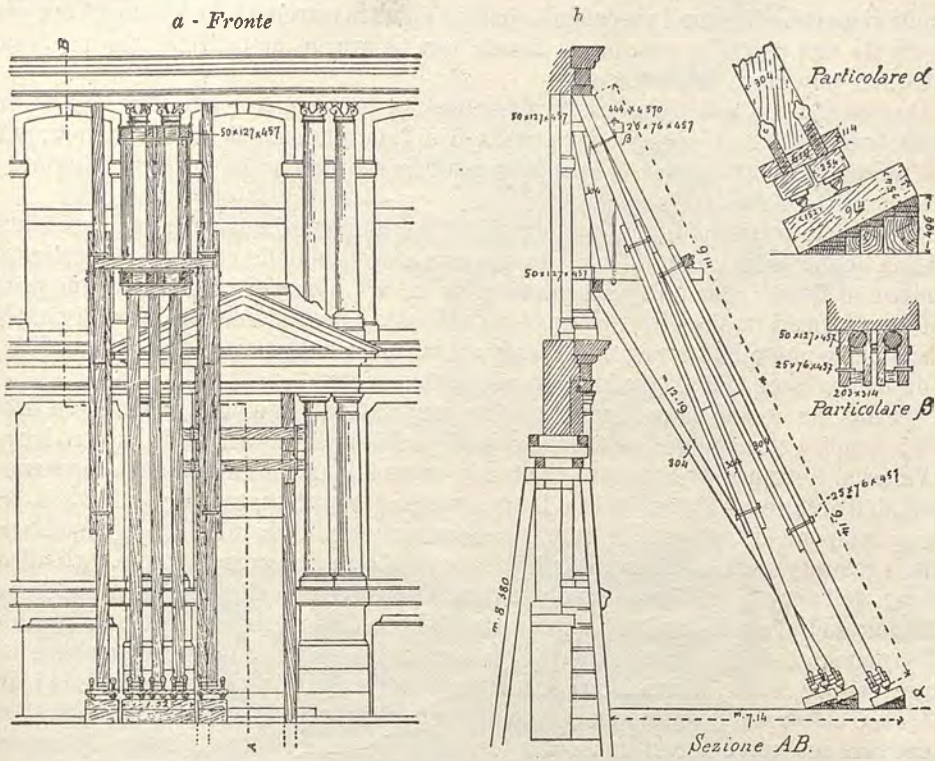


Fig. 382 e 383. — Puntellatura per il rifacimento di una cornice.

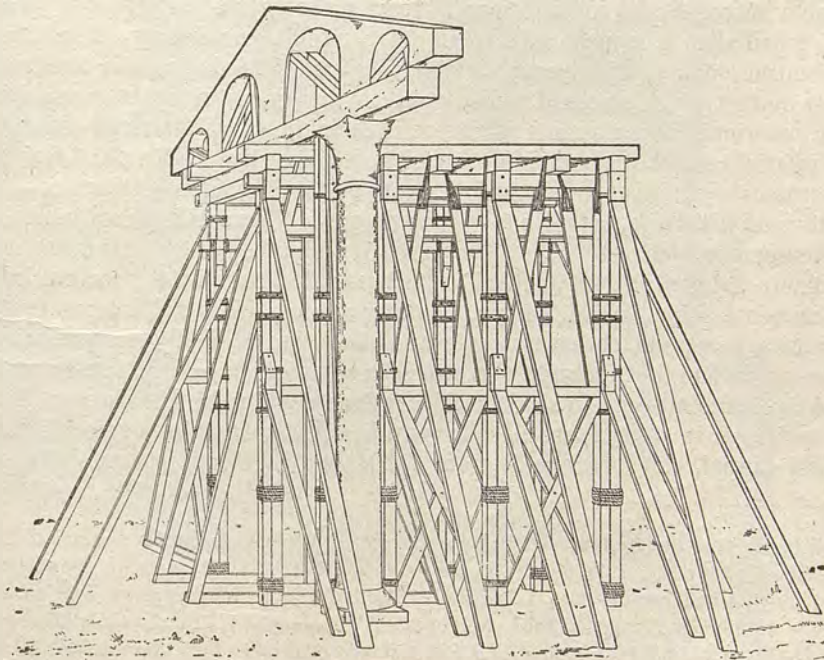


Fig. 384. — Puntellatura eseguita dallo Zabaglia per mutare una colonna del portico del Panteon in Roma.

muniti di martinelli come i precedenti, mentre all'altra estremità, la loro testa era mantenuta da una traversa orizzontale fissata con chivarde ai puntelli, che reggevano la cornice superiore dell'edificio.

Questo sistema può parere assai complicato a prima vista; ma oltre che serve a guarentire le colonne contro ogni guasto, è di tale efficacia da poter reggere, per il solo effetto dello sfregamento, quando si adottino le dimensioni indicate in figura, un carico superiore alle 100 tonnellate.

Un esempio classico di puntellatura per il mutamento di una colonna in un edificio si ha in quella eseguita dallo Zabaglia per cambiare una delle colonne del portico del Panteon in Roma. Essa è rappresentata nella fig. 384. Come si vede, i sostegni principali eran formati da fasci di travi quadruple, tenute a posto da doppie serie di puntelli. Ufficio della puntellatura era di sostenere il timpano del portico, e la figura dice in modo chiaro come lo Zabaglia vi pervenne ottimamente.

Ma una fra le più importanti armature per restauro di edifizî, eseguita in questi ultimi tempi, è certamente quella ideata dal Forcellini per restaurare il Palazzo Ducale di Venezia. Restauro ed armatura che fanno onore all'ingegneria italiana e formano la gloria dell'architetto Forcellini (1). L'armamento è rappresentato nelle fig. 385, 386: esso si compone di tre parti distinte: le centinature degli archi inferiori, la puntellatura della loggia superiore, della quale si dovevano cambiare e riparare colonne, e gli affrontamenti dell'angolo. Le figure rappresentano l'armamento nella sua prima posizione, all'angolo sud-ovest del Palazzo. Ecco come il Forcellini descrive l'opera di presidio: « L'armamento delle arcate superiori si componeva essenzialmente di tante stilate quante sono le arcate. Ciascheduna stilata era formata di due ritti, l'uno esterno e l'altro interno, e ciascun ritto di due travi accoppiate in senso normale alle fronti dell'edificio. Reggevano un cappello trasversale all'altezza dei vertici degli archi. Fra questo cappello ed il cuscino soprastante lunghi e larghi cunei d'olmo serravano fortemente tra loro le parti dell'armamento. Ai ritti si addossavano di fianco altre due travi, che divise in due tronchi sorreggevano coll'inferiore le travi trasversali all'altezza del piede delle colonne, e coll'altro i cappelli all'altezza dei capitelli; questi cappelli portavano le piccole centine degli archi ed erano a loro volta rafforzati da puntelli inclinati impostati sulle dette travi trasversali. Sui cappelli or accennati si impostavano i puntelli inclinati superiori, che salivano a sostenere i cuscini applicati al sommo dei fori circolari, coi relativi cuscini e coi cunei intromessi, come al vertice degli archi. I fori circolari erano centinati. I ritti erano affrontati da punte armate; crocere e filagne robustavano ed irrigidivano il sistema, collegandone le varie parti. Gli archi inferiori erano armati, indipendentemente dal resto, con centinature. Ai peducci ed ai timpani erano applicati esternamente dei puntelli. All'angolo l'armamento, che lungo i lati ricorreva uniforme, necessariamente si modificava. Un gruppo di travi abbracciava nell'interno tanto i ritti di riscontro agli estremi, che corrispondevano alla prima delle arcate superiori, quanto quelli che portavano il cappezzale, sorretto esternamente da una punta e attraversante il mezzo foro circolare che inizia la serie continua degli archi. Un sistema di travi di affrontamento saliva a sostenere il sodo murale sovrastante alle loggie col mezzo di due grossi cuscini, che foravano il muro e convergevano nell'interno della sala del

(1) Gli importantissimi restauri del Palazzo Ducale di Venezia furono incominciati nel 1873, ma poi sospesi e ripresi nel 1876 sotto la direzione del Forcellini, il quale vi attendette fino al 1890 cioè fin quasi al compimento. L'architetto Annibale Forcellini nacque a Treviso il 29 gennaio 1827 e vi morì il 27 agosto 1891. Nell'opera *L'Ingegneria a Venezia dell'ultimo ventennio* (Venezia 1887) trovasi una sua monografia *Sul restauro delle principali facciate del Palazzo Ducale di Venezia*, e nel *Giornale del Genio Civile*, anno 1880 egli descrive minutamente l'armatura, di cui si danno qui i disegni.

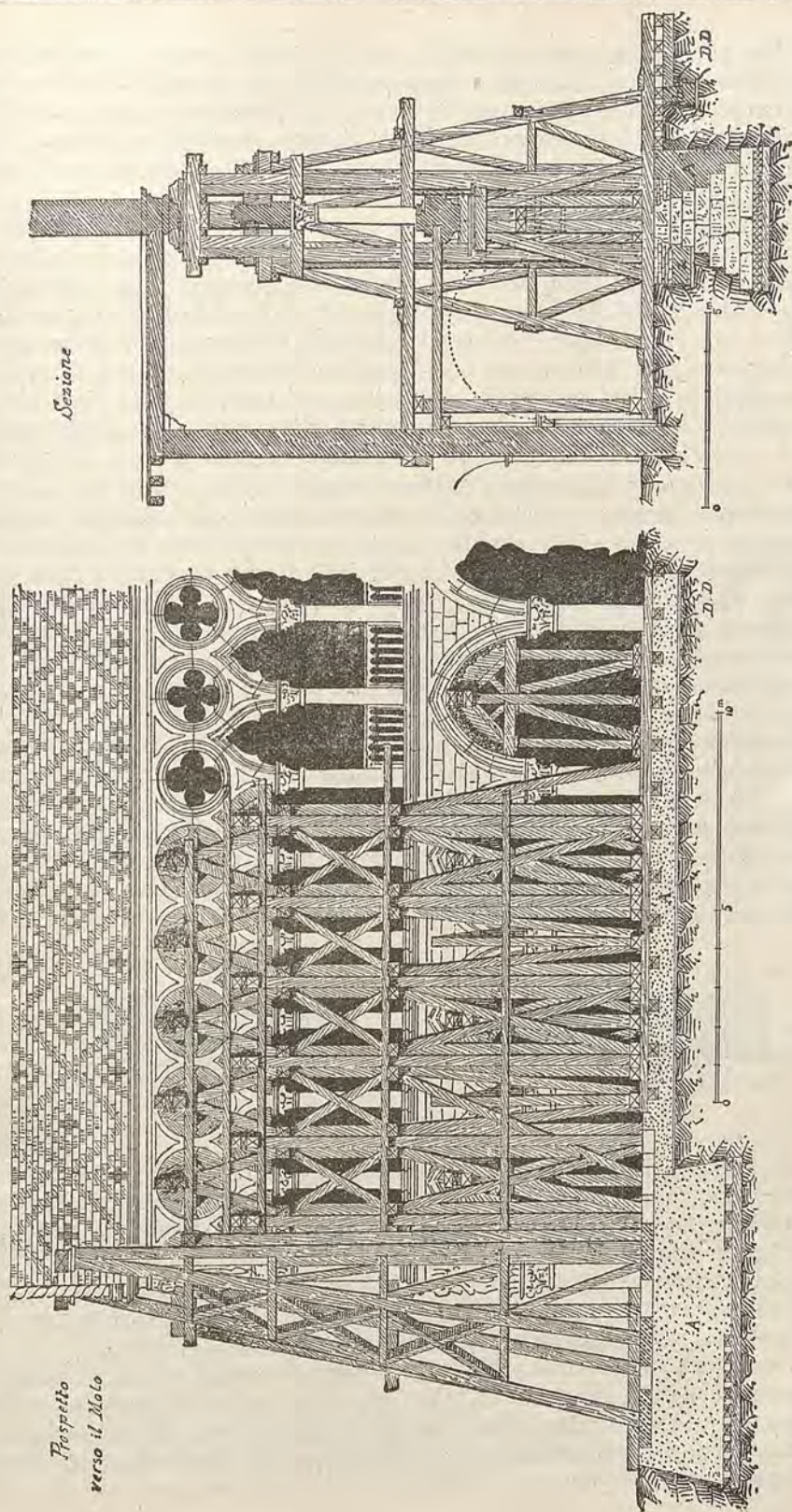


Fig. 385 e 386. — Armamento usato per i restauri del Palazzo Ducale di Venezia (arch. A. Forcellini).

Maggior Consiglio, trovando appoggio sulle punte interne dell'angolo convenientemente allungate. Alla metà circa della sua altezza, il sistema era legato alle punte interne mediante un'orbonatura, ommessa nel disegno. Il complesso delle punte di affrontamento era poi robustato con crociere, sbadacchi, puntelli secondari e cinture di ferro; come altre cinture simili legavano a varie altezze le stilate e completavano l'azione delle singole punte armate oblique.

« I piani verticali, nei quali giacevano le singole stilate, non erano fra loro paralleli, ma divergevano verso l'interno in corrispondenza a ciascuna colonna inferiore. Tale disposizione fu adottata affine d'allargare lo spazio concesso al movimento delle colonne medesime, che si dovevano rimuovere dal di fuori al di dentro. I soli movimenti all'angolo, e non poteva essere altrimenti, dovevano venir eseguiti in senso opposto.

« Il complesso delle puntellature distribuiva il carico su larga zona. I ritzi principali esterni delle stilate insistevano però sulla stessa muraglia di fondazione del palazzo mediante una nuova muratura laterizia A ridossatavi. Un secondo muretto ricorrente isolato *b* stava sotto il piede dei puntelli inclinati esterni. All'angolo la muratura si allargava in un massiccio sperone, basato su di un letto di vecchi macigni ed un graticciato di grosse travi di larice, ad interstizi riempiti di muratura cementizia. Altra muratura laterizia *x* si ridossava alla facciata interna della fondazione, discendendo però a minore profondità dell'esterna ed appoggiandosi parzialmente su di un zatterone di assi. Ingrossata all'angolo, valse anche a rinforzare la fondazione dell'angolo saliente interno, formato dal muro di sfondo della loggia, mediante un arco rampante. Le nuove murature furono rispianate sotto un solo livello, quello fissato per i dormenti. Nell'interno furono lasciati in corrispondenza alle colonne gli interstizi necessari a facilitare l'introduzione e la collocazione a posto dei nuovi zoccoli.

« All'angolo soltanto e di fronte alla prima arcata d'ambidue le facciate, i membri dell'armamento erano incassati al piede entro pezzi di pietra murati nelle nuove masse laterizie: in tutta la residua estensione, il sistema insisteva sul letto di travi adagiate orizzontalmente sul terreno e sui muri. Nella provvisoria assicurazione fu generalmente adoperato il larice di Cadore. Vi si sostituì l'abete per le sole punte interne delle stilate.

« Il carico da reggersi temporariamente coi puntelli corrispondeva, per la colonna angolare di sud-ovest (che fu rinnovata), a tonnellate 272, per le altre prossime a 183 ».



Fig. 387 e 388. — Rinforzamento di teste di travi.

Sta in relazione col lavoro di puntellatura quella della rinnovazione, o della consolidazione degli appoggi delle travi. A questi ultimi è anzitutto da aver riguardo ed è della maggior importanza esaminare accuratamente gli antichi appoggi trattandosi di travi liberamente appoggiate. La fig. 387 mostra il rinforzamento di una testa di trave ancora resistente, mediante tavole inchiodatevi contro. La fig. 388 indica la maniera di rinforzare una testa di trave che comincia già a imputridire; in questo caso le tavole di rinforzo sono sempre da assicurare con 2 viti passanti.

Ove sia possibile riesce anche più conveniente disporre sotto le estremità delle travi una banchina da parete, sostenuta da alcuni corsi di mattoni sovrappontentisi a sporto (fig. 389), oppure da mensolette (vedi anche fig. 92 e fig. 96, pag. 39). Se la banchina non deve vedersi, si adotta generalmente una trave di ferro che può venir nascosta nell'incavo di una cornice (fig. 390).

In un'opera di ricostruzione sono da esaminare accuratamente anche le chiavi delle travi, e queste, se lo si ritiene necessario, bisogna di nuovo assicurarle. Se una trave è intieramente guasta la si arma con tavole su tutta la sua lunghezza solo in quei casi però nei quali il sottostante soffitto debba rimanere intatto; altrimenti è sempre da preferirsi la sostituzione con una nuova trave.

Per rinnovare i solai rovinati dalle muffe in una casa di quattro piani in Mannheim, senza sgomberare la casa e senza togliere i rivestimenti nè l'arredatura dei soffitti, si adottò un metodo riportato dalla *Deutsche Bauzeitung*, an. 1885. Dapprima sopra il soffitto scoperto vennero collocate delle travi in ferro a doppio T (una per sostituire due travi in legno); si tagliarono poi le travi di legno in pezzi di breve lunghezza che mediante argani vennero sollevati, onde i

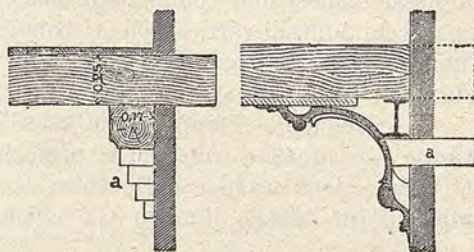


Fig. 389.

Fig. 390.

Rinforzi per travi da solaio.

chiodi del rivestimento chiodatovi contro uscirono dolcemente. Si pose poi da ciascuna parte di ogni trave di ferro tanti pezzi di tavola attaccati a ferri intermedi e ad essi si assicurarono nuovamente le assi di rivestimento, ecc., ognuna con 2 viti da legno. Fra le travi di ferro si gettarono delle

voltine e con costoloni collocativi sopra si formò il piano per il pavimento intavolato. Questa operazione fu eseguita dall'architetto Mouchot e sortì esito buonissimo.

Anche le vòlte pericolanti si puntellano mediante ritti verticali od inclinati sotto a banchine, che si adattano contro la vòlta: cunei o viti servono a mettere in pressione i sostegni o puntelli.

Se per eseguire una completa ricostruzione si deve demolire una casa posta fra due altre è necessario puntellare l'uno contro l'altro i muri esterni delle due case vicine, finchè quella ricostruita venga a riempire il vano

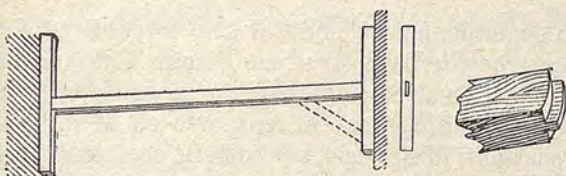


Fig. 391. — Sbadacchiatura di due pareti opposte.

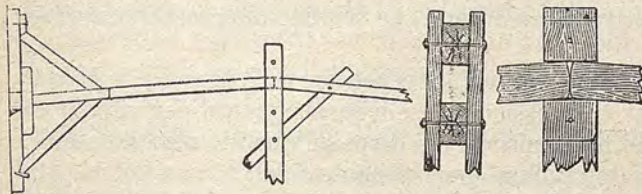


Fig. 392. — Sbadacchiature con puntello in due pezzi.

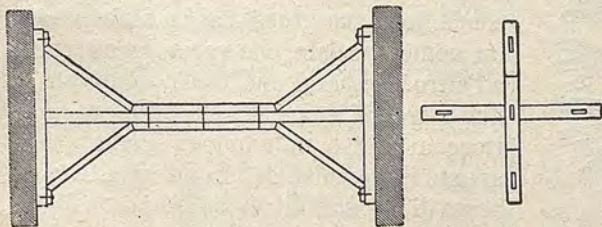


Fig. 393. — Sbadacchiatura di due pareti opposte, con puntello orizzontale e quattro saettoni per parte.

lasciato dalla casa demolita. Perciò durante la demolizione vengono collocate alla rispettiva distanza di 8 ÷ 10 metri delle travi di lunghezza tale, che possano essere forzate in direzione leggermente obliqua tra due spalle, impegnandovisi con un dente di testa a forma arrotondata, come mostra la fig. 391.

Tale sbadacchiatura si può fare solo nei punti ai quali corrispondono nelle case limitrofe un solaio o una grossa parete trasversale, che assicurino il muro puntellato contro la pressione degli sbadacchi. Siccome di solito si adoperano come sbadacchi le vecchie travi provenienti dalla demolizione, così sovente si preferisce comporli di due

pezzi; la fig. 392 mostra questa disposizione. Le teste delle travi vengono leggermente arrotondate e sono serrate in un'armatura a tanaglia, la quale una volta inclinata e assicurata in tale posizione, spinge le travi di puntello contro le pareti. Un'altra più complessa disposizione con quattro saettoni da ambe le parti è indicata nella fig. 393. Se parecchi puntelli verticali od orizzontali devono venir disposti l'uno accanto all'altro, si uniscono vantaggiosamente per mezzo di tavole inchiodatevi contro. Bisogna però badare che nella unione si raggiunga una grande rigidezza.

4° Seguendo l'ordine stabilito si dovrebbe ora trattare delle *centinature ed armature per archi e vòlte*, ma si preferisce riunirne la descrizione con quella della costruzione degli archi e delle vòlte, essendochè allora sarà più facile spiegarne e comprenderne l'ufficio, il modo e la ragione della varia loro struttura.

F. — ATTREZZI E MACCHINE DA CANTIERE

Questo soggetto è d'indole piuttosto generale, poichè non è il solo carpentiere che usa degli attrezzi e delle macchine occorrenti nella costruzione di una fabbrica, ma bensì gli operai in genere addetti alla medesima. Siccome però la maggior parte di queste macchine, quali ad es. argani, gru e simili, servono al trasporto ed al sollevamento dei materiali e sono adoperate sui ponti di servizio, sui castelli, ecc., come si è visto, così credesi opportuno comprendere il soggetto in questione nel capitolo della carpenteria, sia perchè esso ha con questa una certa relazione, sia perchè non si intende trattare minutamente di tutti gli attrezzi ed ordigni che servono alle *manovre architettoniche*, ma solo dei principali.

Uno dei più importanti e principali organi adoperati in tali manovre è senza dubbio la *fune*, che serve tanto per trasmissione di movimenti quanto per ritegno e per collegamento delle armature, dei meccanismi e dei corpi sui quali le macchine debbono esercitare la loro azione. La materia di cui generalmente si fabbricano le funi per

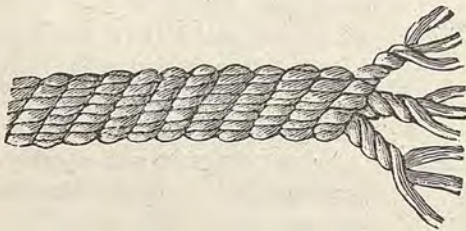


Fig. 394. — Cavo torticcio.

gli usi dell'arte edificatoria, è la canapa; ve ne sono di diverse grossezze, e a seconda della sua grossezza la fune prende un nome speciale, che varia da un paese all'altro. *Brocco* è una corda composta di due o tre fili e aventi un diametro inferiore a mezzo millimetro; *spago* quella avente il diametro di circa 1 mm. e composta di due soli fili; *lusino* la corda di due fili e di circa 2 mm. di diametro; *terranina* quella di tre fili e diametro 2 mm. circa, *armaggio* la corda di tre fili un po' più grossi di quelli della precedente e un po' meno torti; *merlino* la corda di tre fili e diametro da 3 a 8 mm. Son detti poi *legnuoli* o *funicoli* le funicelle formate di tre o più fili ritorti insieme, le quali riunite e attorcigliate in numero di tre, quattro o più costituiscono la *fune* o *corda*; *canapo* o *cavo* si chiama generalmente la fune di quattro funicoli e avente il diametro di circa 56 mm.; *cavo torticcio* (fig. 394) è quello che si ottiene attorcigliando insieme da destra a sinistra tre o più funi (ciascuna di tre funicoli); i cavi torticci si usano in quelle manovre in cui si richiede grande elasticità e non reca ostacolo la maggior rigidezza di tali funi.

Infine le funi che si ottengono attorcigliando insieme tre corde si chiamano *gherlini*, se le dette corde non sono tanto grosse, e *gomene* se invece lo sono molto.

Si può trovare la resistenza e il peso di una corda quando se ne conosce il diametro, e il diametro quando si conosce il carico che essa deve sopportare, colle seguenti espressioni:

$$d = a\sqrt{P}, \quad P = b d^2, \quad G = c d^2$$

ove d è il diametro della fune in millimetri;
 P è il carico in Kg. applicato alla fune;
 G il peso in Kg. per metro corrente della corda;
 a, b, c tre coefficienti i cui valori si deducono dalla seguente

Tabella XII.

	Funi		Funi mobili		Funi fisse	
	molto torte	poco torte	asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate	asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate
a	1	1,2	1,04	1,22	0,78	0,89
b	1	0,7	0,918	0,689	1,658	1,269
c	0,00106	0,00071	0,00065	0,00078	0,00065	0,00078

Da questa tabella si deduce, che a parità di diametro presentano maggior resistenza le funi asciutte e non incatramate di quelle bagnate od incatramate o poco torte, e le funi fisse maggior resistenza delle mobili.

Il carico di sicurezza per le corde ordinarie si fa uguale ad $\frac{1}{4}$ od $\frac{1}{8}$ del carico di rottura $R = 8 \div 10$ Kg. per mm^2 , secondochè la corda è nuova o fatta con canape di prima qualità, oppure è usata o fatta con canape di seconda qualità.

Per le funi catramate si può ritenere fra $\frac{1}{6}$ e $\frac{1}{7}$ di R . La stessa tabella dimostra che una fune bagnata perde $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ circa della sua resistenza.

Una fune sottoposta ad uno sforzo crescente si allunga gradatamente, ed al momento della rottura l'allungamento è di $\frac{1}{10} \div \frac{1}{12}$ della lunghezza primitiva della corda, la cui circonferenza diminuisce di $\frac{1}{20} \div \frac{1}{24}$.

Assumendo come carico di sicurezza 1 Kg. per mm^2 , si ha la seguente

Tabella XIII. — Carichi per funi mobili e fisse.

d Diametro in mm.	P, Carico in chilogrammi				d Diametro in mm.	P, Carico in chilogrammi			
	Funi mobili		Funi fisse			Funi mobili		Funi fisse	
	asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate	asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate		asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate	asciutte e non incatramate	bagnate o incatramate
6	33	25	59	45	30	326	620	1492	1142
8	58	44	106	81	32	940	705	1697	1299
10	92	69	165	127	34	1061	796	1916	1467
12	132	100	238	182	36	1189	893	2148	1644
14	180	135	325	248	38	1325	995	2394	1832
16	235	176	424	325	40	1468	1102	2642	2030
18	297	223	537	411	42	1619	1215	2925	2236
20	367	275	663	507	44	1777	1334	3210	2456
22	444	333	808	614	46	1942	1458	3508	2685
24	528	397	945	731	48	2115	1587	3820	2923
26	620	465	1110	857	50	2295	1722	4145	3172
28	719	540	1305	995	52	2482	1863	4483	3431

Se una fune di canapa deve avvolgersi e svolgersi continuamente sopra tamburi o carrucole, essa oppone una resistenza dovuta alla rigidità della fune. Tale resi-

Per mostrare l'uso della tabella serva il precedente esempio. Le colonne 0,012 e 0,40 danno la cifra 11,45, che moltiplicata per $\frac{1600}{100}$ dà appunto 183.

Si diminuisce la rigidezza delle funi impregnandole di un corpo grasso o fregandole di sapone, ma con questi mezzi se ne diminuisce la resistenza. Tutto al più, quando si vuole aumentare lo scorrimento di una fune, si può spolverarla con della polvere di talco.

Le buone corde sono ordinariamente compatte e nello stesso tempo cedevoli sotto la pressione delle dita; si può giudicare della maggiore o minore loro buona qualità dal loro aspetto argenteo, di colore grigio-perla dapprima, indi verdastro e poi giallo. Se hanno un color bruno intenso è segno che la canapa ha troppo fermentato e comincia a infracidire; se sono macchiate di bruno o di punti rosa o verdi è segno che la canapa fu troppo bagnata e le parti brune sono quasi sempre fracide.

Le *funi metalliche*, di cui accade talvolta doversi servire invece delle corde di canapa, sono costituite come queste ultime da funicoli ritorti insieme, i quali alla loro volta risultano dalla riunione e torcimento di più fili metallici. I metalli con cui si compongono questi fili sono il ferro, l'acciaio, il rame. Le funi metalliche si usano nella trasmissione di forza, nei sollevamenti di materiali di scavo dai pozzi, nel trasporto aereo dei materiali attraverso vallate, fiumi e simili, nelle legature dei legnami formanti ponti di servizio, ecc.

Le circonferenze di due funi, l'una di canapa, l'altra di fil di ferro, presentanti ugual resistenza alla trazione, stanno fra loro come 7 a 16.

Lo sforzo a cui può stabilmente resistere una fune di fil di ferro supera di circa $\frac{3}{10}$ quello di una fune di canapa di circonferenza doppia.

Per determinare la resistenza ed il peso delle funi metalliche servono le seguenti espressioni:

$$\delta = \frac{3}{8} \sqrt{\frac{P}{n}} \quad P = 7.11 \delta^2 n$$

in cui δ è il diametro in mm. dei fili della fune, n il numero di tali fili, e P il carico applicato alla fune.

Le funi metalliche ordinariamente in uso sono quelle rotonde di 36 fili riuniti in 6 legnuoli di 6 fili ciascuno, e quelle piatte di 144 fili, formate di 6 legnuoli di 24 fili ciascuno. Per le funi di 36 fili si ha dalle espressioni precedenti

$$\delta = \frac{1}{16} \sqrt{P} \quad P = 256 \delta^2$$

e per le funi di 144 fili:

$$\delta = \frac{1}{32} \sqrt{P} \quad P = 1024 \delta^2$$

Il peso per metro corrente di una fune metallica di n fili di ferro di diametro δ è dato dall'espressione: $G = 0,007 n \delta^2$ da cui si deduce per

$$n = 36 \quad G = \frac{\delta^2}{4}$$

onde approssimativamente

$$G = \frac{P}{1000} \quad P = 1000 G.$$

Il diametro d di una fune metallica si ha dall'espressione:

$$d = \delta \left(1 + \frac{1}{\text{sen} \frac{\pi}{n_1}} \right) \left(1 + \frac{1}{\text{sen} \frac{\pi}{n}} \right)$$

in cui δ è il diametro di un filo, n il numero dei fili di un legnuolo e n_1 quello dei legnuoli formanti la fune.

Per le funi ordinarie di 36 fili riuniti in 6 legnuoli di 6 fili ciascuno si ha $d = 8\delta$.

Le seguenti tabelle danno il peso e la resistenza delle funi metalliche flessibili e semiflessibili di ferro di prima qualità e di acciaio.

Tabella XV. — Peso e resistenza delle funi metalliche della fabbrica Felten e Guillaume di Colonia.

d in mm.	G in Kg. al m. l.	R in Kg.		P in Kg.		d in mm.	G in Kg. al m. l.	R in Kg.		P in Kg.	
		Ferro	Acciaio	Ferro	Acciaio			Ferro	Acciaio	Ferro	Acciaio
8	0,15	850	1800	106	225	21	1,25	7200	15800	900	1975
9	0,22	1300	2700	163	337	23	1,50	8400	18500	1050	2312
10	0,26	1500	3200	187	400	25	1,80	10200	21100	1275	2637
11	0,30	1700	3700	212	463	27	2,30	13400	29300	1675	3662
12	0,40	2200	4900	275	612	30	2,70	16600	36000	2075	4500
13	0,45	2600	5700	325	712	33	3,40	20000	44000	2500	5500
14	0,50	3100	6700	388	837	35	4,10	24000	52000	3000	6500
15	0,70	4000	8700	500	1087	37	4,50	26000	57000	3250	7125
16	0,80	4600	10100	575	1262	40	5,55	31000	67000	3875	8375
17	0,85	5000	11000	625	1375		6,25	36000	78000	4500	9750
18	1,00	5800	12800	725	1600	50	7,70	45000	98000	5625	12250
19	1,10	6200	13600	775	1700	55	9,30	55000	121000	6875	12125

Osservazioni. — Il carico di sicurezza K si è ritenuto $\frac{1}{8}$ di quello di rottura R. Quando le funi non dovessero permanentemente essere soggette al carico, ma solo impiegate per sforzi temporanei, si può anche ritenere per carico di sicurezza $\frac{1}{4}$ di quello di rottura.

Tabella XVI. — Peso, resistenza e prezzo delle corde flessibili e semiflessibili di ferro e di acciaio della fabbrica Fornara e C. di Torino.

Formazione				G in Kg. al m. l. approssimativo	R in Kg.		Prezzo in lire per m. l.		Formazione				G in Kg. al m. l. approssimativo	R in Kg.		Prezzo in lire per m. l.	
d	n ₁	n	δ		Ferro	Acciaio	Ferro	Acciaio	d	n ₁	n	δ		Ferro	Acciaio	Ferro	Acciaio
mm.			mm.					mm.			mm.						
3	6	7	0,30	0,030	100	295	0,14	0,27	2	6	7	2,40	1,770	6300	18900	1,40	2,40
4	6	7	0,40	0,050	175	525	0,16	0,28	24	7	7	2,20	1,700	6205	18620	1,45	2,50
5	6	7	0,50	0,060	270	820	0,18	0,30	26	6	7	2,60	2,150	7550	22660	1,70	3,10
6	6	7	0,60	0,110	395	1185	0,23	0,31	28	6	6	3,10	2,300	8800	26650	1,85	3,35
7	6	7	0,70	0,150	540	1610	0,27	0,35	30	6	7	3,00	2,720	9890	29690	0,80	1,45
8	6	7	0,80	0,197	665	2000	0,30	0,42	32	6	6	3,50	3,240	10890	32680	0,70	1,40
9	6	6	0,90	0,249	890	2670	0,34	0,48	34	6	12	2,30	2,770	9930	29800	0,80	1,45
10	6	6	1,10	0,320	1140	3420	0,39	0,56	36	6	12	2,45	3,030	10800	32400	0,80	1,45
12	6	7	1,20	0,443	1580	4740	0,50	0,75	38	9	10	2,40	3,730	13500	40500	0,75	1,40
14	6	7	1,40	0,605	2150	6460	0,65	1,00	40	6	6	4,40	4,700	18230	54700	0,70	1,40
16	6	7	1,60	0,800	2480	8440	0,75	1,20	45	8	8	3,40	5,050	19360	58100	0,70	1,40
18	6	7	1,80	1,020	3550	10660	0,85	1,40	50	8	8	3,90	6,810	25460	76400	0,70	1,40
19	6	7	1,90	1,040	3975	11925	0,95	1,55	55	8	9	3,90	7,850	28630	85000	0,70	1,40
20	6	6	2,20	1,190	4560	13680	1,00	1,75	60	6	12	4,40	8,750	31760	95300	0,70	1,40

Per le funi metalliche il carico di rottura R si ritiene di 20 ÷ 25 Kg. per le funi di ferro è di 40 ÷ 50 per le funi di acciaio, per ogni mm² della sezione della fune, considerata come piena. Il carico di sicurezza K fra $\frac{1}{4}$ ed $\frac{1}{5}$ ed anche $\frac{1}{8}$ del carico di rottura, secondochè si tratta di un carico temporaneo o permanente.

Riguardo alle funi metalliche rotonde di 36 fili e a quelle piatte di 144 fili serve la

Tabella XVII.

δ in mm.	Funi rotonde di 36 fili			Funi piatte di 144 fili				R (minimo) in mm.
	d in mm.	P in Kg.	G in Kg.	a in mm.	b in mm.	P in	G in Kg.	
1	8,0	256	0,25	6,0	36,0	1024	1,00	555
1,2	9,6	369	0,36	7,2	43,2	1474	1,45	666
1,4	11,2	502	0,49	8,4	50,4	2007	1,98	777
1,6	12,8	655	0,64	9,6	57,6	2621	2,58	888
1,8	14,4	829	0,81	10,8	64,8	3317	3,27	999
,00	16,0	1024	1,00	12,0	72,0	4095	4,03	1110
2,25	18,0	1296	1,26	13,5	81,0	5183	5,10	1249
2,50	20,0	1600	1,56	15,0	90,0	6399	6,30	1388
2,75	22,0	1936	1,89	16,5	99,0	7743	7,62	1526
3,00	24,0	2304	2,25	18,0	108,0	9215	9,07	1665

nella quale a e b sono rispettivamente la grossezza e la larghezza della fune piatta, R il raggio del tamburo su cui essa si avvolge, e le altre lettere hanno il significato più sopra detto.

Come per le corde di canapa il diametro minimo dei tamburi o delle carrucole su cui si avvolgono le funi metalliche, bisogna che non sia inferiore ad un certo limite, che è di $50d$, e se la fune deve continuamente avvolgersi e svolgersi, di $60d \div 80d$.

Quando una fune metallica è soggetta ad avvolgersi e svolgersi continuamente su tamburi o carrucole, bisogna tener conto della sua rigidità usando dell'espressione:

$$P' = P + 58 \frac{d^2}{D} P$$

in cui P rappresenta il carico che deve sopportare la fune in Kg., d il diametro di essa in metri, quando non si tenga calcolo della rigidità, D quello del tamburo, pure in metri, e P' il carico di sicurezza a cui corrisponderà il nuovo diametro della fune atta a reggere il carico P.

Però se il diametro del tamburo soddisfa alla condizione sopra espressa, la rigidità non produce aumento sensibile nel diametro della fune, e quanto più il diametro è superiore al limite indicato, tanto più riesce trascurabile la rigidità.

Infatti sia da determinare il diametro di una fune di ferro che si avvolge sopra un tamburo di un metro di diametro e che sia capace di sostenere stabilmente un carico di Kg. 700. Nella tabella XV e nella colonna dei carichi di sicurezza per le funi di ferro, il carico più prossimo al dato è 725, a cui corrisponde un diametro di mm. 18. Si ha quindi:

$$P' = 700 + 58 \frac{0,018^2}{1,00} 700 = 700 + 13,15 = 714 \text{ circa}$$

a cui corrisponde ancora il diametro di mm. 18.

Per il sollevamento di pesi o per altre operazioni invece delle funi si usa anche di catene, tanto a maglie semplici o aperte (fig. 395), quanto a maglie rinforzate (fig. 396).

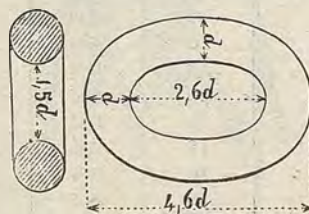


Fig. 395. — Anello di catena aperto.

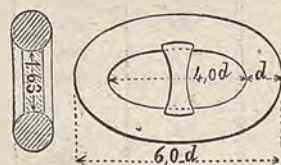


Fig. 396. — Anello di catena rinforzato.

Se, come di solito, d è il diametro del ferro costituente le maglie e P il carico di sicurezza a cui può sottoporsi la catena, si ha:

$$d = 0,0844 \sqrt{P} \quad \text{e} \quad P = 0,88 d^2$$

per le catene a maglie aperte o semplici, e

$$d = 0,0776 \sqrt{P} \quad P = 10,68 d^2$$

per le catene a maglie rinforzate.

Il peso G per metro corrente è dato dalle seguenti espressioni:

$$\text{per le catene aperte a maglie strette} \dots G = 0,0226 d^2$$

$$\text{per le catene aperte a larghe maglie} \dots G = 0,0190 d^2$$

$$\text{per le catene rinforzate} \dots G = 0,0235 d^2.$$

Le catene a maglie saldate, prima di essere messe in opera vengono sottoposte ad un carico di prova, che si ritiene di 14 Kg. per mm^2 per le catene aperte e di 17 Kg. per quelle rinforzate; ma nelle catene in opera non conviene oltrepassare la metà del carico di prova, al che corrispondono le espressioni sopra indicate, nelle quali il carico di sicurezza P è uguale al carico di prova diviso per 2,5.

In generale si esige che il carico di rottura delle sbarre di ferro, costituenti le maglie, sia di $32 \div 36$ Kg. per mm^2 e quello della catena ultimata di $20 \div 25$ Kg.; il carico di sicurezza $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$ di quello di rottura, ossia $5 \div 7$ Kg. per mm^2 .

Per catene che devono avvolgersi su tamburi o puleggie di diametro D si deve avere $D \geq 20 d \div 25 d$. La rigidezza della catena è data dall'espressione $0,3 \frac{d}{D} P$, in cui d e D sono in metri.

Tabella XVIII.

Carichi di sicurezza e peso delle catene a maglie aperte e rinforzate.

Catene aperte				Catene rinforzate		
d in mm.	P in Kg.	G in Kg. per m. l.		d in mm.	P in Kg.	G in Kg. per m. l.
		maglie larghe	maglie strette			
6	317	0,68	0,81	15	2400	5,29
7	431	0,93	1,11	16	2735	6,02
8	563	1,21	1,45	17	3086	6,79
9	712	1,54	1,83	18	3460	7,61
10	880	1,90	2,26	19	3855	8,48
11	1064	2,30	2,73	20	4272	9,40
12	1267	2,74	3,25	22	5170	11,37
13	1487	3,21	3,82	24	6150	13,54
14	1725	3,72	4,43	26	7220	15,80
15	1980	4,28	5,09	28	8373	18,42
16	2253	4,86	5,79	30	9720	21,45
17	2543	5,49	6,23	32	10936	24,06
18	2850	6,16	7,32	34	12346	27,16
19	3137	6,86	8,16	36	13840	30,46
20	3520	7,60	9,04	38	15422	33,93
21	3880	8,38	9,97	40	17088	37,60
22	4260	9,20	10,94	42	18840	41,45
23	4655	10,05	11,96	44	20676	45,50
24	5070	10,94	13,02	46	22598	49,73
25	5500	11,88	14,13	48	24600	54,14
26	5950	12,84	15,28	50	26700	58,75
27	6415	13,85	16,48	52	28880	63,54
28	6900	14,90	17,72	54	31143	68,53
29	7400	15,98	19,01	56	33492	73,70
30	7920	17,10	20,34	58	35927	79,05

I capi delle funi si foggiano in diverso modo, secondochè si vuole semplicemente evitare lo sciogliersi dei funicoli, oppure agevolare l'introduzione della fune in fori relativamente stretti, od infine impedire che il capo della fune possa sfuggire da un foro o staccarsi dall'organo a cui la fune è raccomandata.

Nel primo caso si fa un *nodo semplice* all'estremità della corda, e trattandosi di corde un po' grosse si pratica una fasciatura con spago, od anche si pratica il bottone a *piè di pollo* (fig. 397), che si forma sconnettendo l'estremo della fune nei suoi funicoli per un tratto lungo circa 8 volte il diametro, indi intrecciandoli in modo che tirando i funicoli si formi un nodo, dal quale sporgano le estremità dei funicoli stessi, che poi si legano con spago.



Fig. 397.
Nodo a piè di pollo.

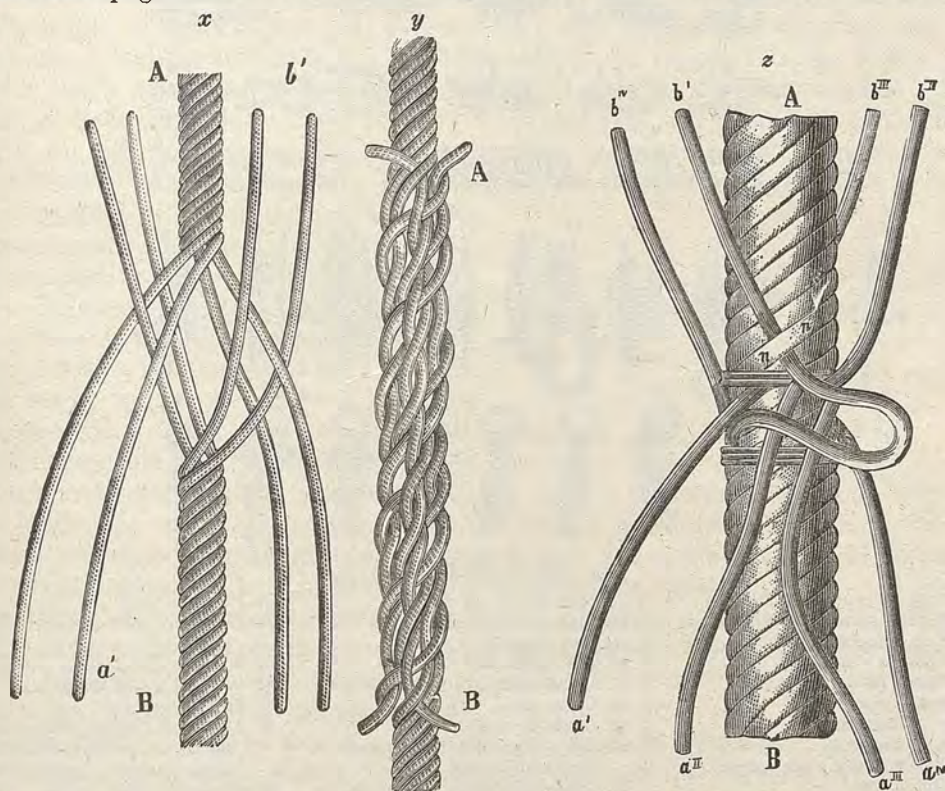


Fig. 398 x, y, z. — Impiombatura corta.

Trattandosi di agevolare l'introduzione della corda in un foro, si usa foggiarne l'estremità a *coda di topo*, col qual mezzo si fa terminare la fune in punta; per impedire che la corda sfugga da un foro, o si stacchi dall'organo a cui è fissata, si usa foggiarne quasi sempre la testa a *piè di pollo*.

La congiunzione di due funi per il lungo si pratica per mezzo delle *impiombature*, fra le quali distinguesi la *impiombatura corta*, la *lunga* e quella a *doppio piè di pollo*. Per darne un'idea si rappresenta nella fig. 398 *xyz* la *impiombatura corta*, nella quale l'ingrossamento della fune nel tratto d'unione riesce poco pronunciato. Per eseguirla si stringono fortemente i due capi da congiungersi, alla distanza di circa 16 diametri dall'estremità, con una fasciatura formata con qualche giro di spago; si sconnettono i funicoli di quelle porzioni estreme e si dispongono intrecciati come si vede nella fig. *x*, nella quale si sono però omesse le fasciature di spago. Si prende il funicolo *b'*

della fune inferiore e si fa passare sopra il funicolo adiacente a^i della fune superiore A e quindi sotto la spira successiva nn , come si vede in z . Si opera successivamente nello stesso modo pei tre rimanenti funicoli b^{ii} , b^{iii} , b^{iv} , facendoli alternativamente passare sopra alla spira immediatamente soprastante e sotto alla susseguente, compiendo così un primo giro. Ricominciando col funicolo b^i e proseguendo coi funicoli b^{ii} , b^{iii} , b^{iv} ed operando identicamente, si eseguisce un secondo giro; quindi si faranno tanti altri giri finchè siano esauriti i funicoli b . Collo stesso procedimento si fanno passare i funicoli a^i , a^{ii} , a^{iii} , a^{iv} della fune superiore sulle spire della fune inferiore B, finchè detti funicoli siano esauriti; si tolgono le fasciature di spago e l'unione resta compiuta, presentandosi come in y .

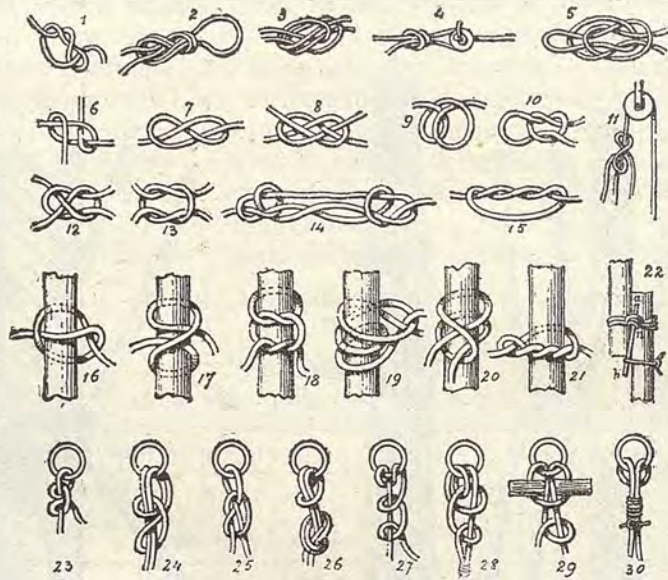


Fig. 399. — Nodi, cappi, ecc.

- | | | |
|---|---|--|
| 1. Nodo del muratore o d'anguilla. | 13. Nodo piano o del marinaio. | 23. Fibbia semplice. |
| 2. Nodo del tessitore o dell'uccellino. | 14. Nodo alla margherita. | 24. Ormeggio a testa d'allodola a doppio occhio. |
| 3. Nodo a pugno pieno. | 15. Nodo doppio. | 25. Ormeggio con cappio da galera. |
| 4. Nodo con retella. | 16. Nodo da galera. | 26. Ormeggio a testa d'allodola. |
| 5. Cappio del bombardiere. | 17. Cappio a forbice o da battelliere. | 27. Nodo di riverbero. |
| 6. Nodo diritto. | 18. Cappio piano. | 28. Annodatura d'argano col capo assordito, cioè legato con spago, detta pure con cappio d'ancora e legatura a loccia. |
| 7. Nodo alemanno. | 19. Cappio da bambola. | 29. Ormeggio a fibbia doppia. |
| 8. Nodo imperfetto. | 20. Cappio semplice o cappio scorsoio su due capi di corda. | 30. Ormeggio a testa d'allodola con legatura. |
| 9. Nodo a forbice o del vomere. | 21. Cappio da muratore o cappio scorsoio su doppia chiave. | |
| 10. Cappio falso. | 22. Legatura a tortore. | |
| 11. Legatura a forbice. | | |
| 12. Nodo della rete. | | |

Nell'impiombatura lunga non si ha sensibile ingrossamento nel tratto di unione, ma questo riesce lungo quasi 50 volte il diametro della fune.

Si dicono *nodi* quelle strette intrecciature che si fanno colle estremità di due o più funi per congiungerle insieme, quando non è necessario ricorrere alle impiombature, oppure quelle che si fanno sopra una sola fune per produrvi ingrossamenti in determinati punti, o per formare dei *cappii*, coi quali poter fissare la fune ad anelli, uncini, ecc.

Nella fig. 399 si sono rappresentate le principali forme di nodi e cappii. Per congiungere insieme due o più corde, o gli estremi di una stessa fune, servono specialmente i nodi 3, 6, 8, 11, 12, 13. I principali cappii portano i numeri 1, 2, 5, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30. Per stringere le fasciature servono specialmente i nodi 9, 12, 13, 18, 22. Per accorciare una fune senza tagliarla si usa generalmente del nodo detto alla *margherita* (14).

Il nodo alemanno (7) si usa specialmente per le scale di corda a piuoli, che si adoperano per l'esecuzione di piccoli lavori nelle facciate degli edifizii. Il nodo a pugno pieno (3) non si slaccia e non scorre, però le corde riuscendo piegate molto corte hanno tendenza a rompersi presso il nodo. Il nodo con rotella (4) serve a formare unioni che si debbano prontamente fare e disfare. Il nodo del muratore o d'anguilla (1) è usato per attaccare la fune, mediante il cappio che presenta, ad antenne o travi; gode della proprietà di stringersi maggiormente coll'aumentare la tensione sul ramo inferiore della fune (vedi figura) e di potersi poi sciogliere con tutta facilità quando cessa tale tensione. Il nodo a forbice (11) può tornare utile quando occorre di attaccare successivamente in diversi punti intermedi di una fune parecchie altre funi, alle cui estremità si debbano applicare degli operai per poter produrre contemporaneamente uno sforzo di tensione, come per esempio per il sollevamento di pesi con taglie.

L'ormeggio a fibbia doppia (29) presenta sugli altri il vantaggio di potersi immediatamente sciogliere togliendo la stanghetta infilata nel cappio. Il nodo diritto (6) può dar luogo, secondo il verso con cui si tirano i capi, al nodo da marinaio (13), oppure al nodo imperfetto (8) od al nodo della rete (12), e si disfà assai facilmente tirando uno dei capi per ricondurlo nella direzione della sua corda. In questo caso una delle corde può scorrere senza ostacolo fra i due occhi formati dall'altra corda.

Le fig. 400 e 401 mostrano poi un cappio formato con impiombatura, ed un cappio formato con legatura; quest'ultimo non è molto solido. Un'altra unione di facile esecuzione e di pronta scioglibilità, come l'unione con rotella, è quella rappresentata nella fig. 402.

Le corde, le funi metalliche e le catene sono, come già si disse, gli organi principali, anzi indispensabili, per l'eseguimento delle

manovre architettoniche; si può ben dire non esservi manovra nella quale non si veda funzionare una corda od una catena. È dunque necessario che il cantiere ne sia bene provvisto, affinché nel momento opportuno non si sia costretti di sospendere un'operazione per la mancanza di una adatta corda o catena.

I materiali da costruzione e tutte le opere da scalpellino, da falegname, da fabbro, da scultore, ecc., devono essere trasportate dal luogo ove sono prodotte fino al cantiere, e di qui messe in opera per mezzo di movimenti orizzontali e verticali. Servono a questi scopi gli attrezzi e gli organi seguenti.

Il trasporto delle terre di escavazione, dei materiali da costruzione, tanto al cantiere quanto a piè d'opera, si fa a braccia d'uomo con *ceste*, *barelle*, *curli* o *rulli*, *carriuole*, *carrette a mano*, oppure con carrette tirate da animali, con *carri a due* e a *quattro ruote*, con *carri a bilico*, con *carri scorrevoli su rotaie provvisorie*, ecc.

I carri prendono poi forme e denominazioni diverse a seconda dei generi di materiali che devono trasportare.

La carriuola a mano è troppo conosciuta per farne qui una descrizione: si dirà soltanto che si distingue in *alta* e *bassa*, secondochè la sua cassa è sovrapposta alle stanghe o contenuta fra esse.

Si osserva che la carriuola alta si scarica più facilmente della bassa, ma esige maggior tempo per essere riempita, e che la bassa è da preferirsi perchè quando è carica presenta la minima distanza fra il centro di gravità del veicolo e l'asse della ruota. Le carriuole devono essere lunghe circa m. 1,50, larghe 0,50, avere una capacità di metri cubi 0,030 ÷ 0,040, ed una ruota del diametro di m. 0,50.

Quando la quantità o il peso del materiale da trasportarsi è tale da non potersi servire della carriuola si usa della carretta a mano, veicolo con due ruote, aventi il dia-



Fig. 400.

Fig. 401.

Fig. 402.

metro di metri 1,00 ÷ 1,30, e con cassa di forma parallelepipedica della capacità di m³ 0,20 ÷ 0,30. Al fondo della cassa, montata a bilico sull'asse delle due ruote, è applicato il timone, che ne sporge circa m. 1 ed ha l'estremità attraversata orizzontalmente da un piuolo: la parete posteriore della cassa è così disposta da poter esser rimossa quando si rovescia il veicolo.

La *carretta a bilico* (fig. 403), tirata da un cavallo, ha anche la cassa parallelepipedica della capacità di m³ 0,50 ÷ 0,80, e così montata sull'asse delle due ruote e sulle due stanghe, che servono per l'attacco dell'animale, da potersi facilmente ribaltare all'indietro senza richiedere il distacco dell'animale stesso, quando si sciolgano i ritegni che rendono solidali fra loro le stanghe e la cassa.

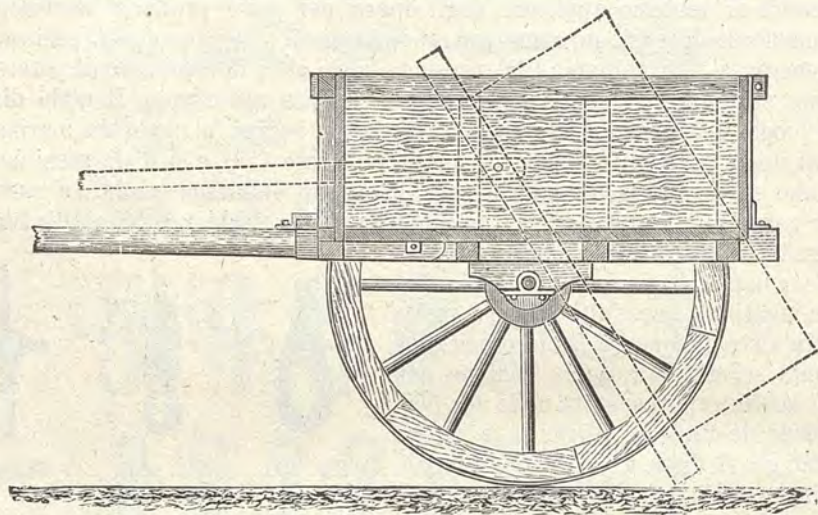


Fig. 403. — Carretta a bilico.

Gli ordinari veicoli che servono al trasporto della terra, ghiaia, calce, mattoni e simili, non sono adatti per il trasporto del legname di grandi dimensioni, per il quale si usa di speciali veicoli a due e a quattro ruote, cioè le *codette*, le *barrucole* e i *trincapalle*.

La *codetta* è costituita da due ruote riunite da una robusta sala, alla quale è innestato un lungo timone sporgente anche verso la parte anteriore. È al disotto del timone che si appendono, mediante corde o catene, le travi da trasportare. Per rendere equilibrato il veicolo e facilitarne la trazione si fa in modo che il centro di gravità del carico si trovi proprio al disotto della sala. Se le *codette* sono di piccola mole o poco caricate possono essere trainate da uomini, altrimenti lo sono da animali, cavalli o buoi.

La *barrucola* consta veramente di due sole ruote imperniate in una sala e di un timone innestato in questa. Se si tratta del trasporto di pezzi di poca lunghezza, allora si adopera nello stesso modo della *codetta*, ma se trattasi di trasportare travi molto lunghe e grosse, allora si riuniscono due *barrucole* insieme, in modo da formare come un lungo carro a quattro ruote, sul quale si appoggia e si lega il pezzo. Giova che la *barrucola* anteriore abbia le sue ruote più basse della posteriore e che il fusto non sia appoggiato immediatamente sulla sua sala, ma bensì sopra un castelletto verticalmente imperniato sulla sala stessa, onde resti agevolato il movimento del veicolo nelle svolte delle strade, come nei carri a quattro ruote.

Il *trincapalle*, che è un veicolo adatto al trasporto di lunghi e pesanti pezzi, si compone di due paia di ruote accoppiate e di due timoni. Le ruote posteriori altissime sono

collegate alle anteriori per mezzo di una lunga antenna fissa alla sala di quelle e che s'impenna in una caviglia applicata alla sala di queste, alla quale sono inoltre adattati i due timoni per l'attacco dei cavalli, che dispongonsi l'uno in fila all'altro in numero conveniente. Le travi da trasportarsi sono legate sotto la lunga antenna che unisce le due paia di ruote.

Anche i grossi massi di pietra si trasportano per mezzo di barrucole collegate, ma mentre per i legnami non occorre che le barrucole siano collegate da appositi membri, perchè il fusto o la trave da trasportarsi legato ad entrambe serve a tenerle unite, quando invece si tratta di massi di pietra bisogna che le due barrucole siano collegate da due cosciali, che fanno anche l'ufficio di porta carico.

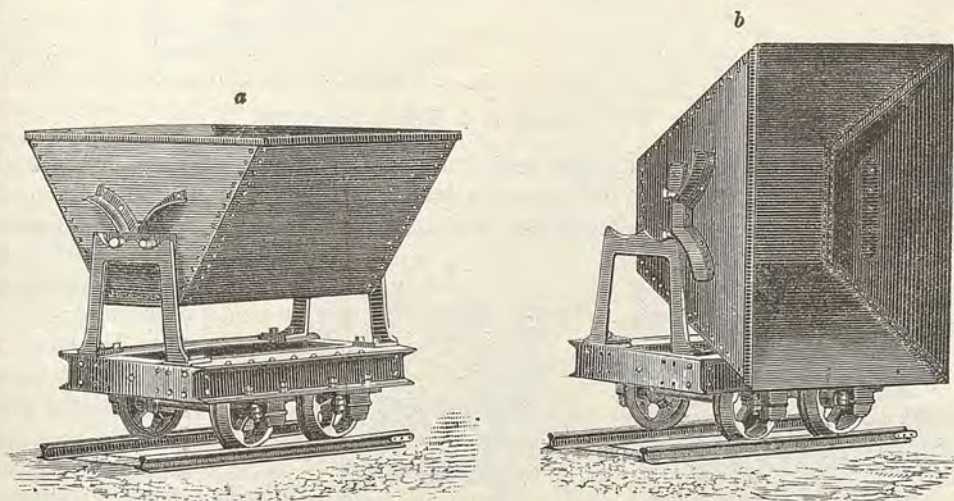


Fig 404. — Carro metallico a versamento laterale, sistema Decauville.

Per il trasporto di lastre di pietra e specialmente di marmo, si usa della così detta *mambrucca*, la quale è un carro a cassa stretta, il cui fondo è più basso della sala delle ruote, ed il cui timone è attaccato sotto il fondo della cassa medesima, onde riesce assai vicino a terra. Le lastre si caricano verticalmente l'una accanto all'altra. Se la mambrucca dev'essere tirata da un uomo ha un solo timone, se da un animale ha due stanghe.

Nelle grandi costruzioni ed ove riesce possibile o conveniente farlo, si impiegano i carri scorrevoli su rotaie provvisorie. Così per esempio nella costruzione contemporanea di parecchi edifici sparsi e posti ad una certa distanza l'uno dall'altro, come accadrebbe per gli edifici di una grande Esposizione, è conveniente assai ricorrere a tal mezzo di trasporto.

Di tali carri ve ne sono con cassa di legno o di ferro, con cassa fissa e mobile, a struttura mista di legno e di ferro o completamente metallica. Noto è il sistema Decauville du Petit-Bourg (Seine et Oise), i cui veicoli (fig. 404, *a*, *b*) sono totalmente di ferro, con quattro ruote di ghisa del diametro di m. 0,25 ÷ 0,30. La cassa prismatica, portata da due telai verticali, è equilibrata su due assi paralleli poco distanti l'uno dall'altro e che appoggiano durante il trasporto su due coppie di cuscinetti senza pericolo di rovesciarsi, essendo il centro di gravità della cassa intermedio o poco superiore agli assi. La cassa, formata con lamiera di ferro della grossezza di 3 millimetri, può con un leggero sforzo farsi rotare attorno all'uno od all'altro asse (fig. 404, *b*), secondo il lato da cui si vuol versare il materiale contenutovi. La capacità di tal carro è di metri cubi

0,20 ÷ 0,30 se è destinato ad essere tirato da uomini, di m³ 0,50 ÷ 0,750, fino a metri cubi 1,500, se da animali o da piccole locomotive.

Il binario speciale fornito dalla casa Decauville ha le rotaie formanti un sol pezzo colle traverse e colle stecche di giunzione, così che la via può essere posata, levata,

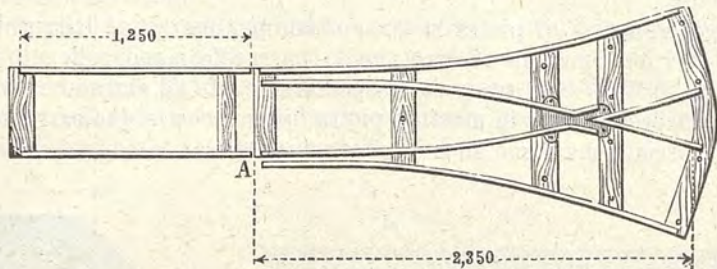


Fig. 405. — Scambio di binario Decauville.

trasportata e ristabilita in qualunque luogo con molta prontezza e facilità. In generale l'appoggio formato dalla suola delle rotaie e dalle larghe traversine di ferro riesce sufficiente, ed il binario viene posato in una escavazione profonda non più di 5 centimetri,

che basta ad impedire gli spostamenti orizzontali: ma quando si trovi necessario di aumentare la superficie d'appoggio sul suolo, sotto alle traverse si fissano delle tavole di legno. Se la trazione deve farsi con locomotive, conviene posare il binario sopra una massicciata della grossezza di m. 0,10 ÷ 0,18. Le travate di rotaie Decauville hanno uno scartamento di metri 0,50 ÷ 0,60 con rotaie del peso di Kg. 7 ÷ 12 al ml. Il peso complessivo di una travata di 5 m., comprese le sei traverse, è di 90 Kg. e due uomini la portano facilmente. La congiunzione delle travate si fa senza nè caviglie, nè chivarde, po-

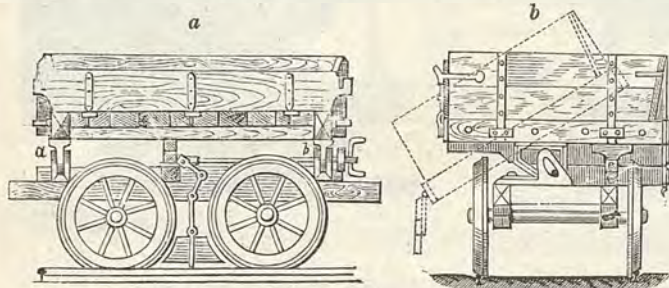


Fig. 406. — Carro con cassa di legno, a versamento laterale.

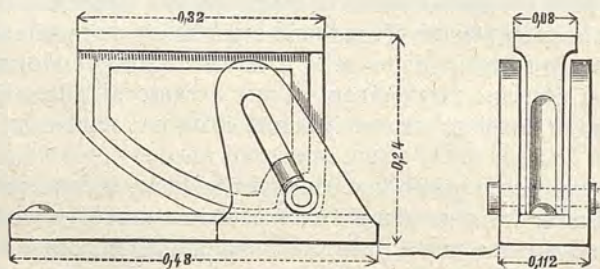


Fig. 407.

sandole semplicemente testa a testa l'una contro l'altra; una delle teste, chiamata *maschio*, è armata di stecche all'esterno della rotaia, e l'altra, detta *femmina*, presenta sotto la suola una lama sporgente oltre la testa: innestando il maschio nella femmina le stecche del primo abbracciano i fianchi dell'altra ruotaia sotto il fungo e la lama sporgente della femmina si adatta sotto la suola della testa del maschio, onde la congiunzione resta formata e riesce tanto solida, che il binario può essere sollevato tutto intero senza scomporsi. Quattro uomini in un'ora e un quarto, possono spostare 400 metri di binario e rimetterlo a posto alla distanza di 30 metri:

Le stecche del *maschio* presentano un foro che corrisponde con altro foro praticato nella *femmina*, onde le travate possono essere bullonate fra loro quando devono rimanere

fisse per un certo tempo, od essere percorse da piccole locomotive. Quando il binario è in curva si usano dei pezzi speciali, e quando occorre di avere degli scambi si usa pure di un pezzo speciale (fig. 405) lungo m. 1,25, con cui termina il binario prima dello scambio: questo pezzo ha la sua estremità A libera, onde colla mano o col piede si può spingere la travata in modo che le sue rotaie combinino con quelle dell'uno o dell'altro binario dello scambio.

Dei carri a versamento laterale e di capacità superiore a quella dei carri sopra citati, se ne hanno di forme diverse, con cassa e telaio di legno. Un carro della capacità di m³ 1,00, quale può essere usato colla trazione a cavalli è rappresentato nella fig. 406 a. b. La cassa affatto indipendente dalla intelaiatura inferiore si può inclinare su di un lato sotto l'angolo di 45°, rotando attorno a due perni di ferro a, b, collocati sul telaio; se ne vede il particolare nella fig. 407: durante il viaggio la cassa è mantenuta in posizione orizzontale mediante catena e ganci che si sciolgono all'atto del rovesciamento. Le pareti e il fondo di essa sono costituiti da tavole di legno grosse cm. 4 ÷ 5. Le ruote sono di ghisa del diametro di metri 0,30 ÷ 0,50; lo scartamento del binario è di m. 0,60 ÷ 1,00.

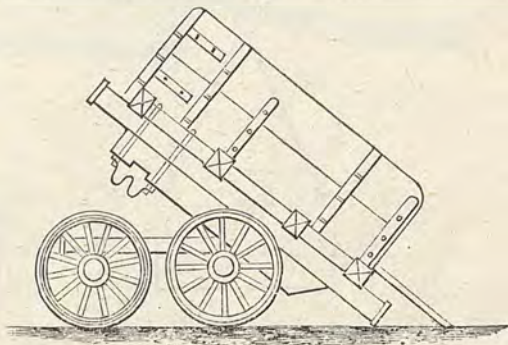


Fig. 408. — Carro a versamento di fronte.

Oltre ai carri a versamento laterale vi sono quelli a versamento di fronte, però meno usati dei primi. La fig. 408 ne mostra un tipo, nel quale la cassa e l'intelaiatura rotano attorno all'asse anteriore: allorché il veicolo è in posizione normale il centro di gravità trovasi alquanto spostato verso tale asse, onde liberando la cassa dai ganci posteriori, essa può farsi ribaltare con leggero sforzo. Nel tipo inglese il telaio consta di due parti collegate a cerniera in prossimità dell'asse anteriore e la cassa fa corpo colla parte anteriore del telaio, inclinandosi con questa all'innanzi quando il movimento del carro venga bruscamente arrestato. Questo carro è molto stabile, si scarica facilmente ed ha capacità di m³ 1,50 ÷ 2.

Trattandosi di edifizii posti in località montuose e in tal posizione che per trasportarvi i materiali dalla più prossima stazione ferroviaria o dal più prossimo paese si debba attraversare una vallata o un corso d'acqua e non vi siano nè strade carreggiabili, nè ponti, può tornare conveniente, sotto il duplice aspetto della speditezza e dell'economia, il sistema di trasporto per *via aerea*; sistema che può applicarsi con vantaggio anche in terreno piano, quando, per esempio, una linea ferroviaria in rilevato od in profonda trincea od un altro ostacolo qualsiasi, non permettano di stabilire una via ordinaria di trasporto. Convieni notare che il sistema presenta la massima economia quando il trasporto avvenga all'ingiù e con inclinazione non inferiore al 10 c al 12 per 100, giacchè allora l'impianto funziona regolarmente come automotore; per inclinazioni minori conviene invece ricorrere ad un motore sia animale, sia meccanico.

Il sistema automotore più semplice è quello costituito da due *funi fisse portanti* con fune continua di trazione, detta anche *fune del freno*. Si hanno due funi a metalliche (fig. 409), distanti m. 1,50 l'una dall'altra e fisse alle loro estremità. Sopra ognuna di esse può scorrere un carrello speciale, sostenuto sulla corda per mezzo di due rotelle, le cui staffe sono riunite da un corsoio d. A questo è attaccata la fune continua e e, avvolgentesi ad ambedue le estremità della via su due puleggie. Alle staffe si possono appendere una o più casse destinate a ricevere il materiale da trasportarsi; quando

il carrello coi suoi recipienti vuoti trovasi alla sommità su una delle funi *a*, dopo caricate le sue casse, esso scorre in basso per il proprio peso e per mezzo della corda *e* trascina in alto il carrello coi recipienti vuoti, che trovavasi in basso all'estremità

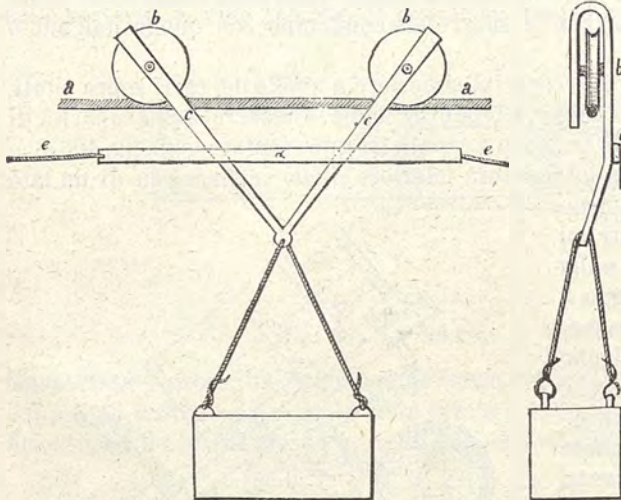


Fig. 409.

opposta. Allora si scaricano i recipienti giunti al basso, si riempiono quelli arrivati in alto, avendosi così il movimento inverso. La discesa vien regolata mediante un freno a mano che agisce sulla puleggia superiore.

Tale sistema può adattarsi a tratti di oltre 500 metri, con inclinazione minima di 10° e massima di 27° . Se per le funi si dovessero porre dei sostegni intermedi allora bisogna foggare in modo speciale le staffe, od i sostegni, affinché il centro di gravità delle casse sia sempre sulla verticale che passa per il punto di sospen-

sione del carrello. Supposto che le funi siano sospese solo agli estremi e che la tratta sia di 500 metri, si può trasportare nel carrello un carico di Kg. 400 per volta, e colla pendenza del 50 p. 100 ($22^\circ \frac{1}{2}$) fare circa 120 viaggi in 10 ore di lavoro.

Uno dei sistemi molto usati oggidì in Germania, per la sua sicurezza di funzionamento, quantunque piuttosto costoso per l'impianto, è quello delle vie aeree *Bleichert*, costituito esso pure di due funi portanti fisse alle estremità e d'una fune continua di trazione, avvolgentisi agli estremi della via su puleggie orizzontali. La fig. 410 mostra la disposizione che riguarda l'attacco e la trazione dei recipienti. Le due corde *a* sono di fili d'acciaio col diametro di mm. 25 ÷ 35; la fune motrice *e* è pure di acciaio e col diametro di mm. 13 ÷ 15; l'attacco di essa al recipiente è ottenuto per mezzo di una rotella *m*, nella cui gola

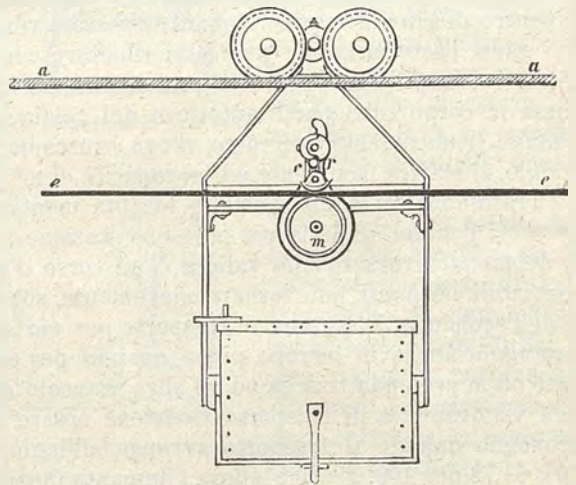


Fig. 410.

passa la fune, e di un pezzo *r* disposto eccentricamente sopra la rotella, il quale, mediante un'impugnatura a leva manovrabile a mano, viene a comprimere la fune nella gola della rotella, onde, rimanendovi ben ferma, essa può trascinare il veicolo. Un contrappeso serve poi a mantenere il pezzo ben compresso sopra la fune.

La disposizione che si adotta per le stazioni estreme è indicata nella fig. 411. I veicoli vuoti *v*, prima di arrivare al punto *b, b'*, si staccano automaticamente dalla fune motrice e giunti in detto punto, abbandonano la fune portante per portarsi

sopra le guide di ferro *gg* che girano tutto attorno alla stazione. Quivi gli operai li riempiono, indi li spingono nel senso delle frecce sull'altra fune, che li porta alla stazione bassa.

Nel caso in cui il terreno sia quasi regolare, onde i sostegni intermedi non hanno bisogno di conformazioni speciali, e che i punti estremi siano posti quasi allo stesso

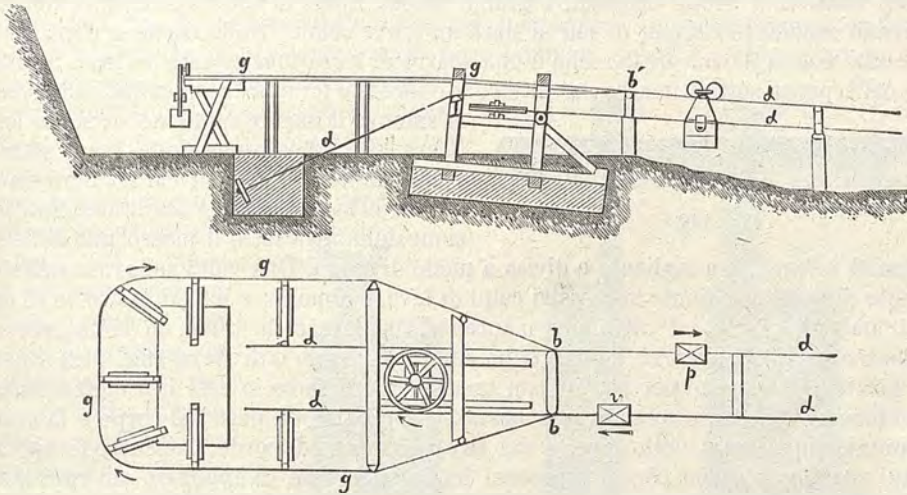


Fig. 411.

livello, cosicchè la forza motrice può valutarsi ad $\frac{1}{10}$ di cavallo per un chilometro di via e per il trasporto di una tonnellata di materiale all'ora, si avrebbe la seguente tabella, nella quale I rappresenta la spesa per metro lineare d'impianto, per ciò che riguarda le parti metalliche della linea, inclusi i veicoli, e T il costo di trasporto per tonnellata.

Tabella XIX. — Costo d'impianto e di trasporto colle vie aeree (sistema Bleichert).

Lunghezza della linea in metri	Trasporto giornaliero in tonnellate									
	100		250		300		400		500	
	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
500	17,50	0,115	19,70	0,077	22,70	0,067	23,40	0,06	26,25	0,06
1000	14,70	0,15	16,90	0,102	19,40	0,08	21,90	0,075	23,15	0,068
2000	13,50	0,212	17,25	0,14	18,50	0,15	20,75	0,095	22,50	0,092

Dai costi anzidetti sono esclusi quelli per forza motrice e per il motore: inoltre le spese d'impianto possono aumentare di 4 a 5 lire per metro di linea pei sostegni in legno e per la posa.

Col sistema *Hodgson* viene soppressa la fune motrice, facendo servire come tale le stesse funi portanti; ma è sempre da preferirsi il sistema precedente.

Trattandosi di oggetti speciali, come capitelli, vasi, statue ed altre simili opere lavorate in marmo, le quali per la finezza dell'intaglio vogliono essere maneggiate con cura, si usa il trasporto detto *a bilancia*, che consiste nel far portare il masso intagliato a spalle d'uomo per mezzo di stanghe e funi. Però questo mezzo vale solo per piccole

distanze, anzi si può dire che è praticabile solo nel cantiere per portare il masso dal punto ove si è scaricato in quello ove dovrà sollevarsi con taglie, od altro mezzo, per essere collocato a posto. Trattandosi di maggiori distanze, bisogna usare dei veicoli ordinari, salvo a preservare il masso dai pericoli di guasto mediante opportune fasciature con listelli, assi, ecc., inchiudendolo come in una specie di solida gabbia.

Nel cantiere i grossi legnami, i grandi massi, i pesi in genere si trasportano e si sollevano mediante organi, di cui si darà un breve cenno. Delle corde si è già detto: dopo esse notasi il *palanchino*, che è una sbarra di ferro funzionante da leva. Si introduce colla punta sotto il masso da smuovere e facendo forza sull'estremità della sbarra



Fig. 412.

si smuove il masso, tanto nel caso in cui il fulcro sia all'estremo della leva, sotto il peso, quanto nel caso in cui il fulcro sia tra il peso e la potenza. A facilitare l'introduzione della leva sotto il masso, una delle sue estremità è foggiate a tagliente e divisa a piede di capra. Una volta sollevato sufficientemente il masso mediante successivi colpi di leva, e dopo aver introdotto sotto di esso cunei, mattoni, pietre od altro per mantenerlo sollevato da terra, lo si fa scorrere per mezzo di *curri* o *curli*, i quali sono cilindri di legno o di ferro (fig. 412). Spesso sono forati agli estremi per potere, con una sbarra di ferro in essi introdotta, aiutare la rivoluzione del curro quando non bastasse a produrla il peso del corpo e la spinta orizzontale impressavi dalle leve, o dal tiro per mezzo di corde. Ciò succede specialmente quando il corpo che si trasporta ha la superficie di appoggio sui rulli molto liscia e per contro il terreno su cui rotolano i rulli è piuttosto scabro.

Per calcolare lo sforzo che si deve fare sulla leva, trascurando tanto gli attriti, che hanno piccolo valore in confronto delle forze che entrano in azione, quanto il peso proprio della leva, si usa della relazione: $Pp - Rr = 0$, in cui P è la potenza, ossia lo sforzo necessario per muovere il peso; p il relativo braccio di leva (fig. 413); R la resistenza ed r il relativo braccio di leva.

Si voglia per esempio trovare a che distanza debbesi porre il fulcro F , perchè un solo operaio possa sollevare un masso del peso di Kg. 500 con una leva lunga m. 1,50.

Siccome colla leva basterà vincere metà circa della reazione del peso, poichè l'altra metà si trasmette nel punto A , e supponendo che l'operaio produca uno sforzo uguale a metà circa il peso del suo corpo, si avrà: $R = 250$, $P = 35$, $p = 1,50 - r$ e quindi

$$33(1,50 - r) - 250r = 0, \text{ cioè } r = m. 0,19.$$

Riguardo allo sforzo necessario per traslare un corpo mediante curri, esso si otterrà colla formola:

$$F = P \frac{f_1 + f_2}{d},$$

in cui F è lo sforzo, P il peso del corpo, d il diametro dei rulli, f_1 ed f_2 i coefficienti per l'attrito al rotolamento fra i curri e la loro superficie d'appoggio e fra i curri e la superficie inferiore del carico. Tali coefficienti dipendono dalla natura e dallo stato dei corpi tra i quali si sviluppa l'attrito medesimo. La detta equazione vale qualunque sia il numero dei curri, purchè tutti di egual diametro e della stessa materia.

Siccome in generale fra i curri e il suolo si interpongono delle tavole di legno per diminuire l'attrito e la stessa cosa si fa anche tra i curri ed il carico, così si può ritenere $f_1 = f_2 = m. 0,5$, durante il moto; d si esprimerà in millimetri.

L'altezza a cui si può sollevare un corpo per mezzo del palanchino è molto limitata: per sollevare pesi ad altezze maggiori e per spostarli lateralmente può servire l'alta-

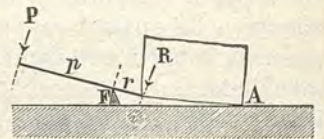


Fig. 413.

lena, consistente in un cavalletto a tre gambe, portante in cima una forchetta girevole, sulla quale si appoggia una leva terminante da una parte con un gancio per attaccarvi il corpo da sollevare. Si abbassa il gancio fino ad afferrare l'oggetto da sollevare, indi si tira in basso l'altro braccio della leva ed il corpo salirà e si sposterà in un senso o nell'altro secondo il verso del movimento rotatorio impresso al braccio, a cui è applicata la forza. L'altalena riesce utile nel comporre e scomporre con poca fatica cataste di materiali pesanti, come rotaie, ferri laminati, tronchi d'albero, travi, ecc.

Per ottenere innalzamenti maggiori o successivi servono i *martinelli* (*cricchi*) i quali sostengono per se stessi il corpo dopo avvenuto l'innalzamento. Tali apparecchi sono numerosissimi; ma i più usati sono quelli a *dentiera* e quelli a *vite*.

La fig. 414 rappresenta un *martinello a dentiera*, o *binda*, con arresto. Si applica la gruccia superiore del martinello sotto il peso da sollevare indi si agisce sulla manovella, rotando la quale si mette in movimento un rocchetto dentato che ingrana in una ruota dentata, il cui rocchetto imbocca nell'asta a dentiera terminata superiormente dalla gruccia, e la fa innalzare, sollevando così il peso. Per impedire al peso di ricadere, ossia alla dentiera di riabbassarsi



Fig. 414.
Martinello a dentiera con arresto.

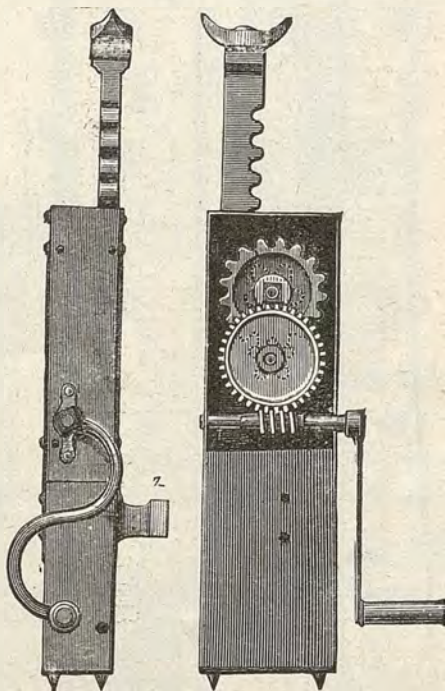


Fig. 415. — Martinello a dentiera con vite senza fine.

quando cessa lo sforzo sulla manovella, serve un arresto, che si vede in figura. L'intelaiatura del martinello in questione è di legno, opportunamente rinforzato con rivestimento di lamiera di ferro nella parte superiore e con fasciature di ferro.

Altre volte la cassa è completamente di ferro, come nel *martinello a dentiera con vite senza fine* rappresentato nella fig. 415. In esso l'albero motore portante la manovella è foggiato, verso il suo mezzo, a vite senza fine, la quale ingrana con una prima ruota a denti elicoidali calettata sopra un albero, che porta pure sul suo asse un rocchetto a cinque denti. Questo rocchetto ingrana a sua volta con una ruota a sperone calettata sopra un secondo albero superiore al primo, che porta ancora un altro rocchetto destinato a muovere la dentiera. Questo martinello è più complesso del precedente e se presenta su quello il vantaggio di sollevare pesi maggiori a parità di sforzo sulle manovelle, ne è però inferiore rispetto al rendimento meccanico.

Tanto l'uno quanto l'altro martinello possono sollevare pesi molto prossimi a terra per mezzo di una staffa (z, fig. 415) solidale colla dentiera nella sua estremità inferiore.

Il martinello a dentiera Dichtermann (fig. 416) serve per carichi variabili fra 750 e 20 mila chilogrammi. La sua cassa o intelaiatura è tutta di acciaio: a partire dalla metà della sua altezza fino al piede essa va allargandosi nello scopo di aumentare la solidità dell'apparecchio. Un coperchio laterale di acciaio CC a cerniera, copre e

protegge il sistema d'ingranaggio ed è tenuto fermo da apposita chiavetta. L'albero della manovella porta una vite senza fine D, la quale mette in movimento una ruota elicoidale, sul cui asse è calettato il rocchetto che deve mettere in moto le due ruote F ed F' agenti sulla dentiera per mezzo dei rispettivi rocchetti. Con questa disposizione si ottiene un dolce andamento dell'apparecchio sia nel sollevamento, sia

nella discesa dei carichi, e si evita completamente la ricaduta del peso così pericolosa per l'operatore in causa della conseguente rotazione della manovella in senso contrario.

Le condizioni di equilibrio per il martinello a dentiera, astrazione fatta dagli attriti, nel caso di un rocchetto r' che muove una ruota R, munita di rocchetto r imboccante nella dentiera, si ha dall'equazione

$$F l R = P r r'$$

in cui l è il braccio della manovella e P il peso da sollevare. Si ha poi

$$F = \frac{P r r'}{l R} \text{ e } P = \frac{F l R}{r r'}$$

onde se $l = m. 0,10$, $R = 0,08$, $r = 0,04$ e $r' = 0,02$ si avrà

$$F = \frac{1}{10} P \text{ e } P = 10 F.$$

Le figure 417, 418, 419 rappresentano rispettivamente il martinello a vite a bottiglia, quello a vite alternata ed a slitta e il martinello a vite di Haley. Nel primo, di costruzione semplicissima, la vite si innalza per mezzo di una leva che si introduce successivamente nei fori della testa della vite. Su questa testa, la quale gira colla vite, si appoggia una seconda testa

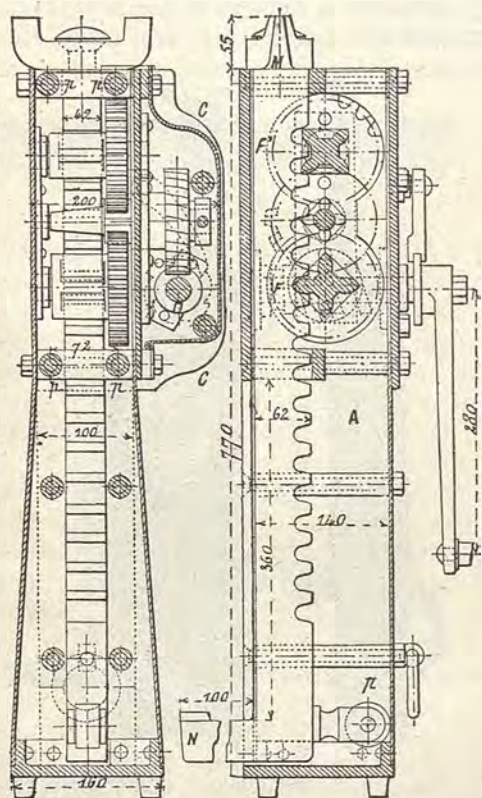


Fig. 416. — Martinello Dichtermann.

in forma di calice a labbra frastagliate, la quale porta direttamente il peso e sta ferma mentre la vite gira. Il piede, di forma conica, ha la sommità lavorata a madre vite.

Con questo sistema l'operaio è obbligato a girare colla leva intorno al martinello, oppure estrarre la leva ad ogni quarto di giro, o ad ogni mezzo giro, per conficcarla nel foro successivo; operazione incomoda e lunga, che si evita col martinello a vite alternata (fig. 418). In questo la rotazione della vite si effettua mediante un movimento alternativo in un piano orizzontale di una leva, la quale, alla sua estremità, è collegata al gambo della vite mediante una testa a forcella, in modo da poter rotare in entrambi i sensi attorno a questa vite. Quest'ultima porta, calettato sul suo gambo, un rocchetto, il quale può venir mosso da un nottolino fissato tra i due bracci della forcella. Il movimento al rocchetto e quindi alla vite viene però soltanto comunicato quando la leva rota in una data direzione, ed allora la vite si innalza. Il martinello della fig. 418 presenta poi inferiormente una vite longitudinale, colla quale si possono effettuare piccoli spostamenti del peso mentre esso si solleva. Il movimento viene comunicato a questa seconda vite nello stesso modo di quello usato per la vite verticale del martinello, mediante un moto oscillatorio in un piano verticale di una manovella a scatto, che ingrana per mezzo di un nottolino nei denti a sega di un rocchetto, calettato sull'asse

della vite. Per poter effettuare la rotazione nei due sensi basterà che la leva porti due nottolini, dei quali ciascuno può operare indipendentemente dall'altro.

Nel martinello a vite di Haley (fig. 419) la vite, invece di essere sollevata direttamente, è innalzata per mezzo della rotazione della madrevite, la quale rota intorno al



Fig. 417. — Martinello a bottiglia.

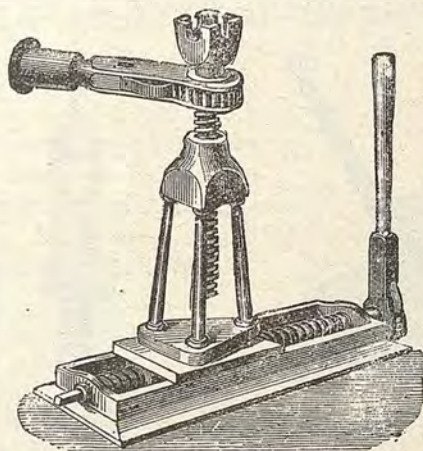


Fig. 418. — Martinello a vite alternata e a slitta.

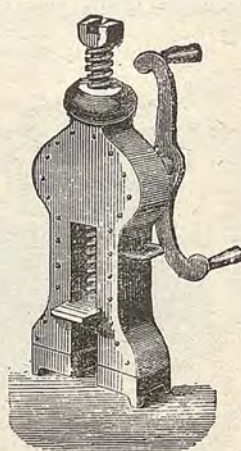


Fig. 419. — Martinello a vite di Haley.

suo asse senza trasportarsi lungo il medesimo. Il movimento viene ad essa comunicato mediante una vite senza fine, che imbecca nei denti della chiocciola della madrevite, oppure mediante un sistema di ruote coniche. Il martinello di Haley presenta anche il vantaggio delle staffe inferiori per il sollevamento dei pesi prossimi al suolo.

Fra i martinelli a vite si ha ancora quello *differenziale*, poco usato in pratica per il suo piccolo rendimento, e il *pesatore*, ideato da James Chase, il quale dà l'indicazione del peso che gravita sull'apparecchio.

Per l'innalzamento di grandi pesi servono egregiamente i martinelli idraulici, basati sul noto principio del torchio idraulico, cioè sul sollevamento prodotto dall'acqua o da altro liquido fortemente compresso entro un recipiente cilindrico, contro la superficie inferiore di uno stantuffo in esso scorrevole e portante il carico.

La fig. 420 rappresenta la *binda idraulica di Tangyes*, composta di un recipiente superiore solidale col tubo E, che può scorrere lungo il cilindro F, formante piede dell'apparecchio. Manovrando il braccio G si mette in movimento la pompa A, la quale spinge il liquido dal recipiente superiore nel tubo inferiore sopra la testa del cilindro F. Aumentando la quantità di liquido pompato a forza nel detto tubo, questo si innalza e con esso il recipiente, il quale sulla piattaforma K, o sulla staffa K₁ porta il carico da sollevare.

Lo stantuffo, rappresentato a destra nella fig. 420, in iscala maggiore, si prolunga

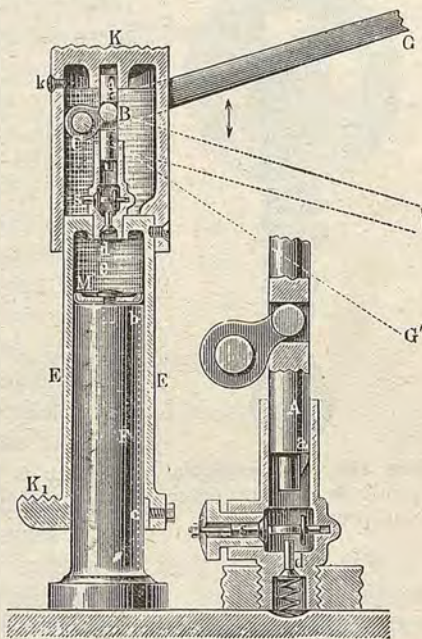


Fig. 420. — Martinello idraulico di Tangyes.

inferiormente in un corpo cilindrico di diametro minore, munito lateralmente di una sporgenza o sperone *a*, a guisa di nervatura. La valvola d'aspirazione *r* porta poi come appendice un anello orizzontale, che si prolunga in un piccolo disco verticale e termina con un gambo, che serve di guida al movimento della valvola. Il diametro di questo anello è alquanto maggiore del diametro del corpo cilindrico con cui termina lo stantuffo;

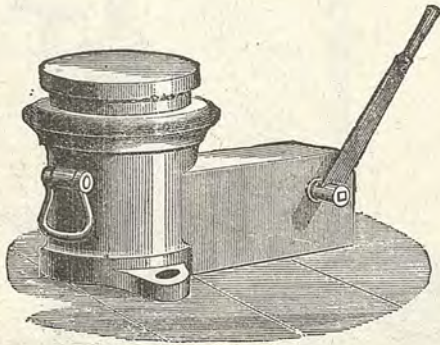


Fig. 421. — Binda idraulica per grandissimi pesi.

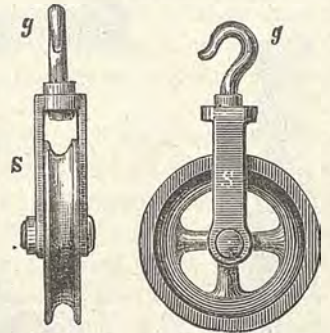


Fig. 422. — Carrucola di ghisa con staffa di ferro.

ed il suo asse, quando la valvola d'aspirazione è chiusa, si trova alquanto spostato dall'asse dello stantuffo. Per stabilire la comunicazione fra i due recipienti quando si vuole abbassare il martinello, basta portare la leva *G* di manovra nella posizione più bassa, in *G'*, posizione alla quale non deve mai arrivare quando si solleva il peso. In questa posizione il gambo cilindrico con cui termina lo stantuffo, passando attraverso all'anello della valvola *s*, viene a premere sul gambo della valvola premente *d*, aprendola, mentre lo sperone *a* apre la valvola di aspirazione premendo contro il dischetto che fa corpo coll'anello suddetto. Viene così a stabilirsi la comunicazione fra i due recipienti onde la testa del martinello discende.

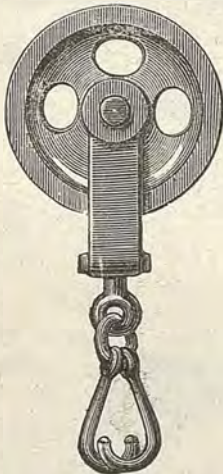


Fig. 423. — Carrucola mobile con due uncini di presa.

Con binde di questo genere si arriva di solito ad una forza di 60 tonnellate; col modello della fig. 421 si può giungere a sollevare pesi di 200 tonnellate.

Gli apparecchi di sollevamento fin qui considerati servono solo per innalzare i corpi a piccole altezze, perchè raramente la corsa dell'organo portante oltrepassa il metro. Si osserva però che con un martinello avente la corsa di un metro e provvisto dello sperone al basso si può elevare un corpo fino a due metri di altezza, poichè si eleverà di un metro per mezzo dello sperone e poi, sorreggendo il corpo con adatti mezzi onde poter riabbassare il martinello, si solleverà il peso di un altro metro servendosi della testa del martinello.

Per sollevare pesi ad altezze maggiori si usa delle *carrucole* o *puleggie*, delle *taglie* e dei *paranchi*, sia che facciano parte di altri attrezzi di sollevamento, come capre, antenne, ecc., sia che vengano adoperate isolatamente.

La puleggia (fig. 422) è formata da un disco di legno, di ferro o di altro metallo, detto *girella*, girevole intorno ad un asse di acciaio, sostenuto da due guancie *S*, che portano l'uncino *g* di sospensione della catena, o quello del carico, secondochè la puleggia è *fissa* (fig. 422 e 424), cioè non segue il movimento del carico, od è *mobile* (fig. 423 e 425), cioè segue tale movimento. Nel primo caso il carico è appeso ad una estremità della corda o della catena; nel secondo alla carrucola, e la corda o la catena

è fissa ad un estremo. Quasi sempre la staffa è girevole intorno all'uncino, e allora, se la puleggia è fissa, essa serve anche a spostare orizzontalmente il carico.

Se R è il raggio della carrucola (dall'asse alla mezzeria della corda), r quello del perno, δ il diametro dei perni della catena, d il diametro della fune, oppure delle sbarre degli anelli, si hanno in generale le relazioni:

Per le carrucole a catena $R = 10\delta$ e $2r = d = 3\delta$
 > > fune $R = 4\delta$ e $2r = d = \delta$.

Detto F lo sforzo necessario a sollevare un peso P si ha $F = kP$, essendo k un coefficiente dipendente dalla rigidità della fune o della catena e dall'attrito dei perni. Tale coefficiente varia col variare dell'angolo α (fig. 424) e del diametro della fune. Esso è dato dalla formola:

$$k = 1 + 2\sigma + 2\varphi \frac{r}{R} \sin \alpha$$

in cui σ è il coefficiente dovuto alla rigidità della fune o catena, φ quello di attrito fra la carrucola e l'asse. Generalmente si ritiene $\varphi = 0,08$.

Per le catene si suole prendere $2\sigma = 0,02$ e per le funi $2\sigma = 0,0045\delta$.

Per il coefficiente k servono le seguenti tabelle, per calcolare le quali si tenne conto delle citate relazioni fra R , r e δ .

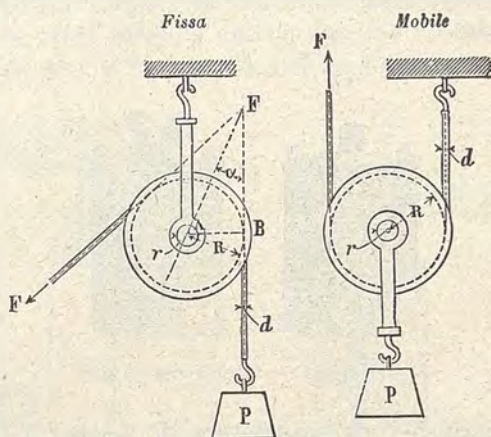


Fig. 424 e 425. — Carrucola fissa e mobile.

Tabella XX. — Coefficiente k per carrucole fisse (fig. 424).
(Salita o discesa del peso).

2α	Diametro δ della fune in millimetri					Catene
	10	20	30	40	50	
180°	1,064	1,109	1,154	1,200	1,245	1,043
120°	1,061	1,107	1,152	1,197	1,242	1,040
90°	0,059	1,103	1,144	1,194	1,139	1,038

Tabella XXI. — Coefficienti k' e k'' per carrucole mobili (fig. 425).
(k' salita del peso, k'' discesa del peso)

Coefficiente	Diametro δ della fune in millimetri					Catene
	10	20	30	40	50	
k'	0,515	0,526	0,535	0,545	0,553	0,510
k''	0,516	0,528	0,538	0,549	0,561	0,511

Dalle quali tabelle risulta che lo sforzo cresce coll'aumentare del diametro della fune e dell'angolo 2α . Lo sforzo si otterrà applicando le formole:

$$F = kP \quad F' = k'P \quad F'' = k''P$$

in cui F si riferisce alla carrucola fissa, F' ed F'' alla carrucola mobile nel caso di salita e di discesa del peso.

La gola delle girelle è fatta ad U e non a V, come nelle carrucole di trasmissione, per evitare l'incastramento della fune, che invece in queste ultime si cerca di ottenere, per produrre un attrito sufficiente, che permetta la trasmissione del movimento senza dannosi strisciamenti della fune nella gola della puleggia. Trattandosi di catene si usano le gole delle forme indicate nella fig. 426 *a, b*. Secondo la disposizione della fig. 426 *a*, la gola della girella è a fondo cilindrico, portante però nel mezzo e lungo tutta la

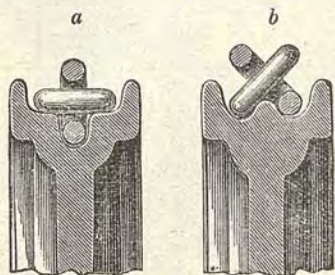


Fig. 426 *a, b*. — Girelle per catene.

periferia una scanalatura di larghezza e profondità corrispondenti al diametro del ferro di cui sono fatte maglie della catena.

Colla disposizione della fig. 426 *b*, la gola è invece costituita da due scanalature, che lasciano fra di loro un risalto di sezione triangolare. Le figure dimostrano chiaramente come la catena si adatti nella rispettiva gola. Quando poi è assolutamente indispensabile

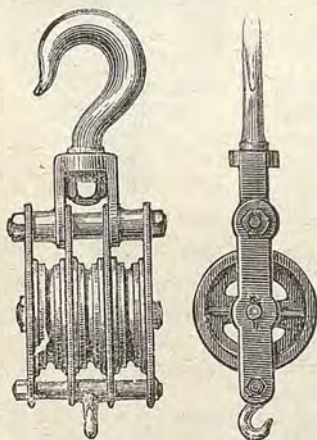


Fig. 428. — Taglia a 3 girelle per catena.

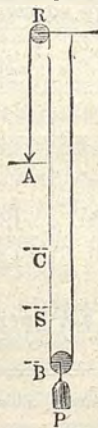


Fig. 429. — Schema di un paranco a due carrucole.

Nelle girelle per catene il raggio è circa 3 volte la larghezza delle maglie; e siccome questa è per solito 3 volte e mezza il diametro del ferro, così il diametro della girella è circa 20 volte quello del ferro delle maglie. Del resto della relazione fra il diametro delle funi e quello del ferro delle catene e il diametro delle puleggie si è già parlato a pag. 194 e 198, e si è pur detto il modo di determinare detti diametri quando sia dato il carico e si tenga conto anche della rigidità della fune o della catena.

Chiamasi *taglia* (fig. 428) la riunione di più carrucole in una sola staffa: difficilmente però si trovano taglie con più di 4 girelle.

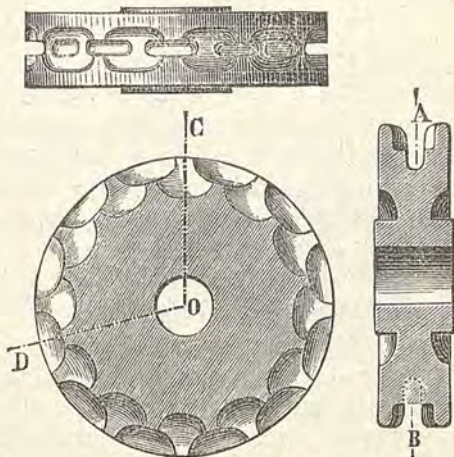


Fig. 427. — Girella per catene con risalti che ne impediscono lo sdrucciolamento.

che la catena non strisci sul fondo della gola, questa riceve la forma indicata nella fig. 427. Contro i risalti che presenta la gola vengono ad appoggiarsi le maglie poste di piatto, negli incavi esistenti fra un risalto ed il successivo. Questa è la disposizione generalmente adottata per le taglie e pei paranchi, sia per la manovra del paranco stesso, sia per il sollevamento del peso.

Il raggio minimo delle girelle per funi è di circa 3 volte il diametro di queste, e siccome le funi impiegate sono ordinariamente di mm. 30 ÷ 35 così il diametro delle girelle ordinarie risulta di mm. 180 ÷ 200.

Il *paranco* è l'accoppiamento di due o più taglie di cui alcune fisse e le altre mobili. Il più semplice dei paranchi è costituito da una carrucola fissa e da una mobile (fig. 429). Il paranco di tal forma è poco adoperato: in pratica assume un'altra forma, la quale si ottiene facendo rotare la carrucola fissa attorno all'asse del tratto verticale di corda BC, in modo che l'asse della carrucola fissa viene a trovarsi coll'asse della carrucola mobile sopra uno stesso piano verticale. L'estremità della fune che porta la carrucola mobile si attacca allora ad un uncino o ad un occhio che pende dalla carrucola fissa. Un paranco ordinario a 6 carrucole è rappresentato nella fig. 430: è formato da una taglia inferiore

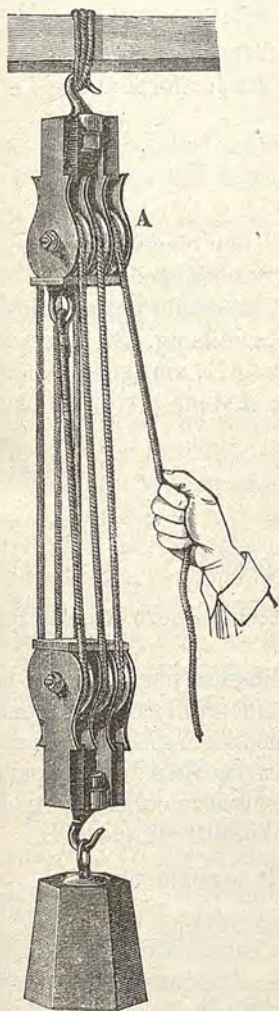


Fig. 430. — Paranco ordinario a sei carrucole.

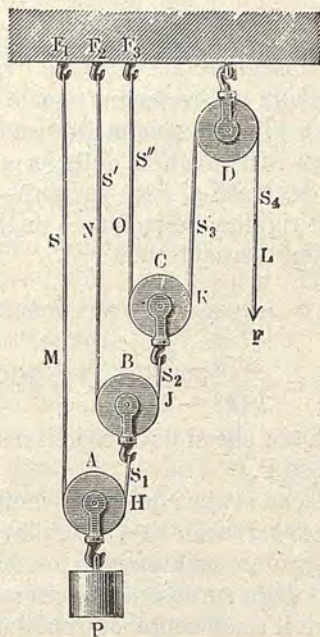


Fig. 431. — Paranco con tre carrucole mobili ed una fissa.

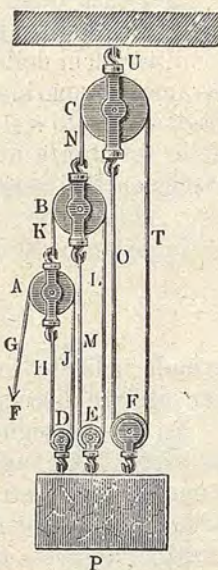


Fig. 432. — Paranco moltiplicatore.

fissa a tre girelle, alla quale è attaccato un estremo della fune, e da una taglia mobile pure a tre girelle, alla quale è sospeso il carico da sollevare.

L'aumento del peso che si può sollevare con un dato sforzo per mezzo di un paranco del tipo della fig. 430 sono dati dalle formule:

$$v_n = \frac{1}{2^n} v \quad F_0 = \frac{1}{2^n} P$$

nelle quali v_n è la velocità con cui viene sollevato il peso, v la velocità della forza traente, ossia del capo libero della fune a cui è applicata la potenza, n il numero delle coppie di carrucole, F_0 lo sforzo teorico con cui si può sollevare il peso P .

Si aumenta l'effetto del paranco formandolo con una sola carrucola fissa e con tre carrucole mobili (fig. 431), nel quale caso riceve il nome di *taglia moltiplicatrice*, oppure formandolo nel modo rappresentato dalla fig. 432, nel quale i tratti di funi T, L, J pendenti dalle tre carrucole inferiori, di cui solo la C è fissa, passano sotto le tre puleggie

mobili F, E, D e rimontano verticalmente a fissarsi agli uncini inferiori delle carrucole soprastanti.

Per il paranco della fig. 431, quando le carrucole abbiano lo stesso diametro, le funi la stessa grossezza e i tratti di funi siano verticali, si ha

$$v_n = \frac{1}{2^n} v, \quad F_0 = \frac{1}{2^n} P \quad \text{e} \quad F = k \left(\frac{k}{1+k} \right)^n P$$

in cui k ha lo stesso valore che si è visto avere per una sola carrucola (pag. 213).

Il coefficiente di rendimento del meccanismo è il rapporto fra lo sforzo teorico e lo sforzo effettivo, ossia $\eta = \frac{F_0}{F}$ onde in questo caso

$$\eta = \frac{1}{k} \left(\frac{1+k}{2k} \right)^n$$

Nel caso della fig. 432 bisognerebbe ricavare i valori di k per ciascuna carrucola ma in generale si tiene per k un valore medio uguale per tutte le carrucole.

I paranchi delle fig. 431 e 432 non sono molto usati in pratica, o solo per piccoli sollevamenti: sono invece adoperati assai quelli della forma indicata nella fig. 430. In questo paranco, detto n il numero dei tratti di fune portante si ha $P = nF_0$, ma tenendo conto delle resistenze dovute alla rigidità della fune e degli attriti, si viene a trovare che il coefficiente di rendimento del meccanismo è

$$\eta = \frac{F_0}{F} = \frac{k^n - 1}{n k^n (k - 1)} \quad \text{per la salita del peso } P$$

$$\eta' = \frac{F'}{F_0} = \frac{n(k-1)}{k(k^n-1)} \quad \text{per la discesa del peso } P$$

avendo indicato con F' la forza che si deve esercitare sull'estremo libero A della fune per lasciare discendere il peso P.

La tabella seguente contiene i valori dei coefficienti di rendimento per la salita e per la discesa delle taglie da 2 a 8 carrucole (1 a 4 coppie) per i diametri di fune più comunemente adoperati e per le catene, mantenendo le stesse supposizioni già fatte sui rapporti ordinari per i diametri della corda o della catena, delle carrucole e dei loro perni. Risulta da questa tabella che il coefficiente di rendimento diminuisce col crescere del diametro della fune, poichè aumenta la resistenza dovuta alla rigidità di questa.

Tabella XXII. - Coefficienti di rendimento η e η' delle taglie o paranchi
(η per la salita del peso, η' per la discesa).

Numero delle carrucole	Coefficienti di rendimento	Diametro δ della corda in millimetri					Catene
		10	20	30	40	50	
2	η	0,913	0,856	0,808	0,764	0,723	0,930
	η'	0,912	0,850	0,803	0,757	0,715	0,946
3	η	0,884	0,817	0,754	0,702	0,656	0,917
	η'	0,881	0,805	0,745	0,686	0,634	0,916
4	η	0,858	0,776	0,706	0,647	0,597	0,900
	η'	0,851	0,763	0,688	0,620	0,560	0,895
5	η	0,833	0,739	0,663	0,598	0,544	0,880
	η'	0,823	0,722	0,636	0,560	0,493	0,877
6	η	0,807	0,706	0,624	0,555	0,496	0,863
	η'	0,795	0,681	0,586	0,503	0,433	0,857
8	η	0,762	0,645	0,552	0,479	0,422	0,827
	η'	0,743	0,605	0,492	0,404	0,339	0,819

Per fare un esempio pratico, sia da trovare lo sforzo necessario per sollevare con un paranco di 6 carrucole un peso di Kg. 1300. Si comincerà a cercare le dimensioni della corda e del paranco. Perciò si ricorre alle tabelle XIII e XIV: dalla prima si trova che al carico $P = 1300$, per funi asciutte mobili, corrisponde una fune del diametro di mm. 38, onde il diametro della puleggia sarà di 0,30 circa. Dalla seconda, che serve a tener conto della rigidità della fune, si ricava che a $d = 0,038$ e $D = 0,30$ corrisponde la cifra 12,51, onde si ha

$$P' = 1300 + 12,51 \times \frac{1300}{100} = \text{Kg. } 1120$$

a cui nella tabella XIII corrisponde $d = \text{mm. } 40$.

Determinata così la grossezza della fune e quindi il diametro delle puleggie, ossia la grandezza del paranco, si determinerà F ricordando che $P = nF_0$ e $\eta = \frac{F_0}{F}$ ossia $F = \frac{P}{n\eta}$.

Nel caso in questione $P = 1300$, $n = 6$ e $\eta = 0,555$ essendo questa la cifra che nella tabella XXII corrisponde a $\delta = \text{mm. } 40$ e $n = 6$, onde

$$F = \frac{1300}{6 \times 0,555} = \text{Kg. } 390 \text{ circa.}$$

Le carrucole del paranco devono essere folli sull'asse comune; se si volesse calettarle sull'asse lasciando girare quest'ultimo negli occhi della staffa, converrebbe, per evitare gli strisciamenti della fune sulle girelle, aumentare successivamente i raggi di queste nello stesso rapporto in cui stanno le lunghezze dei tratti di fune, che per un dato angolo di rotazione si avvolgono o si svolgono dalle carrucole.

In tutto quanto precede non si è tenuto conto nè del peso della fune nè di quello delle carrucole, pesi che si possono trascurare senza errore sensibile, specialmente trattandosi del sollevamento di grandi pesi.

Fra i paranchi quello che alla semplicità unisce una grande potenza è il *paranco a taglia differenziale di Weston* (fig. 433 a), consistente in due carrucole C e C', portate da due staffe distinte, delle quali la inferiore C' è una puleggia ordinaria mobile che regge il carico P, e la superiore C, rappresentata nella fig. 433 b, è fissa e invece di una sola gola ne ha due, onde si può considerare come l'unione di due carrucole, formanti un sistema rigido. Queste carrucole potrebbero essere separate, ma in generale sono fuse in un pezzo unico. Le due carrucole hanno diametro leggermente diverso e quanto più diminuisce la differenza fra i due diametri, tanto più cresce la potenza della taglia che, teoricamente, può diventare grande quanto si vuole. La catena senza fine si avvolge sulle puleggie nel modo indicato in figura colle frecce. Esercitando lo sforzo di trazione in F la puleggia C' si innalza sollevando il peso. Facendo i raggi CA e CB delle gole della puleggia superiore rispettivamente uguali ad R ed r ed osservando i tratti che si svolgono e si avvolgono della catena in un giro completo dalla puleggia superiore, si viene a trovare che $F_0 = P \frac{R-r}{2R}$, da cui si vede che facendo piccolissima la differenza $R - r$ si può, con uno sforzo limitato, sollevare un peso grandissimo. La tensione nel tratto BG della catena è quasi nulla, mentre nel tratto HI è massima, onde si produrrebbe scorrimento sulla puleggia, se le gole della carrucola superiore non

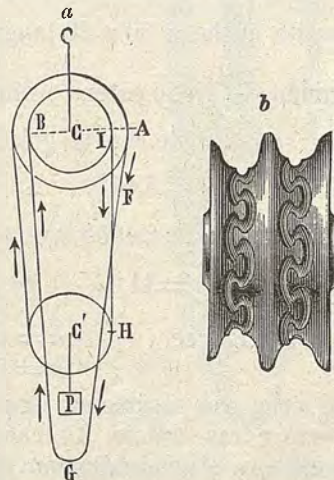


Fig. 433 a, b. — Paranco o taglia differenziale di Weston.

La tensione nel tratto BG della catena è quasi nulla, mentre nel tratto HI è massima, onde si produrrebbe scorrimento sulla puleggia, se le gole della carrucola superiore non

fossero convenientemente intagliate. È anche per questo che nelle taglie differenziali si usa solamente di catene e non di funi. Il raggio r' della puleggia inferiore mobile si fa quasi sempre uguale al raggio r della minore superiore.

Lo sforzo F necessario per muovere un peso P è dato dalle seguenti espressioni, supposto $r' = r$ ed $\frac{r'}{R} = n$:

$$F = P \frac{k^2 - n}{1 + k} \text{ per la salita del peso}$$

$$F' = P \frac{1 - nk^2}{k^2 + k} \text{ per la discesa del peso.}$$

Come precedentemente $k = 1 + 2\sigma + 2\varphi \frac{\rho}{r}$ essendo ρ il raggio dei perni C e C' , $\varphi = 0,08$ il coefficiente di attrito nei perni stessi, e $\sigma = \varphi_1 \frac{\delta}{2r}$ la resistenza dovuta alla rigidità della catena, dipendente cioè dal coefficiente di attrito dalla catena $\varphi_1 = 0,2$, dal diametro δ della sbarra formante gli anelli della catena e dal raggio r .

Il rapporto dei raggi R ed r della puleggia fissa nella taglia differenziale è per sè stesso indipendente dal numero e dalle dimensioni degli anelli della catena; ma la lunghezza interna di un anello deve essere contenuta un numero intero e pari di volte nella periferia di ciascuna gola.

Si fa spesso questa periferia delle due gole eguale rispettivamente a 20 e 18, e talvolta anche a 30 e 26 lunghezze d'anello, cosicchè $n = \frac{r}{R}$ è nel primo caso $\frac{9}{10}$ e nel secondo $\frac{14}{15}$. Nelle catene ordinariamente adoperate la lunghezza dell'anello è $l = 2,6\delta$, onde, supponendo che la gola minore abbia una lunghezza di 10 anelli, e $\rho = 1,5\delta$, si avrebbe $r = 7,45\delta$ $2\varphi \frac{\rho}{r} = 2 \times 0,08 \times 0,2 = 0,032$ $2\delta = 0,027$.

Per 28 anelli si avrebbe invece:

$$r = 11,6\delta \quad 2\varphi \frac{\rho}{r} = 2 \times 0,08 \times 0,13 = 0,021 \quad 2\delta = 0,017.$$

Da ciò si deduce $k = 1,06$ per carrucola con 18 denti
 $k = 1,04$ » » » » 28 »

e si vede che assumendo uguali i due valori di k per le due carrucole si commette un errore trascurabile. Ritenendo perciò $k = 1,06$ si hanno dalla seguente tabella i coefficienti η e η' di rendimento delle taglie differenziali per la salita e discesa del peso

e per diversi valori del rapporto $n = \frac{r}{R}$. Ricordando che $F_0 = P \frac{R - r}{2R} = P \frac{1 - n}{2}$ ed i valori di F ed F' sopra trovati, i coefficienti η e η_1 saranno dati dalle espressioni:

$$\eta = \frac{F_0}{F} = \frac{1 - n}{2} \cdot \frac{1 + k}{k^2 - n} \quad \eta' = \frac{F'}{F_0} = \frac{2}{1 - n} \cdot \frac{1 - nk^2}{k^2 + k}$$

Tabella XXIII. — Coefficienti di rendimento delle taglie differenziali.

Coefficienti	Rapporto n dei raggi				
	0,75	0,80	0,85	0,90	0,933
η	0,688	0,637	0,565	0,460	0,359
η'	0,575	0,467	0,272	-0,106	-0,668

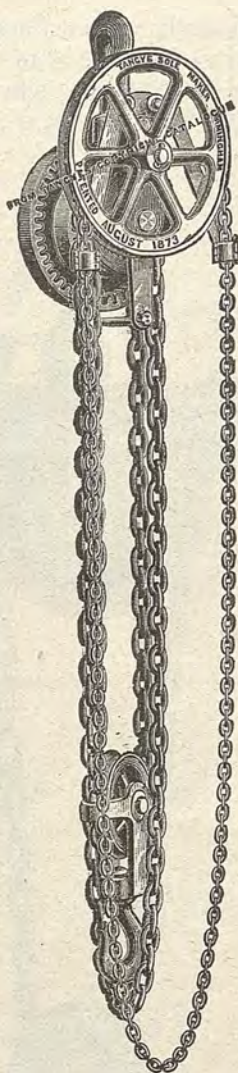
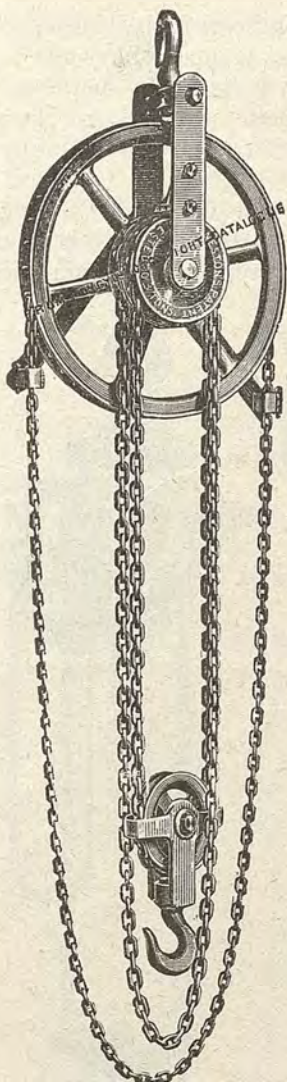
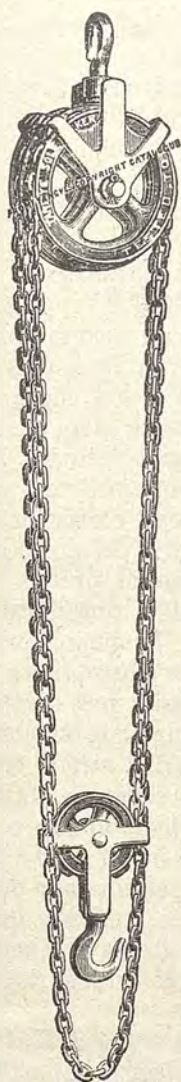


Fig. 434. — Paranco sistema Weston, di Tangye.

Fig. 435. — Paranco differenziale con volantino di manovra.

Fig. 436. — Paranco differenziale ad ingranaggio.

Da questa tabella si deduce che il coefficiente di rendimento di queste taglie diminuisce assai col crescere del rapporto fra i raggi delle due gole, ossia col diminuire della differenza fra questi raggi, e si può quindi concludere che, benchè queste taglie siano teoricamente molto convenienti, richiedono però un grande spreco di lavoro motore.

I valori negativi di n' dimostrano come la taglia possa arrestarsi automaticamente quando venga a cessare la forza motrice, ed il valore limite del rapporto $n = \frac{r}{R}$,

per il quale comincia questo arresto automatico è dato da $n = \frac{1}{k^2}$, ossia per $k = 1,06$ da $n = 0,889$.

Le fig. 434, 435 e 436 rappresentano le forme usuali dei paranchi differenziali di Weston. Il primo (fig. 434) è quello detto *semplice*; il secondo (fig. 435) è fornito di un volante di manovra; qui il movimento non viene più comunicato alla girella differenziale

col semplice tiro della catena reggi-carico, ma bensì per mezzo di una seconda catenella senza fine, detta di *manovra*, la quale si avvolge sopra una puleggia di diametro assai grande, con gola provvista delle solite sporgenze atte ad impedire lo scorrimento della catena, e calettata sullo stesso albero che porta la girella differenziale.

La portata di questa taglia arriva fino a 13 tonnellate; la lunghezza della catenella di manovra è di due volte l'altezza di sollevamento. Nel terzo paranco (fig. 436) il movimento della girella differenziale è ottenuto per mezzo di ingranaggio.

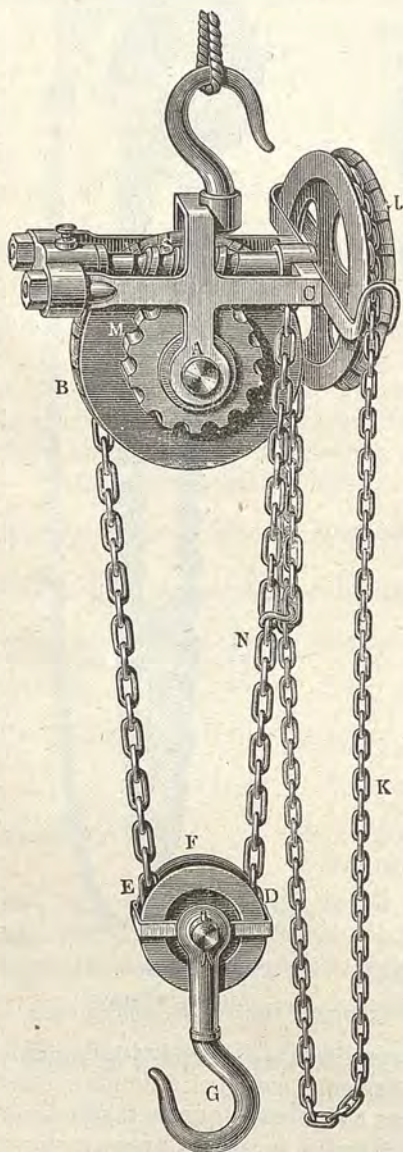


Fig. 438. — Paranco con ingranaggi a vite perpetua.

esso si possono ottenere quattro velocità diverse di sollevamento, e quindi può servire per sollevare pesi di entità assai differente.

La fig. 438 rappresenta un *paranco con ingranaggio a vite perpetua*, nel quale il peso è, come di solito, portato dall'uncino G della staffa della carrucola mobile F, la quale è sospesa ad una catena, di cui un capo C è attaccato alla staffa superiore, avente qui una forma speciale per la natura e la disposizione degli organi che deve portare. L'altro tratto di questa catena (quello di sinistra) sale ad avvolgersi sulla

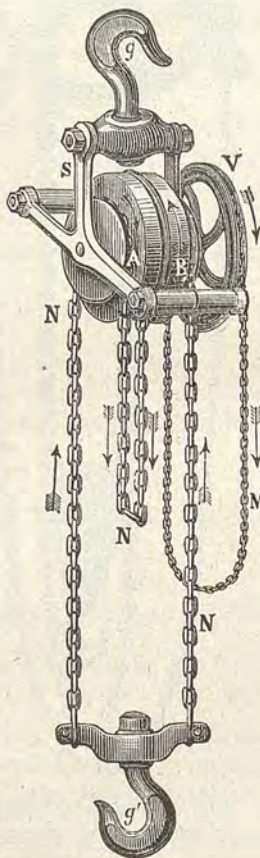


Fig. 437. — Paranco di Moore.

La fig. 437 rappresenta l'ingegnoso quanto semplicissimo paranco differenziale di *Moore* che agisce per mezzo di ruote dentate, di cui una eccentrica. Esso viene costruito di varie dimensioni, corrispondenti alle diverse portate che più occorrono in pratica; per quello di 5 tonnellate occorrono 7 uomini producenti uno sforzo di Kg. 260 e 40 minuti per innalzare le 5 tonnellate all'altezza di 2 metri. I carichi che si possono sollevare sotto lo sforzo medio di uno o due uomini sono di 1200 o 2500 chilogr., ed il tempo necessario per innalzare questi pesi all'altezza di 2 metri è di 15 e 25 minuti rispettivamente.

Colla *taglia di Eades*, si può teoricamente innalzare un peso 60 volte maggiore dello sforzo che si esercita, ma in pratica questo peso non è che di 30 volte lo sforzo ossia $F = \frac{1}{30} Q$.

Il *paranco di Speidel* serve per il sollevamento di pesi assai variabili ed è provvisto di uno speciale apparecchio per l'arresto automatico del peso. Con

carrucola AB, disposta nello stesso piano verticale contenente la carrucola mobile, e quindi pende liberamente e viene ad unirsi in N per mezzo di un anello al tratto CD. La gola della carrucola AB è provvista, come nella taglia differenziale, di apposite sporgenze con cui vengono a far presa gli anelli della catena, onde evitare lo sdruciolamento di questa su quella. La carrucola AB è rigidamente collegata con una robusta ruota elicoidale M disposta sul medesimo asse, la quale riceve il movimento da una vite senza fine S, disposta superiormente e portante, calettata sul proprio asse e di sbalzo, una terza carrucola J, il cui piano è normale al piano delle carrucole B ed F. Una catena senza fine K, accavalcata sulla carrucola J, la cui gola è munita di adatte sporgenze o denti, destinata a comunicare il movimento a questa carrucola e conseguentemente alla vite senza fine, la quale imboccando colla ruota M produrrà la rotazione della carrucola B e quindi il sollevamento del peso.

I paranchi con ingranaggio a vite perpetua, presentano anch'essi il vantaggio di permettere l'arresto automatico del peso senza ricaduta. Però l'introduzione della ruota elicoidale e della corrispondente vite senza fine riduce notevolmente il coefficiente di rendimento dell'apparecchio.

Chiamando A l'altezza di sollevamento del peso, P la portata, L la lunghezza della catena di sollevamento, L' quello della catena di trazione nei paranchi con volante, U il numero necessario di uomini per innalzare il carico P, si ha per gli usuali paranchi di sistema Weston:

Tabella XXIV.

Tipo	P in Kg.	L in metri	L' in metri	U	Prezzo approssimativo in lire
Semplice (fig. 434)		L = 4 A			
	250	9,15 ÷ 12,20	—	4	35 ÷ 42
	500	9,15 ÷ 15,25	—	1	43 ÷ 58
	1000	13,20 ÷ 15,25	—	3	72 ÷ 82
	2000	12,20 ÷ 15,25	—	4	105 ÷ 120
Con volante (fig. 435)		L = 3 A		L' = 2 A	
	1500	15,25	10,35	2	150
	2000			3	175
	3000			3	210
4000	4			240	
Con volante e movimento ad ingranaggio (fig. 436)		L = 3 A		L' = 2 A	
	5000	15,25	10,35	3	290
	6000			3	370
	8000			3	450
10000	4			575	

I paranchi *Moore* hanno portata di Kg. 500 ÷ 10,000 con prezzo variabile da lire 121,50 a L. 1205 per un'altezza di sollevamento di 5 metri. I paranchi di *Eades* hanno portata di Kg. 250 ÷ 10,000; il paranco *Victoria* (ditta Schwarz di Genova) ha una portata di Kg. 300 ÷ 2000, richiede una forza di Kg. 30 per P=300 e di Kg. 49 per P=2000, e la velocità di alzamento al minuto è di m. 4,700 per P=300 e di m. 1,050 per P=2000; il paranco *Lüders* ha pure una portata di Kg. 500 ÷ 10 000 ed un solo uomo basta per sollevare il peso massimo; il paranco *Ercole* va poi da una portata di Kg. 3000 fino a quella di Kg. 30,000 e richiede solo la forza di due uomini per solle-

vare fino a Kg. 15,000 e quella di 3 per Kg. 15,000 ÷ 30,000; il suo prezzo varia da lire 340 a L. 2800 escluse le catene. Con questo paranco si può aumentare la forza senza renderne più difficile la manovra, mediante la semplice variazione del rapporto del rocchetto e ingranaggio: anzi si può staccare il rocchetto e così far agire l'apparecchio colla massima velocità quando si vuol far discendere un carico, oppure si ha da manovrare rapidamente piccoli pesi.

Alcuni dei citati paranchi di grande portata sono muniti di catena di Gall (1).

Da quanto sopra si scorge come i paranchi sieno attrezzi di sollevamento della massima importanza, poichè applicati convenientemente a castelli, capre, gru e simili, danno la possibilità di innalzare pesi considerevolissimi; è quindi indispensabile che i grandi cantieri ne siano provvisti. È appunto per l'importanza loro e per quella che hanno le funi e le catene che si è trattata con una certa ampiezza la parte riferenteg' a tali organi, essendo necessario che il costruttore li conosca bene, per poterli adoperare in modo conveniente e trarne il massimo profitto.

Prima di passare agli attrezzi più complessi, si ricorderà ancora che fra i mezzi vantaggiosamente impiegati per il sollevamento di pesi havvi il *piano inclinato* (fig. 439), per il quale si ha:

$$F = P(\operatorname{sen} \alpha + f \cos \alpha) = P \frac{a}{l} + f P \frac{b}{l}$$

$$F' = P(\operatorname{sen} \alpha - f \cos \alpha) = P \frac{a}{l} - f P \frac{b}{l}$$

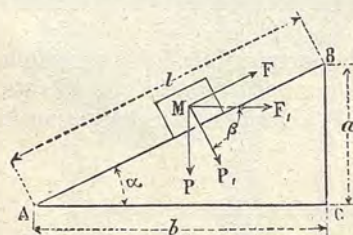


Fig. 439.

ove P è il peso del corpo da muovere, F la forza da applicargli in direzione del piano inclinato per farlo salire, F' quella per impedire che il corpo scivoli lungo il piano, f il coefficiente d'attrito (tabella XXV). F' può essere uguale a 0 e allora l'attrito ha lo stesso valore delle componenti del peso, epperò il sistema è in equilibrio dinamico; F' può essere negativo ed allora rappresenta lo sforzo da esercitarsi sul peso onde farlo discendere sul piano. Se la forza facesse un angolo β colla normale al piano si avrebbe

$$F_1 = \frac{\operatorname{sen} \alpha + f \cos \alpha}{\operatorname{sen} \beta - f \cos \beta} P.$$

Siccome l'attrito è sempre molto grande, così in generale si fa uso di curli: in tal caso si avrà:

$$F = P \operatorname{sen} \alpha \pm P \frac{f_1 + f_2}{d} \cos \alpha,$$

in cui f_1 ed f_2 sono i coefficienti di attrito di rotolamento e d il diametro dei curli (vedi pag. 208). Così pure si sollevano molto spesso i corpi lungo i piani inclinati mediante puleggie applicate convenientemente tanto al peso quanto alla sommità del piano inclinato.

I sistemi di carrucole e di taglie descritti si adoperano per sollevare pesi ad altezze piccole o medie. Per sollevare pesi a grandi altezze si adoperano apparecchi costituiti essenzialmente da un tamburo dotato di moto rivolutivo, sul quale si avvolge la fune o la catena sorreggente il peso. Tali sono i *verricelli* e gli *argani*, di cui i primi hanno sempre l'asse del tamburo girevole orizzontale ed i secondi l'hanno verticale od orizzontale. Il verricello serve ad innalzare direttamente un peso, mentre l'argano produce un tiro che può servire o direttamente ad un trasporto orizzontale o inclinato di pesi, oppure trasformarsi per mezzo di una o più carrucole in proprio e vero sollevamento.

(1) Fra le Ditte costruttrici di paranchi si notano la Ditta E. Sufferi di Milano e la Ditta Schwarz e C. di Genova.

Tabella XXV. — Coefficiente f per l'attrito radente durante il moto.

Natura dei corpi	Stato delle superficie	f		
		minimo	medio	massimo
Pietra su pietra (da costruzione) . . .	asciutte	—	0,53	0,73
Legno su pietra	id.	0,30	0,50	0,60
Legno su terra battuta	id.	—	0,33	—
Legno su legno	id.	0,20	0,36	0,48
Id.	bagnate	—	0,25	—
Id.	spalmate con grasso o sapone	0,06	0,11	0,06
Legno su metallo	asciutte	0,15	0,18	0,24
Metallo su legno	id.	0,20	0,40	0,60
Id.	bagnate	—	0,24	—
Metallo su pietra	asciutte	0,30	0,45	0,50
Metallo su metallo	id.	0,15	0,20	0,30
Id.	unte	0,10	0,13	0,16

Il verricello più semplice è quello rappresentato nella fig. 440, che si adopera specialmente per sollevare i materiali di estrazione dai pozzi, applicandovi due uomini. Per tale scopo si usano pure i verricelli con ruota a lanterna od a pioli (fig. 441). Il verricello con volantino (fig. 442) è quello comunemente usato sui ponti di servizio delle fabbriche per innalzarvi i materiali da costruzione entro ceste o secchie. Esso chiamasi *burbera* quando ai capi della fune sono attaccati due pesi, di cui uno sale mentre l'altro scende.

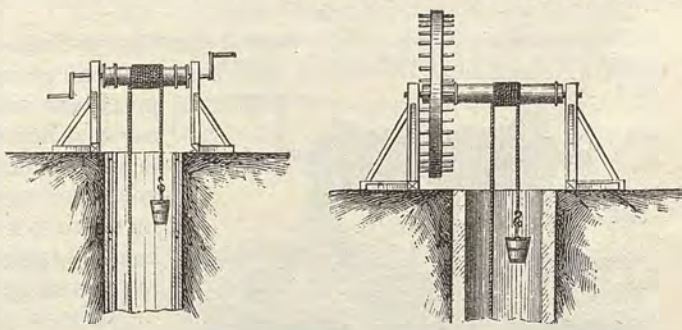


Fig. 440. — Verricello ordinario. Fig. 441. — Verricello con ruota a pioli.

Se si chiama l il raggio della manovella, R_t quello del tamburo, ρ il raggio dei due perni, tenendo conto dell'attrito nei perni nelle circostanze più sfavorevoli, e della rigidità della fune, lo sforzo F per sollevare il peso P è dato da:

$$F = \frac{P \left(R_t + \rho f + \frac{B}{2} \right) + \frac{A}{2}}{l - \rho f}$$

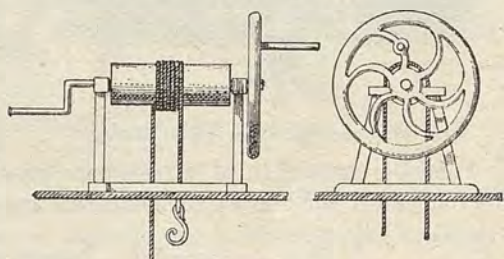


Fig. 442. — Burbera.

ove f è il coefficiente di attrito nei perni, A e B sono due coefficienti dipendenti dalla qualità e dalle dimensioni della fune.

Per funi bianche $A = (0,000297 + 0,000245 n) n$, $B = 0,000363. n$
 Per funi catramate $A = (0,0014575 + 0,000346 n) n$, $B = 0,0004181. n$

nelle quali n è il numero dei trefoli della fune.

Detto d il diametro di questa si avrebbe:

$$\left. \begin{array}{l} \text{per funi bianche} \quad n = \left(\frac{d}{3,67}\right)^2 \\ \text{per funi catramate} \quad n = \left(\frac{d}{4,3}\right)^2 \end{array} \right\} \text{ in cui } d \text{ è in millimetri.}$$

Tabella XXVI. — Coefficienti di attrito f nei perni.

Natura dei corpi	Stato delle superficie	f	
		perni unti nel modo ordinario	perni unti in modo continuo
Ghisa su ghisa o bronzo	poco grasse	0,14	0,054
	unte	0,07	—
Ferro lucinato su ghisa o bronzo . .	poco grasse	0,25	—
	unte	0,07	0,054
Bronzo su ghisa	asciutte	0,09	—
	unte	—	0,045 ÷ 0,052
Bronzo su bronzo	asciutte	0,10	—
Ghisa su legno durissimo	grasse	0,10	—
	unte	0,07	0,09
Ferro su legno durissimo	grasse	0,11	—

Il *verricello cinese* o *differenziale* (fig. 443) si fonda sullo stesso principio della taglia differenziale di Weston. Il peso è applicato all'uncino di una carrucola mobile A

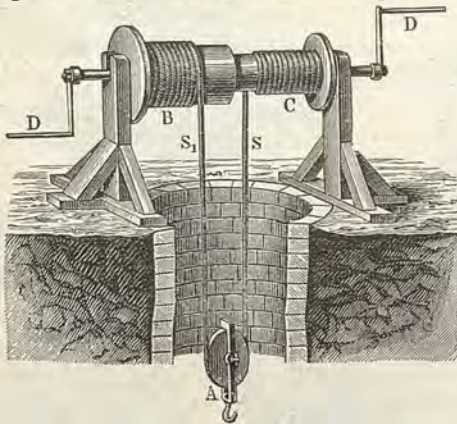


Fig. 443. — Verricello differenziale.

portata da una corda la quale si avvolge coi suoi due tratti sui due tamburi solidali B e C di diverso diametro, e vi si avvolge per versi contrari, cosicchè mentre un tratto si svolge l'altro si avvolge. Girando i tamburi in modo che la corda si avvolga sul tamburo di diametro maggiore la puleggia sale; girando in senso inverso essa discende. Detti rispettivamente R ed r il raggio dei tamburi B e C, l il braccio delle manovelle e P il peso da sollevare si ha, come sforzo teorico per la salita:

$$F_0 = P \frac{R - r}{2l}$$

Tenendo conto di tutte le resistenze passive, e riferendosi al già detto sulla taglia differenziale si può trovare lo sforzo effettivo dalla formola:

$$F(l - \varphi \rho_1) = P \left[\frac{k}{1 + k} (1 + \sigma) R - \frac{1 - \sigma}{1 + k} r + \varphi \rho_1 \right]$$

in cui φ , σ hanno lo stesso valore che si è visto avere per la taglia differenziale, ρ_1 è il raggio dei perni del tamburo BC e $k = 1 + 2\sigma + 2\varphi \frac{r_1}{\rho}$, essendo r_1 il raggio della carrucola mobile e ρ quello dei suoi perni. In tutti i casi si trova poi che il coefficiente di rendimento $\eta = \frac{F_0}{F}$ è assai piccolo.

Fra i vari tipi di argani vanno anzitutto ricordati fra i più semplici quelli del tipo rappresentato nella fig. 444, manovrati per mezzo di manovelle. Fra due robusti fianchi F si muove il verricello, cilindrico nel mezzo e quadro alle teste, ove porta i fori per l'introduzione successiva delle manovelle M. La fune, che può venire direttamente dal peso e colla quale si può avere precedentemente armato un paranco, va ad avvolgersi con alcuni giri al verricello, ed il suo capo libero deve essere convenientemente tirato, avvolgendolo, ove ne sia il caso, attorno ad un apposito paletto piantato nel terreno ad una certa distanza dall'argano.

L'argano della fig. 445 è invece ad asse verticale e viene manovrato con aspe: esso è di più facile manovra del precedente e di maggior potenza.

Le indicazioni della figura spiegano chiaramente la costruzione dell'attrezzo: si aggiungerà soltanto che il tamburo V si assesta col perno inferiore nel calastrello c e col collo entro ad un incavo semicircolare scavato nel calastrello C dei ritti, dove è ritenuto da un collare di ferro e. Questo collare, che da un lato è riunito a cerniera col calastrello, si

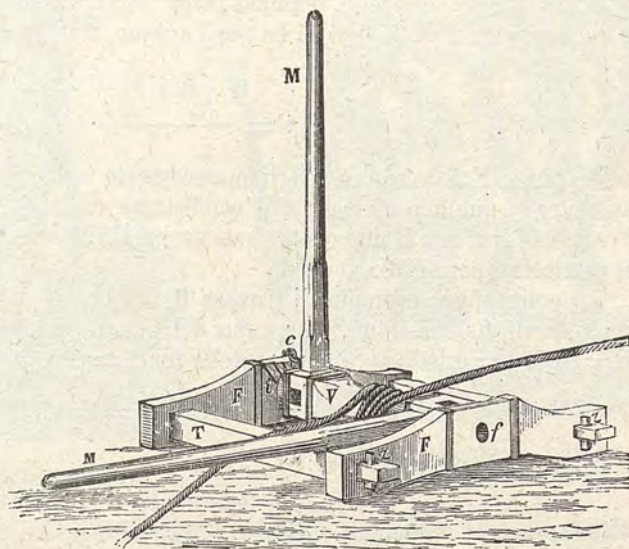


Fig. 444. — Argano orizzontale con manovella di legno.
F, fianchi; T, traversa; V, verricello; z, zeppe; i, incavo per la testa del verricello;
c, caviglia; f, perno; M, manovelle.

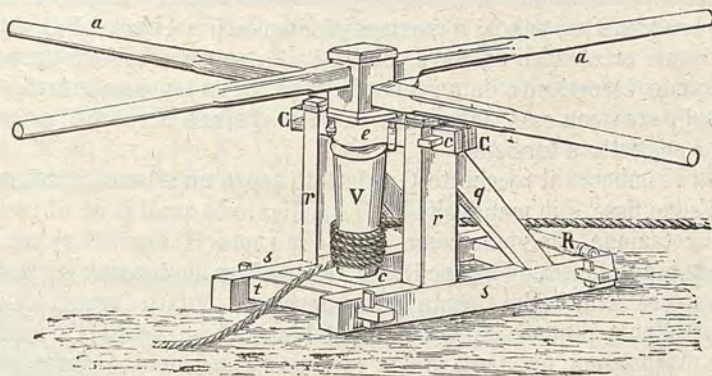


Fig. 445. — Argano verticale manovrato con aspe.

s, suole; t, traverse; c, calastrello; r, ritti; q, saette; C, calastrello superiore; a, aspe; R, cilindretto di legno; V, tamburo;
e, collare di ferro.

adatta dall'opposto alla testa forata di una chiavarda, alla quale è fermato da apposita chiave. Il cilindro R, di legno, terminato da due pioli o perni che si appoggiano entro incavi delle suole, serve ad evitare il logoramento della fune traente (*tirante*), allorquando questa, o per essere troppo bassa o per avere direzione troppo inclinata, andrebbe a toccare terra. L'argano viene fermato nel terreno solidamente con quattro pioli o paletti appoggiantisi contro i denti delle traverse. La fune si avvolge sul

tamburo in modo che la parte traente, o il tirante, resti al di sopra della parte libera, o ritenuta. L'argano si manovra per mezzo di quattro o più uomini applicati alle aspe α .

Più innanzi si vedrà l'applicazione di un argano simile ad un'antenna (fig. 455).

Come per il verricello, tenendo conto solamente dell'attrito nel perno e nel collare e della rigidità delle funi, si ha per l'argano, trascurandone il peso proprio:

$$F = \frac{P \left(R + f\rho + \frac{B}{2} \right) + \frac{A}{2}}{l}$$

nella quale F è lo sforzo effettivo, necessario a muovere il peso P ; R è il raggio del tamburo; ρ quello dei perni; f il coefficiente di attrito nei perni; l la lunghezza dei bracci di leva; A e B due coefficienti aventi il valore già precedentemente indicato per il verricello (pag. 223).

Suppongasi per esempio di trovare il numero N di uomini necessari per muovere un peso di 1000 Kg. con un argano del genere di quello della fig. 435. Se $l = m. 2$, $R = 0,20$, $\rho = 0,10$ e d (diametro della fune) = mm. 34 (tab. XIII), si ha:

$$n = \left(\frac{d}{3,67} \right)^2 = 85 \text{ circa, } A = 1,81237, B = 0,030855,$$

e sostituendo nella formula:

$$F = \frac{1000 (0,20 + 0,36 \times 0,10 + 0,0154) + 0,906}{2} = 126.$$

Siccome all'estremo di una leva un uomo può esercitare in modo continuo uno sforzo di circa Kg. 30, così sarà $N = \frac{126}{30} = 4$.

Oggi si può dire che sono esclusivamente usati gli argani orizzontali forniti di congegno motore ad ingranaggi, costruiti completamente in metallo (ferro, ghisa e acciaio) e che si prestano ad essere usati indifferentemente con funi o con catene.

La fig. 446 rappresenta uno di tali argani fra quelli di più semplice costruzione, da manovrarsi a braccia. Due fianchi o montanti triangolari in ghisa ABC , $A'B'C'$, collegati da tre tiranti orizzontali in ferro, filettati alle estremità, sorreggono l'asse del verricello, il quale è costituito da un tubo di ghisa D , su cui è calettata, quando non è fusa in un sol pezzo con esso, la grande ruota a sperone H . In tal modo l'asse del tamburo non è soggetto a torsione.

Colla ruota H imbocca il rocchetto G calettato sopra un albero orizzontale E , alle cui estremità sono fisse due manovelle F , F' , mediante le quali si dà al rocchetto G un movimento di rotazione, che viene comunicato alla ruota H e quindi al tamburo D , su cui si avvolge la fune. Questa ha il capo libero legato ad un uncino sporgente dal tamburo ad una delle sue estremità. Sul tirante BB' superiore è infilato l'occhio di una paletta d'arresto o nottolino s , il quale imboccando nei denti del rocchetto G , o meglio, come si trova in altre disposizioni, nei denti di una seconda ruota a denti di forza, calettata sull'albero E di fianco al rocchetto G , impedisce la rotazione regressiva dell'albero E e quindi del tamburo D sotto l'azione della tensione della fune. La sbarra-tirante f , che abbraccia inferiormente l'albero E , serve ad impedire l'inflessione del tirante BB' sotto l'azione dello sforzo della fune e quindi del nottolino.

Vi sono argani che hanno la manovella munita di volante per rendere più uniforme il movimento del tamburo. Tale è l'argano della fig. 447, quale è costruito dalla casa Appleby. In esso notasi pure, vicino alla ruota dentata del tamburo, una puleggia detta del freno, sulla quale si avvolge un freno a nastro comandato da una leva da manovrarsi a braccia. Questo freno serve ad impedire una troppo grande accelerazione nello svolgimento della fune quando si deve lasciar ridiscendere il peso.

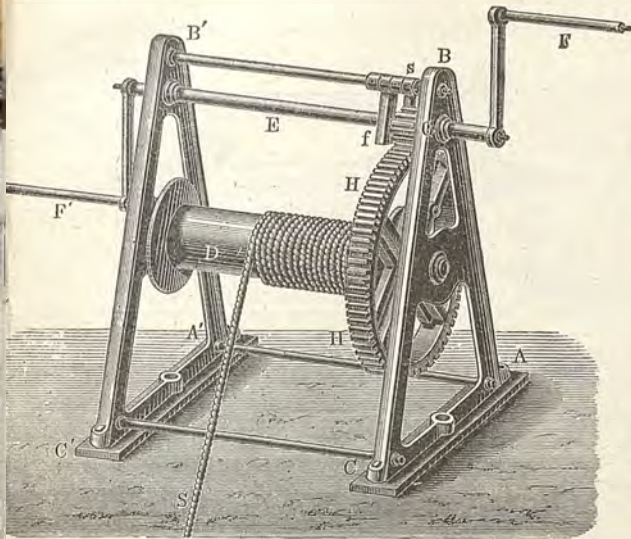


Fig. 446. — Argano orizzontale ad ingranaggio.

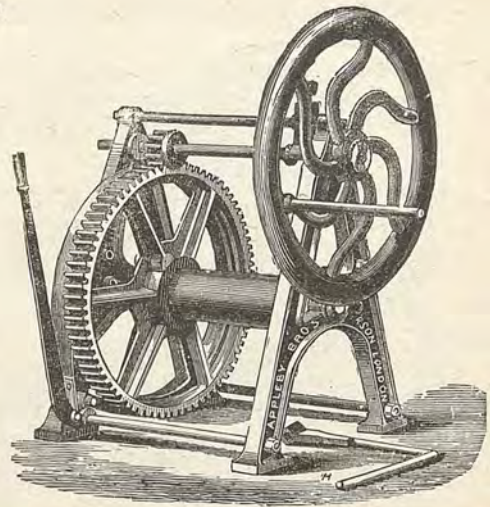


Fig. 447. — Argano di Appleby, con volante.

Per questi tipi di argani nei quali l'ingranaggio è costituito solamente da un rocchetto che imbocca nella ruota del tamburo, ossia in cui la trasmissione è limitata a due assi, si ha

$$F = h' P \frac{r R_t}{2 l R}$$

in cui P è il peso da muovere, r il raggio del rocchetto, R_t quello del tamburo, R quello della sua ruota, l il braccio o raggio della manovella, h' un coefficiente d'effetto utile che in media si può ritenere uguale a 1,15.

Vi sono altri argani nei quali il meccanismo è più complesso, e la trasmissione è ottenuta con un albero sussidiario, come per esempio per l'argano a freno e moderatore automatico di Mégy, Echeverria e Bazan (fig. 448, 449 e 450). In esso il movimento delle manovelle è trasmesso ad un rocchetto I , che imbocca in una ruota intermedia J : questa aziona l'albero sussidiario K , sul quale è calettato il rocchetto L , che imbocca colla grande ruota M del tamburo N .

Per argani di questa sorta si ha

$$F = h'' P \frac{r R_t r''}{2 l R r'}$$

in cui P è il peso, r il raggio del rocchetto delle manovelle, r' quello della ruota intermedia, r'' quello del rocchetto della grande ruota del tamburo, R il raggio di questa, R_t il raggio del tamburo, l il braccio o raggio delle manovelle e h'' un coefficiente, che in media si può ritenere uguale a 1,2.

In quanto al funzionamento dell'argano sopradetto, è presto compreso ponendo mente alle spiegazioni delle lettere della figura. Girando le manovelle nel senso della freccia superiore (fig. 448) il braccio di destra della leva F calettata sull'albero delle manovelle viene a premere contro una sporgenza del manicotto C nel senso della freccia (fig. 450): quest'ultimo agisce sulla tacca T e quindi sulla molla R di trascinamento, la quale, in virtù della forza di espansione che possiede, aderisce contro la superficie interna della puleggia H , a cui viene quindi comunicato il movimento in causa dell'attrito sviluppato; colla puleggia H ruota il rocchetto I , che per mezzo della ruota J e del rocchetto L intermediarii, mette in movimento la grande ruota M e quindi il tamburo N .

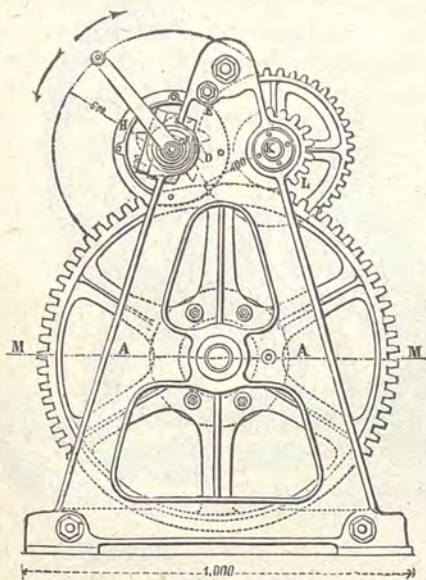


Fig. 448. — Fianco.

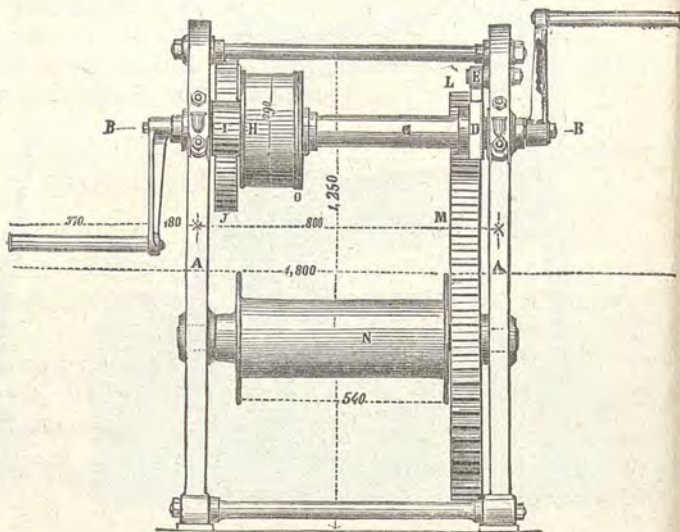


Fig. 449. — Fronte.

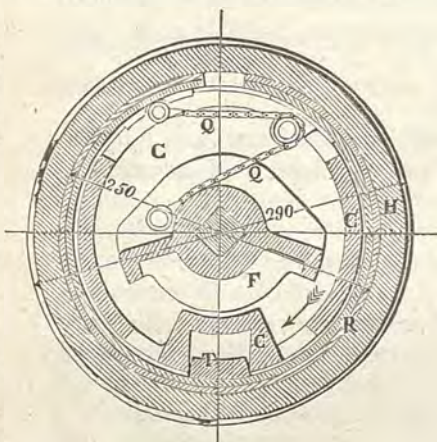


Fig. 450. — Sezione trasversale.

- A, fianchi di ghisa;
- B, albero delle manovelle, su cui è infilato in modo folle il manicotto C;
- D, rocchetto di forza, calettato su C;
- E, nottolino imboccante nei denti di D;
- H, puleggia folle sul manicotto C, colla quale è fuso in un sol pezzo il rocchetto I;
- J, ruota dentata intermedia azionata da I e calettata sull'albero intermedio K;
- L, rocchetto calettato su K e azionante la grande ruota M del tamburo N, su cui si avvolge la fune;
- Q, catenella collegante un'estremità della molla di trascinamento R colla leva F, dopo esser passata sopra un piccolo rullo fissato all'altra estremità della molla R;
- R, molla di trascinamento, guarnita di cuoio sulla sua superficie esterna.

Fig. 448, 449 e 450. — Argano a freno e moderatore automatico di Mégy, Echeverria e Bazan.

Abbandonando a sè le manovelle, il movimento si arresta ed il peso è tenuto sollevato dal nottolino E, che impedisce al manicotto C di rotare in senso inverso.

Per far discendere il peso si girano di alcun poco le manovelle in senso inverso, secondo la freccia inferiore (fig. 448); la leva F gira allora di un piccolo angolo nel senso opposto a quello della freccia della fig. 450, e facendo quindi tensione sulla catenella Q ravvicina le due estremità della molla R, che più non aderendo alla puleggia H, lascerà questa libera di girare sotto l'azione del carico che fa svolgere la fune, mentre il manicotto C sta fermo trattenuto dal nottolino E.

Perchè la velocità di rotazione di H non oltrepassi un certo limite, si approfitta della forza centrifuga, che tendendo a spingere contro la periferia interna di una corona contenuta nella puleggia H alcune masse di ghisa, fa premere le dette masse sopra una molla aderente alla detta corona, dando così luogo ad un attrito che va crescendo col

crescere della velocità di rotazione e si oppone quindi all'acceleramento del peso abbandonato a sè stesso.

Abbandonando le manovelle durante la discesa, la molla R si distende e viene ancora ad agire sulla puleggia H, onde il carico rimane sospeso in virtù del nottolino E.

Questo apparecchio presenta parecchi vantaggi e cioè:

1° Se il peso da far salire è superiore alla portata dell'argano, esso non potrà sollevarsi, perchè la molla scorrerebbe senza aderire alla puleggia;

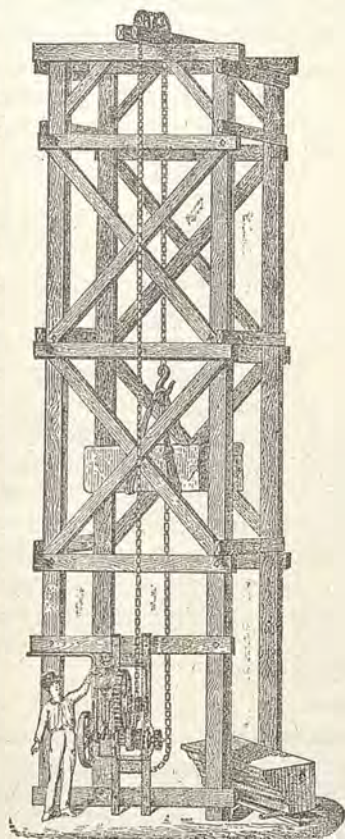


Fig. 451. — Argano Mégy, Echeverria e Bazan, mosso da una piccola motrice a vapore.

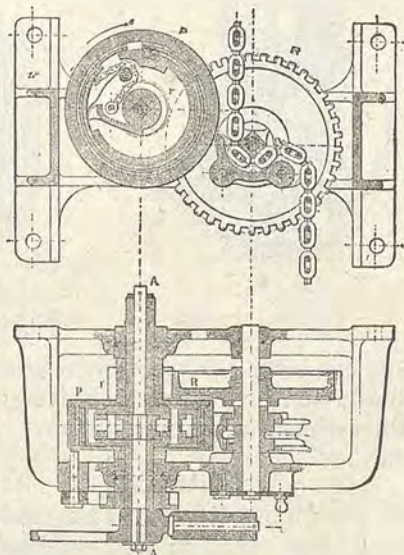


Fig. 452. — Meccanismo dell'argano della fig. 451.

2° Per la discesa non occorre di far rotare continuamente le manovelle, evitandosi così una causa di frequenti accidenti, perchè basta spostare leggermente le stesse in senso contrario al moto di sollevamento;

3° La discesa avviene con una velocità massima di 40 cm. al secondo e senza accelerazione, qualunque sia il peso, purchè inferiore alla forza nominale dell'argano;

4° Tale velocità si può regolare con molta facilità e renderla piccola quanto si vuole;

5° Il peso si può arrestare in qualunque punto del suo tragitto istantaneamente e senza scosse, bastando perciò l'abbandono delle manovelle.

Un argano di tal genere si vede in opera nella fig. 451. La fig. 452 rappresenta il particolare del meccanismo. Il movimento alla catena portante è comunicato dalla ruota dentata R, per mezzo di un rochetto r, fuso d'un pezzo colla puleggia cava P. È in questa che trovasi la molla di trascinarsi, coperta tanto internamente che esternamente da una lista di cuoio, che favorisce l'aderenza, rende più regolare lo scorrimento e più duraturo l'apparecchio. Nella stessa puleggia trovasi la catena di Gall, che serve, come si è visto, a tirare un'estremità della molla di trascinarsi quando si girano le manovelle in senso inverso, e togliere quindi l'aderenza della molla, che lasciando folle la puleggia P, permette al carico di discendere con velocità maggiore o minore a seconda dell'aderenza che si lascia ancora alla molla.

La fig. 453 rappresenta l'argano a mano di questo sistema, e la fig. 451 la piccola motrice a vapore che si può applicare all'argano, come appunto si vede nella fig. 451.

Da quanto sopra risulta evidente la sicurezza assoluta che presentano gli argani di sistema Mégy, Echeverria e Bazan per il personale di manovra; con essi vengono

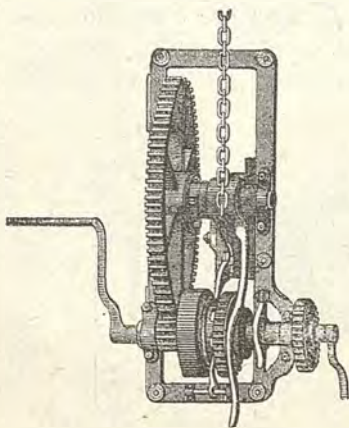


Fig. 453. — Argano a mano.

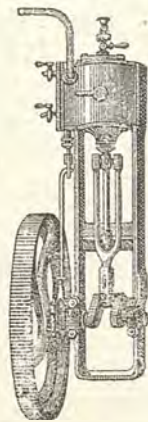


Fig. 451. — Piccola motrice da applicarsi all'argano della fig. 453.

totalmente rimossi i pericoli che possono provenire dal freno a nastro, di cui sono forniti gli altri argani, e dalla rotazione delle manovelle nella discesa del carico.

Il tamburo degli argani è ordinariamente un cilindro cavo di ghisa, a superficie liscia quando deve ricevere una fune; esso porta fusa insieme, o calettata, la grande ruota che lo mette in moto. Quando vi si deve avvolgere una catena molto sovente la superficie del tamburo è

solcata da una scanalatura elicoidale, destinata a guidare la catena nel suo avvolgersi.

Riguardo alle dimensioni delle funi, delle catene e del tamburo, si ricorda quanto si è detto parlando appunto delle funi e catene; del resto si può ritenere come buona regola fare:

$$2 R_t = 7 \delta \div 8 \delta \text{ per funi di canapa}$$

$$2 R_t = 20 \delta \div 24 \delta \text{ per catene}$$

$$2 R_t = 800 d \div 1000 d \text{ per funi metalliche}$$

in cui R_t è il raggio del tamburo, δ il diametro della fune o del ferro costituente le maglie della catena, e d il diametro del filo con cui è formata la fune metallica (tab. XVI). Rispetto alla lunghezza del tamburo, essa dipende dalla lunghezza della fune che vi si deve avvolgere. Detta L tale lunghezza e L' quella del tamburo si ha, per un solo strato di fune avvolto sul tamburo,

$$L' = \delta \times \frac{L}{2\pi \left(\frac{R_t + \delta}{2} \right)}$$

e per $R_t = 7 \delta$

$$L' = \delta \times \frac{L}{8\pi \delta} = \frac{L}{8\pi}$$

Quando, calcolando così la lunghezza L' essa risultasse troppo grande, allora si può vedere se convenga aumentare di alquanto il diametro del tamburo, oppure far avvolgere la fune sopra di esso in due o più strati.

Gli organi che si sono descritti possono funzionare da soli in qualche caso, ma per l'innalzamento dei materiali da costruzione, delle pietre lavorate, ecc. occorrenti in una fabbrica, essi devono collocarsi su speciali armature, più o meno complicate e robuste, a seconda dell'entità del peso che si ha da sollevare. Una di tali armature, o castello, si è già indicata nella fig. 451.

Oltre a ciò dovendo associare detti organi a carrucole, taglie e paranchi, i quali hanno bisogno di essere sostenuti da punti fissi, si viene a formare un complesso di organi, ossia speciali meccanismi, quali l'*antenna*, la *biga* e la *capra*, che possono comprendersi

sotto la denominazione generica di *gru*, benchè nelle prime il peso venga sollevato nell'interno dell'attrezzo, o dei suoi ritegni nel suolo, mentre nella gru propriamente detta, il peso venga sollevato secondo una verticale, che passa fuori della base di appoggio. Si nota poi ancora che alcuno di tali meccanismi di sollevamento ha anche per iscopo non solo di sollevare il peso ma di spostarlo orizzontalmente o per mezzo di un movimento circolare o di uno in linea retta, e in generale si può dire che il meccanismo elevatore dipende dalla forma e dalla natura dei materiali e dei pesi da sollevare, i

quali, nella pratica corrente, sono *legnami per travature, pietre lavorate, materiali laterizi, malte, opere da falegname, da fabbro e simili.*

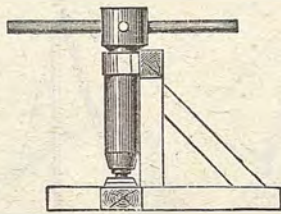


Fig. 456.

Nella costruzione degli elevatori per materiali di costruzione si incontrano alcune difficoltà derivanti dal fatto che col progredire della fabbrica si cambia l'altezza di sollevamento (e tal-

volta anche il luogo nel quale deve collocarsi l'elevatore). Per evitare tali difficoltà si può rizzare fin da principio l'impalcatura (a torre) per l'elevatore fino alla massima altezza di sollevamento che potrà occorrere; oppure costruire l'impalcatura con ripiani succedentisi a misura del bisogno, o finalmente cambiare di posto il meccanismo elevatore in corrispondenza ai progressi della fabbrica, per il che occorrono diverse successive posizioni in opera dell'elevatore stesso.

Altre difficoltà offre la forma dei *recipienti di sollevamento*, poichè questi devono prestarsi ad essere vuotati rapidamente, senza pericolo per il personale di servizio e senza danneggiare il materiale da costruzione sia nel carico e nello scarico, sia nell'innalzamento e nel trasporto.

La costruzione degli apparecchi elevatori si riduce alla più semplice forma quando si tratti di innalzare legnami, o conci di pietra, essendo allora tutto il compito limitato al sollevamento del peso. Si usa perciò in generale della così detta *antenna* (fig. 455) consistente in una trave MN appoggiata sul suolo, o di poco interrata, la quale è sostenuta da quattro *venti*, ossia funi che partendosi dalla sua testa N vengono ad attaccarsi agli *uomini morti* A, B, C, D solidamente infissi nel suolo. Per mezzo di taglie e di un argano, com'è indicato in figura, si opera il sollevamento. Un argano sovente impiegato per tale attrezzo è rappresentato nella fig. 456.

Un genere di antenna adottato assai in America e che oltre al sollevamento del peso in senso verticale serve al suo traslocamento in senso circolare si vede riprodotto nella fig. 457. Il piede dell'antenna gira in una piletta, quando per mezzo di un argano viene tirato od allentato l'uno o l'altro dei venti dell'antenna. Così si può raccogliere il peso sul suolo del cantiere (vedi la posizione punteggiata dell'attrezzo) e trasportarlo sul luogo che occorre, prima sollevandolo, e poi facendolo girare intorno all'antenna.

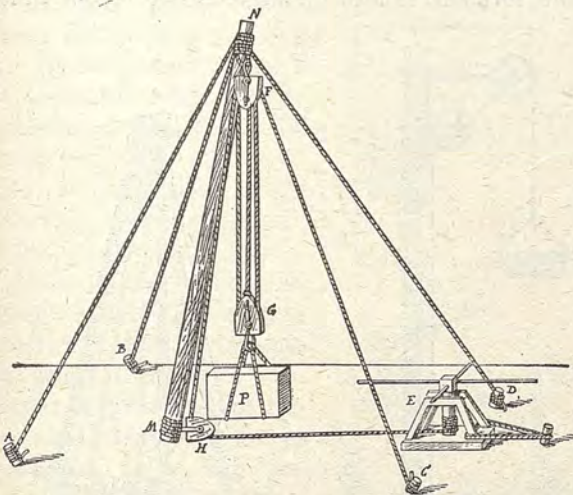


Fig. 455. — Antenna.

MN, antenna; NA, NB, NC, ND, venti o sartie; A, B, C, D, uomini morti; E, argano; F, G, taglie; H, carrucola.

Sovente sulla testa dell'antenna è fissato trasversalmente un robusto pezzo di legno, detto *falcone*, aggettante da un lato o da ambedue i lati dell'antenna, alla cui estremità è attaccato il paranco o la taglia di manovra. Spesso il falcone è sostituito da un braccio di ferro (fig. 458), sostenuto sul palo per mezzo di due collari, nei cui perni il braccio può girare; siccome poi i collari possono scorrere lungo il palo così il braccio può fissarsi all'altezza che si vuole. I recipienti o i pesi sono sollevati per mezzo di carrucole di rimando, o in altra consimile maniera.

La *biga* è composta di due antenne, formanti in alto un angolo di $30^\circ \div 40^\circ$, unite

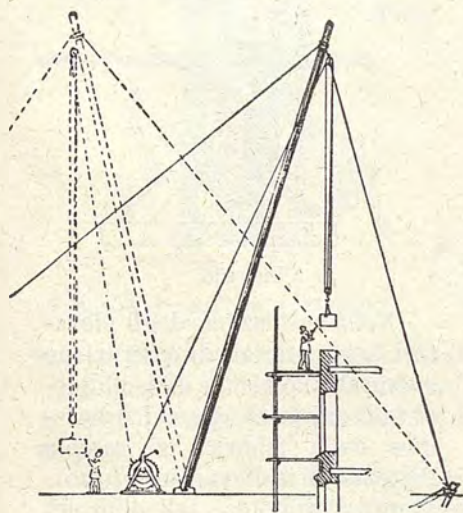


Fig. 457. — Antenna o gru americana.

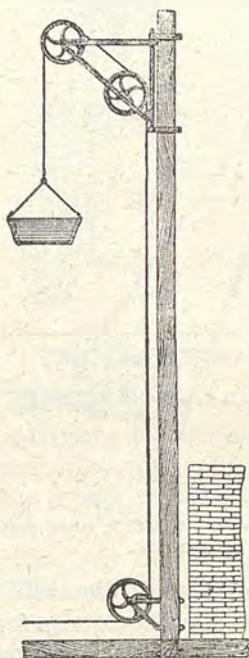


Fig. 458.

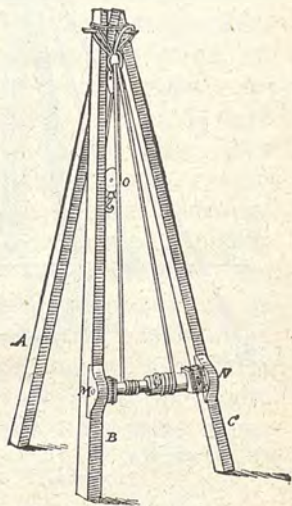


Fig. 459. — Capra con verricello differenziale.

con legatura di fune o con caviglia di ferro a dado a vite; è trattenuta da alcuni venti analogamente all'antenna; nel vertice dell'angolo è appesa la taglia fissa; occorrendo più paranchi si appendono a un traverso di legno legato alle due antenne, al cui piede si assicurano le carrucole di rimando.

La *capra serrata* si compone di tre travi disposte in forma piramidale, unite in alto con forte legatura di fune, o con una caviglia di ferro, che passa attraverso alle tre teste delle travi e serve anche a sorreggere la staffa di ferro, a cui è attaccata la taglia fissa.

I calci delle travi sono tenuti insieme da funi, quando non sono addirittura conficcati nel terreno.

Alle capre si adattano anche verricelli ed argani; come appunto nella capra della fig. 459, ove la fune è mossa da un verricello differenziale MN.

Le capre sono generalmente costituite da tre travi, di cui quelle che portano il verricello sono dette *gambe* e l'altra *piede*. Generalmente le gambe e il piede sono di legno; ma nelle capre di grande potenza sono costruite anche di ferro, oppure di legno armate di ferro.

Coll'uso dell'antenna, della biga e della capra, o col loro accoppiamento, si possono manovrare grandi pesi senza costruire forti e dispendiosi ponti. Tali attrezzi si appoggiano anche sulle impalcature di servizio.

Si conoscono parecchi sistemi di capre, capaci di sollevare pesi considerevolissimi (1); ma i più recenti, quelli che alla massima semplicità di costruzione e di manovra accoppiano una grande potenza ed un grande raggio d'azione, sono le così dette *grue-capre americane* (*crane guy derricks*), il cui impiego andò rapidamente estendendosi negli Stati Uniti, tanto per la costruzione dei ponti e di edifizii di ogni sorta, quanto per il servizio delle cave e delle miniere, dei cantieri, dei porti, dei docks, delle officine metallurgiche, degli arsenali, in una parola, ovunque si hanno da sollevare o da spostare pesi. Adoperandole nelle fabbriche non si ha più bisogno dei ponti di servizio, vantaggio di grandissima importanza. Leggerissimi in confronto della loro potenza, cosicchè sono atti a maneggiare agevolmente carichi perfino di 100 mila chilogr. solidissimamente costruiti, facilissimi ad impiantarsi, a scomporsi e a trasportarsi, questi nuovi meccanismi sono destinati a soppiantare tutti gli antichi congegni elevatori di pari forza.

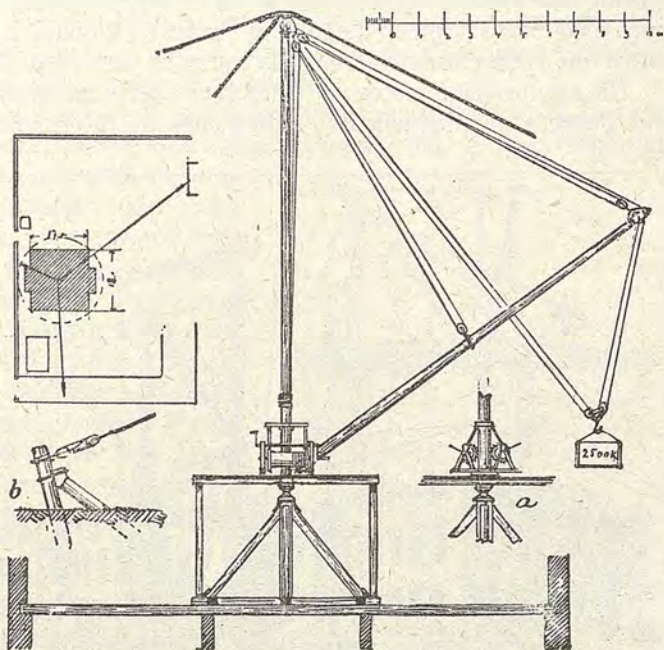


Fig. 460. — Gru-capra americana.

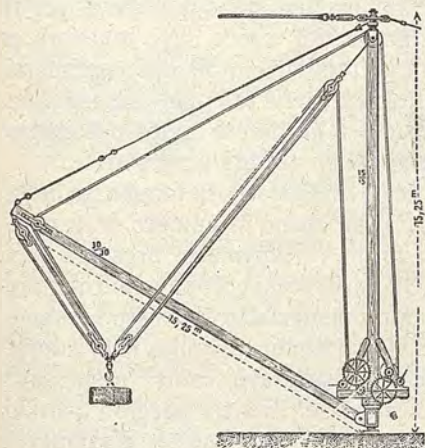


Fig. 461.

Prima della loro comparsa si usavano però già in America delle grue costruite sul medesimo principio e di cui se ne rappresenta una nella fig. 460. Essa si compone di un'antenna verticale, tenuta ferma con funi metalliche, assicurate a punti fissi o a pali interrati (vedi in *b*) e di una trave formante *volata*, imperniata al piede della antenna e la cui testa può assumere tanto un movimento di innalzamento, quanto di traslazione circolare. Un argano serve a muovere le puleggie del braccio della gru e un altro quelle del peso.

Grue di tal forma sono pure oggi assai adoperate in Germania; la fig. 460 riproduce appunto quella che servì per la costruzione della villa Zimmer a Francoforte sul Meno. A sinistra della figura si vede rappresentata la pianta della villa, e con un circolo punteggiato il campo d'azione della gru, fissata con tre soli venti. Come si vede un solo meccanismo fu sufficiente per la costruzione di tutto l'edificio. Un altro tipo di gru girevole di questo genere lo si vede nella fig. 461, tipo che viene

(1) Vedi i trattati di costruzione del Rondelet, del Cavalieri, ecc., citati nella *Bibliografia*.

ugualmente impiegato in Germania ed in America. È esso formato da un albero verticale di legno, alto m. 15,25 e di una volata, pure di legno, lunga m. 15,25. Il suo raggio d'azione è usualmente di m. 11, onde viene a coprire un circolo di più di m. 22, ma questo può anche raggiungere i m. 24. L'argano per il movimento della volata e del peso è collocato al piede dell'albero verticale, il quale è solidamente infisso nel suolo entro una ralla e tenuto fermo alla sommità per mezzo di opportuni venti.

Un'applicazione notevole delle grue-capre americane fu fatta nella costruzione del Palazzo di Giustizia dell'antica città dei Mormoni (Salt-Lake-City) nello Stato dell'Utah (fig. 462). Gli

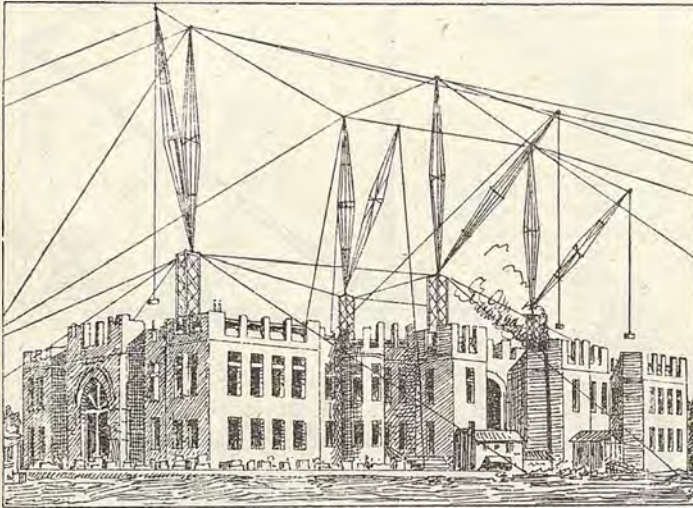


Fig. 462. — Gru-capra americana, adoperata nella costruzione del Palazzo di Giustizia di Selt-Lake-City.

apparecchi si compongono essenzialmente di un albero tenuto ritto verticalmente da gomene o venti partenti dalla sua cima e di una *volata* articolata al piede dell'albero medesimo, in guisa da poter girare con esso intorno al suo asse e prendere tutte le inclinazioni necessarie. Secondo i pesi da sollevare, il meccanismo viene messo in moto o da una macchina a vapore o da cavalli o da uomini. Nel caso di un motore a vapore, la sua forza è ordinariamente di 10 a 12 cavalli. L'avvolgimento

delle funi di trazione si eseguisce di solito su due tamburi, uno dei quali serve per il movimento della volata, l'altro per l'alzata e la discesa del carico. Per muovere e trasportare un carico di 7 a 8 tonnellate è sufficiente un tamburo di 30 a 35 centimetri di diametro. Negli ultimi modelli costruiti la sensibilità dei freni è tale, che una leggiera pressione della mano basta per determinare l'ascensione o la discesa tanto del carico più pesante, quanto del più leggero e sempre colla massima facilità e regolarità.

Le grue-capre della fig. 462 avevano l'albero verticale di 25 metri, la lunghezza della volata di m. 23, e la loro portata era di 5 tonnellate. Esse erano in numero di quattro ed impiantate nell'interno dell'edificio, il quale, di forma rettangolare, presenta una lunghezza di 100 metri ed una larghezza di m. 42,70. Gli apparecchi occupavano i quattro vertici di un rombo e ciascuno di essi era sorretto da un piedistallo di grosso legname che ne portava la base propriamente detta a m. 12,20 dal suolo, in guisa che, stante la lunghezza della volata, ciascun apparecchio poteva innalzare, calare e spostare materiali per un raggio di quasi 26 metri intorno al suo asse. In altre parole i quattro meccanismi bastavano da soli per coprire interamente col loro campo d'azione il rettangolo occupato dall'edificio.

Grazie ai piedistalli impiantati preventivamente, gli apparecchi non hanno bisogno di venire spostati prima della completa costruzione, poichè i piedistalli si fanno abbastanza alti da permettere alla volata di muoversi sempre ad un livello superiore all'altezza finale dell'edificio.

Prima della messa in opera di tali apparecchi, i costruttori li provarono sospendendo nel mezzo della volata, disposta orizzontalmente, un peso di 1360 Kg. e assoggettando

così questo punto ad uno sforzo assai maggiore di quello che doveva sopportare durante il funzionamento.

Allo scopo di associare la leggerezza alla solidità ed alla forza, l'albero e la volata sono fatti di ferro vuoto, e per facilitarne il trasporto, la posa sui carri e lo scarico, i due lunghi pezzi tubulari sono scomponibili, secondo le dimensioni, in due, tre o quattro tronchi, il maggiore dei quali, in ogni caso, non eccede m. 6,50. Da ciò il nome di *tubular sectional derricks* che si dà a queste grue-capre in America.

Per ridurre al tempo minimo il lavoro di montatura e smontatura, i tronchi di tubi si uniscono nei loro capi senza viti, con semplici giunture scorrevoli. Alcune verghe di acciaio, fissate solidamente nei loro capi alle due estremità dell'albero ed a quelle della volata, e tese su traverse situate alle linee di congiunzione delle porzioni di tubi, assicurano ai due pezzi la solidità necessaria. Una scala collocata lungo le verghe di fasciatura dell'albero facilita l'accesso alla sua cima. Con apparecchi così costruiti si possono maneggiare facilmente anche dei carichi di 20 tonnellate.

Un'altra varietà di *sectional derricks* è rappresentata da grue capre coll'albero e la volata costituita da grossi pezzi di legname solidamente congiunti, pur essendo facilmente smontabili per la comodità del trasporto.

Le corde sia di canapa di Manilla, sia di fili di ferro galvanizzati, colle quali si eseguisce a distanza il maneggio della gru-capra, scorrono lungo la volata e l'albero, passano per la base dell'apparecchio, poi traversano il piedestallo, per dirigersi in seguito verso il motore e avvolgersi finalmente sui tamburi.

Un altro tipo di grue-capre è quello a volata trasversale, quale è rappresentato nella fig. 463. Questa gru si compone di un albero verticale, sul quale è disposta

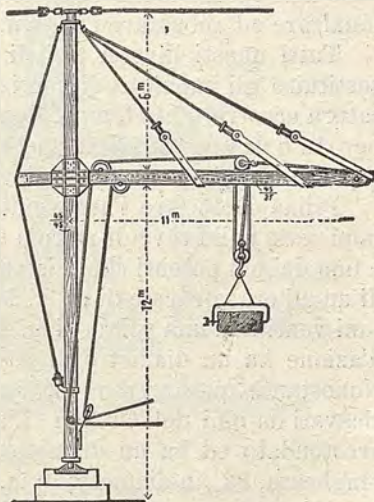


Fig. 463.



Fig. 464.

trasversalmente la volata girevole intorno all'albero, oppure solidale coll'albero quando è girevole questo, appesa per mezzo di tiranti di ferro alla cima dell'albero e lungo la quale scorre un carrello o una puleggia che sostiene il peso. Questo viene perciò sollevato mediante l'argano posto o al piede della gru o in altro punto come accade per la gru della fig. 463, indi spostato in due sensi, cioè nel senso circolare facendo girare la gru, e nel senso trasversale

facendo muovere il carrello della volata, e posandolo così nel punto in cui deve essere collocato. Il raggio d'azione di questa gru è pure di 11 metri.

Tanto nell'un tipo quanto nell'altro gli apparecchi si dispongono nel modo indicato dalla fig. 464, ove si vedono tracciati il rettangolo che deve occupare in pianta l'edificio costruendo, e i campi d'azione di ciascun apparecchio, risultando evidente come in qualunque punto dell'edificio si possano trasportare e collocare a posto i materiali necessari alla sua costruzione.

Apparecchi dell'ultimo tipo descritto furono impiegati nell'edificazione del Palazzo di Governo di Charleston. L'insieme dell'impianto era formato da quattro grue, collocate negli angoli interni dell'edificio, e ciascuna gru aveva l'albero alto m. 18,30, la volata lunga m. 14,60 e la portata di 7000 chilogrammi.

L'impianto usato per la costruzione del Palazzo di Governo di La Porte, aveva le grue della portata di 5 tonnellate, con un albero di m. 20,75 e colla volata di m. 15,75. Lo stesso genere di apparecchio fu usato a Denver (Stati Uniti) nella edificazione di

un palazzo destinato ad una Compagnia di assicurazioni, palazzo rettangolare di m. 61 e m. 38 di lato. Qui gli alberi erano 6, dell'altezza di m. 23 e della squadratura di cm. 40. Le loro cime erano riunite da rigide traverse, e ciascuno di essi, all'altezza di 13 metri sopra il suolo, portava una volata trasversale girevole di 16 metri di lunghezza, sospesa alla cima dell'albero per mezzo di tiranti di ferro. Su ogni volata scorreva il carrello portante la puleggia su cui si avvolgeva la fune dell'apparecchio di innalzamento. Le sei funi si dirigevano passando sulle relative puleggie di rinvio verso l'edificio delle macchine, in cui si contenevano altrettanti argani a vapore della potenza di 40 cavalli ciascuno. Un indicatore e una suoneria collocati presso ciascun apparecchio permettevano agli operai manovranti le grue, di inviare gli ordini necessari al macchinista per innalzare od abbassare i carichi.

Tutti questi diversi tipi di grue-capre presentano il vantaggio, come si disse, di sostituire gli impalcati di servizio molto dispendiosi e per la cui formazione e smontatura occorre tanto tempo. Realizzano così una grande economia di tempo e di spesa: per cui è da augurarsi che anche in Europa prendano voga come la presero in America, il paese ove s'interpreta alla lettera il detto famoso: il tempo è moneta.

Prima di lasciare l'argomento di tali capre, si vuol ricordare ancora l'apparecchio impiegato nelle cave di marmo di Avondale in Pensilvania, e che, nella sua semplicità, è uno dei più potenti che esistano. Esso è simile a quello della fig. 460 ed è composto di un albero verticale di m. 32,20 di altezza solidamente trattenuto alla cima da opportuni venti e di una volata di m. 27,60 girevole intorno alla base dell'albero. Il suo campo d'azione ha un diametro di 46 metri, e può sollevare dei carichi di 100 tonnellate. Nonostante questa grande portata, l'albero e la volata sono semplici travi di legno, ricavati da pini dell'Oregon. L'albero ha una base quadrata di $0,76 \times 0,76$; in alto è arrotondato ed ha un diametro di m. 0,66. Quanto alla volata, rotonda per tutta la lunghezza, ha un diametro di m. 0,635 alla base e di m. 0,534 alla cima. Le estremità sono rivestite con scatole di ghisa, a cui sono fissate le puleggie per le funi, e la base gira in una grande ralla di bronzo. La forza per la manovra dell'apparecchio è fornita da una macchina di 40 cavalli, colla quale si possono imprimere alla fune di sollevamento due velocità diverse, di m. 2,50 o 10 metri per minuto, a seconda dei pesi da sollevare. La volata è innalzata od abbassata con una velocità di 20 metri al minuto: infine il movimento di rotazione del sistema è ottenuto da una fune avvolgentesi intorno ad una ruota orizzontale di m. 3,65 di diametro fissata al piede dell'albero ed il giro completo si ottiene in 3 minuti. La parte metallica dell'apparecchio raggiunge un peso di 7000 chilogrammi e le funi di acciaio pei venti e per la manovra formano una lunghezza di circa m. 1700.

È certo che questi apparecchi di così facile impianto e trasporto e di così grande potenza sono assai migliori e molto più economici di quelle potenti e costosissime grue girevoli, ma fisse, che si vedono nei porti e negli arsenali. Però queste che sono le vere grue fisse non si adoperano nelle costruzioni o solo in qualche caso speciale e per sollevare carichi che devono essere pesati, e per lo scarico di grossi blocchi. Sono però sovente usate le grue scorrevoli o trasportabili di cui si dirà in appresso.

La gru fissa rappresentata nella fig. 465 serve appunto per sollevamento di carichi e di materiali che hanno bisogno di essere pesati. Questa gru, essenzialmente di legno, è costituita da un albero C a sezione esagona, mantenuto verticale mediante i perni della base e dell'estremità inferiore; da una traversa AB fissata con perni e incastri al piede dell'albero e rinforzata dal tirante di ferro D; da una colonna C' che può oscillare ed è guidata nella parte superiore dal cerchio di ferro EF munito di due scontri. Questi possono scorrere negli occhielli *m* ed *n* in modo che C' può inclinarsi di piccole quantità verso C quando ad S siano sospesi i corpi da sollevare, e si mantiene parallela a C, quando nessun peso è sospeso ad S, per effetto del peso della bilancia

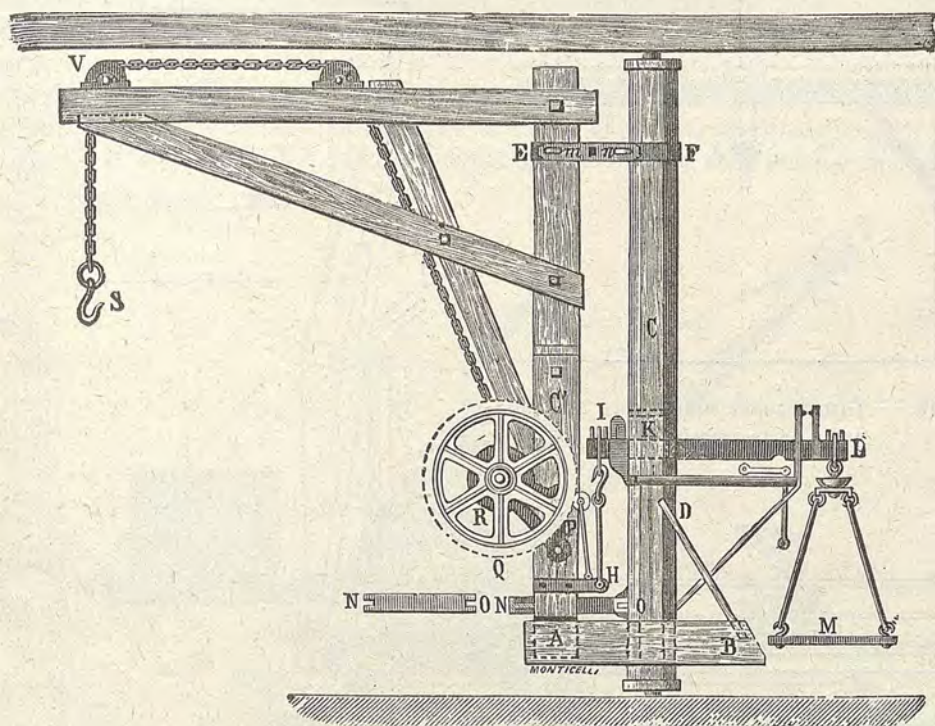


Fig. 465. — Gru fissa con stadera.

C, albero; A B, traversa; D, tirante di ferro; C', colonna oscillante; P, rocchetto; Q, ruota dentata; R, tamburo; M, bilancia.

attaccata in H e mercè gli elementi HI e IK. Il movimento di sollevamento è ottenuto mediante il rocchetto P, la ruota dentata Q ed il tamburo R. Speciali disposizioni sono state adottate per tener conto dell'influenza del peso della catena a misura che questa viene svolta o avvolta di più o di meno.

Fra le grue fisse si accennerà ancora a quelle così dette *a ponte*, colle quali il carico e lo scarico si fa immediatamente sopra il carro che porta il corpo da scaricare o che deve riceverlo. Le fig. 466 e 467 rappresentano due grue a ponte nella prima delle quali il motore a mano è posto nella parte inferiore e nella seconda nella parte superiore. Nel ponte della fig. 466 il carrello R scorre su due rotaie poste sulle traverse superiori del ponte e serve a spostare il peso sospeso alla carrucola N. Nel ponte della fig. 467 i manovratori del carrello e del peso stanno sul ponte stesso, il quale è perciò munito di parapetto N. Una scaletta compresa fra i ritti laterali del ponte serve a dare accesso alla parte superiore di esso. Queste grue a ponte con carrello mobile si dispongono soventi sui castelli e sui ponti di servizio, come già fu accennato trattando appunto delle impalcature e dei castelli.

Nei grandi cantieri di costruzione si fa uso molto spesso e con molto vantaggio delle grue scorrevoli o trasportabili, di cui un tipo è rappresentato nella fig. 468. Esso fu ideato da Morlet, ingegnere Belga, e fu impiegato per la prima volta nella costruzione del Museo di Belle Arti di Anversa. Si compone esso di un'incastellatura a ruote alla cui sommità è imperniato un bilanciante, portante all'estremità superiore la puleggia a cui si sospende il carico. La gru è tutta di legno. Sul carrello di base vengono ad incastrarsi per mezzo di scatole di ghisa, due ritti di m. 19 di altezza, sostenuti e rinforzati da doppie saette e da traverse costituenti un solidissimo castello. Il bilanciante è formato da due travi parallele della lunghezza di m. 17, rinforzate da

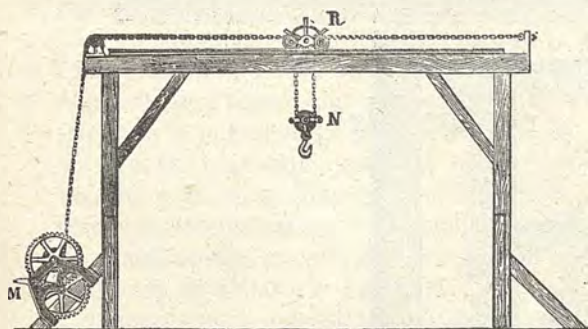


Fig. 466. — Gru a ponte con motore a mano nella parte inferiore.

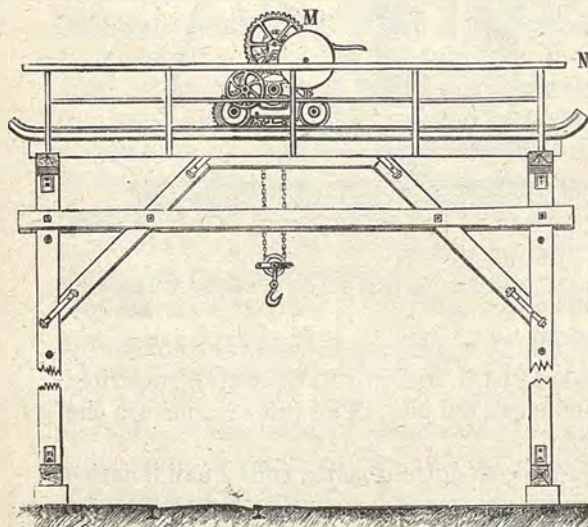


Fig. 467. — Gru a ponte con motore a mano nella parte superiore.

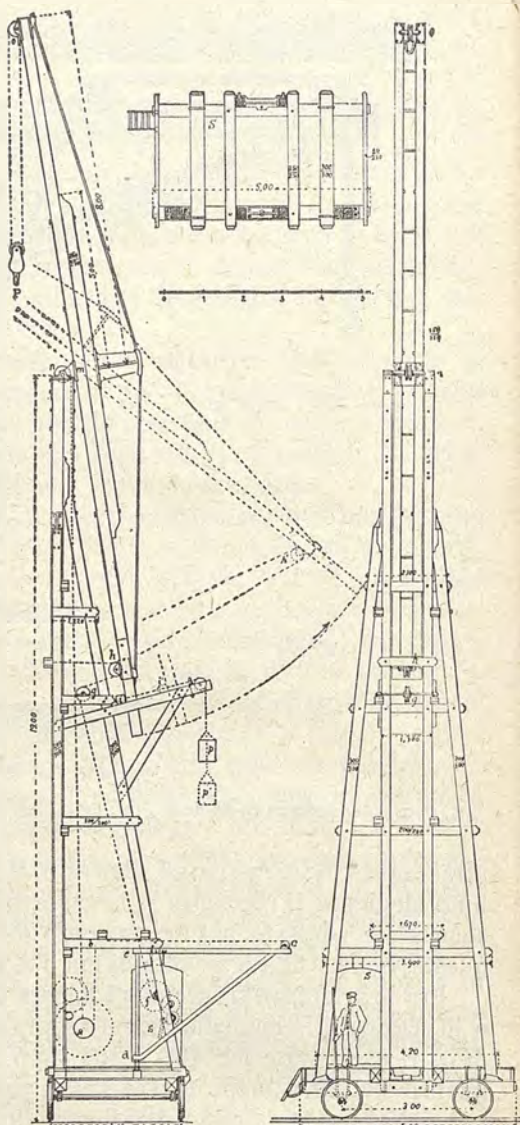


Fig. 468. — Gru scorrevole Morlet-Gossens.

altre travi sovrapposte nel loro mezzo, e mantenute equidistanti mediante traverse di ferro. Esso oscilla intorno ad un asse orizzontale, girante in due cuscinetti fissati alla sommità ai ritti del castello. Il bilanciante porta le puleggie sulle quali si avvolgono la catena del carico (P) e quella di ritorno (h e h') dell'apparecchio.

Per evitare i colpi che avverrebbero per la brusca caduta del bilanciante contro i ritti del piedestallo, quando il bilanciante ritorna nella sua posizione di riposo mh , si dispone un cuscinetto i scorrevole lungo due travi parallele inclinate sorreggenti una carrucola a cui è applicato il peso p . Il bilanciante ricadendo incontra il cuscinetto i , lo fa scorrere lungo le dette travi e fa sollevare il peso p , che serve così di freno. Il movimento di traslazione della gru si ottiene per mezzo di una macchina a vapore S, posta sulla piattaforma del carrello, la quale fa girare gli assi delle ruote mediante una vite senza fine. I diversi movimenti del bilanciante e delle catene di sospensione dei materiali si ottengono per mezzo di un sistema di verricelli indicati in a ed f .

Questa gru porta inoltre alla sua parte inferiore un braccio *cde* che serve allo scarico e carico dei materiali. Un apparecchio del genere e delle dimensioni di quello rappresentato in figura ha la portata di 10 mila chilogrammi.

Un'altra gru mobile o carro-gru che viene usata nei grandi cantieri è quella rappresentata nella fig. 469 e che, con qualche variante, la fig. 470 rappresenta in prospettiva. Queste grue sono simili a quelle comunemente adoperate nelle stazioni ferroviarie.

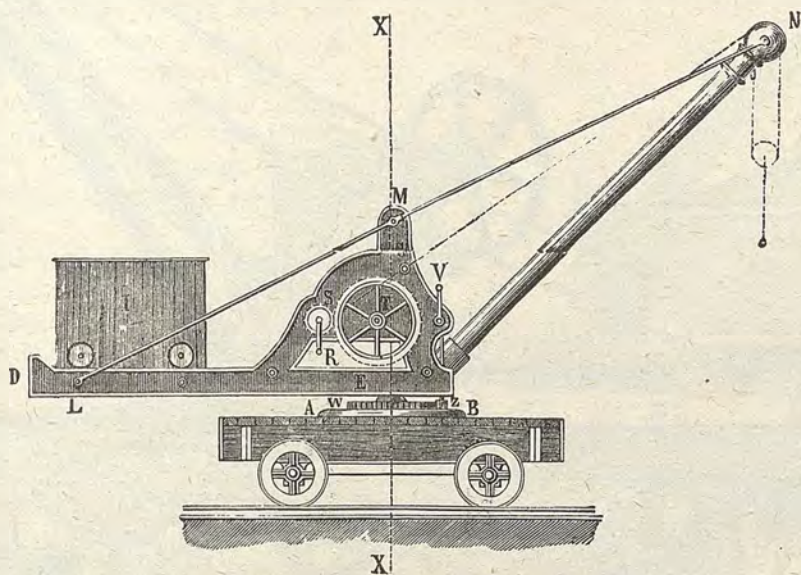


Fig. 469. — Carro-gru.

La gru della fig. 469 consta di un robusto carrello a quattro ruote scorrevole sopra rotaie: su di esso è fissata la piastra *AB* che porta il perno della gru, e sulla piastra è fissata la ruota dentata *W*, colla quale ingrana il rocchetto *Z*, che riceve movimento dalla manovella *V*, e produce la rotazione della gru attorno al proprio perno. La colonna della gru è costituita da un castello di ghisa, ossia da due armature *CELD*, unite fra loro da tiranti, e che sopportano la volata della gru il cui piede è fissato alla parte anteriore di dette armature e la cui testa è sostenuta dal tirante *LMN*. Il castello stesso porta i cuscinetti per la ruota *T* e pel rocchetto *S*, al quale è applicata la manovella *R*. Girando questa manovella si sollevano i pesi sospesi alla testa della volata. L'equilibrio durante il sollevamento è ottenuto col cassone *I* di ferro, nel quale sono posti convenienti pesi e che può scorrere lungo *ED* a seconda dei bisogni. Ordinariamente il tirante può essere attaccato in *N* e articolato in *M*. Allora nel trasporto della gru a distanza, la volata si abbatte orizzontalmente al pari del tirante *MN*.

Lo stesso tipo di gru è rappresentato in prospettiva nella fig. 470. Il carro *AB* è munito delle tanaglie *Vⁱ*, *Vⁱⁱ*, *Vⁱⁱⁱ*, *V^{iv}*, di cui nella fig. 471 si riproduce un tipo, che servono a fissarlo alle rotaie quando la gru deve funzionare. Il castello *C* appoggia sopra un albero centrale, attorno al quale gira insieme colla volata *E* e colle code *D*, portanti il *contrappeso* o *cassa dei pesi* *M*, mobile sulle code *D*. La distanza di esso dall'asse della gru si regola a mano colla manovella *N* a seconda del peso che deve essere sollevato. La manovra della gru è a mano ed è governata da un freno che può essere a nastro od a vite.

Spesso sono preferite alla gru della fig. 469 quelle del tipo rappresentato nella fig. 472, costruite tutte in ferro ed occupanti meno posto, avendo però uguale potenza.

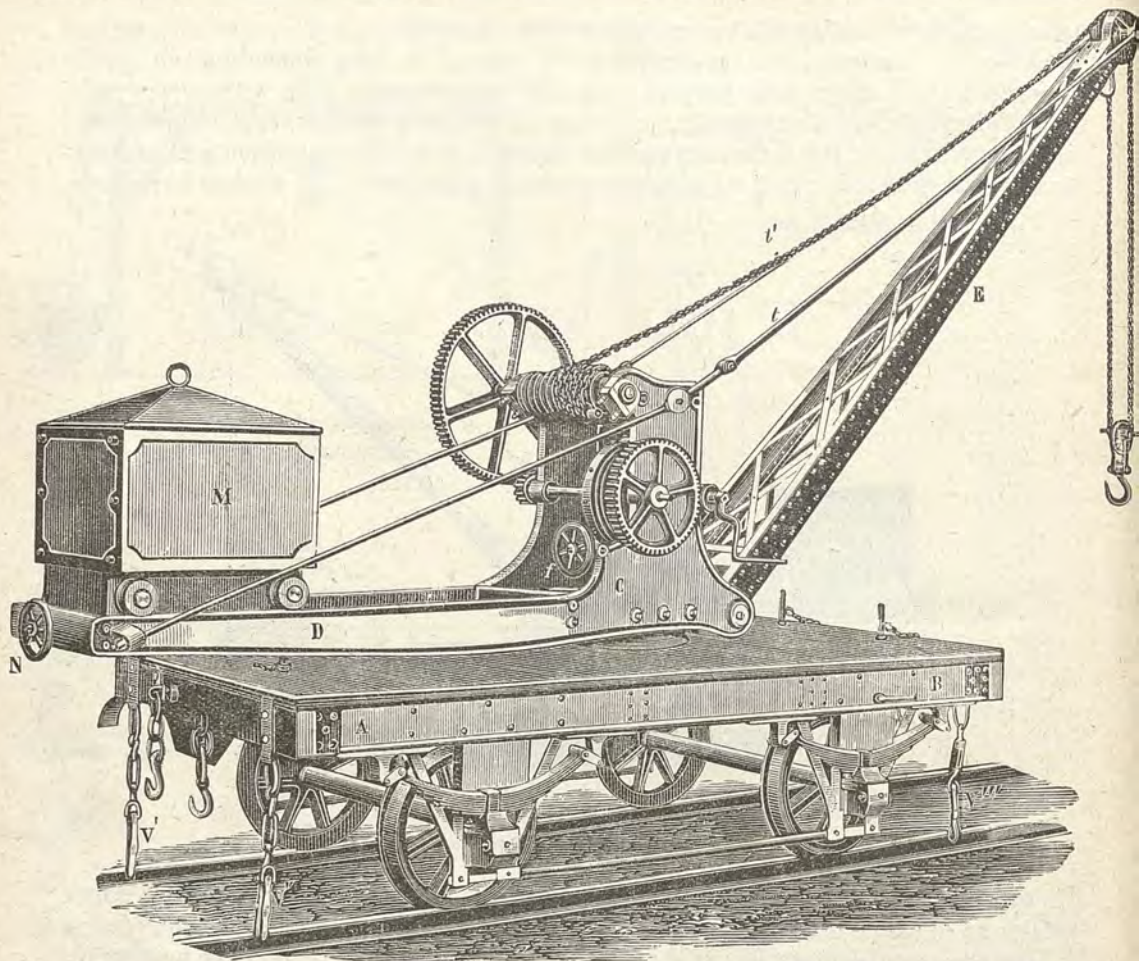


Fig. 470. — Carro-gru.

La volata V è di ghisa, è munita al piede di un disco, e può rotare attorno al perno fissato sul carrello, mentre il disco striscia fra rulli inclinati destinati a diminuire le resistenze d'attrito. Un contrappeso H mantiene l'equilibrio del sistema durante il sollevamento, che è fatto anche qui a braccia, da uomini posti sul carrello della gru.

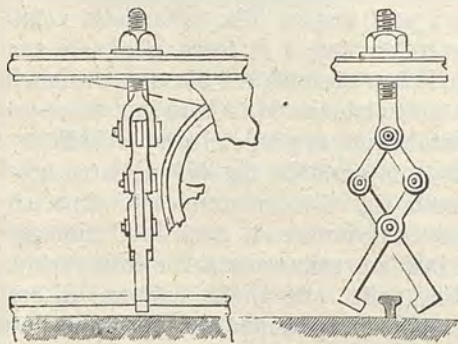


Fig. 471.

In questo, come nei precedenti tipi, è da avvertirsi che, onde il carrello non s'abbatta colla gru, il momento di P ad XX deve uguagliare quello del carico rispetto allo stesso asse.

Come si è visto avvenire per le grue americane, così nei cantieri di grandi costruzioni, avviene di usare le grue mosse a vapore o con forza idraulica o coll'elettricità. Le più semplici di queste grue hanno il solo meccanismo di sollevamento mosso dal vapore, mentre per girare la volata e per far muovere tutto il carro si deve ricorrere alla forza manuale.

Anche le grue a ponte possono essere mobili, e nelle costruzioni può accadere di doverle impiegare con molto vantaggio, specialmente quando i carichi, per es., blocchi di pietra, abbiano un peso maggiore di 250 a 300 Kg. Le armature a ponte sulle quali scorrono tali grue raggiungono spesso considerevole lunghezza: ciò che avviene per esempio nel caso in cui si debba innalzare della pietra da taglio da un punto per portarla in diversi luoghi di una estesa fronte o su due fronti parallele, oppure dove davanti alla facciata vi sieno degli avancorpi più bassi. In questo caso può essere opportuno di trarre partito del corpo avanzato come platea per rizzarvi uno speciale apparecchio di sollevamento (gru a braccio sporgente), dal quale i carichi vengono rimessi alla gru scorrevole collocata ad altezza maggiore.

Le impalcature delle grue scorrevoli a ponte, hanno d'uopo di essere armate molto solidamente rispetto agli sforzi orizzontali che possono verificarsi in causa delle oscillazioni del peso o delle brusche scosse che questo può provocare specialmente quando il sollevamento vien fatto con catene, e dipendenti dall'aggrovigliarsi di queste, o dal loro difettoso avvolgimento sul tamburo o per altre cause.

Anche le grue a ponte mobile possono essere mosse a braccia d'uomo o con forza idraulica, o a vapore o coll'elettricità. Per dare l'idea di una di tali grue se ne rappresenta un tipo nelle fig. 473-474. È esso una gru a ponte mossa per mezzo del vapore colla macchina applicata a metà altezza di una delle gambe del ponte. Essa ha il moto solo in un senso ed è munita di tre cilindri, i quali comandano i tre movimenti che possono ottenersi, cioè quello di traslazione del ponte, quello di spostamento trasversale del peso e quello di sollevamento o di abbassamento del peso stesso.

Avendosi il movimento in un sol senso per il motore, si ottiene il movimento nei due sensi per mezzo di appositi manicotti di frizione comandati dalle leve *a*, *b*, *c*. La posizione delle leve, essendo sempre nel senso del movimento che si vuol dare, serve a evitare qualunque incertezza nel macchinista. Così, ad esempio, la leva *b* comanda il movimento per la traslazione del ponte. Se la leva è nella posizione verticale, il ponte resta fermo: se la leva si tira verso il macchinista, allora è impigliato l'ingranaggio che produce il movimento in quel senso: se per contro la leva si spinge dalla parte avanti il macchinista, si è l'altro ingranaggio che s'impiglia ed il movimento si fa in quel senso.

La trasmissione del movimento alle ruote *R* ed *R'* si fa con due catene Gall. La leva *a* serve per il moto di sollevamento od abbassamento dei pesi, e per ultimo la leva *c* coll'ingranaggio *C'*, comanda lo spostamento trasversale di tutta la taglia *T*. Questo tipo di gru viene costruito dalla ditta Sautter, Lemonnier et C. di Parigi.

I carrelli delle grue a ponte sia fisse che mobili, sono muniti, per le grue di grande portata, di paranchi a vite, e possono sollevare da 5000 a 20000 Kg. Il sistema Lüders perfezionato con freno *Maximum*, è formato da travature metalliche su cui scorre un carrello, che a sua volta porta un altro carrello scorrevole in senso trasversale e munito appunto di un paranco a vite di grande potenza.

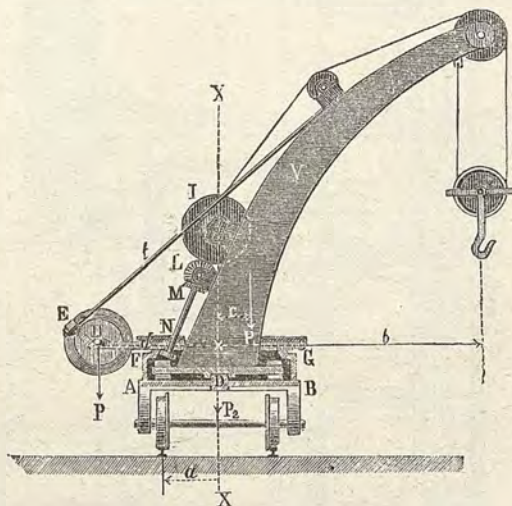


Fig. 472. — Carro-gru tutto metallico.

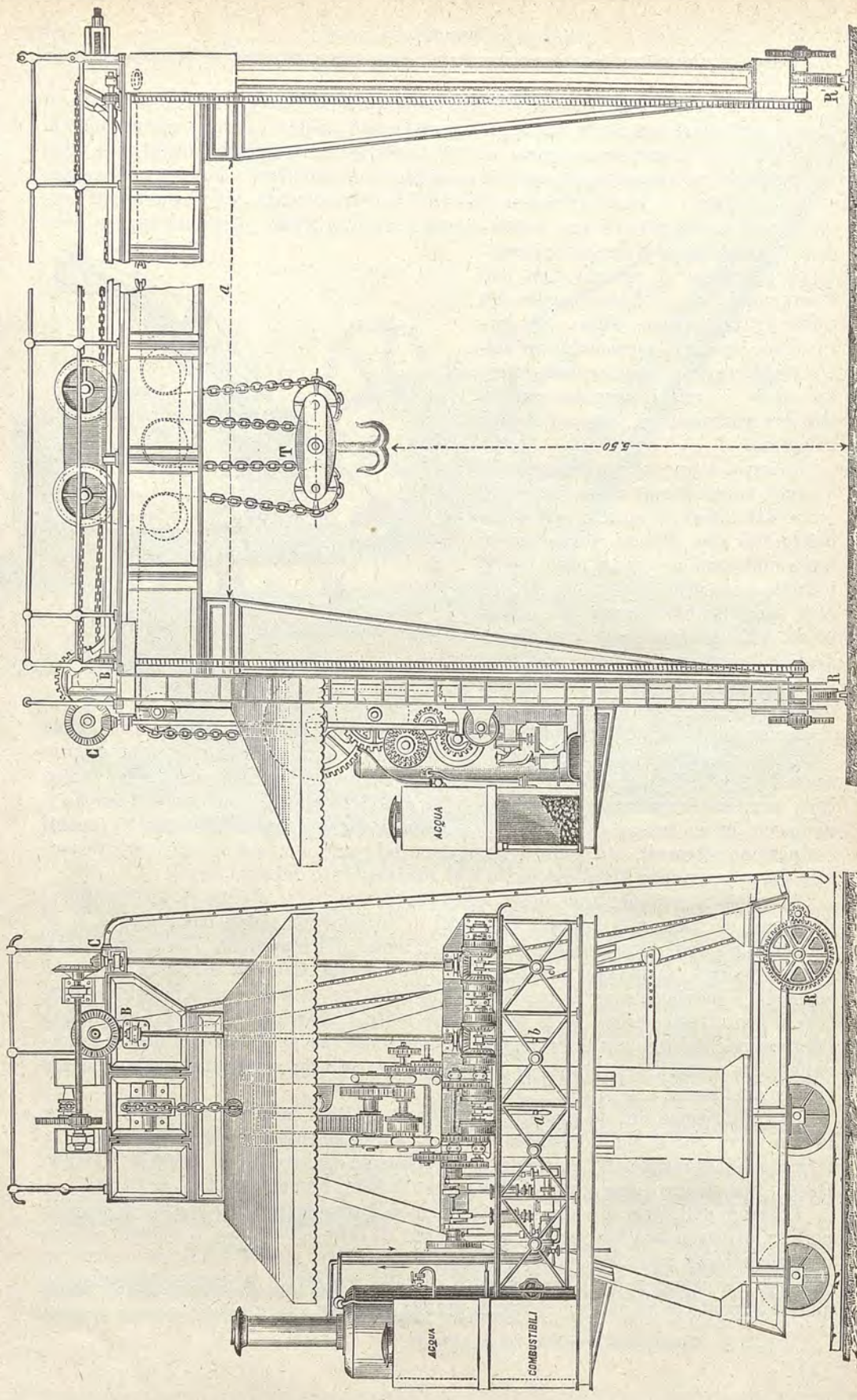


Fig. 473 e 474 — Gru a ponte mobile a vapore

Nell'adoperare le grue in genere occorre evitare gli accavallamenti o raggruppamenti delle catene, giacchè tali fatti, potendo promuovere repentine discese dei pesi sollevati, sono causa di scosse che indeboliscono la catena e ne possono determinare la rottura. Prima di usare la gru è necessario accertarsi che i pesi da sollevarsi non soltanto non eccedano, ma possibilmente neppure eguaglino la loro portata massima, che è segnata per ogni gru sia sulla volata che sui cosciali del telaio od in altra membratura del meccanismo.

Qualche volta può essere utile nelle costruzioni di applicare delle grue così dette da magazzino, cioè di quelle che si appendono a un muro presso un'apertura di finestra dei piani superiori e servono a sollevare i pesi e a introdurli nell'interno della fabbrica per mezzo di detta apertura. La fig. 475 rappresenta appunto una di tali gru. Il sollevamento è ottenuto mediante la manovella M, che produce la rotazione dell'albero CD, e fa avvolgere sul tamburo D la catena esterna della puleggia a cui è appeso il carico E. Il volante V serve a mantenere la gru in posizione normale al muro quando si solleva il peso, o a spostarla in modo da farla addossare al muro stesso, essendo essa mobile intorno all'albero di sostegno AB, quando si vuol portare il carico presso l'apertura per introdurvelo, o nel caso in cui la gru non lavora.

Fra gli apparecchi per sollevamento dei pesi si comprendono i così detti *monta-carichi*, ma questi saranno descritti insieme cogli *ascensori*, poichè servono più propriamente all'innalzamento di merci o di oggetti nei magazzini, nelle officine e simili, mentre solo raramente o in casi troppo speciali vengono usati nelle costruzioni. Si darà però qui un cenno dei *monta-materiali*.

Agli apparecchi elevatori di materiali finora descritti è comune la mancanza di appositi recipienti per contenere il materiale da innalzare. La forma di questi recipienti è importante per più riguardi. I recipienti in forma di casse, senza suddivisioni, richiedono che i singoli pezzi di materiali (laterizi) vi vengano accumulati e poi estratti poco alla volta o pezzo per pezzo. Tali operazioni richiedono molto tempo, durante il quale l'elevatore rimane inoperoso, ed inoltre espongono troppo i materiali al pericolo di guasti. Perciò questi cassoni non vengono adottati che per elevatori della più semplice costruzione, mossi a mano, e per materiali in massa, come malte, sabbia, pietre greggie, ecc., in ogni caso giammai per pezzi lavorati, specialmente di valore, come pietra di rivestimento, ecc.

Perciò quando si fa uso di recipienti elevatori di grandezza tale da comprendere più pezzi di materiale, occorre praticarvi delle suddivisioni, adatte per contenere dei

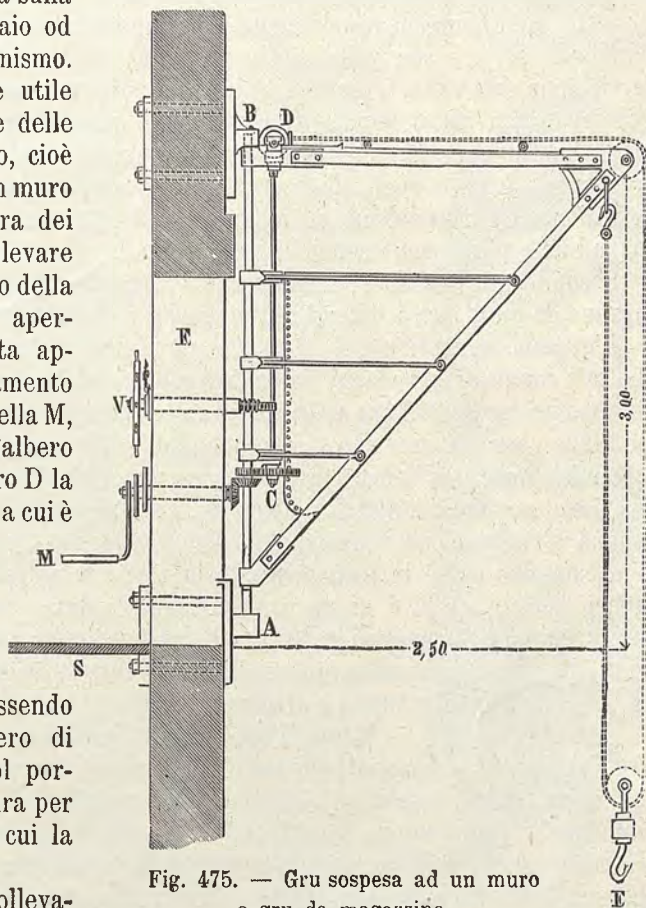


Fig. 475. — Gru sospesa ad un muro o gru da magazzino.

recipienti più piccoli da potersi facilmente introdurre ed estrarre. Questi ultimi recipienti devono provvedersi in numero almeno triplo, affinché nel luogo di carico si possa contemporaneamente riempirne una coppia mentre nel luogo di scarico se ne vuota una coppia e la terza sta innalzandosi; qualche volta se ne aggiunge una quarta che nel frattempo discende.

Riguardo agli elevatori di materiali qui sotto descritti, si deve tener conto di altri requisiti che dipendono specialmente dall'importanza dell'impresa e dal fatto di dovere l'impianto servire una volta sola o più volte. Se si tratta di impianti che debbano servire una sola volta, ordinariamente si preferiscono, anche sotto l'aspetto economico, gli elevatori a mano, facilmente montabili e smontabili e che non richiedono un personale molto esperto. Ove però le officine assumano industrialmente di fornire la prestazione e l'uso degli elevatori, si darà comunemente la preferenza alla maggiore perfezione del meccanismo ed all'impiego di forze elementari con motori idraulici, a gas, ad aria calda, con locomobili a vapore, ecc.

Secondo queste condizioni generali e secondo quelle particolari a ciascun caso, saranno da giudicare i diversi tipi di elevatori di cui se ne descriverà qualcuno.

L'*argano da fabbriche di Paesler* è un argano con incastellatura in legname e con una sola coppia di ingranaggi. Sull'asse motore sono fissate due puleggie per fune, immediatamente accostate l'una all'altra, col disco che le separa fesso in un punto. Per questa fenditura passa la fune che si adagia quindi sulle due puleggie e che ad ambedue le estremità porta una benna per innalzare i materiali. Per fermare il carico in qualsiasi posizione servono dei nottolini d'arresto. I recipienti pei materiali, tostochè si approssimano all'argano, ne vengono alquanto scostati mediante una leva con contrappeso. Sono semplici casse in ferro disposte in modo da potere agevolmente venir appese, capaci di 50 mattoni o di un corrispondente volume di malta. Si può ritenere che impiegando 5 o 6 manovali in 10 ore di lavoro si possono innalzare 140 casse di mattoni (7000 pezzi) e 70 casse colla malta occorrente per murare tale quantità di mattoni. La velocità di innalzamento è di circa m. 0,30.

Elevatori a torre. — Mentre l'elevatore di Paesler non ha un'incastellatura propria e tutt'al più per le maggiori altezze d'innalzamento occorrono un paio di aste fissate agli impalcati per impedire lo sbattere dei recipienti di sollevamento, altri elevatori, come quelli che vengono forniti dalle *Case H. de la Sauce e Kloss e Rössemann e Kühuermann* di Berlino, sono formati da un'*impalcatura a torre* costituita da intelaiatura leggiera metallica, eretta a tronco di piramide con leggiera rastremazione verso l'alto oppure anche con sezione costante per tutta l'altezza occorrente.

Nel primo caso le benne dei carichi si muovono all'esterno della piramide, guidate con girelle od altrimenti, nell'altro caso all'interno della torre; sono a suddivisioni, nel modo già descritto. Pel funzionamento servono motori a gas da 2 a 6 cavalli di forza. In questi elevatori la velocità di ascesa del carico è di circa m. 0,33 ed i cassoni portano 200 a 250 pezzi di laterizi; le piccole casse ne contengono 20 pezzi ciascuna. Secondo la forza motrice, con un lavoro di 10 ore si possono innalzare da 10,000 a 60,000 mattoni colla quantità di malta occorrente per murarli; per 1 cavallo-vapore di forza, circa 10,000 pezzi. — I posti più adatti pel collocamento di queste impalcature a torre sono le gabbie delle scale o le chiostrine, quando siano situate in modo che al piede possano venir servite da un piccolo binario pel trasporto dei materiali. Per rizzare, e così pure per smontare una di queste impalcature, si può calcolare che occorran da 4 ad 8 giornate.

Semplici modificazioni si hanno a introdurre in questi elevatori quando invece l'armatura si vuole fare di legname invece che di ferro. La montatura e smontatura dell'impalcatura in legname richiede però probabilmente maggior tempo di quello occorrente per una in ferro, perchè in questa si possono formare come pezzi unici delle più grandi campate che agevolmente poi si compongono e scompongono.

Di regola è a raccomandarsi di far azionare dal motore, che serve per l'elevatore nell'impalcatura a torre, una pompa per fornire l'acqua occorrente nella costruzione, giacchè si ha l'opportunità di sostenerne il tubo saliente per mezzo della stessa incastellatura ed al motore rimane abbastanza tempo da far agire la pompa nei necessari intervalli di riposo del lavoro dell'elevatore.

Siccome la sicurezza delle impalcature a torre nel primo stadio della fabbrica, quando rimangono per tutta la loro altezza isolate, obbliga a ricorrere a provvedimenti di notevole importanza, e poichè anche è difficile evitare una certa debolezza delle impalcature stesse, che è naturale quando si tratta di costruzioni temporanee ed inoltre soggette a frequenti ricomposizioni, così merita considerazione un altro genere di costruzione, secondo il quale l'impalcatura a torre va elevandosi coll'innalzarsi della fabbrica essendo composta di parti di altezza eguale a un di presso a quella dei piani (4 metri all'incirca); l'altezza dell'impalcatura precorre quindi sempre quella delle muraglie dell'altezza del piano in costruzione e si può assicurare solidamente agli impalcati ed ai muri della parte già eretta.

Il valore economico degli elevatori con impalcatura a torre diventa apprezzabile quando l'altezza di sollevamento supera i 10 metri, per raggiungere i quali l'organismo umano deve sottoporsi a sforzi, dei quali è capace soltanto in condizioni di salute particolarmente buone e dopo un lungo esercizio. I portatori di pietre sono perciò da ascrivere agli operai di categoria speciale e non sono quindi senz'altro sostituibili in tempi di crisi. È stato anzi questo il motivo principale che ha proacciato in questi ultimi anni agli elevatori per materiali o monta-materiali un campo di applicazione molto più vasto di quello che prima era loro riservato.

Le *norie* sono applicate sotto differenti forme come elevatori di materiali di costruzione. Esse sono in tutto simili a quelle che si usano come macchine elevatrici dell'acqua e si compongono di una catena senza fine, a cui sono attaccati i recipienti contenenti i materiali da sollevarsi. Le differenze fra queste norie si riferiscono agli organi che ricevono i materiali ed alle catene e sono fondate sulla circostanza che l'apparecchio, anche se mosso a mano, deve possibilmente essere mantenuto in movimento continuo; però il movimento continuo della catena presenta dei pericoli per gli operai occupati al carico ed allo scarico dei materiali. In ogni caso i recipienti (benne) devono essere piccoli, devono contenere un solo pezzo da potersi caricare o levare d'un sol colpo di mano, oppure anche il recipiente stesso deve potersi staccare d'un sol colpo dalla catena ed in egual modo assicurarvelo.

La fig. 476 rappresenta uno di questi elevatori a catene senza fine, assai usati nel Belgio e sulle rive del Reno. Consta di una coppia di grandi ruote C portate da uno stesso albero, poste ad un'altezza alquanto superiore all'altezza massima di sollevamento, e sulle quali vengono ad accavalcarsi due catene di Gall a circuito chiuso, mantenute alla debita tensione e distanza da una seconda coppia di ruote A disposte inferiormente. Queste hanno lo stesso diametro delle C, e sono montate sopra un albero E che viene messo in rotazione a mano o per mezzo di un motore qualunque. Le catene portano fra di loro tante traverse o tiranti di ferro come *aa*, *bb*, *cc*, *dd* da cui

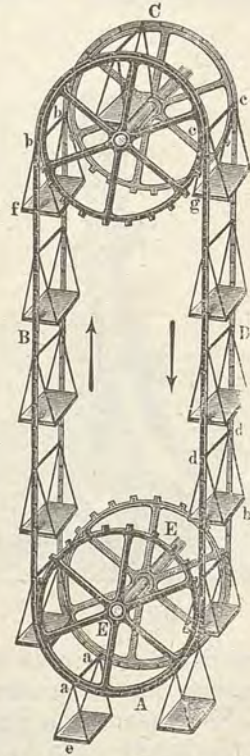


Fig. 476. — Montacarichi a catena senza fine.

pendono a snodo delle piattaforme come *e, f, g, h* in cui viene caricato il materiale da sollevare contenuto entro a panieri, secchie, ecc. Talvolta si sospendono direttamente i detti recipienti ai tiranti *aa*, facendo a meno della piattaforma. La velocità del movimento in questo sistema dev'essere naturalmente piccola e difficilmente supera i 40 cm. Le ruote *C* sono armate di denti i quali vengono a penetrare fra i pioli delle catene di Gall per assicurarne il movimento; talvolta esse sono a corona liscia, ed allora hanno un profilo non più circolare ma poligonale. Alle catene di Gall si sostituiscono con vantaggio le catene così dette *scomponibili* in cui gli anelli possono togliersi od aggiun-



Fig. 477.

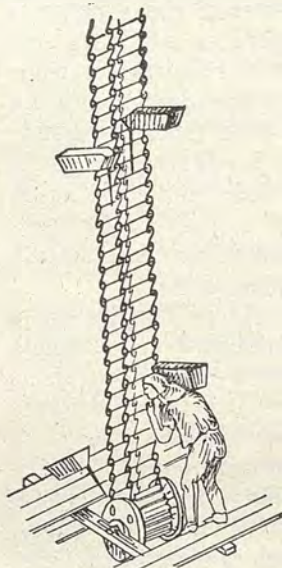


Fig. 478.

gersi a volontà e colla massima facilità, ottenendosi così il vantaggio di poter allungare od accorciare la catena, aumentando o diminuendo il numero delle maglie che la compongono.

La fig. 477 rappresenta un altro tipo di questi elevatori. Alla catena sono congiunti dei ganci a forcilla od anche delle staffe che servono o ad appendervi piccoli secchi di lamiera od a portare direttamente un pezzo di materiale, che giunto in alto cade fuori sopra una tavola a sdruciuolo. Nel sistema della fig. 478 le casse o benne pei materiali sono munite di una coda di ferro e sono da una parte tagliate a sghembo, onde poterle introdurre fra due

elementi di catena alla quale sono trattenute dalla coda appoggiantesi contro alcune traverse della catena e dalle due traverse fra cui penetra la parte tagliata a sghembo.

Se le benne sono attaccate alla catena a distanze piuttosto grandi, non occorre che il movimento della catena sia continuo; può essere invece intermittente ad intervalli regolari ed in tal caso si possono anche adottare recipienti di grande capacità; ma l'esercizio non riesce facilmente economico. Convien però aggiungere che, a motivo del grande peso morto costituito dalla catena, un elevatore a noria fa un servizio quasi sempre poco economico, per il che lo si adotta soltanto per la sua grande semplicità, quando non sia particolarmente adatta al caso speciale la grande variabilità di disposizioni di cui è suscettibile.

Costruzioni speciali. — Da *Eichler* venne proposto di spingere in alto, mediante un ingranaggio, un'asta entro un tubo di forma e grandezza adatta a contenere mattoni, sollevandola di una lunghezza eguale a quella di un mattone e lasciandola poi ricadere libera. Un mattone introdotto nella canna o tubo viene sollevato dall'asta (che fa da stantuffo) e viene abbracciato automaticamente da due *ganascie* che lo stringono, impedendogli di ricadere coll'asta. Così ad ogni colpo di stantuffo la colonna di mattoni che viene a formarsi nella canna, è spinta in alto di una lunghezza di mattone. Il concetto fondamentale della costruzione è ingegnoso e la costruzione stessa capace di essere sviluppata: finora però non è abbastanza perfezionata.

Come semplice informazione merita di essere ricordato il progetto di *Jenisch*, di costruire cioè un *elevatore rotativo trasportabile e scomponibile* come una grande ruota a pioli, con un diametro eguale a metà dell'altezza dell'edificio, disposto per

l'innalzamento del materiale da fabbrica, portante alle estremità dei suoi lunghi bracci di legno, dei piccoli recipienti fissi, entro i quali vengono da una parte introdotte e dalla parte opposta estratte delle cassette riempite di laterizi o di malta. Anche facendo astrazione da ciò che i carichi disposti in modo non simmetrico rispetto la centro della ruota influiscono assai sul movimento dell'elevatore e lo rendono pericoloso per gli operai, è evidente che la massa morta da mettere in moto è troppo grande perchè l'apparecchio possa avere un effetto utile conveniente.

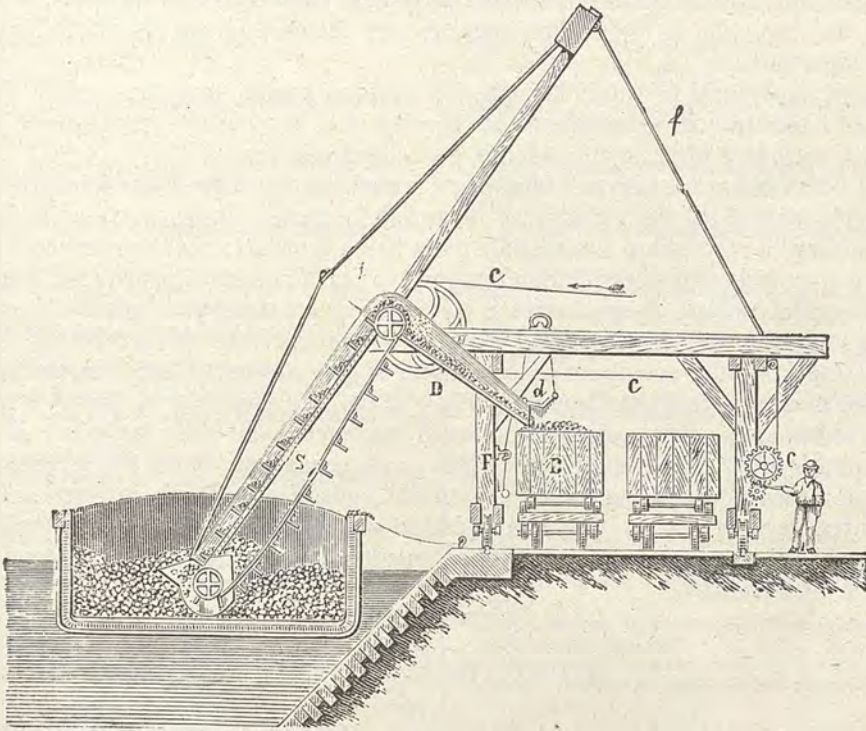


Fig. 479. — Draga o apparecchio elevatore Chretien.

S, noria; F, ponte di legname; C, argano; *f*, fune di comando della trave armata *g*; *c*, trasmissione per il movimento della noria S; D, doccia; B, carri di trasporto.

Sdrucioloni. — Sotto questo nome si indicano delle canne di legno, entro le quali (per preservarli dalla rottura) si fanno scorrere in basso i materiali, come mattoni o tegole, per es. nel caso di demolizione; soddisfano quindi allo scopo opposto di quello che hanno gli elevatori; ciò non di meno sono da ascriversi fra questi per lo stretto legame che esiste fra tali apparecchi.

La sezione di questi sdrucioloni deve essere il più che sia possibile adatta alla forma e grandezza del materiale, avvertendo però che questo non sia troppo serrato, anche per l'altro motivo che all'estremità inferiore della canna (s'intende quando sia affatto chiusa) si verifica un condensamento dell'aria che agisce nel senso di frenare il movimento dei pezzi.

Perchè sia meno in pericolo l'operaio che deve prendere fuori pezzo per pezzo i materiali che discendono, si pensò di munire l'estremità inferiore di una botola rinchiodentesi automaticamente per mezzo di molle. Però con questo provvedimento non si realizza l'assoluta sicurezza per la mano dell'operaio.

Miglior servizio presentano a questo riguardo gli sdrucioloni di *Esmann*, i quali all'estremità inferiore e posteriormente hanno un'apertura, sotto alla quale sta un

cavalletto imbottito su cui rimangono adagiati i materiali discendenti: da questo posto, tostochè vi si sono arrestati, possono venir levati senza pericolo della mano dell'operaio.

Un altro tipo di questi scivolatoi è quello proposto da *Ransleben e Glück*. La canna parimenti chiusa da ogni lato viene a sboccare all'estremità inferiore in un *cassone* entro cui vi ha un congegno formato con listelli, il quale gira in modo che il primo pezzo discendente viene voltato a destra ed esce da quella parte del cassone, mentre il seguente esce dalla parte opposta. Viene così raddoppiato il tempo che intercede fra l'uscita di due mattoni dalla medesima parte, procurando all'operaio che deve levare i pezzi un intervallo di tempo ben regolato per eseguire il suo compito colla conveniente sicurezza.

Fra gli apparecchi elevatori di materiali possono ancora comprendersi le *draghe*, il cui uso riesce talvolta conveniente in ispeciali casi, benchè esse siano specialmente destinate a scavare terra, sabbia, melma e a sollevare acqua.

Una draga che può utilmente impiegarsi quando un cantiere si trovi in prossimità di un corso d'acqua sul quale giungono i materiali, è quella rappresentata nella fig. 479, la quale serve a raccogliere il materiale dalla barca o chiatta che ha portato il materiale e a riversarlo entro carri che lo trasportano poi ai luoghi di scarico del cantiere. L'apparecchio consiste in una noria S costituita da una coreggia armata di palette avvolta sopra due rulli, sostenuti dal ponte in legname F, che può scorrere sopra un binario disposto sulla sponda. A questa noria si può assegnare una diversa inclinazione per mezzo dell'argano C manovrabile a mano, che comanda la fune f, attaccata alla trave armata g. Tale noria, che riceve il movimento dal rullo superiore, il quale a sua volta lo riceve da un motore a vapore o ad acqua per mezzo della coreggia C, prende il materiale dalla chiatta e lo trasporta nella doccia D, da cui esso cade nei carri di trasporto B. La doccia è munita di uno sportello d che serve a chiuderla e ad impedire che il materiale cada sulla strada quando al carro riempito se ne deve sostituire un altro vuoto.

BIBLIOGRAFIA

Se si volessero citare tutti i libri e le pubblicazioni in cui si tratta più o meno ampiamente degli argomenti svolti in questo capitolo, si dovrebbero citare tutti i trattati di costruzione, quasi tutte le pubblicazioni tecniche periodiche, le enciclopedie e i dizionari tecnici, le pubblicazioni di tecnologia, di chimica, di meccanica ecc., i molti manuali e prontuari per gli ingegneri, pei costruttori ecc. poichè in tutte si troverebbero nozioni sulle qualità dei legnami, sul loro uso, sul modo di conservarli, sulle svariatissime costruzioni in legno, sui castelli, sulle armature, sugli attrezzi e macchine da cantiere ecc.

Per lo stesso fatto non è possibile stabilire una divisione bibliografica, in modo di avere una bibliografia speciale per ognuno dei detti argomenti; si limita perciò questa bibliografia alle pubblicazioni che contengono nozioni più vaste o particolareggiate intorno agli argomenti ora trattati, rimandando per le altre, cioè ai trattati di costruzione, pubblicazioni periodiche, dizionari, enciclopedie, manuali ecc. alla bibliografia generale che è data alla fine di questo primo volume dell'opera e che si riferisce alla costruzione in genere. Si aggiunge però qui una breve lista delle speciali pubblicazioni che trattano del legno e delle costruzioni in legname. Si nota poi ancora che la presente bibliografia si completa con quelle che sono date dopo i capitoli che trattano dei lavori da falegname, da muratore, della costruzione dei tetti ecc.

Pubblicazioni italiane.

- ALUISETTI GIULIO e FELICE PIZZAGALLI. — *Dell'Arte del Carpenterie*, Milano 1827.
Architettura del legno. — Istruzioni teorico-pratiche e raccolta di motivi per costruzioni civili, stradali, architettoniche ed artistiche. Saldini, Milano.
 ARMINJON. — *Elementi di Attrezzatura*. Genova (relativamente ai nodi per funi).

- BAGGI V. — *Tetti e tettoie (Enciclopedia d'Arti e Industrie)*. Unione Tip.-Editrice, Torino.
 BELLUOMINI G. — *Prontuario per la Cubatura dei legnami rotondi e quadrati secondo il sistema metrico decimale*. Hoepli, Milano 1891.
 ID., *Manuale dei falegnami*. Hoepli, Milano.
 BELTRANDI V., *Colorazione e conservazione dei legnami* (articolo dell'*Enciclopedia Arti e Industrie*). Unione Tip.-Editrice, Torino.

- BENZONI V., *Legname* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- BOCCARDO E. G., *Corde* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- Id., *Gru* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- BOUBÉE P., *Le costruzioni in legno*. Napoli 1892.
- BREYMANN G. A., *Trattato generale di costruzioni civili. — II. Costruzioni in legno*. Francesco Vallardi, Milano.
- CERRI N., *Porte e finestre* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- CERRIANA S., *Commessure* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- Id., *Solai, soffitti e pavimenti* (Id.). Id.
- Id., *Nodi per funi* (Id.). Id.
- Id., *Scale* (Id.). Id.
- DONGHI D., *Legnaiuolo* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- ELIA, *Principii di tecnologia meccanica*. Loescher, Torino.
- EMY A. R., *Trattato dell'arte del carpentiere*. Venezia 1856.
- FARPEN C. G., *Prontuario per la cubatura dei legnami rotondi*. Genova 1889.
- FONTANA, *Castelli e ponti di maestro Nicolò Zabaglia*. Marco Pagliarini, Roma 1743.
- GUERNIERI, *Manuale pel commerciante dei legnami*, con cenni riguardanti l'origine dei boschi, l'analisi di un albero, i dati per distinguere alcuni alberi di costruzione, i segni per conoscere la buona qualità degli alberi, il taglio degli alberi, ecc. Trieste 1862.
- GUI G. A., *Carpenteria, Misura analitica di tutti i legnami da falegname occorrenti per l'architettura civile*. Roma 1874.
- KOHLMANN, *Tavole cubiche di legni rotondi calcolate a misura metrica*. Id., *Id. di legni tagliati e sgrossati*. *L'Ingegneria a Venezia dell'ultimo ventennio* (sui restauri del Palazzo Ducale di Venezia dell'ing. FORCELLINI).
- MAZZOCCHI LUIGI, *Trattato delle costruzioni in legno*. Milano. Id., *L'abete nelle costruzioni*. Manini, Milano 1893.
- MAZZOLA F., *Macchina per sollevare e trasportare pesi* (articolo nell'Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- RENAZZI, *Castelli e ponti di maestro Nicola Zabaglia*. Roma 1824.
- RICCIO C., *Le costruzioni fatte per l'Esposizione generale italiana di Torino nel 1884*. Torino.
- RONDELET, *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare* (vedi tomo III, parte I). Mantova 1833.
- SACHERI, *Le costruzioni moderne all'Esposizione Universale di Parigi del 1878*. Camilla e Bertolero, Torino.
- SAVI, *Sui legname d'abete*.
- SODRERO, *Manuale di chimica applicata alle arti*. Torino 1867.
- SUSANI, *Sui diversi metodi d'intezione dei legnami*. Torino 1860.
- VEROLE P., *Draghe* (Enciclopedia Arti e Industrie). Unione Tip.-Editrice, Torino.
- Publicazioni francesi.**
- ADHÉMAR A. J., *Traité de charpente*. Paris 1849, 4^e edit. 1872.
- ADHÉMAR J., *Applications de géométrie descriptive à la charpente*. Paris 1861.
- ADRIAN A., *Tarif de cubage des bois*. Ducher, Paris.
- ALHEILIG, *Recette, conservation et travail du bois*.
- ARDENT P., *Études théoriques et expérimentales sur l'établissement des charpentes à grande portée*. Metz 1840.
- ARMENGAUD aîné, *Appareils de levage, grues fixes et mobiles, ponts roulants, monte-charges, treuils*. Paris.
- Id., *Publication industrielle des machines, outils et appareils*.
- AUBINEAU, *Traité de la construction des escaliers en charpente et en pierre*. Paris.
- AUCAMUS, *Bois et métaux*.
- BLANC P., *Nouveau traité élémentaire et pratique d'escaliers*. Paris.
- ROITEBEAU C., *Nouveau manuel complet de la construction des escaliers en bois*. Paris 1870.
- BROUSSE P., *Enseignement sur l'art de la charpenterie*. Bordeaux 1873.
- BRUAND, *Notice sur le débit et les emplois du châtignier, etc.* Paris 1878.
- BURY, *Modèles de Menuiserie*. Paris.
- CABANIÉ B., *Charpente générale théorique et pratique*. Paris 1864.
- GASTOR, *Recueil de machines à drager et appareils élévatoires*.
- CHARPENTIER P., *Le bois - Propriétés physiques et chimiques du bois - Conservation du bois - Application des bois, etc.* 1890.
- CHÉRY J., *Construction en bois et en fer*. Paris, Ducher, 1878.
- CHOISY A., *L'art de bâtir chez les Romains (La construction en charpente)*. Paris 1873.
- CHRÉTIEN, *Crues, monte-charges, etc.* Paris.
- Collection des divers noeuds les plus fréquemment employés par les Ingénieurs* (Biblioteca Duca di Genova, Torino).
- COULON A. G., *Menuiserie descriptive*. Nouveau Vignole des menuisiers. Ouvrage théorique et pratique utile aux ouvriers, maîtres et entrepreneurs, 2 vol. in-4°. Paris.
- CROISSETTE DENOYERS, *Notice sur le débit et les emplois des principales espèces des pins*. Paris 1878.
- DARTHUY, *Treillageur, traitant de l'outillage, de la fabrication à la main et à la mécanique de la confection des grillages, claires, jalousies, etc.*
- DAVIET, *Charpente en bois*. Paris.
- DEBAUVE A., *Procédés et matériaux de constructions*. IV. *Outilage et organisation des chantiers*. 1888.
- Id., *Exécution des travaux*.
- DEGEN L., *Les constructions en bois - Motifs de décoration et d'ornement*. Paris, Morel, 1869.
- DELATAILLE E., *Art du trait pratique de charpente*. Tours 1870-80, seconda edizione 1888.
- DE LONGRAIRE L., *Raideur des cordages*. Paris.
- DE LOSTALOT A., *Les arts du bois*. 1890.
- DEMONT, *Nouveau traité de charpente ou Vignole à l'usage des ouvriers charpentiers et de tous les constructeurs*. Paris.
- DENFER J., *Architecture et constructions civiles - Charpente en bois et menuiserie*. Baudry, Paris 1892.
- Dictionnaire de menuiserie et de charpente*. André Daly, 1889, Paris.
- DUPONT et BOUQUET DE LA GRVE, *Les bois indigènes et étrangers*. Paris, Rothschild, 1875.
- EMY A. B., *Description d'un nouveau système d'arcs pour les grandes charpentes exécuté sur un bâtiment de vingt mètres de largeur*. Liège 1854.
- EVRARD A., *Les moyens de transport, appliqués dans les mines, les usines et travaux publics*. 1873-74.
- EYERRE, *L'appareil et la pratique de la Charpenterie ou charpente civile en bois*. Paris 1854.
- FABRE, *Théorie des charpentes, donnant des règles pratiques pour la construction des fermes et autres appareils en bois et en fonte*. Paris.
- FERRAND J., *Construction en fer et en bois - Charpentes décoratives pour ateliers, magasins, halles, galeries, etc.* 1881.
- FREZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes*. Strasbourg 1737.
- FROCHOT A., *Guide de cubage et d'estimation des bois*. 1870 Paris.
- GANET, *Tarif pour le cubage des bois*. Paris.
- GATEUIL et BESANCENET, *Recueil pratique de charpente*. Paris.
- GENTY JEAN, *Le petit menuisier*. Bernard, Paris.
- GLADBACH E., *Les constructions en bois de la Suisse, relevées dans les divers cantons et comparées aux constructions en bois de l'Allemagne*. Texte traduit par SCHACRE et HENRI DE SUCKAU.
- GODARD et O. PÉRINET, *Tarif métrique pour la réduction des bois en grume de 2 en 2 cent. et des bois en grume de la charpente de 3 en 3 cent., suivie d'un tarif pour la réduction des sapins*. Paris 1886.
- GONIN E., *Manuel pratique de construction*. Paris 1877.
- GOUILLY A., *Résumés sur l'architecture et les sciences qui s'y rattachent*. Bernard, Paris.
- GOUSAUD A., *Manuel du cubage et d'estimation des bois*. Paris 1886.

GRISARD I. et M. VANDEN-BERGHE, *Les bois industriels indigènes et exotiques - Synonymie et description des espèces - Propriétés physiques des bois, qualités, défauts, usages et emplois.* 1893.

HALLOPEAU et LASCOMBE, *Les matériaux de construction et leurs emplois.* Bernard, Paris.

HANUS, BISTON, BOUTEREAU et GAUCHÉ, *Charpentier. Encyclopédie Roret.* Paris.

HASSENFRATZ J. H., *Traité de l'art du charpentier.* Paris 1804.

HEBER, *Construction en bois.* Paris.

Id., *Menuiserie en bâtiment.* Paris.

Id., *Petits travaux d'architecture en bois.* Paris.

KRAFFT J. CH., *Plans, coupes et élévations de diverses productions de l'art de la charpente.* Paris 1805.

Id., *Traité sur l'art de la charpente,* 2 vol. Parigi 1840.

Id., *Traité des Echafaudages.*

JAMIN LÉON, *L'enseignement professionnel du menuisier.* Dunod, Paris 1894.

JOUSSE M., *Le théâtre de l'art de la charpenterie,* enrichi de diverses figures avec l'interprétation d'icelles. La Flèche 1664.

JOUSSE et DE LA HIRE, *L'art de charpenterie.* Paris.

LEGAMUS de MÉZIERES, *Traité de la force des bois.* Paris 1782.

LIGER, *Pans de bois et pans de fer.* Paris.

LOYAU, *Charpentes en bois.* Paris, Ducher.

MALEPEYRE F., *Le technologiste.* Paris, Roret.

MAZEROLLE L., *Traité théorique et pratique de Charpente en bois.* Paris.

MÉGY et JÉBERT, *Appareil de levage - Appareils employés dans les travaux publics - Ponts roulants - Ascenseurs.* Bernard, Paris.

MERLY J. F., *Le livre de poche du charpentier - Application pratique à l'usage des chantiers, etc.* Paris, Hetzel.

MICHEL et BOUTEREAU, *Vignole du charpentier.*

NORMAND CH., *Le Vignole des ouvriers,* IV partie, Scale. Paris.

NOBMAN et MAIGNE, *Menuisier en bâtiment (Enc. Roret).* Paris.

OSLET G., *Traité de charpente en bois.* Paris.

PALAA G., *Engins appareils des grands travaux publics.* Paris, Lacroix, 1808.

PAULET, *Traité de la conservation des bois.* Baudry, Paris.

PAYN, *Mémoire sur la conservation des bois.* Paris 1857.

PILLET J., *Traité de stéréotomie, charpente et coupe des pierres.* Paris.

PONCELET M., *Essai sur l'art de tracer la menuiserie.* Liège 1835.

Portefeuille des travaux de vacances de l'École centrale. Paris (Appareils de levage et de pesage).

POUTIERS A., *La menuiserie.* Paris.

Revue technique de l'Exposition Universelle de 1889. Paris, Bernard.

Revue technique de l'Exposition Universelle de Chicago en 1893 par GRILLE et FALÇONNET.

ROUBO, *L'art de la menuiserie.* Paris.

ROUBO et DELBREL, LEMAIRE et GODARD, *Traité et modèles d'escaliers d'art.* André Daly, Paris.

SANGUINETI A., *La décoration en bois découpé.* Roret, Parigi.

Id., *Petite charpente et menuiserie pittoresques.* ...

Id., *La décoration en treillage.* Id.

Id., *Album d'escaliers.* Id.

Id., *Croquis de menuiserie moderne pour bâtiments.* Id.

Id., *Album de la menuiserie moderne.* Id.

STORCK, *Les travaux simples de menuiserie, charpente, etc.* (Periodico), Paris.

THIERRY, *Traité d'escaliers en pierres, en charpente, en fonte.* Paris.

VANDOU, *Le menuisier en escaliers - Traité pratique de la construction des escaliers, suivi des plafonds pleins et assemblages.* Paris 1882.

WANDERLEY G., *Traité pratique de constructions civiles - III. Le bois dans la construction.* 1885-86.

Periodici.

Bois (Le). Paris.

Journal de menuiserie (CHABAT). Paris.

Menuiserie et l'ébénisterie. Paris.

Moniteur des bois de construction. Paris.

Recueil de menuiserie pratique. Paris.

Publicazioni tedesche.

ADLER G., *Der Zimmermeister und Bau-Unternehmer.* Scholtze, Leipzig 1882.

BACHARACH, *Der Treppenbau.* Wiesbaden 1855.

BAUMEISTER R., *Holzkonstruktionen.* Berlin 1875.

BEHSE W. H., *Die praktischen Arbeiten und Konstruktionen der Zimmermanns in allen ihren Theilen.* 6 Aufl. von MATTHAEY'S, Baukonstruktionen des Zimmermanns. Weimar 1868, 8 Aufl. 1887.

Id., *Der Bau Hölzerner Treppen.* Weimar 1868.

BETHKE H., *Holzbauten.* Stuttgart.

Id., *Details für dekorativen Holzbau.* Stuttgart.

BICKELL L., *Hessische Holzbauten.* Marburg 1887-91.

BOETTICHER K., *Die Holz-Architektur des Mittelalters.* Ernst & Korn, Berlino.

CREMER und WOLFFENSTEIN, *Der innere Ausbau. Sammlung ausgef. Arbeiten für Maurer, Zimmerer, Tischler, Schlosser, Töpfer u. s. w.* Wasmuth, Berlin 1889.

DAHL J. C. G., *Denkmale einer sehr ausgebildeten Holzbaukunst Norwegens.* Dresden 1837.

DEGEN L., *Holzarchitektur.* München.

DELBREL E., *Treppenbau in Holz.* Grundrisse und Details von Treppen für Privatbauten, Hotels, Geschäftsräume, etc. Berlin.

Deutsche bautechnische Taschenbibliothek:

Dispensa 69, 70 e 73. *Der Zimmermeister und Bau-Unternehmer,* von G. ADLEN. Leipzig 1881.

» 55, 56. *Die Bautischlerei,* von C. A. ROMSTORFER. 1880-81.

DIETRICHSON u. MUNTHE, *Die Holzbaukunst Norwegens in Vergangenheit u. Gegenwart.* Berlin.

FELLER J., *Die Schmiedekunst.* Düsseldorf.

FINK F., *Die Schule des Bautischlers.* Leipzig 1858, 3 Aufl.: *Der Bautischler oder Bauschreiner und der Fein-Zimmermann.* 1877.

FRANKE G., *Der praktische Bautischler.* Halle 1870.

FRAUENHOLZ W., *Baukonstruktionenlehre für Ingenieure:* II. Band: *Holzkonstruktionen.* München 1876.

FRICKE AUG., H. KAEMMERLING und F. STOCK, *Vorlagen für Architekten, Bautischler, Zimmerleute, Bauunternehmen.* Scholtze, Leipzig.

GEIER F., *Holzverbindungen Deutschlands.* Mainz 1841.

Id., *Statistische Uebersicht der Holzverbindungen von Mittel und Süddeutschland.* Mainz 1859.

GOTTGEBRE R., *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen.* - II. Theil, *Die Arbeiten des Zimmermanns.* Berlin 1882.

Id., *Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien.* Berlin 1880.

GRAEF AUGUST und MAX GRAEF, *Die Moderne Bautischlerei für Tischler und Zimmerleute.* Weimar 1886.

GRELLMANN C. T., *Lehrbuch der praktischen Zimmerkunst.* Leipzig 1858.

GROPIUS und SCHMIEDEN, *Dekorationen innerer Räume.* Ernst & Korn, Berlino.

GUGGENBERGER A., *Leichte Holzbauten.* München.

HAMPEL J. G. G., *Lehrbuch der höheren Zimmerkunst.* Leipzig 1839.

Handbuch der Architektur (Durm) - Dritter Theil: Constructions - Elemente in Stein, Holz und Eisen. Darmstadt 1891.

HAEMLE A., *Album von Holzarchitektur.* Karlsruhe.

HARRES B., *Die Schule des Zimmermanns.* Leipzig 1860-62. (I Theil: *Die Hochbauten.* 6 Auf. 1878).

HITTENKOPFER, *Neuere Dachbinder.* Leipzig.

Id., *Praktische Holzarchitektur.* Scholtze, Leipzig.

Id., *Holz-Architektur-Ornamente.* Leipzig, Scholtze.

Hochbau-Musterhefte, architektonische. - VII-VIII. *Häuser in Holz-Architektur.* 1890-93.

HOFFMANN J. G., *Hauszimmerkunst.* Königsberg 1819.

HOLZ J. W., *Holz-Architektur.* Leipzig 1878.

HOLZHEY E., *Vorträge über Baumechanik.*

HÖRNIG G. S., *Grundsätze und Erfahrungen in Betreff der verschiedenen Zimmerarbeiten bei dem Land und Wasserbau.* Dresden und Leipzig 1834. 4 Aufl. von R. HEYN. Leipzig 1875.

KARMAUSCH K., *Handbuch der mechanischen Technologie.* - II, 2. *Bearbeitung der Hölzer, des Hornes.* 1891.

- KRETSCHMER K., *Die Holzverbindungen*. Wien 1885.
 Kubik-Tabelle für Metermaas, der Inhalt runder und vierkantiger Hölzer aufweisend, zum Gebrauch für Bautechniker, etc. 1882.
- JEEP W., *Die Bau-Maschinen*. Leipzig.
- JASEL H., *Wandtäfelungen und Holzdecken*. Leipzig, Scholtze.
- LEDEBUR A., *Die Verarbeitung der Holzes auf mechanischen Wege*. Braunschweig 1881.
- LEHFELDT Dr. P., *Die Holzbaukunst*. Berlin 1880.
- MATTHAEY C., *Theoretisch-praktisches Handbuch für Zimmerleute etc.* Weimar 1829-40, 5 Aufl. von W. HERTEL. 1862.
- MICHEL J., *Praktische Baugewerbslehre*. Wien 1870.
- MITTERER H., *Die deutsche Zimmerwerks-Kunst, etc.* München 1825. 5 Aufl. 1840.
- MÖLLINGER C., *Baukonstructions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höster-Zimmerkonstruktionen*. 1 und 2 Hef. Halle 1869.
- MÜLLER H., *Die Hauszimmerkunst*. Leipzig 1858.
- NOSBAN L., *Vollkommenes Handbuch für Möbel und Gebäudeschreiner, etc.* Ulm 1829.
- OTT K., *Vorträge über Baumechanik*.
- PRIES H., *Die einfachen Zimmerkonstruktionen*. Kiel 1888.
- PRINTZ T., *Die Bau und Nutzhölzer, oder das Holz als Rohmaterial für technische und gewerbliche Zwecke, ebenso als Handelswaare*. 1884.
- PROMNITZ J., *Der Holzbau*. Leipzig 1881.
- Id., *Der praktische Zimmermann*. Halle 1860-69. 2 Aufl. von G. WANDERLEY, 1874.
- REBHANN G., *Theorie der Holz und Eisenkonstruktionen*. Wien 1855-56.
- REUSS, *Anweisung zur Zimmermannskunst*. Leipzig 1764. 3 Aufl. 1789.
- ROMBERG J. A., *Handbuch für Bautischler*. Hamburg 1836.
- Id., *Die Zimmerwerks-Kunst*. München 1831-33. 3 Aufl. 1850.
- ROMSTORFER K., *Die Bautischlerei*. Scholtze, Leipzig 1880.
- RÜCKWARDT H., *Moderne Holz-Bauten*.
- SCHRÖDER Ch., *Die Schule des Tischlers, etc.* Weimar 1885.
- SCHÜBLER J. J., *Sciagraphica artis lignariae oder nützliche Eröffnung zu der sichern fundamentalen Holz-Verbindung, bey dem Gebrauch der unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst*. Nürnberg 1736.
- Id., *Nützliche Anweisung zur unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst. Nebst italiänischen, französischen und deutschen Heng und Sprengwerken*. Nürnberg 1734.
- SEUBERT O., *Zimmer-Arbeiten*. Wittwer, Stuttgart.
- STOVESANDT C. H., *Prakt. und theor. Handbuch der Treppenbaukunst*. Berlin.
- STRACK H., HITZIG F., BORSTEL G., *Der innere Ausbau von Wohngebäuden*. Ernst e Korn, Berlino.
- STRAUCH A. W., *Die Arbeiten des Bautischlers*. Id.
- UNGEWITTER G. G., *Vorlegeblätter für Holzarbeiten*. Glogau 1868.
- Id., *Gotische Holz-Architektur*. Claesen 1880, Berlin.
- WANDERLEY G., *Die Konstruktionen in Holz*. Halle 1877.
- WERTHEIM, *Die mechanischen Eigenschaften des Holzes*. Wien, Baumüller 1874.
- WINTER M., *Die Dachkonstruktionen nach den verschiedenen Formen und Bedingungen*. Leipzig.
- WOLFRAM L. F., *Darstellung der Zimmer-Bauwerke von den einfachsten Holzverbindungen bis zu grossen zusammengesetzten Dächern, Treppen, Brücken, Maschinen, etc.* Stuttgart 1872.

Periodici.

- Deutsche Tischler Zeitung*. Berlino.
Fachzeitung für Drechsler und Gewerksgenossen. Amburgo.
Holzarbeiter. Chicago.
Illustrirte Schreiner Zeitung. Stuttgart.
Tischler-Zeitung. Amburgo.
Zeitschrift der Zimmerkunst. Amburgo.
Zimmerer. Amburgo.

Pubblicazioni inglesi.

- ARTINGSTALL, *Raising and moving of building bodily*.
 TREDGOLD T., *Elementary principles of carpentry*. London 1820, settima edizione di E. W. TARN, 1886.

Periodici inglesi e americani.

- Almagamated carpenters' and joiners'*. New-York.
American cabinet maker and upholsterer. Boston.
American wood-worker and mechanical journal. Scranton (Pensilvania).
Cabinet maker. London.
Carpentry and building. New-York.
Carpet and upholstery trade review. New-York.
Saw-mill gazette. New-York.
Wood-worker. Indianapolis.
Woodworkers' and builders' magazine. Filadelfia.

CAPITOLO II.

LAVORI IN MURATURA

I. — GENERALITÀ SUI MATERIALI DELLE MURATURE.

I lavori in muratura comprendono quanto si riferisce alla costruzione di interi fabbricati, o di parti di fabbrica, con pietre o con materiali che abbiano raggiunta la necessaria durezza, sia con la cottura in appositi forni, sia con l'azione dell'aria e dell'acqua.

Secondo le diverse materie con cui viene composta, la muratura si divide in: 1) *muratura di pietre naturali*; 2) *muratura di laterizi, pietre artificiali o altri materiali artificiali*; 3) *muratura in masse battute o di getto*.

Considerando però, prima di tali specie di murature, i materiali che entrano nella loro formazione, questi si possono distinguere nelle seguenti categorie: A) *pietre naturali*; B) *laterizi*; C) *materiali cementanti* (calce, cemento, gesso, ecc.) ai quali si possono aggiungere i materiali ausiliari (sabbia, ghiaia, ecc.); D) *materiali cementati* (calcestruzzo, pietre artificiali, ecc.); E) *materiali diversi*.

A) Pietre naturali.

a) CENNI SULLE PIETRE DA COSTRUZIONE (1). — Le rocce, da cui vengono estratte le pietre che si impiegano nelle varie costruzioni tanto nelle strutture murali quanto nelle opere di decorazione, si trovano sparse in buon numero in ogni parte d'Italia, tranne pochissime provincie, e specialmente nelle regioni montuose. Nei brevi cenni che seguono sulle varie qualità di pietre maggiormente in uso nelle costruzioni, sono pure indicate le principali località da cui provengono; il nome fra parentesi è quello della provincia.

Granito. — Di colore bianco, rossiccio, grigio, verdastro, costituisce uno dei migliori materiali per decorazioni, murature e lastricati; è suscettibile di una lavorazione finissima e di una lucidatura perfetta. Si trova in grandi ammassi e con tale giacitura da poterne estrarre pezzi monolitici di grandi dimensioni. Una qualità detta *ghiandone* si trova in massi erratici nel Comasco e nella Valtellina.

Baveno (granito bianco e roseo); Alzo, Feriolo, Montorfano (granito bianco e grigio) (Novara); S. Fedelino (Sondrio); Giglio (Grosseto); Isola d'Elba (Livorno); Rogliano (Cosenza); Motta Santa Lucia (Catanzaro); Capo Palizzi, Condofuri (Reggio Calabria), Isola S. Stefano, Isola della Maddalena, Tempio, Terranova, Santa Teresa Gallura (Sassari); Tortoli, Quarto Sant'Elena (Cagliari).

Sienite. — Di colore grigio, nerastro, viene subito dietro al granito come materiale da costruzione.

Balma (Novara) detta *granito della Balma o di Biella*; Valdisotto (Sondrio); Val d'Oro (Como); Muravera (Cagliari).

Porfido. — Di vario colore; si impiega solamente in lavori ornamentali.

Porto Ceresio, Valganna (Como); Portoferraio (Livorno); Gallico (Reggio Calabria).

(1) Questi cenni si limitano all'Italia.

È pure da notarsi il *porfido rosso antico* (proveniente dall'Egitto) usato come pietra ornamentale a Roma.

Granitone od *Eufotide*. — Di colore verde, nerastro, nero; viene adoperato quasi esclusivamente in opere di decorazione; molto rinomata l'eufotide della Corsica, conosciuta sotto il nome di *verde di Corsica*.

Prato, Firenzuola (Firenze), nell'Appennino Bolognese.

Diorite. — Di colore verde o grigio scuro; al pari del porfido viene usata solo in lavori ornamentali.

Chiesa (Sondrio), Capo di Ponte (Brescia), Martirano, Catanzaro (Catanzaro).

Trachite. — Di colore cenerino, grigio, rossiccio, giallastro; usata per pavimenti, per decorazioni, facciate di edifici ed anche nelle murature; molto usata nel Veneto, dove è conosciuta sotto il nome di *macigno* e *masegna*.

Battaglia, Montemerlo, Monselice (Padova); Arcidosso, Roccastrada (Grosseto); Bracciano, Viterbo, Civitavecchia, Manziana (Roma) che dà la *pietra manziana* usata per focolai; Ischia, Pozzuoli, Pianura, Soccavo (Napoli), in queste due ultime località si ha il *piperno*; Bosa, Carloforte, Pula (Cagliari); Ozieri (Sassari).

Pomice. — Pietra porosa, leggiera, usata per la costruzione di volte, di tramezzi e per la pulitura di molte altre pietre.

Pollena, Ischia (Napoli); Lipari (Messina); Pantelleria (Trapani).

Basalto. — Di colore scuro, quasi nero; non dà pezzi di grandi dimensioni per la sua divisibilità in massi prismatici; è tuttavia usato nelle strutture murali soggette a grandi pressioni per la sua durezza; serve per pavimentazioni.

Castelgomberto, Chiampo, Valdagno (Vicenza), Marino, Albano, Frascati, Velletri, Roma (Roma), dove è usato per *selci*, Acicastello (Catania), Macomer, Bosa, Guspini, Cabras (Cagliari).

Lave. — Di colore chiaro, grigio e nero; sono adoperate per lavori di decorazione, per basamenti, lastricati.

Orvieto (Perugia); Cittaducale (Aquila); Torre del Greco (Napoli) che dà la *pietrarsa*, impiegata specialmente nei lastricati, detti *basolati*; Francavilla (Messina); Giarre, Zaffarana Etnea, Catania (Catania).

Gneiss. — Roccia schistosa, di costituzione analoga al granito; è un buonissimo materiale da costruzione tanto in pezzi di notevoli dimensioni per murature, colonne, ecc. che in lastre di variabile grossezza per balconi, scalini, coperture di tetti, ecc. Queste lastre sono chiamate in Lombardia *beole* o *bevole*, in Piemonte *lose*.

Villa d'Ossola, Beura (Novara), dove si ricavano lastre da 4 a 10 cm. di grossezza; Malanaggio, Luserna, donde si estraggono la maggior parte delle lastre, dette *lose*, che servono come materiale tegolare, San Giorgio, Borgone (Torino), che dà il gneiss Bondione ed il gneiss Maometto, che è uno dei più resistenti; Staletti, Squillace (Catanzaro); nei monti Peloritani (Messina). Nelle morene del Ticino si trova in massi erratici, una qualità di gneiss, detta *sarizzo*.

Micaschisto. — Di struttura eminentemente schistosa, di colore variabile, di uso analogo al gneiss. Abbondante nelle Alpi.

Quarziti. — Di colore grigio e giallo chiaro, usate come materiale tegolare.

Sanfront, Barge (Cuneo), che dà lastre dette *marmorine* o *bargioline* di cm. 0,5 a 2,5 di grossezza, raffilabili con la martellina in quadretti o rettangoli di 0,20 a 0,50 di lato.

Rocce serpentinose. — Fra queste si possono annoverare:

L'*ofiolite* o *serpentina* propriamente detta; di colore verde, serve per lavori ornamentali ed anche per inghiaiaturo stante la sua tenacità.

Cogoleto (Genova); Berceto (Parma); Villa Minozzo (Reggio Emilia); Murlo (Siena), detta *verde di Siena*; Anghiari (Arezzo); Latronico (Potenza); a Villa Collemandina (Massa-Carrara) ed a Prato (Firenze) si ha la *serpentina ranocchiaia*

L'oficalce, adoperata come pietra ornamentale sotto i nomi di verde di Susa, di Polcevera, di Calabria, Rosso di Levanto.

Foresto di Susa, Bussoleno (Torino); Levanto, Voltri, Campomorone (Genova); Porretta (Bologna); Nicastro, Gimigliano (Catanzaro).

La *pietra ollare* o *lavezzo*, pietra molto tenera, refrattaria e resistente alle intemperie; se ne fanno stufe, tubi, ecc. ed è pure usata per ornamentazioni.

Lanzada, Chiesa (Sondrio); Vezza d'Oglio (Brescia); Gimigliano (Catanzaro).

Ad Oira (Novara) si estrae una qualità di serpentina talcosa, affine alla pietra ollare, che serve per fare tubi di condotta d'acqua ed è conosciuta sotto il nome di *serpentino* o *marmo d'Oira*.

Rocce argillose (argilloschisti). — Fra questi sono comprese le ardesie e le lavagne, che servono come materiale tegolare; le migliori sono quelle che danno un suono chiaro, hanno un colore azzurrino ed assorbono poca acqua (vedi proprietà delle pietre).

Ardesie francesi da Angers (Maine et Loire). In Italia: Boves (Cuneo); Lavagna, Cogorno e tutta la valle di Fontanabona (Genova); Chiavenna (Sondrio); Moltrasio (Como); Collagna (Reggio Emilia); Stazzema (Lucca); Cantalupo (Campobasso).

In molti paesi poi si estraggono degli schisti di varia grossezza che servono come materiale tegolare di uso locale, così ad es. si hanno gli schisti serpentinosi di cm. 0,5 a 1,5 di grossezza, detti *piode* o *tegole* di Valle Malenco (Sondrio), gli schisti cloritici di Valle Condrio (Sondrio) detti *pietra verde* e *pietra venere*; le *piode* di Bondione, Valleve (Bergamo); di Margno (Como); le *lastre foghere*, grosse 5 cm., di Valdobbiadene (Treviso); di Malonno (Brescia); di Stazzema (Lucca); della catena dell'Aspromonte (Reggio Calabria), ecc.

Rocce aggregate — A seconda della grossezza dei granelli o dei frammenti angolosi, siano essi uniti da cemento siliceo o calcareo, distinguonsi in:

Arenarie. — Alcune di grana fina ed omogenea si avvicinano alle pietre calcari; in generale sono di varia compattezza e durevolezza e quindi secondo la qualità sono adoperate in molte e svariate applicazioni.

Artegna, S. Pietro al Natis (Udine) dove si ha un'arenaria chiamata *pietra piacentina* e anche *masegna*, che serve per lastricati; Saltrio, Viggiù, Brenno Useria (Como), arenaria compresa pure fra i calcari; Viganò, Malnate, Como (Como), detta *molera*; Baiso, Viano, Collagna (Reggio Emilia); Borgotaro (Parma); Offagna (Ancona); Pula (Cagliari); Spezia (Genova), usata per pavimentazione a pezzi prismatici, detti *tacchi*. Molto usate le arenarie dell'Italia Centrale, specialmente della Toscana; fra esse le principali sono: il *macigno*: Porretta (Bologna); Brisighella (Ravenna); Massa, Carrara (Massa-Carrara); Marradi, Borgo S. Lorenzo (Firenze); Vellano (Lucca); la *pietra serena*: Arezzo, Cortona (Arezzo); Fiesole, Galluzzo, Montelupo (Firenze); la *pietra morta*: Fiesole, Galluzzo (Firenze); Lucca (Lucca); la *pietra bigia*: Capannori, Lucca (Lucca); la *pietra tufacea*: Pienza (Siena).

Breccie. — Garessio (Cuneo), Renna (Modena); Apricena, San Marco in Lamis (Foggia); Monte San Giuliano (Trapani); *brecciole*: Camerata, Cornello (Bergamo), Camugnano (Bologna) detta *granitello*; quando la breccia a cemento calcareo è atta al pulimento dicesi *marmo brecciato*; specialmente conosciuto il *mischio* delle Alpi Apuane (vedi rocce calcari, marmi).

Puddinghe e conglomerati. — Montebelluna (Treviso); Mallare (Genova); Serra S. Quirico (Ancona); Brindisi, Taranto (Lecce); Piazza Armerina (Caltanissetta); a Vicopisano (Pisa), a Portoferraio (Livorno) si ha una puddinga detta *verrucano*; molto conosciuta in Lombardia una puddinga chiamata *ceppo* che si distingue in rustico, mezzano, gentile; Brembate di Sotto, Capriate d'Adda (Bergamo); Paderno d'Adda (Como); Trezzo sull'Adda (Milano).

Fra le rocce aggregate si possono pure comprendere i *conglomerati vulcanici* di cui i più importanti sono il tufo *vulcanico* ed il *peperino*, che sono usati nelle costruzioni perchè di facile lavorazione; però sono poco resistenti alla pressione ed agli agenti atmosferici.

Tufo vulcanico: Lugo di Vicenza (Vicenza); Roma (Roma); molto esteso nelle provincie di Napoli e di Caserta.

Peperino: Roma, Albano, Marino (Roma) ed in tutti i colli del Lazio.

Rocce calcari. — Sono dotate per lo più di ottimi requisiti tanto per lavori murarii che per lavori ornamentali, essendo di facile lavorazione e durevoli, quando sono compatte.

Alabastro calcare, detto anche *orientale*; usato per decorazioni.

Moltrasio (Como); Busca, Garessio (Cuneo); Morbello (Alessandria); San Giovanni Battista (Genova); Collepardo (Roma); Pasterna, Sora (Caserta); Mercogliano (Avellino).

Marmi di cui le principali varietà sono: *marmo statuario*: Carrara, Massa (Massa-Carrara); Serravezza, Stazzema (Lucca); *marmo bianco*: nelle Alpi Apuane; Garessio, Frabosa (Cuneo); Ornavasso, Crevola d'Ossola, Gandoglia (Novara); Vezza d'Oglio (Brescia); Colico (Como); *marmo bigio*: Pove, Romano d'Ezzelino (Vicenza); Ascoli (Ascoli); Arienzo, Nola, Bellona (Caserta); Padula (Salerno); Taormina (Messina); *marmo bardiglio*: Valdieri (Cuneo); Carrara (Massa-Carrara); Mandes (Cagliari); *marmo nero*: Varenna (Como); *marmo portoro*: Portovenere, Spezia (Genova); Garessio, Briga Marittima (Cuneo); *marmo rosso, persichino*: nel Veronese; Entratico (Bergamo); Campolongo, Caltrano (Vicenza); Campiglia (Pisa); Gerfalco (Arezzo); Assisi, Perugia (Perugia); Vitulano (Benevento); Taormina (Messina); *marmo giallo, broccatello*: Siena, Verona; *marmo roseo*: Isola del Gran Sasso d'Italia (Teramo); Sant'Eufemia a Maiella (Chieti); *marmo violaceo*: Roccamorice (Chieti); *marmo brecciato*: nelle Alpi Apuane; Ardesio Castro (Bergamo); Tolmezzo (Udine); Valdobbiadene (Treviso); Ascoli (Ascoli); Mondragone, Cassino (Caserta); Campobasso, Vinchiaturo (Campobasso); *marmo cipollino*: nel Veronese; *lumachella*: Verona (Verona); Branzi, Taleggio (Bergamo); Scontrone (Aquila); Foro San Martino (Chieti).

Calcari compatti. — Abbondanti in Italia, specialmente nell'Appennino, costituiscono buoni materiali da costruzione e anche di decorazione; diverse qualità poi sono usate per la fabbricazione delle calci e dei cementi. Fra i più noti si hanno: la *pietra d'Istria*, molto usata nel Veneto; la *pietra corsiva*, la *pietra morta*: Arta, Forni Avoltri, Aviano (Udine); Belluno (Belluno); il *biancone*: Romano d'Ezzelino, Pove, Asiago (Vicenza); il calcare di Botticino (Brescia) detto *cornea*, di Rezzato (Brescia) detto *corso*; di Saltrio (Como); la *maiolica* in Lombardia: Suello, Cittiglio (Como); Concesio (Brescia); il *calcare alberese*, detto in Toscana *pietra paesina*: Casio e Casola (Bologna); Vaglia, Prato, Fiesole (Firenze); Grosseto (Grosseto); Murlo (Siena); Bellona (Caserta).

Calcari teneri. — Pure molto abbondanti, facilmente lavorabili.

Aviano, Maniago (Udine); nei Colli Berici (Vicenza); Grezzana, Aresa (Verona) detto *pietra gallina tufo*; Quinzano (Verona) chiamato *mattoni*; S. Giminiano (Siena) detto *tufo puzzolo*; Spoleto (Perugia) nel Tavoliere di Puglia (Foggia); Mendicino (Cosenza); Surbo, Lecce, Cursi (Lecce) detto *pietra leccese*; Siracusa (Siracusa) noto col nome di *pietra di Siracusa*.

Calcari concrezionari. — *Tufi*; formano per la loro porosità un materiale molto leggero.

Comelico superiore (Belluno); Suello (Como); Verona (Verona); Renno (Modena); Fabriano (Ancona); Manfredonia (Foggia); Matera (Potenza); Canosa, detti *cozzigni*, Barletta, Bari (Bari) detti *zuppigni* e *carpari*; Maglie, Castellaneta (Lecce), detti pure *carpari*; Niscemi, Caltanissetta (Caltanissetta); Girgenti, Porto Empedocle (Girgenti); Santa Flavia, Palermo (Palermo); Laconi (Cagliari).

Travertino; di struttura porosa, ma più compatta di quella dei tufi; nome della pietra di Tivoli ora esteso a tutti i calcari congeneri.

Monsummano (Lucca); S. Quintino d'Orcia (Siena); Massa Marittima, Grosseto (Grosseto); Ascoli Piceno, Aquasanta (Ascoli Piceno); Perugia, Terni (Perugia); Orte, Tivoli (Roma); Caserta, Fondi, Bellona (Caserta). Lungo il litorale del Mediterraneo viene chiamato *panchina*: Livorno (Livorno); Terranova Pausania, Alghero (Sassari).

Rocce selenitose. — Non sono usate nelle murature perchè molto tenere e poco durevoli; alcune però si impiegano in opere di decorazione e sono: la *volpinite*: Volpino (Bergamo) detta anche *bardiglio* di Bergamo e l'*alabastro gessoso*: Bologna, Fontana Elice (Bologna); Pietraligure (Genova); Volterra (Pisa); Verucchio (Forlì); Moltalto (Roma).

b) PROPRIETÀ DELLE PIETRE DA COSTRUZIONE. — La conoscenza delle proprietà fisiche delle pietre da costruzione è di somma importanza per l'architetto, poichè essa gli offre il mezzo di scegliere quelle più adatte all'opera che deve eseguire, pure tenendo conto, specialmente per l'economia del lavoro, delle varie qualità di pietre che si trovano nel luogo in cui si deve eseguire la costruzione o nelle vicinanze.

Fra le proprietà che in grado maggiore o minore sono richieste nelle pietre a seconda delle molteplici e svariate loro applicazioni nelle costruzioni, devonsi principalmente annoverare le seguenti: *dimensioni, peso specifico, permeabilità, conduttività, durevolezza, durezza e tenacità, lavorabilità, resistenza, aderenza ai materiali cementanti, colore.* Alcune di queste proprietà si possono conoscere direttamente sia dalle cave sia dall'esame superficiale delle pietre; ma per talune altre devesi ricorrere ad osservazioni di opere esistenti e ad esperienze; queste poi sono necessarie quando si tratti di pietre provenienti da nuove cave.

Le *dimensioni* delle pietre, che si adoperano nelle costruzioni, sono molto variabili e ad esse è opportuno por mente in particolare quando si vogliono usare pezzi di grande mole. Non tutte le rocce si prestano a dare questi pezzi monolitici; esse devono essere molto compatte e coerenti e fra queste sono più adatte le massiccie, giacenti in ammassi, che non quelle stratificate. Le principali in ordine decrescente sono: granito, calcare saccaroide, sienite, gneiss, calcari compatti, qualche arenaria e qualche breccia, travertino, trachite e basalto.

Il *peso specifico* di una roccia è variabile perchè da una stessa cava si hanno pietre di diversa consistenza e compattezza, secondo la loro posizione nel giacimento. Esso, oltre al servire per determinare il valore delle pressioni e delle spinte che esercitano alcune parti di un edificio, dà anche il mezzo di conoscere alcune delle principali proprietà delle pietre, perchè fra rocce analoghe le più pesanti sono in genere le più dure, durevoli e resistenti.

Tabella XXVII. — Pesì specifici delle principali rocce usate nelle costruzioni.
(SALMOIRAGHI, *Materiali naturali da costruzione*)

DENOMINAZIONE della pietra	Peso specifico	DENOMINAZIONE della pietra	Peso specifico
Pietra Pomice	0,60 — 1,40	Ofolite	2,50 — 2,75
Tufo vulcanico	1,10 — 1,75	Alabastro calcareo	2,60 — 2,80
Tufo calcareo	1,40 — 2,00	Granito	2,60 — 2,90
Arenaria	1,80 — 2,80	Micaschisto	2,60 — 3,00
Peperino	1,90 — 2,30	Argilloschisto	2,65 — 3,50
Calcare tenero	2,00 — 2,40	Calcare saccaroide	2,70 — 2,75
Travertino	2,20 — 2,50	Sienite	2,70 — 3,00
Bolomia	2,30 — 2,95	Diorite	2,70 — 3,00
Calcare compatto	2,40 — 2,70	Basalto	2,70 — 3,10
Trachite	2,40 — 2,80	Talcoschisto	2,75 — 3,00
Gneiss	2,40 — 2,80	Eufotide	2,80 — 3,00
Porfido	2,45 — 2,75	Volpinite	2,90 — 3,10
Quarzite	2,45 — 2,75	—	—

È di non poca importanza pel costruttore il conoscere il grado di *permeabilità* all'acqua delle varie pietre, cioè il loro potere d'imbibizione, onde avere un criterio per scegliere fra i diversi materiali destinati a stare a contatto con l'acqua o col terreno umido, o a difendere dalla pioggia, quelli più adatti; poichè alcuni di tali materiali che allo stato asciutto presentano discrete qualità costruttive, le perdono quando sono bagnati. Il potere di imbibizione di una pietra dipende dalla sua compattezza e dalla sua composizione; poco sensibile nelle pietre cristalline è notevole in quelle aggregate e fra queste poi è maggiore nelle pietre a porosità fine che non in quelle a caverosità distinte.

Riguardo alla permeabilità delle ardesie, delle lavagne, alcuni consigliano le seguenti esperienze: collocare una lastra verticalmente sopra un vaso d'acqua, in modo che con il lato inferiore ne tocchi la superficie e notare il tempo impiegato dall'acqua ad innalzarsi per capillarità, ciò che si riconosce dal colore più oscuro che essa determina, oppure circondare una lastra orizzontale di un orlo di cera o di argilla, versarvi dell'acqua e notare il tempo che questa impiega a mostrarsi sulla faccia inferiore, e anche a sgocciolarne. Una lastra è giudicata buona quando nel primo caso l'acqua non si innalza nelle prime 24 ore più di 1 centimetro e nel secondo quando non attraversa la lastra in uno o parecchi giorni, secondo la grossezza della lastra medesima.

Altri invece giudicano la qualità delle ardesie in proporzione della minore quantità d'acqua che assorbono allorchè restano immerse lungo tempo e dicono di ottima qualità quelle che ne assorbono $\frac{1}{10}$ del loro peso e di mediocre qualità quelle che ne assorbono $\frac{1}{7}$.

La *conduttività* dipende dalla struttura più o meno compatta, essendo maggiore nelle pietre compatte che non in quelle porose o cavernose. Di ciò si deve tener conto quando si vogliono avere le murature formate con materiali cattivi conduttori (tufo calcareo, pietra pomice) ed anche per evitare le macchie d'umido, causate dal condensarsi del vapore acqueo dell'atmosfera sulle parti fatte con pietre più conduttrici, che si riconoscono anche oltre alla compattezza dall'essere più fredde al tatto.

Alla *dilatazione* poi si deve aver riguardo specialmente per le opere fatte con lastre poste a contatto le une con le altre, ed esposte al vivo sole o a grandi freddi.

Uno dei requisiti più importanti da considerarsi nella scelta delle pietre, specialmente per opere decorative e monumentali, è senza dubbio la *durevolezza*, che consiste nella proprietà di resistere agli agenti atmosferici, al gelo, alla salsedine. Tale proprietà è variabile nelle diverse rocce e per una stessa roccia varia pure a seconda del clima, dell'esposizione tanto rispetto ai punti cardinali quanto alla direzione dei venti, e a seconda della posizione nell'edificio, all'esterno od all'interno, del grado di lavorazione e del modo con cui fu collocata in opera la pietra, cioè col *verso* normale oppure parallelo alla faccia vista della pietra (1).

Fra tutte le cause che deteriorano le pietre la precipua è certamente il gelo, ed è quindi di somma importanza conoscere se una pietra abbia il vizio della gelività, cioè se sia *geliva*.

Anzitutto devesi badare di non adoperare le pietre da poco tempo estratte, perchè

(1) Nelle rocce, che hanno due direzioni di sfaldabilità, chiamasi: *verso*, la direzione secondo cui la divisibilità si presenta più facile; *secondo*, l'altra in cui tale divisibilità è ancora facile ma meno agevole; *contro*, la direzione normale alle due precedenti, in cui si riscontra maggior difficoltà nella divisibilità. A questi nomi usati specialmente pel marmo corrispondono rispettivamente quelli di *pioda*, *trincante*, *mozzatura*, usati pel granito.

In altre rocce poi, aventi una sola direzione di sfaldabilità, come il macigno della Toscana, il *verso* prende il nome di *falda* e le altre due direzioni normali ad essa diconsi *ricisa*; a questi nomi corrispondono in Lombardia quelli di *seda* e *rabbuffo*.

contenendo l'*acqua di cava* sono molto soggette agli effetti deleteri del gelo; perciò bisogna far evaporare tale acqua prima di porle in opera, il che si ottiene lasciandole esposte all'aria libera almeno un estate, collocandole col verso verticalmente. Le pietre poi che hanno una schistosità facilissima devono rifiutarsi come gelive.

Per assicurarsi della *gelività* di una pietra quando non si possono avere notizie desunte da osservazioni dirette si usano varii processi. Uno dei più noti è quello dovuto a Brard, per quanto i risultati che dalle sue applicazioni si sono ottenuti non siano sempre stati confermati in pratica. Questo processo è basato sulla forza di cristallizzazione d'una soluzione salina; consiste nel far bollire per mezz'ora un saggio della pietra da sperimentarsi in una soluzione di solfato di soda, satura a freddo e nel tenerlo quindi sospeso sopra un recipiente che contenga la soluzione medesima in un locale la cui temperatura sia dai 12° ai 15° affine di facilitare l'efflorescenza del sale di cui è imbevuto il saggio.

Dopo 24 ore si ripetono l'immersione e le successive operazioni, rinnovandole per 5 o 6 giorni di seguito. Si giudicano gelive quelle pietre il cui pezzo di saggio ha lasciato nel recipiente, sul quale era sospeso, delle fogliette, dei grani e dei frammenti con deterioramento degli angoli e degli spigoli; dal peso della polvere caduta si desume il grado di gelività; la pietra però non è geliva se tale peso non supera l'uno od al più il due per cento del peso del saggio.

Furono proposti varii altri processi, fondati alcuni sulla diretta congelazione, altri sulla diminuzione di coesione che presenta una pietra allorchè si imbibisce d'acqua. Hauenschild, ha dato un mezzo semplice e pratico per riconoscere se una pietra è geliva o no; in seguito a numerose esperienze ha stabilito che una pietra che abbia allo stato bagnato una resistenza per cm² minore di 6 Kg. alla trazione e di 70 Kg. alla compressione è decisamente geliva.

La *durezza*, che è la proprietà di resistere agli sfregamenti, è un requisito importante ed essenziale per le pietre impiegate nei pavimenti, nelle scale, ecc., ed anche per conoscerne il grado di lavorabilità. Il peso specifico si può dire in ragione diretta con la durezza ed è appunto basata su tale rapporto la distinzione che i marmisti fanno dei marmi chiamandoli *teneri*, se il peso specifico è minore di 2,50, *mezzani*, quando tale peso varia tra 2,50 e 2,70 e *duri*, se il peso specifico è maggiore di 2,70.

La stessa distinzione viene pure fatta dai costruttori per le altre pietre non basandosi però sul peso specifico ma sulla segabilità. In tal caso si dividono in:

teneri, cioè segabili facilmente con seghe a denti;

semidure, segabili più difficilmente con dette seghe, ma facilmente con seghe lisce e sabbia quarzosa;

dure, non più segabili con seghe a denti ma solo con seghe lisce;

durissime, difficilmente segabili con dette seghe, ma facilmente con le seghe a diamante.

Molte esperienze furono fatte relativamente alla resistenza delle pietre e si ebbero risultati assai differenti tra loro; questo dipende da varie cause, specialmente dal diverso modo di eseguire le esperienze e dal fatto che i limiti entro cui varia la resistenza di una roccia della stessa cava non solo non sono costanti, ma talvolta sono tanto diversi da non poter fornire una media che costituisca un utile criterio.

Alla maggior coerenza e compattezza corrisponde una maggior resistenza, e questa è poi maggiore nel senso normale al verso. Si è per tale motivo che i costruttori usano l'avvertenza di disporre le pietre in modo che il verso sia normale alle pressioni, che sollecitano ogni pezzo in particolare. Però questo non è sempre possibile, come avviene appunto nelle colonne monolitiche, le quali non si possono porre in opera che col verso verticale, cioè nel senso delle pressioni.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati di esperienze sulla resistenza allo

schacciamento per le principali pietre da costruzione comunemente in uso; ad essi furono aggiunti alcuni risultati di esperienze eseguite su pietre della Francia, che possono compararsi per analogia a quelle d'Italia.

Il carico di sicurezza è $\frac{1}{10}$ di quello che produce la rottura per schacciamento.

Tabella XXVIII. — Resistenza allo schacciamento delle principali pietre da costruzione.

Denominazione delle pietre	Carico di rottura per schacciamento in Kg. per cm ²			Osservazioni
	massimo	minimo	medio	
Granito rosso di Baveno	733	202	600	
» bianco di Alzo	665	448	—	
» » di Montorfano	1000	465	—	
» di S. Fedelino (Sondrio)	—	—	488	
» rosso dell'Isola Maddalena	666	247	—	Cava francese
» » »	343	295	—	Cava Padula
» verde dei Vosgi	—	—	620	
» bigio »	—	—	420	
» » di Bretagna	—	—	650	
Portlando quarzoso Gana (Como)	—	—	921	
» granitoide bruno di Bazoche	—	—	1487	
» rosso d'Autun	—	—	1080	
» verde di Ternuay	—	—	1410	
Basalto d'Alvernia	—	—	2000	
Sienite della Balma	913	447	700	
Gneiss Maometto	900	—	—	
» Malanaggio	1000	474	346	
» Pont	—	—	510	
» Beura	—	—	462	
» Luserna	—	—	1080	
Lava del Vesuvio	—	—	630	
Arenaria di Viggù	—	—	200	
» azzurra Sarnico (Bergamo)	—	—	411	
Pietra serena di Fiesole	—	—	420	
Marmo statuario di Carrara	—	—	327	
» bianco »	—	—	320	
» di Gassino (Torino)	—	—	710	
» bardiglio di Carrara	—	—	308	
» » Mallare (Genova)	—	—	490	
» Secchiaro (Verona)	—	—	992	
» Nembro e Cengia (id.)	—	—	363	
» Biancone (id.)	—	—	1147	
» giallo (id.)	—	—	537	
» Botticino Rezzato (Brescia)	—	—	1120	
» nero di Saltrio (Como)	—	—	471	
» » Fiandra	—	—	790	
» bianco venato	—	—	310	
Calcere saccaroide di Musso (Como)	—	—	585	
» Gandoglia (Novara)	—	—	320	
» compatto d'Istria	—	—	542	
» » di Trani	320	184	279	Cava Puro
» » di Bisceglie	295	110	219	Cava Milillo
» nero di Moltrasio (Como)	—	—	324	
» duro di Givry	—	—	310	
» tenero »	—	—	120	
Macigno di Modena	—	—	103	
Piperno duro di Napoli	—	—	592	
Travertino di Tivoli	—	—	290	
Tufo calcareo di Lonigo (Vicenza)	—	—	234	
» di Quinzano (Verona)	—	—	227	
» di Saumur	—	—	60	
» vulcanico di Napoli	—	—	30 — 60	
Grès molto duro	—	—	870	
» bigarré di Lutzelbourg	—	—	215	

L'aderenza ai materiali cementanti si riscontra in maggior grado nelle pietre porose o cavernose ed in quelle a superficie aspra e scabrosa; molto meno nelle pietre a struttura compatta, a superficie liscia. La composizione delle pietre ha pure una certa influenza a causa della reazione chimica di alcuni componenti di esse (silice, allumina, ecc.) con la calce della malta.

c) **DIFETTI DELLE PIETRE.** — Si è già accennato alla gelività; altri difetti si riscontrano nelle pietre a scapito della lavorabilità, della durezza e della resistenza. Alcune presentano delle sottili fenditure dette *pele*; si riconoscono dal suono fesso che danno battendole col martello; altre hanno parti, come conglomerate, diverse di composizione e di struttura da quelle della massa; se tali parti sono più dure formano dei *nodi* o *nocchi* che talvolta sotto i ferri o per la poca aderenza balzano fuori lasciando delle cavità; se invece sono aderenti e quasi eguali in durezza al restante della massa deturpano la pietra presentando una colorazione diversa; altre pietre presentano delle cavità sparse accidentalmente, *tarli*, *uovoli*, *geodi*.

Da questi difetti derivano nomi speciali alle pietre ed in particolare ai marmi; diconsi *filardesi*, *nodosi*, *tarlati* quei marmi che presentano pele, nodi, tarli; *untuosi*, quelli che non sono suscettibili di un lucido perfetto, mostrando sempre una superficie appannata; chiamasi poi *fiera* quella pietra che salta in schegge quando si vuole ridurla a spigoli vivi.

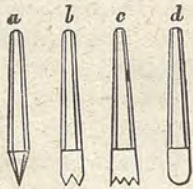


Fig. 480.

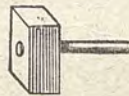


Fig. 481.



Fig. 482.

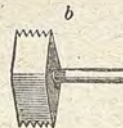


Fig. 483.



Fig. 484.



Fig. 485.

d) **LAVORAZIONE DELLE PIETRE.** — Importa anzitutto accennare ai principali attrezzi adoperati nella lavorazione delle pietre, tanto più che alcuni generi di lavorazione prendono appunto il nome o dal ferro o dallo strumento col quale sono eseguiti. Essi sono: la *subbia* o *punta* (fig. 480 a), coll'estremo foggiate a punta più o meno acuminata, distinta perciò in *fina*, *mezzana* e *grossa*; lo *scalpello*, coll'estremo a tagliente diritto, che prende il nome di *ugnetto* se è sottile ed a tagliente stretto, di *accapezzatore* se è corto, grosso ed a tagliente ottuso; il *calcagnolo* o *dente di cane* (fig. 480 b) che è uno scalpello col tagliente diviso da una tacca; la *gradina* (fig. 480 c) che è uno scalpello in cui il tagliente presenta varie tacche o denti, da 2 a 14; infine la *gorbia* (fig. 480 d) che ha il tagliente semicircolare; il *mazzuolo* (fig. 481), la *mazzetta*, specie di martelli a due bocche piane o convesse con manico piuttosto corto, più o meno pesanti secondo la qualità della pietra e del lavoro; la *mazza* (fig. 482), simile alla mazzetta, ma più pesante ed a manico più lungo pure con due bocche oppure con una bocca ed una penna a tagliente ottuso od a punta; la *martellina* propriamente detta o *martellina a penna* (fig. 483 a e b) con due penne a tagliente diritto o dentato, con 4 fino a 32 denti, distinta secondo l'acutezza del tagliente e il numero dei denti in *fina*, *mezzana* e *grossa*; la *martellina a bocca* detta anche *bocciarda*, *bugiarda*, *martellina a pigna* o *martello da grana* (fig. 484), con bocche terminanti in punte piramidali, dette a diamante, regolarmente disposte in numero

variabile da 9 fino a 64 per bocca; talvolta è formata da varie lame sovrapposte (fig. 485) tenute insieme mediante viti o cunei. Questa specie di martellina è anche detta *americana*.

A questi attrezzi vanno poi aggiunti molti altri, quali l'*accetta*, la *mannaia*, i *trapani*, le *lime*, le *raspe*, i *raschietti*, i *cunei*, i *punteruoli*, ecc. Le *seghe* sono montate come le seghe a legno e manovrate da uno a due operai; le seghe a denti non sono adoperate che per rocce tenere, per le altre rocce si usano seghe lisce di ferro non temperato o di rame, con la lama larga 10 a 15 cm., che lavorano insieme con sabbia silicea, smeriglio, granelli di acciaio o di ferro fuso ed acqua. Sono ora anche usate, specie per massi sorpassanti la lunghezza delle seghe ordinarie, le seghe a filo, simili a quelle a nastro, costituite da un filo di acciaio oppure da cordicelle formate con due o più fili attorcigliati; si possono impiantare dove si trova il masso da segare; le faccie segate in tal modo non riescono però sempre piane e lisce.

La lavorazione delle pietre si divide in tre periodi successivi: *divisione*, *sbozzo* e *compimento*.

La *divisione* si ottiene con la spaccatura o con la segatura; la prima si eseguisce per le pietre dure facendo lungo la linea, secondo cui si vuol dividere la pietra, una serie di buchi distanti fra loro qualche decimetro nei quali si battono dei cunei, fintantochè si determina la rottura; per le pietre meno dure talvolta in luogo della serie di buchi si fa un solco continuato lungo la linea di spaccatura.

Lo *sbozzo* serve a dare alle pietre la forma approssimativa che devono avere dopo il compimento, lasciando nelle faccie da compirsi un'eccedenza di circa 3 cm. detta *soprappietra*; talvolta le pietre ricevono nello sbozzo la loro forma definitiva. Lo sbozzo, secondo le forme da darsi alle pietre, prende i nomi di: *accapezzatura*, *scantonatura*, *intaccatura*, *incavatura*, *straforo*.

L'*accapezzatura* consiste nel dare alla pietra la forma parallelepipedica rettangolare, spianandone le faccie e squadrandone gli angoli; è lo sbozzo necessario per ottenere i cunei squadrati che si impiegano nei muri; si eseguisce con la subbia grossa o mezzana, con la sega e per le pietre tenere con l'ascia. Spesso le faccie delle pietre concie si contornano con una scalpellatura detta *cesellatura*, larga da 15 a 30 mm. cioè quanto è largo il taglio dello scalpello.

La *scantonatura* è uno sbozzo con cui si smussa uno spigolo, su un'estensione più o meno grande, sostituendo allo spigolo una faccia piana in modo da ottenere forme prismatiche non parallelepipediche, ma senza angoli rientranti (cunei, fusti o rocchi di pilastri ottagonali o di colonne).

L'*intaccatura* consiste nel formare solidi con più faccie piane od anche curve che comprendano fra loro angoli rientranti od alternativamente rientranti e salienti (pilastri a risalti, con battenti, telai da chiusini, bugne, cornici, capitelli, basi, balaustrini, vasi, ecc.).

L'*incavatura* è lo sbozzo col quale si pratica su una parte di una faccia od anche su tutta l'estensione di essa una cavità formata da una superficie curva concava ovvero da due o tre faccie piane che comprendano degli angoli rientranti (acquai, canali, scanalature).

Lo *straforo* infine consiste nel praticare fori e nel traforare le lastre (parapetti, decorazioni in stile gotico, ecc.).

Tutte queste specie di sbozzo si eseguono come per l'accapezzatura con la subbia; per le pietre tenere si adoperano l'ascia e gli scalpelli a tagliente largo.

Il *compimento*, che è il lavoro a cui si sottopongono le pietre dopo lo sbozzo, quando non si debbano impiegare solo sbozzate, si distingue in varie fasi che sono le seguenti: *subbiatura fina*, *gradinatura*, *martellinatura grossa e fina*, *scalpellatura*, *rotatura od orsatura*, *levigatura*, *lucidatura*; esse si seguono nell'ordine col quale si sono enumerate, ma per giungere fino a quella con cui si intende ultimato il lavoro se ne può omettere qualcuna. A queste fasi se ne aggiungono altre due: la *raffilatura*,

che è il compimento degli orli delle lastre, e la *scoltura*, che si eseguisce talvolta anche solo dopo lo sbozzo.

Secondo la fase di lavoro a cui è stata sottoposta la superficie di una pietra essa prende diversi nomi e dicesi: *a pelle grossolana*, se è solo sbazzata colla subbia grossa; *a pelle rustica*, se è stata sottoposta alla subbiatura fina od alla gradinatura; *a pelle arricciata*, se lavorata alla martellina grossa; *a pelle piana*, se alla martellina fina; *a pelle liscia*, se allo scalpello; dicesi poi *arrotata*, *levigata*, *lucidata* secondo la corrispondente fase del lavoro di compimento.

La subbiatura, la gradinatura, la martellinatura e la scalpellatura si eseguiscano con gli attrezzi omonimi, scegliendoli adatti alla natura della roccia; la scalpellatura si divide poi ancora in *stretta ed estesa*; la prima serve a compire superficie strette, come battenti, modanature, ed a cesellare gli spigoli; quella estesa viene eseguita dopo la martellinatura nel granito e rocce analoghe prima della rotatura, poichè male si arrotterebbero se fossero soltanto martellinate.

La rotatura od orsatura consiste nello sfregamento delle superfici delle pietre con pezzi di arenaria silicea, detti *rote* od *orsi*, di grana man mano più minuta e col sussidio di arena quarzosa; le rote nelle modanature sono sostituite dall'arena quarzosa adoperata con uno strofinatore di legno o di ferro. La rota molto dura e la polvere quarzosa servono anche ad arrotare il granito, che viene pure arrotato con lo sfregamento di uno scalpello d'acciaio a tagliente ottuso; da qualche anno si adopera la *massa*, formata da granuli irregolari d'acciaio (di cui si hanno varie qualità secondo la grossezza), con uno strofinatore di ferro; essa è più efficace della rota sicchè non richiede una previa scalpellatura. Quando si vuole ottenere la levigatura, detta anche *pomiciatura*, si fa seguire alla prima rotatura una seconda più fina con pietra cote o maiolica cotta, ma non smaltata, mantenendo cosparsa la superficie con arena finissima o polvere di pietra pomice o di arenaria, tenute costantemente imbevute d'acqua. A questo stadio la superficie comincia ad apparire liscia; se si presentano delle piccole cavità queste si stuccano con dei mastici a cui si aggiungono sostanze coloranti adatte ai colori della pietra; dopo si eseguisce la *pomiciatura* che consiste nello sfregare la superficie con pietra pomice. Per ottenere poi la lucidatura si eseguisce dapprima l'*impiombatura* cioè lo sfregamento con smeriglio in polvere e con uno strofinatore di piombo, indi la *struffolonatura*, fregando con un batuffolo di stracci, detto *struffolone*, e con limatura di piombo e poltiglia, proveniente dalla segatura a smeriglio dei marmi duri; finalmente si netta e si forbisce la superficie, su cui si lavora, con uno straccio o con una spugna umida intrisa d'ossido di stagno o polvere d'osso calcinato se trattasi di marmi bianchi, di ossido di ferro per marmi colorati, di nero fumo per marmi neri; quest'ultima operazione dicesi *brunitura* e con essa si ottiene il massimo grado di lucentezza.

Nel lavorare le pietre talvolta si presentano dei difetti e delle piccole cavità, alle quali si pone rimedio mediante l'incastro di *tasselli*, formati della stessa pietra, combinandone se occorre le venature, ed attaccati con un mastice. Per l'unione dei tasselli o di due pezzi di pietra sono raccomandati i seguenti mastici: calce viva 1, cemento 3, coagulo fresco 1; calce viva 10, limatura di ferro 2, sangue di bue; cemento 2, calce idraulica 2, olio di lino caldo 1; polvere di porcellana, non invetriata, 0,92, litargirio 0,08, impastato con olio di lino; litargirio 12, sabbia 33, polvere di marmo 66, cerussa 4, olio di lino (serve per le pietre calcari); litargirio 0,5, cerussa 0,5, polvere di tegole 3, olio di lino 1,5-2.

I mastici per le stuccature devono potersi lucidare; alcuni dei precedenti sono adoperabili, ma per lo più essi constano di miscele di solfo, resina, cera, gomma lacca, ecc., che si applicano fuse previo riscaldamento della pietra. Eccone alcune: resina 8, cera 2, pece bianca 1; resina 1, cera e solfo 1; resina 10, cera 25, solfo 1, polvere della pietra da stuccarsi 10 a 15.

e) CONSERVAZIONE DELLE PIETRE. — Per proteggere le pietre esposte all'azione degli agenti atmosferici, quando esse debbono essere a faccia vista e quindi non si possono coprire con intonachi, vernici, ecc., alcuni usano spalmarle con olii, grassi e specialmente con idrocarburi liquidi facendoli penetrare a caldo con lo strofinamento; corrispondono meglio allo scopo alcuni processi chimici coi quali si ottiene l'indurimento in alcune pietre; fra questi i principali sono la *silicatizzazione*, ora quasi abbandonata, e la *fluosilicatizzazione* o *fluatazione*. Furono pure proposte la *fosfatizzazione*, che si fa con una soluzione diluita di fosfato acido di calcio, e la *baritizzazione*, con una soluzione di barite idrata, ma furono abbandonate, perchè la prima favorisce lo sviluppo di vegetazioni parassitarie, e la seconda, oltre essere di pericoloso maneggio per la sua causticità, dà luogo agli stessi inconvenienti della silicatizzazione.

Questi processi vengono adoperati spalmando le pietre con un pennello e per superficie estese con una pompa o con un polverizzatore di liquidi; le spalmature vanno ripetute due o tre volte con l'intervallo fra l'una e l'altra di un paio di giorni. Quando trattasi di pietre vecchie, queste si debbono lavare bene ed anche, ove occorra, raschiare ed aspettare prima di spalmarle che siano bene asciutte.

La *silicatizzazione* proposta da Fuchs in Germania e da Dallemagne e Kuhlmann in Francia, si fa usando una soluzione di una parte in peso di silicato di potassio in quattro a sei parti d'acqua per i calcari teneri. L'indurimento prodotto dal silicato non avviene subito, aumenta gradatamente col tempo e penetra tanto più quanto più grande è la quantità di silicato che si può far assorbire. La silicatizzazione fu applicata in Francia ed in Inghilterra a parecchi edifici importanti. Ora però è quasi del tutto abbandonata per il formarsi del carbonato deliquescente, che stilla; ad evitare tale inconveniente il Kuhlmann consiglia di lavare le pietre, dopo la silicatizzazione, con acido idrofluosilicico, che forma un composto di potassa insolubile e contribuisce ad aumentare l'indurimento delle pietre.

La *fluatazione* si eseguisce con una soluzione più o meno diluita, secondo la porosità della pietra ed il grado d'indurimento richiesto, di un fluosilicato metallico (alluminio, magnesio, zinco, ferro, piombo, ecc.). Il più usato ed il più efficace è il fluosilicato doppio di alluminio e zinco.

La fluatazione ha effetto sicuro sopra i calcari; può pure eseguirsi per le arenarie a cemento calcareo e pei tufi vulcanici, che contengono calcite. Con essa si ottiene una diminuzione nel potere di imbibizione, un aumento nel peso specifico, nella resistenza e nella durezza rendendo resistenti al gelo le pietre calcari gelive. Furono fatte varie applicazioni con buoni risultati specialmente sui marmi di S. Marco in Venezia (1).

f) COLORAZIONE DELLE PIETRE. — I colori delle pietre possono modificarsi artificialmente; per alcune pietre finamente porose si può ottenere la colorazione con tinture di piante coloranti e con olii colorati; le pietre gialle o bianche inegualmente colorate si possono colorire del tutto in giallo dipingendole con una soluzione acquea di solfato di ferro e poscia con una soluzione satura di calce caustica (l'acqua che rimane sopra il grassello nelle fosse da calce). La silicatizzazione, secondo Kuhlmann, serve pure per colorire le pietre calcari; col silicato doppio di potassio e manganese si ottiene una soluzione nerastra che rende più oscuri i calcari bianchi, invece mescolando al silicato di potassa del solfato di bario si ottiene l'effetto contrario di sbiancarli. Anche la fluatazione ha qualche influenza sul colore delle pietre; per lo più le imbianca, specialmente col fluosilicato di zinco. Col fluosilicato di rame, nelle pietre calcari, dapprima non vi ha cambiamento di colore, dopo si ha un verde azzurrognolo aggradevole; il fluosilicato di cromo dà un bel verde che passa poi ad un grigio verdastro; i fluosilicati di ferro e di manganese producono colori bruni o giallo-bruni.

(1) V. *Nuova Antologia*, maggio 1885; *L'Ingegneria a Venezia dell'ultimo ventennio*, Venezia 1887.

B) Laterizi.

a) *Generalità.* — Sono chiamati comunemente *laterizi* tutti i materiali da costruzione fatti artificialmente con argille cotte in apposite fornaci.

L'origine dei *mattoni*, ossia delle pietre artificiali fatte con terra, risale alla più alta antichità. Le prime generazioni che abitavano al piano e principalmente all'imboccatura dei fiumi, ove più fertile era il terreno, non trovando nel suolo pietre naturali atte a fabbricare le loro case, ma una terra plastica facile a impastarsi, e che induriva cuocendo, ne usarono per la costruzione delle loro abitazioni. E così dopo alle capanne di legno, di fango e alle miste, succedettero quelle di mattoni crudi e poi quelle di mattoni cotti. Non sembra però verosimile che gli antichi costruttori abbiano ricorso alle pietre artificiali prima di conoscere l'impiego delle pietre naturali, e c'è ragione di credere che siasi pensato alla formazione dei mattoni in seguito a difficoltà incontrate nel tagliare le pietre o alla mancanza di materiali di abbastanza facile lavorazione. I mattoni stati impiegati presso i Greci e i Romani e la maggior parte di quelli adoperati nell'Asia Minore e nell'Egitto erano semplicemente disseccati al sole e composti di terra argillosa mescolata sovente con paglia sminuzzata. Anche nei mattoni cotti si usò però paglia e canne, poichè queste sostanze vegetali nella cottura bruciavano e lasciavano dei vani nel mattone, che risultava così più leggero. Si attribuisce agli antichi popoli d'Oriente l'invenzione della cottura dei mattoni; certo è molto antica perchè il palazzo di Creso a Sardi, quello di Mausolo ad Alicarnasso, quello di Attila a Trelles erano in mattoni molto cotti, duri e rossi; senza dubbio di mattoni cotti si servirono i Greci ed i Romani, ma nessun monumento romano anteriore al Pantheon, costruito sotto il regno di Augusto, indica l'impiego di tale materiale. A partire da questo regno, l'uso dei mattoni cotti si fece estesissimo ed i Romani li impiegarono nella maggior parte degli edifici innalzati nelle diverse parti del loro vasto impero. I mattoni dei Romani avevano generalmente la forma di un parallelepipedo rettangolo a base quadrata, ed erano di varie dimensioni, ma sempre di poca grossezza onde ottenere una facile e regolare cottura. I più grandi avevano m. 0,60 di lato e cm. 6 di grossezza ed i più piccoli m. 0,20 di lato e cm. 4 di grossezza. Usarono però anche mattoni e laterizi di altre forme e specialmente per la costruzione delle volte si servirono di materiali tubulari innestati l'uno nell'altro, affine di riunire alla resistenza la leggerezza e la facilità di costruzione.

Frequentissimo è l'uso dei laterizi nella fabbricazione degli edifici moderni, principalmente in quei luoghi in cui non si hanno pietre di buone qualità e per quelle opere che richiedono materiali resistenti e contemporaneamente leggeri. La fabbricazione attuale dei laterizi non dà solamente quelli a forma parallelepipedica pieni o forati, ma si estende a somministrare quelli per pavimenti, rivestimenti, coperture, tubi, decorazioni. A seconda dei vari usi e forma si dicono *mattoni ordinari*, *mattonetti*, *mattoni forati* o *vuoti*, *quadrelle* o *tavelle*, *tegole piane* e *curve*, ecc.

I laterizi furono molto usati per la decorazione architettonica, e celebri sono le decorazioni in terra cotta dell'Italia la quale fu in tal genere maestra. Si attribuisce a Debulade di Sicione stabilito a Corinzio l'invenzione dell'arte delle terre cotte decorative: ma quest'arte che raggiunse il suo apogeo nel medio-evo e nel periodo del risorgimento, è ora trascurata, nonostante i lodevoli tentativi fatti da alcuni architetti, amanti delle patrie tradizioni, per risuscitarla.

Trattandosi in questo capitolo della muratura di mattoni non si parlerà che di questi: degli altri laterizi si farà cenno quando si tratterà dei pavimenti, dei tetti, delle condutture, delle decorazioni, ecc. Sommarariamente si darà anche qualche notizia sulla fabbricazione dei mattoni, rimandando per più ampie informazioni ai libri che ne trattano in modo speciale.

b) *Proprietà e caratteri dei mattoni.* — Questi materiali si adoperano anche nei paesi ove abbondano le pietre naturali atte alla muratura, perchè di facile maneggio, trasporto e innalzamento, perchè adattissimi nella costruzione degli archi e delle volte e perchè hanno una forte aderenza colle malte ed una grande resistenza allo strisciamento, tale da pareggiare quella di molte pietre naturali.

I mattoni di buona fabbricazione sono solidi, resistenti, senza fessure e cavità; si lasciano tagliare nettamente, cioè danno sotto il colpo del martello del muratore il pezzo che si vuol staccare senza che s'infranga troppo e senza richiedere colpi replicati. Devono avere forme regolari, presentare una pasta omogenea, compatta, lucente e scevra da ciottolini calcarei, i quali provocano la rottura del mattone quando è esposto all'umidità; non devono essere bruciati o troppo cotti, nel qual caso non fanno buona presa colle malte per quella specie di vetrificazione che hanno subita le loro faccie, e neppure devono essere poco cotti e teneri.

L'omogeneità, una cottura regolare, un colore uniforme, un suono chiaro sotto alla percussione, sono i principali caratteri che distinguono i buoni mattoni.

c) *Terra da laterizi.* — Le terre adoperate per la fabbricazione dei mattoni sono le *terre argillose*, composte principalmente di silice ed allumina, calce carbonata, sabbia, ossido di ferro e acqua. Così distinguonsi in *magre* e *grasse* secondochè sono prive di sabbia oppure ne contengono in quantità abbondante, e Brongniart le distinse ancora in: *argille plastiche*, *argille figuline*, *marne argillose*, *marne calcaree*, *marne limacciose*.

L'*argilla plastica* è un silicato di allumina idrato con un po' di silice; non ritiene corpi estranei che accidentalmente, ma sempre potassa e soda. Serve principalmente alla fabbricazione dei materiali refrattari.

L'*argilla figulina* è meno tenace della plastica, ha la medesima composizione di quella ma contiene 5 a 6 per 100 di più di calce allo stato di carbonato o di silicato. Serve per mattoni e tegole, ma per adoperarla bisogna por mente a quelle speciali precauzioni che si devono usare per le terre dotate di una grande plasticità.

Le *marne* sono materie terrose, composte essenzialmente di argilla, di carbonato di soda e spesso di sabbia in proporzioni molto variabili. Secche sono fragili, senza consistenza. Sono la base della fabbricazione dei mattoni e della più gran parte delle terraglie domestiche; si distinguono in: *marne argillose*, che fanno facilmente presa coll'acqua, si lavorano pure con facilità ed acquistano durezza al fuoco; *marne calcaree*, generalmente bianche o grigie, più dure allo stato crudo delle precedenti e formano coll'acqua una pasta difficile da lavorare; *marne limacciose*, di colore più o meno scuro, spesso nere, porose e fragili; si trovano all'imboccatura dei grandi fiumi, in tutte le grandi vallate; danno una pasta legante ma non solida nella cottura; assumono un colore rosso ma conservano nell'interno della massa parti nere o grigie; i loro prodotti mancano di resistenza. È a questa classe che appartengono le terre adoperate in molti siti per fare i mattoni, che vengono detti *mattoni del paese*.

È raro che una terra argillosa sia per natura allo stato conveniente da essere impiegata direttamente alla fabbricazione dei mattoni: o sono troppo grasse o troppo magre; le prime si restringono troppo sia nel disseccarsi sia nella cottura e si screpolano; le seconde non acquistano la necessaria consistenza. Perciò a quelle si aggiunge in generale della sabbia e a queste dell'argilla. La sabbia, che è il materiale digrassante per eccellenza, dev'essere silicea e non contenere grossi grani: ad essa può sostituirsi la polvere delle pietre arenarie silicee, la polvere di tegole e di mattoni ben cotti, le scorie delle ferriere, i residui degli alti forni, ecc., quando siano stati polverizzati; le ceneri, il carbone, la polvere della pietra pomice e degli schisti argillosi. Questi materiali da mescolarsi coll'argilla devono essere in polvere minutissima e ben rimescolati coll'argilla così da formare una pasta omogenea, pieghevole e consistente.

Nella scelta della terra si deve escludere quella che contiene carbonato di calce in pezzi, la marnosa, e quella che contiene più del 15 o 20 per 100 di carbonato di calce. La terra è di buona qualità quando spruzzata di una piccola quantità d'acqua fornisce una pasta ben legata, che ha la consistenza della pasta da pane, può formarsi a lunghi cilindri che non si rompono sotto il proprio peso che ad una certa lunghezza, non aderisce alle dita, riceve senza screpolare l'impronta delle dita e presenta segni di allappamento. Bisogna anche tener conto della contrazione che subisce la terra nel dissecarsi: generalmente se ne giudica formando una tavoletta di terra impastata, sulla quale si traccia un circolo ed osservando i mutamenti che questo ha subito dopo la cottura. Si ritiene che il materiale bene essiccato e cotto non debba contrarsi più di m. $0,02 \div 0,20$ per metro dalla primitiva lunghezza.

d) *Fabbricazione dei mattoni.* — Questa si fa a mano e a macchina, e all'aperto o in luoghi chiusi. Si fabbricano i mattoni all'aperto quando questi devono essere adoperati nel luogo stesso, oppure quando la produzione, che può essere di una certa importanza, deve avere una durata molto limitata. La fabbricazione dura soltanto

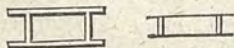


Fig. 486. — Stampi a mano per formare mattoni.

nella bella stagione, giacchè tutto si fa all'aperto dal mese di marzo al mese di settembre. La terra si estrae in novembre e in istrati non molto alti: si lascia esposta per tutto l'inverno alla pioggia e al gelo, rimuovendola di tanto in tanto, e bagnandola anche con acqua pantanosa o di concime per meglio macerarla. In primavera la si mescola colla dovuta quantità di sabbia o di argilla per darle il voluto grado di plasticità, e dopo averla convenientemente rimestata la si accumula. L'impasto si fa con pale, marre e rastrelli di ferro oppure per mezzo di cavalli o di uomini che la calpestino. Prima dell'impasto bisogna però procedere ad una purgatura per liberarla da tutte le materie eterogenee che potrebbero compromettere la riuscita del mattone nell'essiccamento e nella cottura.

I mattoni si formano col mezzo di forme di legno (fig. 486) contornate di metallo e aventi la forma del pezzo che si vuol ottenere. Spesso la forma è doppia, cosicchè l'operaio può fare due mattoni alla volta, ma le manovre riescono più lunghe, onde è preferibile la forma semplice. La terra preparata viene portata al tavolo del formatore per mezzo di carretti: qui un operaio insabbia la terra, riempie di sabbia il recipiente di cm. 70 di lunghezza per cm. 30 di profondità che il formatore tiene sul tavolo, mette l'acqua per lavare le forme in apposito recipiente e lava gli utensili e le forme. Il formatore prende la forma ch'è nella sabbia, la pone piatta sul tavolo, pure insabbiato, e la riempie di terra che vi getta a tutta forza (5 o 6 Kg. per volta). Toglie la terra sovrabbondante per mezzo di una spatola che fa scorrere sugli orli della forma e passa questa all'operaio che la porta nel luogo disposto per l'essiccamento dei mattoni. Quivi l'operaio con un brusco movimento fa cadere il mattone dalla forma, che riporta al formatore, il quale nel frattempo avrà formato un altro mattone. In generale occorrono due operai per ogni formatore.

Prima di portare i mattoni nell'aia disposta per l'essiccamento, bisogna *ribatterli*, cioè comprimerli di nuovo non essendo sufficiente la compressione ricevuta nello stampo. La ribattitura si fa ponendo uno alla volta i mattoni sopra un banco orizzontale cosparso di sabbia, e battendoli sulle due faccie più larghe con una spatola di legno piatta e più larga del mattone. Sovente tale ribattitura si fa due volte, ma più sovente si ricorre alla ribattitura a macchina, che si fa cogli strettissimi riformatori, di cui si dirà in seguito.

Nelle più moderne fabbriche di mattoni, le operazioni di formatura, di cottura, ecc., si fanno al coperto, e in generale tanto la preparazione delle terre e della pasta quanto la loro formazione in mattoni, tegole, ecc., si fa a macchina. Non è qui il caso di parlare di tutte le macchine che servono a questi scopi: si darà solo un cenno di quelle più conosciute per la confezione dei mattoni.

Tali macchine si distinguono in macchine a *forma*, a *laminatoio* e a *trafila*. Fra le prime sono note la macchina *Julienne*, e la *Durand*. La macchina *Julienne* è molto rapida; si muove a braccia d'uomo e può dare 4000 mattoni al giorno col lavoro di un solo operaio aiutato da un ragazzo.

La macchina *Durand* (fig. 487) richiede 3 ÷ 4 cavalli di forza e può produrre circa 15 mila mattoni al giorno quasi asciutti. Si compone di un mastello nel quale viene gettata la terra senza bagnarla, e di due stantuffi a moto alternato, posti di fronte. Fra essi

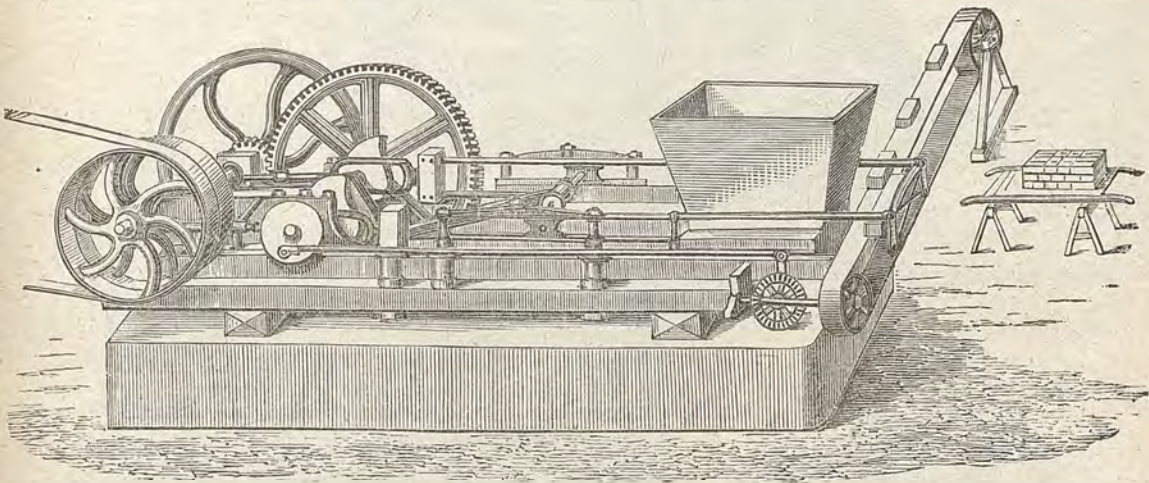


Fig. 487. — Macchina Durand per formare mattoni.

vi è un intervallo in cui cade la terra del mastello, e che dagli stantuffi viene spinta in una forma a quattro faccie posta sotto il mastello medesimo. La terra è allora compressa tra 6 faccie, delle quali quattro fisse (quelle della forma) e due mobili (quelle degli stantuffi). I due stantuffi allora si avvicinano, fanno subire alla terra una energica pressione e continuando il loro movimento conducono il mattone formato fuori della forma e sopra una cinghia senza fine che lo trasporta dove un operaio lo prende e lo porta all'aperto. Siccome i mattoni escono dalla macchina poco umidi si possono infornare quasi subito: di più non si richiede la ribattitura; è in ciò appunto che consiste la bontà della macchina *Durand*, la quale richiede però il lavoro di 5 uomini.

Fra le macchine a laminatoio sono usate la macchina di *Jardin-Cazenave*, che richiede 5 cavalli di forza, 1 operaio, 3 garzoni e 4 manovali e può dare 10 mila mattoni al giorno, e la macchina di *Cupouillet*, che richiede 12 cavalli vapore, 20 uomini e fornisce circa 40 mila mattoni in 10 ore.

Fra le macchine a trafilatura si citano le macchine di *Witehead* di Preston (Lancashire) che richiede 1 a 2 cavalli, una terra ben scevra di ciottoli e dà 10 mila mattoni al giorno: la macchina *Henry-Chayton* di 8 ÷ 10 cavalli e della produzione di 12 ÷ 15 mila mattoni al giorno: la macchina *Hertel* (Nieuburg, Prussia) che richiede 10 cavalli vapore, 2 operai, 2 manovali, e 2 garzoni e può dare fino 14 mila mattoni al giorno: le macchine di *Schlicheysen*, di *Sachsenberg* e quelle di *Borie*, specialmente atta per la fabbricazione dei mattoni vuoti. In queste macchine, che fanno da sè la preparazione, la terra, portata in un mescolatore verticale od orizzontale, è cacciata da parecchie lame in aperture, che sono vere filiere, le quali hanno la forma che devono avere i mattoni. Il prisma di terra che esce dalla trafilatura è poi suddiviso da un apparecchio tagliatore a fili. Le macchine *Clayton*, *Hertel* e *Schlicheysen* hanno il mescolatore orizzontale, quelle *Sachsenberg* verticale. Nella maggior parte di dette macchine la preparazione è fatta

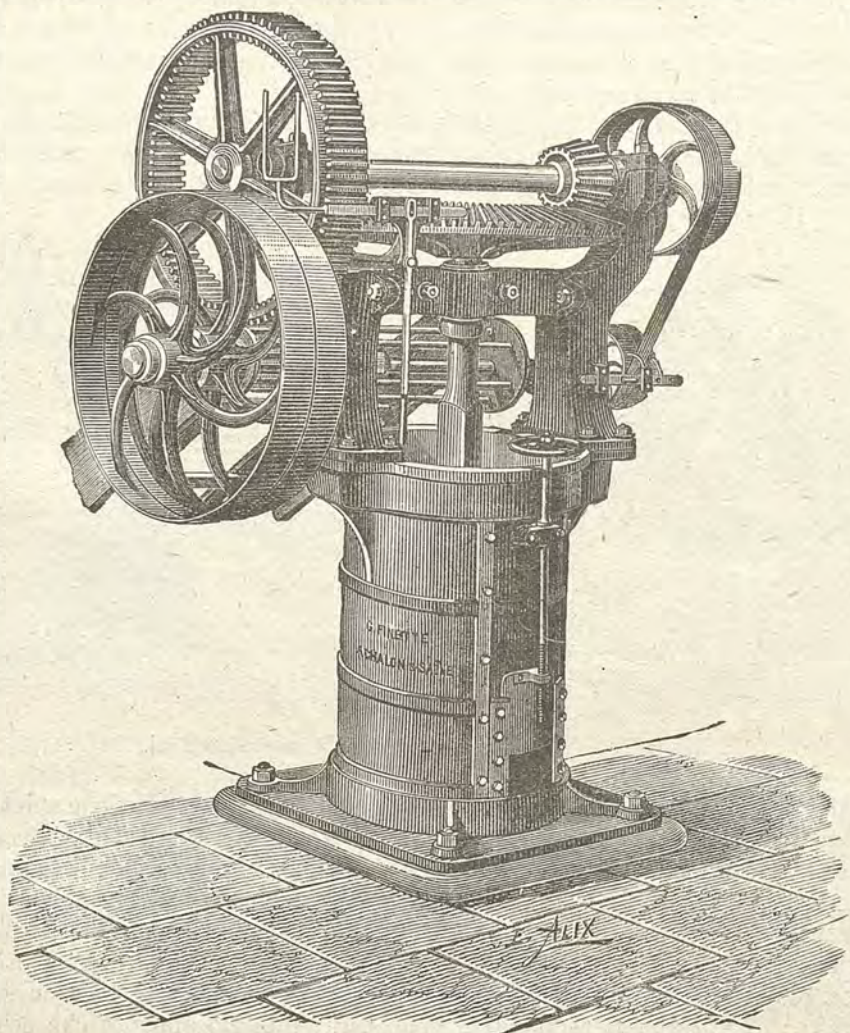


Fig. 488. — Rimescolatore.

col mezzo di cilindri a grande diametro, che schiacciano le pietre ed i pezzi di terra dura. Dai cilindri la terra cade nel mescolatore, in cui tutte le materie estranee essendo intimamente mescolate colla terra cessano di essere nocive.

Le più conosciute e più importanti macchine per la fabbricazione dei laterizi sono però quelle inventate dal Pinette, alcune delle quali sono proprie alla lavorazione dell'argilla compatta e altre per l'argilla spappolata.

Trattandosi di terra compatta, le si fa subire dapprima la *cilindratura*, collo scopo di schiacciarne i grani di calcare, di silice, ecc. Dalla macchina cilindratrice la si fa passare nel *rimescolatore* (fig. 488), il quale ha per iscopo di stritolare la terra e mescolarne le minime particelle in modo da restituirle la coesione che aveva momentaneamente perduta colla cilindratura, e renderla il più possibile omogenea. Il rimescolatore si compone di un tino cilindrico di ghisa verticale, in cui s'introduce l'argilla dalla parte superiore. Presso la base e anteriormente un'apertura munita di sportello permette l'uscita dell'argilla rimescolata. Dentro il tino si muove un albero verticale armato di palette taglienti che trituran la terra e la spingono verso l'apertura infe-

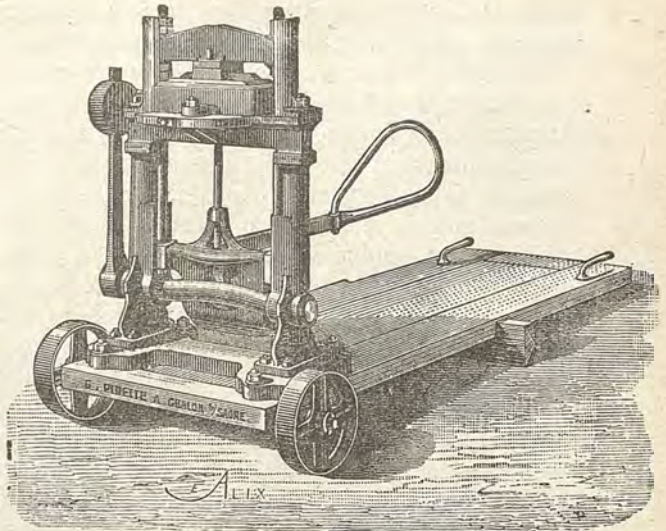


Fig. 490. — Strettoio riformatore.

Fig. 489. — Macclina da tirare per terre compatte.

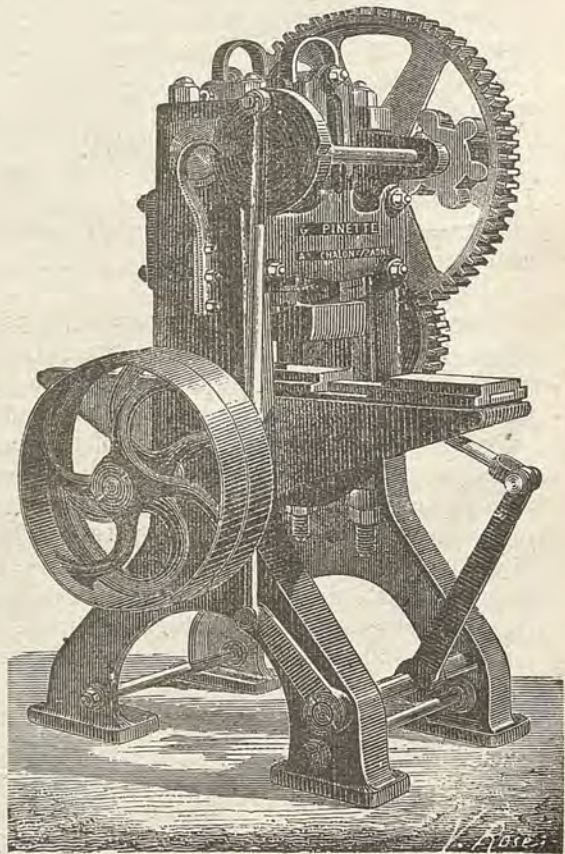
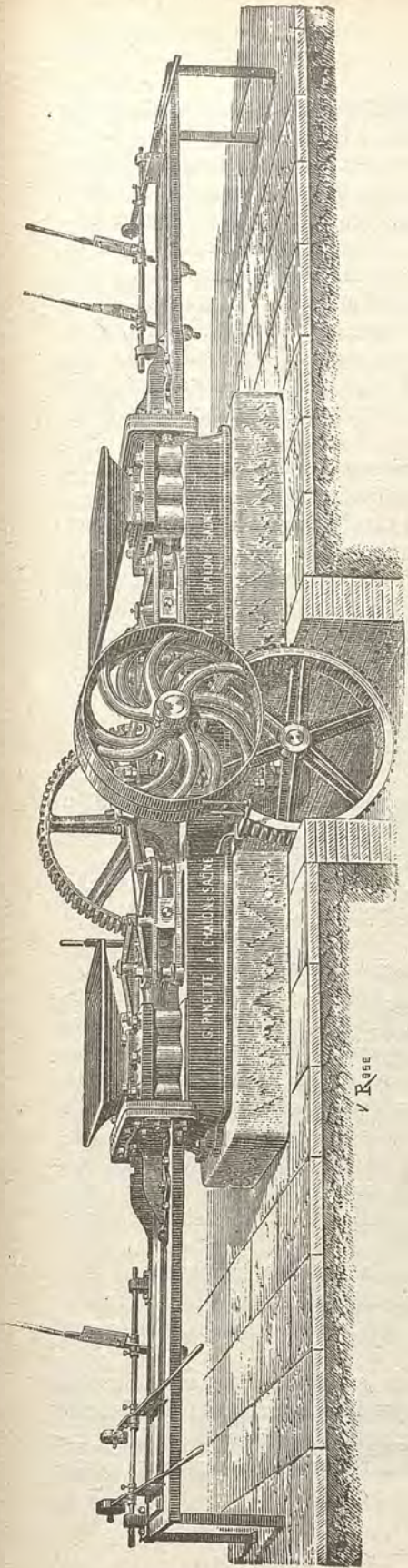


Fig. 491. — Formatrice meccanica.



riore. Dal disegno risulta chiaro come è ottenuto il movimento del rimescolatore nell'interno del cilindro per mezzo delle puleggie, di cui una è folle.

L'argilla, che in forza del rimescolatore è ridotta in pasta unita ed omogenea, viene portata alla *macchina da tirare* (fig. 489), di dove essa è obbligata ad uscire sotto forma di nastri, che vengono tagliati di lunghezza conveniente per fare mattoni, tegole, ecc. La macchina da tirare rappresentata nella fig. 489 è a doppio effetto, ossia permette di tirare dalle due parti prodotti differenti, secondo i bisogni della fabbricazione. Basta soltanto mutare la matrice o trafila all'estremità di ciascuna cassa, ciò che si fa molto rapidamente. Le due casse sono aperte alla parte superiore e sormontate da tramoggia nella quale si getta la terra. Nelle casse scorrono due stantuffi comandati da due bielle articolate ad uno stesso albero a gomito, per modo che mentre uno stantuffo esce dalla propria cassa, l'altro si avvanza e costringe ad uscire attraverso la trafila la terra introdottasi nella cassa durante la corsa retrograda.

All'estremità di caduna cassa vi è un tavolato che riceve la terra quando esce dalla trafila, ed apposite lame servono a dividerla in porzioni della lunghezza voluta.

Se debbonsi fabbricare tegole o quadrelle, questi tavolati, come indica la figura, sono di lastre di zinco previamente spalmate di grasso, a fine di lasciare scorrere l'argilla sotto forma di nastro sottile, e le lame sono fisse a cerniera su di un asse, mantenute sollevate da contrappesi, sicchè per dare il taglio basta di premerle sull'argilla e poi lasciarle libere. Non occorre dire che quelle lame si possono allontanare od avvicinare a piacimento a seconda dei prodotti che si hanno da ottenere.

Dovendosi invece preparare mattoni pieni o mattoni vuoti, si adopera un tavolato munito di rulli sui quali scorrono i prodotti che vengono tagliati col mezzo di fili di acciaio raccomandati ad un telaio oscillante, che si abbassa sull'argilla, od in altro modo qualsiasi.

Come già abbiamo detto, la macchina ora descritta, può servire a preparare liste di argilla per *tegole piane* e *quadrelle*, *mattoni pieni*, *tubi da drenaggio*, *mattoni vuoti*, *cunei speciali per voltine* e *laterizi sagomati* per cornici e simili.

Di tutti questi prodotti, le *tegole*, le *quadrelle* ed i *mattoni pieni* sono i soli che non riescono finiti, se non vengono di bel nuovo compressi entro appositi stampi di ghisa.

Per finire i mattoni, cioè per produrli bene profilati si modellano con uno stampo di ghisa per mezzo della macchina rappresentata nella fig. 490, che serve tanto per mattoni a mano fatti con forme di legno quanto per quelli tirati a macchina. In tale macchina o *strettoio riformatore*, un telaio o quadro di ghisa avente le dimensioni che deve avere il mattone fresco, ha inferiormente un fondo mobile, che ad operazione finita si rialza fino all'orlo superiore del telaio, mentre lo stampo superiore è pure rialzato in modo da poter togliere il mattone modellato e sostituirlo con una nuova formella da finire. Questa essendo posata sulla piastra, un operaio abbassa la leva ed in virtù del movimento di un eccentrico, la piastra che costituisce il fondo della forma discende dentro il telaio seguita dalla formella, sulla quale, dallo stampo superiore, viene impressa la marca di fabbrica.

Arrivato lo stampo in fin di corsa, l'operaio rialza la leva, poi rinnova con essa due colpi di seguito, in modo da spingere l'argilla in tutti gli angoli della forma e così il mattone finito è ricondotto al livello superiore del telaio, e viene sostituito con altra formella da finire.

Nella macchina ora accennata, l'albero è d'acciaio, e tutte le altre parti devono essere assai robuste per resistere agli urti ed ai colpi degli operai; così la base bisogna che sia di ghisa, se si vogliono evitare spostamenti pregiudizievoli e rotture del meccanismo, come avvenne nei casi in cui questo si fissò direttamente ad un intavolato di legno.

Volendo fare lo stesso lavoro servendosi di forza motrice idraulica od a vapore si adopera in alcune fabbriche una *formatrice meccanica* sul tipo di quella rappresentata nella fig. 491.

La macchina ha due forme e bastano due donne o due fanciulli per servirla, non avendosi che da fare dalle due parti la stessa operazione di collocare una nuova formella dopo aver tolto il mattone modellato. Ciascuna forma è portata alternativamente sotto lo strettoio, e ricondotta automaticamente fuori del medesimo, presentando il mattone formato.

In quelle località dove la mano d'opera è piuttosto cara, questa formatrice meccanica può essere assai utile, massime se si tratta di produzione molto ragguardevole.

Quando si tratta di argille spappolate allora si ricorre dapprima alle macchine *sfaldatrici* tanto a disco orizzontale quanto verticale, le quali riducono in falde sottili le argille affinchè possano meglio assorbire l'acqua. La fig. 492 rappresenta una sfaldatrice a disco verticale: l'argilla viene gettata nella tramoggia inclinata che ad una estremità tocca il disco. Le lame di questo tagliano tante liste di terra che sfugge da aperture praticate nel disco, il quale è rinchiuso in una specie di cassa in lamiera onde impedire i disperdimenti.

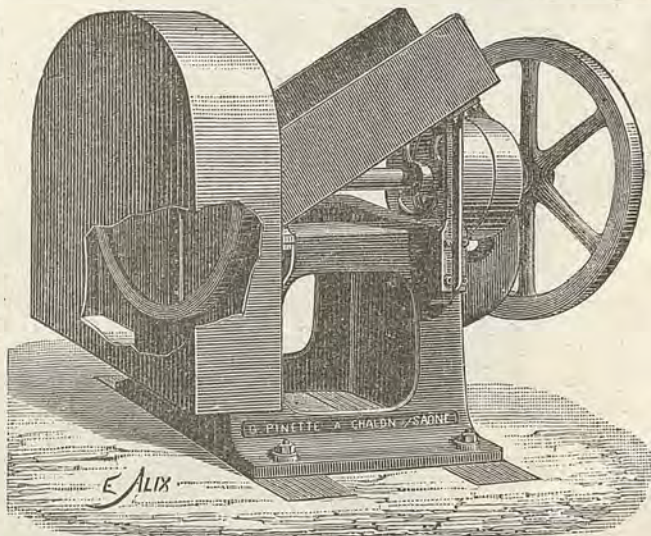


Fig. 492. — Sfalatrice a disco verticale.

Uscendo dalle sfaldatrici, le argille vengono deposte in fosse o semplicemente ammucchiate, ma sempre disposte a strati uguali ed annaffiate ad ogni strato, e si lasciano in deposito finchè siano imbevute uniformemente nel dovuto grado. Può darsi che le argille abbiano ancora bisogno di essere cilindrate e allora si usano le apposite macchine di cui si è fatto cenno; in caso diverso si portano addirittura al rimescolatore per ottenere la pasta omogenea e regolare e quindi alla tiratrice, di cui la fig. 493 rappresenta un modello. Essa è atta a tirare mattoni pieni, vuoti, tubi di drenaggio, ecc. L'argilla, una volta che è nella tramoggia della macchina, è presa da un'elica che la impasta di bel nuovo in un cilindro orizzontale e poi la spinge nella parte conica che fa seguito a quella cilindrica, finchè finisce per uscire dalla trafila sotto forma di uno o più nastri, sopra un tavolato composto di una serie di rulli girevoli, i quali facilitano lo scorrimento del nastro, e munito di un telaio a fili di acciaio, che coll'abbassarsi divide le liste in parti uguali.

Le formelle di argilla così preparate vengono portate su di una tavola a comodità dell'operaio che deve metterle nei modelli dello strettoio a stampi i quali sono pure di ghisa, ma ricoperti di gesso, affinchè i laterizi possano uscire con facilità. Come si è detto più sopra lo strettoio serve a dare al mattone la forma regolare uniforme, a ridurlo a spigoli netti e colle faccie ben lisce.

Il mattone pieno fabbricato coll'argilla spappolata è più leggero di quello fatto coll'argilla compatta; può venir tagliato con facilità e presenta generalmente una struttura più uniforme ed una maggior resistenza agli agenti atmosferici.

La tiratrice Pinette a due cilindri, simile a quella della fig. 493, può dare da 15 a 18 mila mattoni pieni al giorno, con una forza di circa 8 cavalli. Il tipo più

piccolo ne produce circa 8 mila con una forza di 5 cavalli.

La ditta Pinette costruisce pure delle macchine a mano trasportabili, di cui un tipo è dato dalla fig. 494. Consta di una cassa rettangolare con coperchio mobile; ad un'estremità della cassa penetra uno stantuffo comandato da una dentiera, mentre dalla parte opposta vi è una matrice attraverso a cui l'argilla è obbligata di passare. Si riempie la cassa di argilla, indi si ribatte più volte il coperchio per comprimerla bene e dopo fermato il coperchio per mezzo di uncini, si fa girare la manovella facendo avanzare lo stantuffo che costringe l'argilla ad uscire dalla trafila sul tavolo a rulli. Un telaio a fili serve come il solito a dividere in pezzi la lista di argilla formata.

Questa macchina è posta su quattro ruote, onde la si può condurre nel luogo ove i mattoni devono essere posti ad essiccare, evitando così i lunghi trasporti e le conseguenti deformazioni e guasti nei materiali.

Questa macchina può dare 4000 mattoni in 10 ore.

Uscendo dalle macchine sopra descritte i

mattoni molli, tagliati dai fili di acciaio, non sono di regolarità perfetta, e se questa non è assolutamente necessaria si mettono addirittura ad essiccare. In caso contrario si portano nella *modellatrice* (fig. 495), la quale con una piccola forza motrice può dare

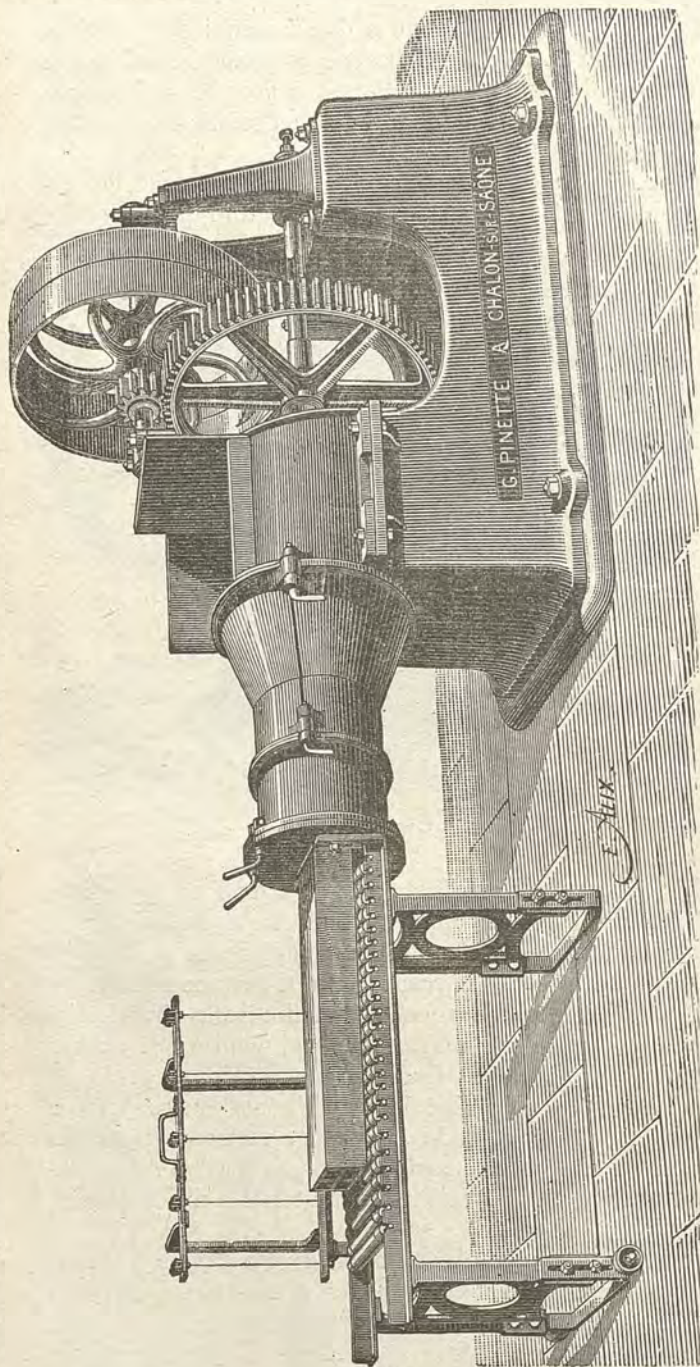


Fig. 493. — Macchina tiratrice per argille spapolate.

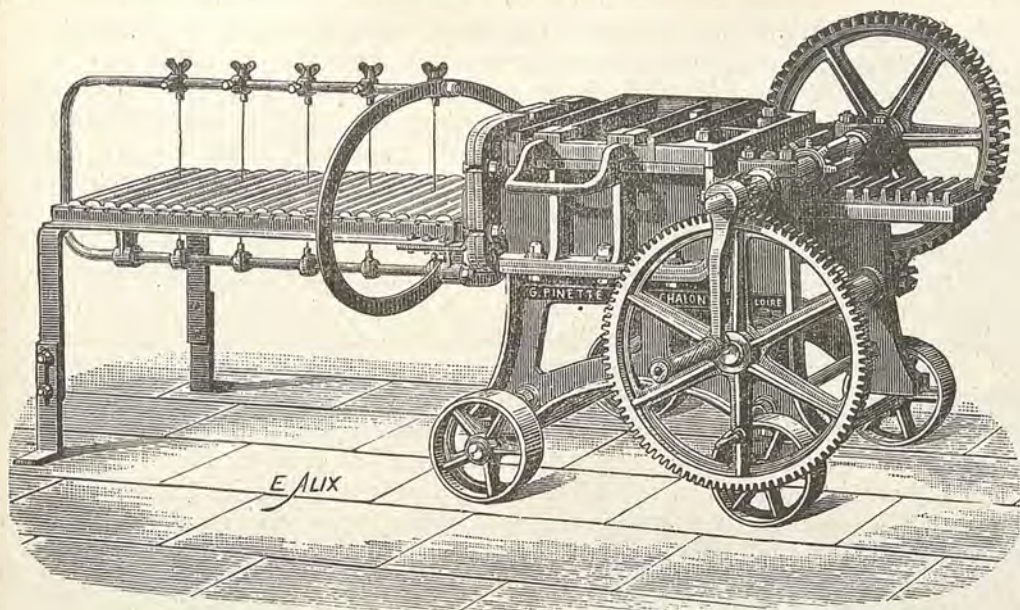


Fig. 494. — Macchina tiratrice a mano, modello Pinette.

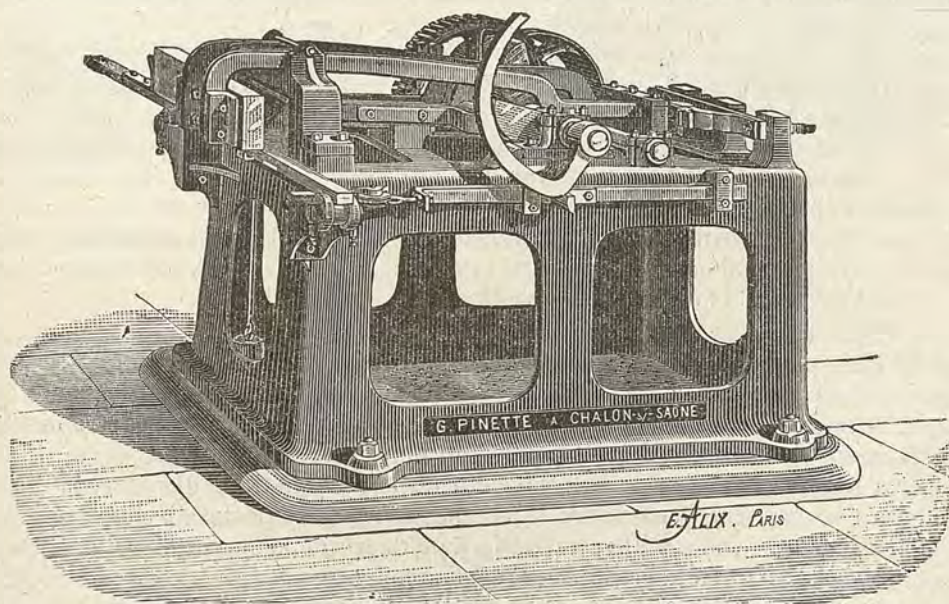


Fig. 495. — Modellatrice.

circa 10 mila mattoni finiti al giorno. Un operaio prende le formelle e le dispone sull'estremità di una tavoletta che si trova davanti alla forma. Questa tavoletta è ricondotta indietro per mezzo del movimento di un bocciuolo allo scopo di presentare il mattone da modellare proprio in faccia allo stampo. In questo istante, in virtù di un eccentrico, uno stampo comprime il mattone nella matrice e, quando è compresso, lo stampo retrocede ed il mattone è fatto uscire dalla matrice per mezzo del fondo della matrice che si avvanza. Mentre un mattone viene compresso nella forma,

quello che fu modellato si avvanza della lunghezza della forma, ciò che permette di toglierlo, mentre si comprime il successivo e così di seguito.

I mattoni vuoti o bucati, che sono venuti molto in uso per la loro *leggerezza*, *resistenza* e *inconduttibilità*, si fabbricano con le stesse macchine suddescritte, alle quali sia adattata apposita filiera. Apprezzata è la macchina di Borie a cui si è già accennato; essa può fornire in un giorno 4500 mattoni, col lavoro di un solo operaio e tre aiutanti, dei quali uno porta la terra e i due altri tagliano i mattoni e li trasportano.

Oltre i mattoni vuoti si fanno a mano e a macchina anche mattoni sagomati per stipiti, cornici, archivolti, ecc.

e) *Cottura dei laterizi*. — Dopo l'essiccamento dei mattoni, il quale varia da 15 giorni ad un mese, si procede alla cottura. Questa può essere fatta col sistema *a mucchio* od *al volo* o con apposite fornaci. Il primo sistema, che consiste nel cuocere i mattoni all'aperto, senz'altro apparecchio che i mattoni stessi, dà una cottura irregolare, dà luogo ad una perdita di circa $\frac{1}{6}$ del prodotto, ed abbisogna di operai speciali e molto abili. Colle fornaci invece si ottiene un risultato migliore e più economico. I combustibili adoperati nelle fornaci sono legna, torba, lignite, catrame, antracite, carbone di legna, carbone di torba e coke. Fra questi è bene adottare un combustibile a lenta fiamma che permetta di regolare convenientemente la temperatura del forno.

La cottura dei laterizi comprende due periodi: il primo, detto del *piccolo fuoco*, si limita, per mezzo d'un fuoco dolce, a disseccare i mattoni scacciandone tutta l'umidità; il secondo porta i laterizi alla temperatura necessaria per farli cuocere senza farli scoppiare o sfaldare, e vien detto *periodo del gran fuoco*.

Sei sono i tipi a cui si possono ridurre le fornaci: e cioè: α) quelle provviste di muratura solo lateralmente; β) quelle circondate da muri e coperte da un vólto avente delle aperture o un camino per l'uscita dei prodotti della combustione; γ) quelle a due scompartimenti e che per conseguenza figurano come due fornaci, poste l'una sopra l'altra; δ) quelle che hanno muri laterali, vólta, il focolare ad un estremo e il camino all'estremo opposto; ϵ) quelle ancora coperte da vólta ma con *regresso di calore*, in cui i prodotti della combustione, attraversata la massa sottoposta a cottura, sono costretti a rivolgersi al basso per portarsi al camino, passando per bocche poste quasi a livello dei focolari; ζ) fornaci a fuoco continuo.

α) *Fornaci a soli muri laterali*. Nella figura 496 è rappresentata una fornace a legna di tal genere. I muri di contorno A, B, C, D sono verticali e talvolta a scarpa, e quasi sempre per una certa altezza interrati, onde diminuire il disperdimento del calore. Nel muro A non interrato sono aperte le bocche da fuoco *b*, e contro di esso trovasi generalmente una tettoia *t* per riparo dei fornaciai.

Questa fornace si carica incominciando a disporre i mattoni di costa, in corrispondenza dei piani che esistono fra le bocche da fuoco e attorno ai muri laterali e facendoli avanzare l'uno sull'altro in modo da formare delle specie di vólte, le quali siano quasi come altrettante prosecuzioni degli archi che contornano le diverse bocche. Dopo si fanno diversi strati sempre con mattoni in costa, spazati e incrociati convenientemente affinché il calore possa circolarvi attorno. In tre dei muri perimetrali esistono tre vani S, aperti durante il caricamento e che si chiudono con muricciuoli appena questo è ultimato. Prima di accendere il fuoco nella fornace si distende sull'ultimo corso di laterizi uno strato di argilla alto m. 0,10 ÷ 0,15 per impedire la dispersione superiore del calore e per poter moderare a piacimento il tirante, lasciandovi più o meno aperture. Se s'impiega la torba, la lignite o il carbon fossile, i focolai si muniscono di graticole.

Le bocche da fuoco sono talvolta praticate su due muri opposti, come appare dalla fornace della fig. 497. Su queste le graticole *g* sono collocate a livello dell'imposta

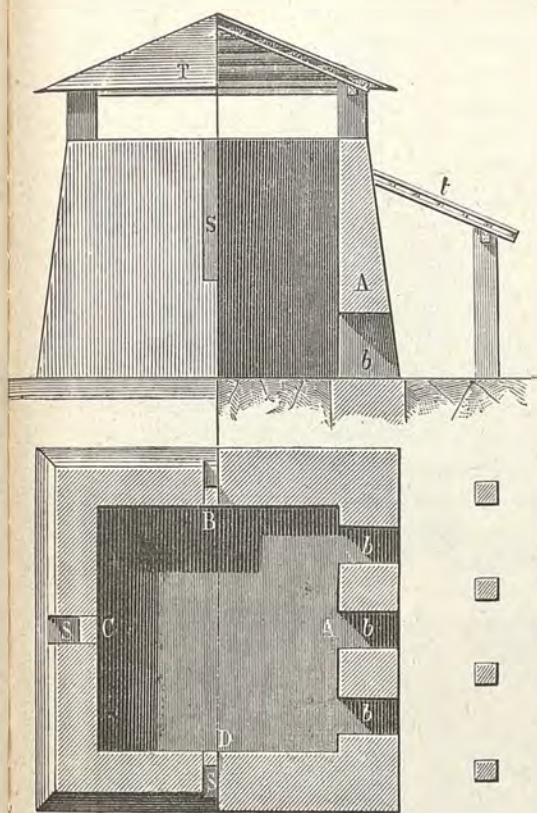


Fig. 496. — Fornace per laterizi a soli muri laterali.

ABCD, muri di contorno a scarpa; b, bocche da fuoco; S, vani di caricamento; f, tettoia pel fornaciai.

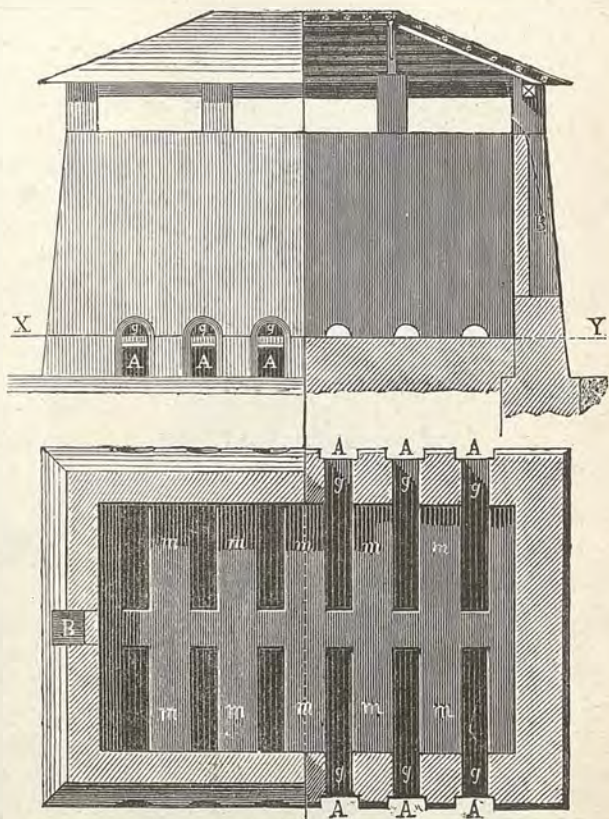


Fig. 497. -- Fornace per laterizi a soli muri laterali.

A, focolari; g, graticole; B, bocche di caricamento; m, muri interni per sostegno della carica.

dei vòliti delle bocche da fuoco A, chiuse da robuste porte di ferraccio. I muri *m* corrispondenti ai piedritti di tali bocche ed il muro mediano si elevano di qualche poco sopra il livello delle graticole e servono a sostenere l'intera carica. Una tettoia va generalmente addossata a ciascuno dei muri in cui sono aperte le bocche A e molto spesso anche agli altri due muri, nei quali si trovano le bocche di caricamento B. Il caricamento si fa come si disse precedentemente: ultimato si chiudono le bocche B. È opportuno di elevare al disopra dei muri *m* e del muro mediano delle specie di muri formati coi mattoni stessi da cuocersi, disposti colla minima dimensione verticale; in tal maniera l'intera fornace resta come divisa in tante piccole fornaci quanti sono i focolari.

Le fornaci descritte possono avere tali dimensioni da contenere fino a 400 mila mattoni e servono principalmente per la cottura dei laterizi ordinari.

L'operazione della cottura si conduce a compimento incominciando dall'accendere un fuoco moderato per 24 ore, aumentandolo successivamente e gradatamente per altre 36 ore, ed attivandolo in seguito con tutta l'intensità fino alla perfetta cottura, la quale viene giudicata assai bene dai pratici a seconda dell'argilla e dei combustibili impiegati. Cessato il fuoco si murano o si chiudono colle apposite porte le bocche della fornace, si lascia raffreddare e si procede allo scaricamento dopo un lasso di tempo, che può variare da 5 a 20 giorni, secondo la quantità del prodotto.

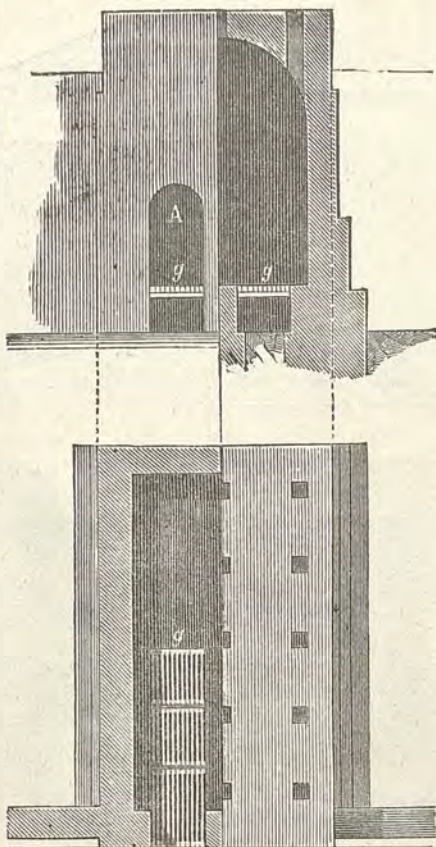


Fig. 498. — Fornace per laterizi con aperture superiori.

A, bocche di carica e scarica; g, graticole.

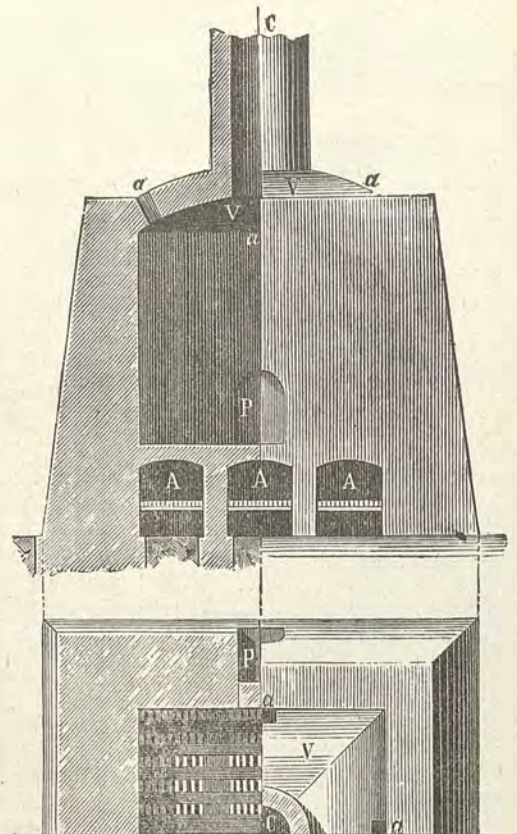


Fig. 499. — Fornace per laterizi con camino centrale.

A, focolari con graticola; V, volta della fornace; C, camino; a, aperture per il raffreddamento; P, bocche di carica e di scarica.

β) *Fornaci circondate da muri, con aperture o un camino per l'uscita dei prodotti della combustione.* Queste fornaci convengono per tutti i laterizi, ma principalmente per quelli minuti, come tubi, vasi, ecc. La fig. 498 ne rappresenta un tipo con piante, prospetto e sezione. Per costruire tale fornace si scava un fosso avente m. 6 ÷ 7,50 di lunghezza, m. 3 ÷ 4,50 di larghezza e m. 4 ÷ 5 di profondità; sul suo perimetro si costruiscono dei muri grossi m. 0,75 e formati con mattoni crudi e terra argillosa; fra essi si getta una volta munita di due o più serie di fori che servono come altrettanti camini; si scava ancora il suolo dell'edificio per una lunghezza di m. 2 ÷ 3,50 ed una profondità di m. 0,60 e finalmente si stabiliscono le graticole *g* dietro alle aperture *A*, alte circa 2 metri sopra *g*, per le quali si carica e si scarica il materiale. La carica di una fornace come la descritta può essere di circa 25 mila mattoni.

La figura 499 rappresenta invece una fornace con camino centrale. I focolari *A*, muniti di graticola, sono coperti da volte in mattoni refrattari, ma costruite in maniera da lasciare tante fessure per il passaggio del calore. La volta *V* della fornace è a padiglione ed è provvista di un camino *C* e di quattro aperture *a* che si tengono chiuse durante il fuoco e si aprono appena cessato questo per accelerare il raffreddamento. Per il carico e lo scarico dei laterizi servono le porte *P*, che durante la cottura si chiudono con muricciuoli.

γ) *Fornaci a due scompartimenti*. Queste fornaci economizzano assai bene il combustibile e nella fig. 500 se ne riproduce un tipo. La fornace si compone di due vani C e C' sovrapposti e contenuti fra grossi muri. Tali vani hanno forma quadrata con lati rettilinei, oppure curvi come altrettante vòlte. La forma, in senso verticale delle pareti dei due scompartimenti, risulta evidente dal disegno. Al fondo di ognuna delle due indicate capacità vi sono i cenerarii H ed H', muniti di grata di ferro su cui s'abbrucia il combustibile fatto passare per le bocche b e b'. Alla sommità della capacità o scompartimento superiore vi ha un foro parallelepipedo non molto largo, che serve per dare passaggio ai prodotti della combustione. Facendo passare i laterizi per le aperture k ed l si carica lo scompartimento inferiore, facendoli passare per le altre aperture k' ed l' si carica lo scompartimento superiore. I primi mattoni che si pongono, tanto nell'uno quanto nell'altro dei due scompartimenti, appoggiano direttamente su vòlta forati V e V', e tutti quelli che li seguono vengono disposti press'a poco come nelle altre fornaci, e coll'avvertenza di lasciare vuoti maggiori verso le pareti, affinchè il calore si possa uniformemente propagare in tutta la massa. Caricata la fornace, è necessario murare l'apertura k, collocare una piastra di ghisa innanzi al focolare b', e chiudere con doppi muriccioli ciascuna delle due aperture l ed l'. Le bocche da fuoco b e b' devono essere munite di registri, sia per regolare la forza della corrente d'aria e l'attività della combustione, sia per chiudere la bocca di uno dei due focolari quando esiste il fuoco nell'altro. L'apertura a del cenerario deve pur essere munita di un registro che permetta di aprirla più o meno, o di chiuderla totalmente a seconda dei bisogni. Il fuoco si accende prima nel focolare inferiore e vi si mantiene finchè siano portati a giusta cottura i laterizi dello scomparto C. Dopo si chiudono le aperture a e b, e si fa fuoco nel focolare superiore per quel tempo e con quell'intensità che è necessaria per completare l'imperfetta cottura, a cui già trovansi portati i materiali dello scomparto C' per effetto del calore che li involse durante l'accensione del fuoco nel focolare inferiore.

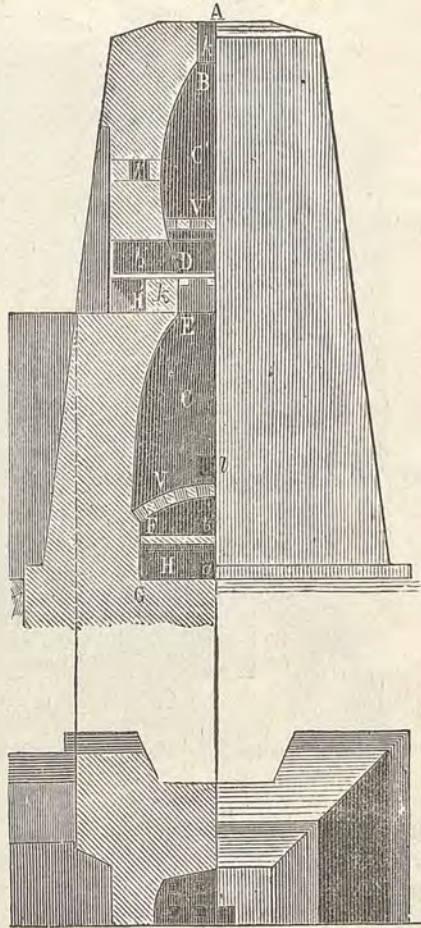


Fig. 500. — Fornace per laterizi a due scompartimenti.

A, camino; C, C', scompartimenti; b, b', bocche dei focolari; H, H', cenerarii; k, k', l, l', bocche di caricamento; a, bocca del cenerario H; V, V', vòlta forati.

δ) *Fornaci a fiamma ripiegata*. Un tipo è rappresentato nella fig. 501. Si compone di un vano A, entro il quale si collocano i laterizi, circondato da grossi muri e da vòlta e il cui suolo è costituito da un masso murale vuoto, affinchè risulti cattivo conduttore del calore. B è il focolare munito della graticola g e del cenerario C; D è il camino per l'uscita di prodotti della combustione; E è la bocca da fuoco ed S una porta a saracinesca, il cui innalzamento od abbassamento si suol generalmente rendere agevole mediante una catena fermata per un estremo alla saracinesca, avvolgentesi su due puleggie e portante all'altro estremo un contranesso. Un'apertura F

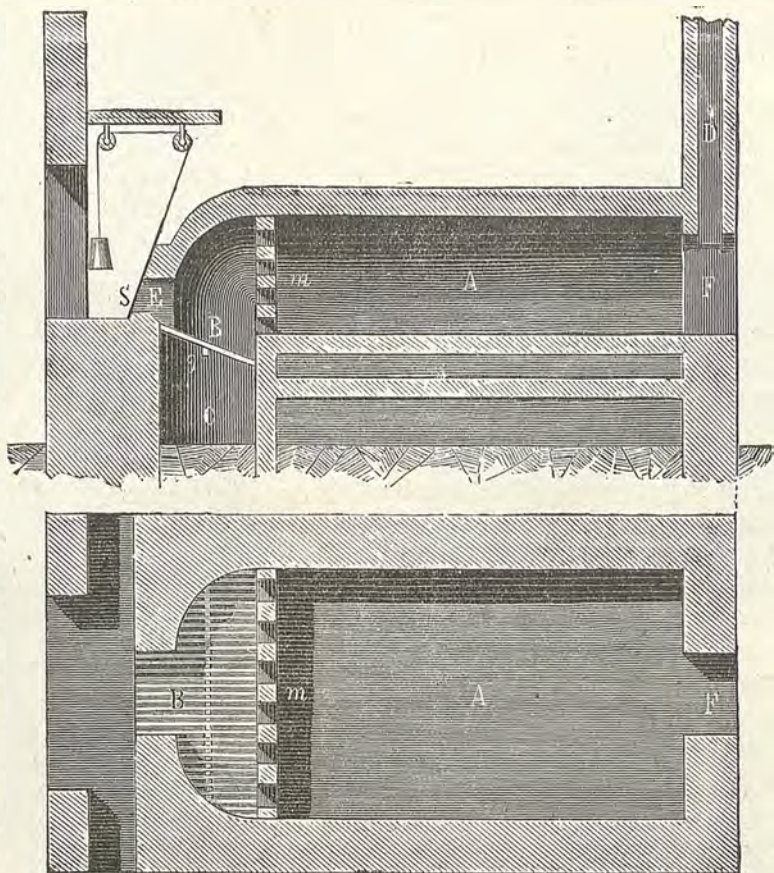


Fig. 501. — Fornace per laterizi a fiamma ripiegata.

A, vano per la carica; B, focolare; *g*, graticola; C, cinerario; E, bocca di fuoco; S, registro a saracinesca; *m*, muro traforato; F, bocca di carica e scarica; D, camino.

praticata nella faccia della fornace che è opposta al focolare serve all'introduzione ed all'estrazione dei materiali, e questa apertura viene chiusa da un muricciuolo nel periodo della cottura. Un muro verticale e traforato *m* separa la capacità A dal focolare B: i fori lasciano passare la fiamma nel corpo della fornace, ed i pieni servono a far sì che la fiamma si divida e che invada regolarmente la massa esposta a cottura. I materiali devono essere disposti in modo da sentire l'azione del calore in tutto il loro ambito e, per quanto si può, in modo uniforme: quelli che richiedono un fuoco intenso per essere portati alla perfetta cottura, devono essere disposti in vicinanza del muro *m*, e man mano devono venire gli altri, finchè si arriva ai più sottili, che devono essere in prossimità del camino. Per cuocere mattoni in siffatte fornaci sono necessarie da 48 a 52 ore.

Talvolta l'apertura F trovasi praticata in un muro laterale; e sovente nella sommità del vólto trovasi un'apertura che si tien chiusa durante l'operazione della cottura e che si apre quando si vuol sfornare. L'aria calda che esce dall'indicata apertura, raccolta in apposito ambiente sovrastante alla fornace, potrebbe tornare utilissima per la prima essiccazione dei laterizi sottili, come sono i tubi ed i vasi per costruzioni leggere.

ε) *Fornaci a regresso di calore.* Nella fig. 502 si ha una fornace avente 4 metri di diametro interno e m. 4,60 d'altezza sotto il vólto; circondata da muri dello spessore di m. 0,70; munita di camino che innalzasi verticalmente in corrispondenza del mezzo della vólta coll'altezza di 6 metri, col diametro interno di 1 metro alla sua

base inferiore, e di m. 0,50 alla sua base superiore. I focolari sono in numero di 4, indicati nella figura colla lettera *f*, e ciascuno è munito di graticola e di cinerario. Il combustibile che suolsi impiegare per questa fornace è il coke o il carbon fossile. I prodotti della combustione, uscendo dai focolari, penetrano direttamente nel forno e vengono dopo aspirati nei condotti *b* aventi la sezione rettangolare di m. 0,15 per m. 0,20 colla loro origine in *c*, e che in *R* vanno a riunirsi nel camino. Il caricamento di questa fornace si fa per una porta praticata nella sua parete e che chiudesi con un muricciuolo nel tempo della cottura. Il numero dei mattoni che può contenere una fornace delle accennate dimensioni è di circa 24 mila.

γ) *Fornaci Hoffmann*. Uno degli inconvenienti che hanno le fornaci sud-descriette consiste nella grande perdita di tempo a cui dà luogo il loro raffreddamento, necessario per togliere il materiale. Tale inconveniente non esiste colle fornaci *circolari* o meglio a *fuoco continuo*, ideate da Hoffmann, e colle quali si realizzano altri notevoli vantaggi, come quelli di una maggior economia e della produzione di laterizi di qualità assai migliore.

Non si crede qui conveniente d'intraprendere una lunga descrizione delle fornaci Hoffmann, ormai da tutti conosciute: si dirà soltanto che esse si compongono di tante celle (v. fig. 503) comunicanti fra di loro, ma che si possono in dato momento isolare. Mentre il fuoco è fatto in due celle i prodotti della combustione riscaldano i mattoni posti nelle celle successive, e l'aria che entra dalle porte di celle antecedenti si scalda a contatto dei mattoni in queste contenuti, già in via di raffreddamento, accelerando così il raffreddamento stesso e acquistando del calore che renderà più sollecita la cottura dei mattoni posti nelle celle in cui si fa fuoco. Scariando così le celle nelle quali i mattoni si sono raffreddati e ricaricandole con materiali pronti per la cottura, l'operazione diventa continua, ed è perciò che le fornaci Hoffmann son dette a *fuoco continuo*. Una fornace Hoffmann, capace di produrre 20,000 mattoni al giorno, può costare dalle 12 alle 15 mila lire, e può consumare al giorno circa 100 Kg. di catrame di buona qualità per ogni 1000 mattoni.

Tra le fornaci di sistema Hoffmann sono da comprendersi quelle costruite dal sig. Capecchi, il quale munisce le sue fornaci di griglia e le affonda nel terreno. La fornace Capecchi presenta i seguenti vantaggi:

1° Minor spesa d'impianto e minor disperdimento di calore, essendo semi-sotterranea;

2° Economia di combustibile, per la presenza della griglia. Si può calcolare la spesa di L. 1,50 per ogni 1000 pezzi;

3° Cottura perfetta dei prodotti anche i più fini;

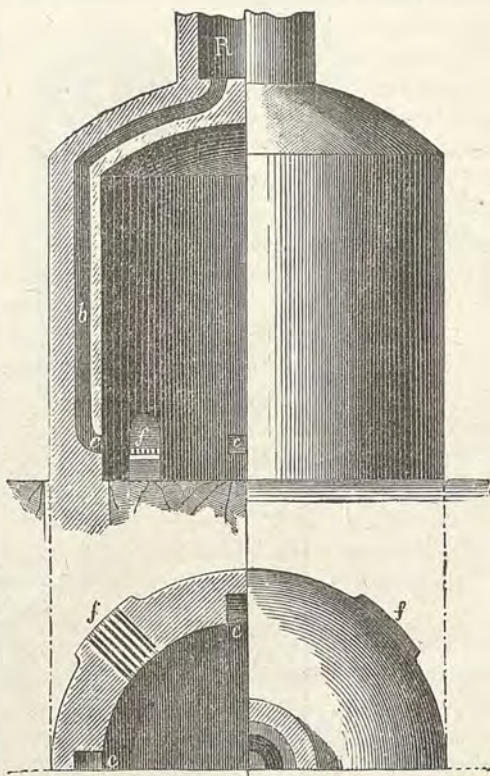


Fig. 502. — Fornace per laterizi a regresso di calore.

f, focolai; *c*, *b*, condotti del calore al camino; *R*, camino.

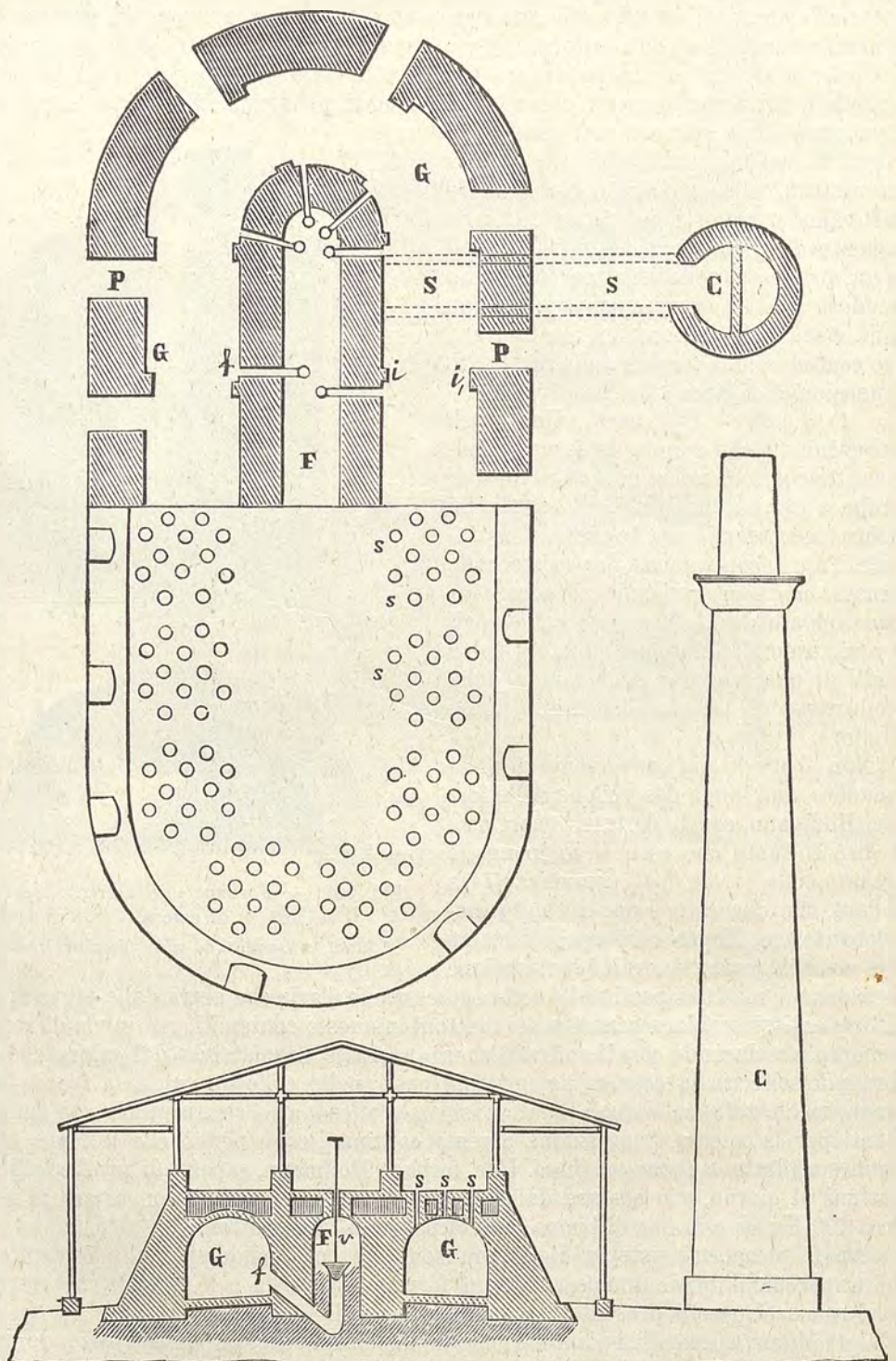


Fig. 503. — Fornace Hoffmann a fuoco continuo per la cottura dei laterizi.

G, galleria delle celle; F, camera del fumo; C, camino; S, condotto sotterraneo dalla camera F al camino C; *i, i*, atelle per le divisioni delle celle con porte di ferro; P, porta delle celle, per il carico e scarico dei laterizi; *f*, bocche del fumo delle celle; *v*, valvola conica di ciascuna bocca *f*; *s*, bocche di caricamento del combustibile.

4° Possibilità di cuocere contemporaneamente insieme coi mattoni oggetti fini, come tubi, vasi, ecc.;

5° Possibilità di adoperare qualunque combustibile.

Le fornaci Hoffmann possono facilmente e con poca spesa ridursi al sistema Capecchi.

f) *Calo dei laterizi e qualità diverse dei mattoni.* — In seguito alla cottura si ha un calo che varia a seconda delle fornaci. Nelle fornaci a fuoco continuo il calo è poco considerevole, variando dal 3 al 5 p. %; nelle altre invece è assai più forte ed i mattoni che ne escono si distinguono in *ferrioli*, *forti* e *albasì*. I *ferrioli* sono quelli troppo cotti, semivetrificati, un po' deformati, di color bigio ferreo, fragili e assorbenti poca acqua; i *forti* sono quelli che hanno raggiunto il giusto grado di cottura e si distinguono ancora in *mezzanelle forti* e *mezzanelle dolci*, secondochè sono più o meno cotti; i mattoni forti sono in generale di color rosso vivo: battuti insieme danno un suono chiaro ed assorbono una mediocre quantità d'acqua. Si dicono *albasì* i mattoni che non arrivarono al giusto grado di cottura, che hanno color rosso-giallo, sono friabili ed assorbono molta acqua. In ogni fornaciata si calcola di ritrarre: il 10 p. % di ferrioli, il 30 p. % di mezzanelle forti, il 35 p. % di mezzanelle dolci e il 25 p. % di albasì.

I migliori sono i mattoni forti e fra questi quelli detti *mezzanelle forti*; gli albasì non si possono impiegare che in opere di secondaria importanza, non esposte alle intemperie e non soggette che a deboli pressioni; i ferrioli essendo molto resistenti per la loro vetrificazione agli agenti atmosferici ed all'acqua possono servire per costruzioni di canali, per pavimentazioni, ma non mai per opere soggette a grandi sforzi di pressione.

Oltre ai caratteri già menzionati che devono presentare i buoni mattoni, si può riconoscere la bontà dei laterizi lasciandoli per un'intera invernata esposti all'acqua, al gelo, alla neve, poichè se sono di cattiva qualità non resistono all'azione di tali agenti, ma si spaccano, si sfaldano, si sgretolano.

g) *Diverse specie di mattoni.* — Come si è già detto, si parlerà in capitoli successivi dei laterizi per pavimenti, per coperture, ecc., onde qui si dirà solamente delle diverse specie di mattoni.

I *mattoni pieni* od ordinari sono quelli comunemente usati per la costruzione dei muri d'ambito, per archi, vòlte, ecc. Le loro dimensioni variano a seconda delle regioni in cui vengono fabbricati ed anche a seconda delle fornaci. Ordinariamente la loro lunghezza è dai 20 ai 30 cm.; la larghezza è la metà della lunghezza e l'altezza la metà della larghezza. In molti Stati della Germania e del Nord d'Europa è stabilito che le dimensioni dei mattoni siano identiche per tutto lo Stato; in Italia questa norma non esiste e perciò si osservano differenze notevoli.

Ecco per esempio le dimensioni in millimetri dei mattoni di alcune regioni:

Tabella XXIX. — Dimensioni e peso dei mattoni pieni.

PROVENIENZA	DENOMINAZIONE	Dimensioni in millimetri			Peso in Kg. di un mattone
		lunghezza	larghezza	groschezza	
Torino	Comuni	240	120	60	
	Mattonetti	240	90	60	
	Comuni	240	120	60	2,800
Trofarello FORNACE BOSÙ	Comuni	250	100	60	2,600
	Mattonetti	250	120	40	2,400
	Mattoni da paramento	220	120	70	3,200
	Comuni dolci	250	120	75	3,600
	» forti	265	130	65	3,700
Novara FORNACE BOTTACCHI	Comuni dolci	264	128	63	3,700
	Mezzanelli	266	130	65	3,700
	Piccoli	230	110	55	2,300
	Da paramento	265	130	68	4,000

Segue **Tabella XXIX.** — Dimensioni e peso dei mattoni pieni.

PROVENIENZA	DENOMINAZIONE	Dimensioni in millimetri			Peso in Kg. di un mattone
		lunghezza	larghezza	groschezza	
Milano	Grossoni (a macchina)	235	113	70	3,455
		230	110	67	3,110
	» (a mano)	225	110	67	3,100
		235	110	65	3,110
		235	110	57	2,585
		230	110	52	2,480
		230	110	50	2,405
	Comuni	238	117	50	2,660
		235	115	50	2,260
		Piccoli	200	87	49	1,670
Parma FORNACE POTTERI a S. Donnino	Comuni grezzi e fregati	270	135	55	3,000
	» » grossi	280	140	80	4,500
	Rospetti	240	120	70	2,800
	Bastonetti	240	120	50	2,300
	Mattoni usuali	300	150	50	4,400
	» »	270	135	50	3,030
	» » 1ª qualità	270	130	40	2,600
	» » 2ª »	270	130	40	2,670
	» sottili	270	135	30	2,200
	» arrotati	300	150	50	4,300
Firenze	Comuni	270	135	50	3,110
	Mezzani arrotati	290	140	40	
	Comuni grossi	290	140	25	
Roma	Ordinari	335	168	47	
	Zoccoli	279	140	32	
		279	140	75	
Napoli	Mattoni di Gaeta	280	140	50	3,000
		260	140	60	3,200
		250	120	40	2,100
	» d'Ischia o Casalnuovo	260	130	35	1,800
		220	115	25	1,400
	» di Salerno	260	130	60	3,000
		260	130	50	2,750
		260	130	40	2,000
		260	130	70	3,500
		260	130	60	3,100
Padova FORNACE MANDRIOLA	Mattonelle	260	130	40	2,000
		240	120	40	1,700
	Comuni e scelti	290	140	55	4,000
		300	150	50	4,400
		260	170	50	4,500
		280	140	55	3,600
	Fini da cortina	300	140	60	4,800
		200	130	60	2,600
		230	130	60	3,000
		260	130	60	3,500
Bologna-Imola FORNACE GALLOTTI	Grossi da cortina	290	140	65	5,000
	Grossissimi	320	160	80	8,000
	A 2 sabbie	290	140	60	4,100
	Cazzardelli grandi	240	120	55	3,000
	» piccoli	200	100	55	2,000
	Bastonetti	280	110	55	2,800
	Mezzanelle comuni	290	140	40	3,000
	Mezzanelloni	350	170	40	4,400

Per le murature che non devono rivestirsi d'intonaco, ma lasciarsi a mattoni in vista, si adoperano i mattoni da *paramento* o a *due sabbie*, aventi spigoli vivi, faccie piane e dimensioni qualche volta maggiori di quelle dei mattoni comuni. Il Bottacchi di Novara fabbrica dei mattoni di paramento colle dimensioni:

$$265 \times 130 \times 68 - 250 \times 120 \times 60 - 230 \times 110 \times 55.$$

Il Bosq di Trofarello ne fabbrica colle dimensioni di $220 \times 120 \times 70 - 250 \times 120 \times 75$. Il peso medio dei mattoni comuni pieni è di Kg. 3,5 circa.

Per rendere più leggeri i mattoni si fanno forati nel senso della lunghezza, con fori rotondi o rettangolari. Questi mattoni, detti *forati* o *vuoti*, sono molto vantaggiosi per la loro leggerezza, resistenza ed incoaduttibilità. Ve ne sono a 2, 3, 4, 6 e 8 fori. Si formano colla stessa terra argillosa dei mattoni comuni, ma si fabbricano per mezzo di macchine, delle quali la più conosciuta è quella detta di Borie o di Clayton, che può fabbricare in un giorno 4500 mattoni, occorrendovi solo un uomo e tre aiutanti, di cui uno porta la terra e i due altri tagliano i mattoni e li trasportano. I mattoni bucati sono cotti nelle stesse fornaci dei mattoni ordinari e si infornano nello stesso modo. Come i mattoni pieni anche quelli forati hanno dimensioni e pesi diversi a seconda dei paesi e delle fornaci, come risulta dalla Tabella a pagina seguente.

I mattoni forati si fanno sovente colle faccie striate, affinché si leghino meglio colle malte.

Hanno pure notevole leggerezza i mattoni *porosi*, che si ottengono mescolando all'argilla dei corpi combustibili come schegge o segatura di legno, torba, polvere da conca, polvere di carbone, paglia tritata, ecc.; queste materie bruciano durante la cottura e la struttura del mattone resta porosa, donde il nome; se tali mattoni sono anche forati si hanno mattoni *cavi porosi*. Ogni muratura però fabbricata con mattoni porosi ed esposta alle intemperie trasuda facilmente in causa delle ceneri che rimangono nei mattoni e delle materie alcaline che esse contengono; naturalmente hanno minore resistenza dei mattoni pieni ordinari. Si fabbricano pure mattoni detti *galleggianti*, perchè stanno a galla; sono fatti con $\frac{2}{3}$ di un materiale detto *farina fossile*, che si estrae dal monte Amiata presso Siena, impastato con $\frac{1}{3}$ d'argilla.

Per forni, caloriferi ed apparecchi industriali si adoperano i mattoni *refrattari* formati con terra speciale, che resiste ad alte temperature. In Italia sono noti quelli di Castellamonte presso Ivrea e i mattoni di quarzo di Villarfocchiardo (Torino), i quali ultimi resistono a temperature anche più elevate di quelle a cui resistono i primi.

Oltre i mattoni cotti vi sono altre specie di mattoni, che non sarebbero veri laterizi, ma che per affinità e per lo scopo che hanno si possono comprendere nei materiali laterizi, e cioè:

I *mattoni crudi*, di cui si è già fatto parola in principio, formati colla stessa terra dei mattoni cotti, ma semplicemente essiccati al sole. Alla terra si mescolano sovente paglia o fieno o canne; sono raramente adoperati e per lo più in fabbricati rurali di poca importanza.

I *mattoni di sughero*, di *scorie* e simili.

I *mattoni vetrati* o *smaltati*, cioè spalmati di una vernice vetrosa o smalto che si applica sulla faccia che deve rimanere in vista. La vernice consta di litargirio con manganese e con ossido di rame, ed è somigliante per conseguenza a quella che si dà alle stoviglie comuni: talvolta si colora di giallo coll'ossido di antimonio. Il mattone così vetrificato diventa impermeabile all'acqua, nè più si sfalda, come succede talvolta dei mattoni comuni esposti alle intemperie.

I *mattoni di grès ceramico*, che si adoperano specialmente quando si vuole impedire che l'acqua si elevi nei muri, essendo impermeabili. Se ne fanno di pieni e forati, colle usuali dimensioni e peso.

Tabella XXX. — Dimensioni e peso dei mattoni forati.

PROVENIENZA	NUMERO E FORMA DEI FORI	Dimensioni in millimetri			Peso in Kg. di un mattone
		lunghezza	larghezza	groszza	
		200	80	40	0,700
		200	100	50	0,900
	2 rettangolari	230	110	60	1,400
		240	120	60	1,500
		250	140	80	1,800
	3 »	230	140	40	1,400
		230	140	50	1,500
		230	130	70	1,600
Trofarello (Torino)	2 circolari	200	100	50	1,000
FORNACE BOSQ		240	120	100	2,000
	4 rett. due a due sovrapposti	240	200	40	1,800
	4 rettangolari tutti in fila	230	90	70	1,920
	6 rett. due a due sovrapposti	240	140	90	2,700
		240	150	100	3,250
		200	100	50	0,800
	2 rettangolari	220	105	55	1,100
Parma	3 »	230	140	45	1,100
FORNACE BOTTERI	6 rett. due a due sovrapposti	250	125	75	1,900
a S. Donnino	8 » » »	265	150	90	3,000
		245	125	70	1,800
Novara		230	100	60	1,400
FORNACE BOTTACCHI		200	80	50	0,900
		200	100	45	0,850
	2 rettangolari	200	100	60	0,950
Cremona	3 »	240	130	70	1,600
FORNACE LUCCHINI		240	120	45	1,300
Milano	2 »	190	85	45	0,900
CANDIANI		110	120	50	1,450
Voghera	2 »	215	85	50	0,950
REGGIO e ROMANO		245	145	50	1,000
Pontida	3 »	245	105	70	1,850
MAGNETTI	6 »	245	145	85	2,620
Casalmaggiore	8 »	290	145	56	4,000
LONGARI e PONZONE	2 »	250	120	55	1,900
	3 »	250	145	65	2,215
Benevento	4 »	245	115	80	2,603
SOCIETÀ ANONIMA	6 »	250	150	70	2,900
	8 »	250	125	85	2,977

I mattoni di vetro soffiato (fig. 504), che si possono adoperare con vantaggio per costruire pareti isolatrici sia dal caldo e dal freddo, sia dall'umidità, sia dai rumori, ecc. Sono limpidi, inalterabili e lasciano passare una luce eccellente, senza permettere la visibilità attraverso ad essi. Così si possono impiegare nei casi in cui si debba aprire una luce sulla proprietà altrui, essendochè la parete costituita da mattoni di vetro forma un vero muro e non una finestra comune. Questi mattoni servono per finestre fisse, pareti divisorie, volte, tetti, lucernari, pavimentazione di cortili, serre, ospedali, sale di operazione, bagni, stabilimenti frigorifici, studi fotografici, ecc. La posa si fa impiegando cemento di Portland, aggiungendovi un quinto di sabbia pulita e pura. Questi mattoni, detti *Falconnier*, sono fabbricati dalla *Société anonyme des verreries de Dorignies*.

Infine tutte quelle altre specie di mattoni che si formano con sostanze diverse, sia per rendere il materiale più leggero od economico, o più resistente.

h) Forme diverse dei mattoni. — I mattoni hanno forme diverse a seconda dell'uso a cui sono destinati. Sono da comprendersi nei mattoni anche i tavelloni, sia pieni sia vuoti, che si usano per costruzione di tramezze e simili. Nella fig. 505 ne è rappresentato uno forato. La fornace Ferrari di Cremona fabbrica dei tavelloni forati lunghi 40 e 80 cm., i quali, per la

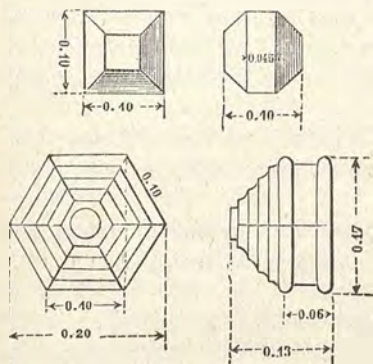


Fig. 504. — Mattoni Falconnier di vetro soffiato (Scala 1:10).

loro leggerezza, riescono assai convenienti nella costruzione di pareti leggere.

Nella fig. 505 sono disegnate le principali forme di mattoni. Per i mattoni speciali per voltine, piattabande, soffitti e simili si rimanda ai capitoli speciali in cui si tratta di tali costruzioni. Così pure per i materiali laterizi che servono alla costruzione di pavimenti, di coperture, di decorazioni architettoniche, ecc.

i) Resistenza dei mattoni. — Dalle esperienze eseguite e specialmente da quelle fatte negli anni 1868-1871 dal tenente colonnello del Genio cav. Pietro Conti (1), si ottennero risultati molto differenti secondo i mattoni delle diverse regioni e fornaci; ma riguardo alla resistenza allo schiacciamento si possono ritenere come dati medii quelli della seguente Tabella.

Tabella XXXI. — Resistenza allo schiacciamento per varie qualità di mattoni.

MATERIALI	Carico in Kg. per cm ²	
	di rottura	di sicurezza
Mattoni ordinari	150 ÷ 200	6 ÷ 8
» scelti	200 ÷ 250	8 ÷ 10
» durissimi	300 ÷ 350	12 ÷ 14
» pieni porosi	100 ÷ 150	4 ÷ 6
» vuoti porosi	50 ÷ 80	2 ÷ 3
» galleggianti	15 ÷ 25	0,75 ÷ 1
» forati o vuoti	100 ÷ 150	4

(1) Vedi *Giornale d'Artiglieria e Genio* del 1884. — Relazione del maggiore Falandola.

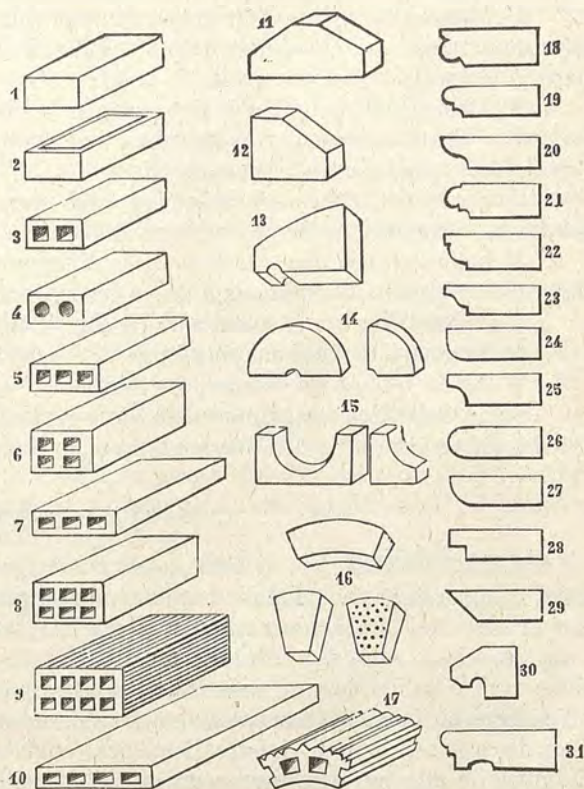


Fig. 505.

1, mattone comune; 2, mattone da paranzento; 3 a 9, mattoni forati; 10, tavellone forato; 11, 12 e 13, mattoni per colmi o copertine di muri; 14, mattoni per colonne; 15, mattoni per canne di camini; 16, mattoni per pozzi e per camini; 17, mattone vuoto per condotte e tubazioni; 18 a 29, mattoni sagomati; 30 e 31, mattoni per gocciolatoi.

1) *Preservativi contro l'umidità ed il salnitro.* — Onde preservare i mattoni dagli effetti dell'umidità e dalle efflorescenze di salnitro si può:

1° Immergerli prima della cottura in una soluzione diluita di acido cloridrico, la cui proporzione varia a seconda della qualità più o meno calcare dell'argilla, essendo però in generale sufficiente quella di 1:40;

2° Immergerli nell'olio di lino cotto e lasciarveli fino a quando ne siano bene imbevuti. Usarli solamente dopo perfetto asciugamento. Questo sistema è specialmente da adottarsi per i muri a paramento visto;

3° Spalmarli, previo riscaldamento del muro con essi formato, con cera gialla sciolta in trementina nella proporzione di 100 gr. della prima e 2 Kg. della seconda;

4° Imbeverli con una soluzione calda di sapone (3 Kg. di sapone in 40 litri d'acqua), da applicarsi mediante spazzola a due o tre riprese;

5° Imbeverli con una soluzione di 1 Kg. di allume sciolto in un litro d'acqua;

6° Spalmarli con una miscela calda di 8 parti di olio di lino ed una di zolfo;

7° Usare del liquido denominato *fluato-argile*;

8° Spalmarli con catrame caldo, previo riscaldamento dei mattoni o del muro. Questo sistema si può usare solamente quando il muro dev'essere arricciato.

C) Materiali cementanti.

1° **CALCI E CEMENTI.** — a) **Calci.** — α) *Distinzione delle calci.* — Le calci si ottengono calcinando, o, come si dice comunemente, cuocendo le rocce calcaree carbonatate, per privarle del loro acido carbonico e dar luogo all'ossido di calcio (CaO), ossia alla *calce caustica* o *calce viva*, che si compone di 28,09 di ossigeno e di 71,91 di calcio. La calce viva è solida, bianca, venefica, attacca rapidamente le sostanze animali, ritorna all'azzurro la tintura di tornasole arrossata da un acido, arrossa la tintura di curcuma, inverdisce lo sciroppo di violette. Il suo peso equivalente è 356 e la sua densità 2,3 circa. È infusibile alle più alte temperature nei fornelli ordinari; fusibile alla fiamma del cannello di Neuwann e ad una forte scarica elettrica.

La calce viva ha una grande affinità per l'acqua, onde esposta all'aria atmosferica ne assorbe l'umidità, sfiorisce e cade in polvere. Bagnando la calce caustica con acqua, la calce *lievita*, ossia assorbe l'acqua con grande sviluppo di calore e aumento di volume. La temperatura che si produce è di circa 300 gradi e può essere tale da determinare l'esplosione della polvere da fucile: l'aumento di volume è del doppio e anche del triplo. La calce viva si converte così in *calce idrata* o *estinta*. Se si aggiunge altr'acqua, si spappola, dando origine al *latte di calce*, che, abbandonato a sè, si separa in due parti; nell'acqua eccedente il bisogno dell'idratazione, detta *acqua di calce*, e nella calce idrata con eccedenza d'acqua, costituente il *grassello* o *calce in pasta*, cioè la parte utile nella preparazione delle malte.

Abituamente le calci si distinguono in *aeree* e *idrauliche* a seconda del modo con cui avviene la loro *presa*, cioè se a contatto dell'aria o dell'acqua. Le calci aeree si distinguono poi in *grasse* e *magre*.

La calce *grassa* o *dolce*, proviene dalla calcinazione del marmo e dei calcari esenti da argille, contenenti meno di $\frac{1}{10}$ di materie estranee. Il suo peso specifico è di 2,20 ed è solubile nell'acqua solo per $\frac{1}{300}$. È ordinariamente bianca; bagnandola aumenta di 3 a 3 volte e mezzo il suo volume, si riscalda molto, e forma un grassello morbido e untuoso al tatto. In generale 100 Kg. di calce viva danno $m^3 0,200 \div 0,250$ di grassello. Questo non indurisce se non è a contatto dell'aria, o se trovasi in luogo umido. Esposto all'aria può indurire per semplice essiccamento o per lento assorbimento di anidride carbonica, ma in tal caso non aderisce ai materiali, si sgretola e si riduce in poltiglia nell'acqua.

Nelle malte la calce grassa s'indurisce passando allo stato d'idrocarbonato e forma così corpo coi materiali a cui si trova a contatto. La sabbia che concorre a formare la malta serve a dividere la calce, ad aumentare la sua permeabilità e a favorire la sua combinazione coll'acido carbonico: i granelli di sabbia funzionano come noccioli, intorno ai quali viene a cristallizzarsi il carbonato di calce. Le parti della malta in immediato contatto coll'aria si cambiano in carbonato di calce; quelle più interne in carbonato e idrato, che acquista molta durezza, essendo soppressa la evaporazione dell'acqua in seguito alla formazione di uno strato esterno di carbonato di calce costituente un involucro impermeabile. La presa poi è dovuta anche alla presenza della silice e dell'allumina della sabbia, le quali danno luogo a silicati e alluminati di calce, composti insolubili, dotati di molta durezza e solidità.

Perchè tali combinazioni abbiano luogo occorrono molti anni; ed è per questo lento processo d'indurimento che la calce grassa o dolce non viene adoperata per la costruzione di muri molto grossi, o posti in luoghi umidi e sotterranei. Secondo Vicat, 100 parti di calce grassa assorbono, solidificandosi, 74 parti di acido carbonico e ne ritengono 17 di acqua. Essa dovrebbe usarsi solamente per gli intonachi e le arricciature sulle pareti interne dei muri, ben riparate dall'umidità, e per tale uso è necessario che la calce sia stata spenta e ridotta in pasta almeno tre mesi prima, onde impedire la formazione dei *calcinaroli*, ossia di quelle particelle di calce incompletamente spente e che per idratarsi richiedono un lungo tempo.

La calce dolce può anche dar origine a efflorescenze di salnitro o di altri sali di potassa e di soda, onde è bene adoperarla con precauzione; e siccome per il suo grande rendimento essa viene adoperata di preferenza dai costruttori, sarà bene stare in guardia e proscrivere quando si ritenga possa produrre effetti dannosi sia dal lato della solidità come dell'igiene, effetti dovuti al suo lento indurimento.

La calce dolce è assai frequentemente usata per imbiancare e tingeggiare i muri.

La *calce magra* è quella proveniente da calcari che contengono il 10 al 20 p. % di sostanze eterogenee inerti (sabbia quarzosa, ossidi di ferro e di manganese, carbonato di magnesio). Questa calce sviluppa poco calore e aumenta poco di volume quando viene a contatto coll'acqua, e produce tanto meno grassello quanta maggiore è la quantità di materie inerti o di magnesio che essa contiene. Per questa ragione essa è poco conveniente dal lato economico, anche perchè non permette che le sia mescolata grande quantità di sabbia. Fa presa meno lentamente che non la calce grassa, anzi vi sono delle calci magre che hanno la proprietà di indurirsi bene non solo all'aria, ma anche all'umido e nell'acqua, e perciò alla calce magra si dà anche il nome di *calce forte*, specialmente quando presenta la qualità di indurirsi nell'acqua.

Le *calci idrauliche*, come quelle aeree, si distinguono in diverse categorie (vedi Tabella XXXII) a seconda della quantità di argilla contenuta nei calcari da cui esse provengono e del tempo che impiegano per far presa. La calce idraulica nell'estinzione non gonfia che pochissimo e non sviluppa calore, ma fa presa nell'acqua dopo alcuni giorni d'immersione, purchè non sia troppo calcinata. All'aria non prende che mediocre consistenza e invece sott'acqua è dura dopo un mese, e dopo 5 è dura tanto quanto il calcare, e battendola si spezza in iscaglie. L'idraulicità è dovuta alla idratazione del silicato e dell'alluminato di calcio che si hanno nella calce dopo la cottura. Vicat chiamò *indice di idraulicità* il rapporto fra l'argilla e la calce contenuta in un materiale idraulico.

La Tabella a pagina seguente fornisce i dati più importanti relativamente alle calci.

Le calci idrauliche sono dette *naturali* o *artificiali*, secondochè provengono dalla semplice calcinazione di un calcare, oppure dalla cottura di diverse sostanze mescolate, che diano un prodotto assimilabile a quello fornito dal calcare naturale.

Tabella XXXII.

Denominazione	Peso in Kg. di 1 metro cubo	Rendimento	Acqua assorbita rispetto al peso di calce viva	Indice di idraulicità	Per 100 di calcare		Presca
					argilla	carbonato di calce	
<i>Calci aeree:</i>							
grassa (in zolle)	800 - 860	1,5 - 3,5	3,25 - 3,50	0,00 - 0,10	0,00 - 5,30	100 - 94,70	Presca lentissima } (1) » lenta
magra (in zolle)	800 - 860	1,5	1,25 - 2,00				
<i>Calci idrauliche:</i>							
debolmente idraulica	1200	1,5	2,25 - 2,50	0,10 - 0,16	5,30 - 8,20	94,70 - 91,80	16 - 30 giorni } (2)
mediamente idraulica	1200	1,3 - 1,5	2,25 - 2,50	0,16 - 0,31	8,20 - 14,80	91,80 - 85,20	10 - 15 »
propriamente idraulica	1200	1,3 - 1,5	2,00	0,31 - 0,42	14,80 - 19,10	85,20 - 80,90	5 - 9 » (3)
eminente idraulica	1200	1,3 - 1,5	1,25 - 1,50	0,42 - 0,50	19,10 - 24,80	80,90 - 78,20	2 - 4 » (4)

(1) Fanno presa solo all'aria. (2) Continua a indurirsi dopo il 15° giorno: lentamente dopo 5 mesi: si scoglie ancora nell'acqua ma difficilmente. (3) Dura dopo 6 mesi come la pietra tenera. (4) Dura dopo 1 mese: dopo 6 mesi, frattura scagliosa.

Le *calci idrauliche artificiali* si ottengono per semplice o doppia cottura. Col primo sistema si mescola del carbonato calcareo tenero (creta, tufo, marna), ridotto in polvere e poi in pasta, con dell'argilla in quelle proporzioni che danno alla calce il grado di idraulicità di cui si ha bisogno. Il miscuglio ridotto in pani e sottoposto alla cottura, fornisce dei buoni prodotti. Il secondo sistema consiste nel mescolare in conveniente proporzione argilla e calce grassa spenta e ridotta in pasta, e nel sottoporre la miscelanza, formata in pani, a una seconda calcinazione. Secondo Vicat, le calci ordinarie molto grasse possono comportare il 20 d'argilla per 100 di calce; le medie 15 a 10, e quelle che presentano già qualche carattere idraulico il 6 per 100. Quando si eccede la dose di argilla anidra fino al 30 o al 44 p. % di calce viva, il prodotto che si ottiene si polverizza facilmente e dà, quando lo si bagna, una pasta che presenta le proprietà di una calce eminentemente idraulica.

Fra le calci idrauliche le più note sono quelle di Casale Monferrato (Alessandria), Palazzolo (Bergamo), Scandiano (Reggio Emilia) Rignano sull'Arno (Firenze), Vergato (Bologna).

β) *Cottura delle pietre da calce.* — La pietra da calce può calcinarsi:

- 1° in cataste (calcare);
- 2° in forni di campagna (forni provvisori);
- 3° in forni da calce propriamente detti:
 - a) riscaldati a gas,
 - b) » con combustibili,
 - c) a fuoco discontinuo,
 - d) » continuo.

Per la *cottura in cataste* si ammonticchiano le pietre calcaree in grossi cumuli, che si rivestono con una camicia d'argilla come si fa colle carbonaie, e si regola il fuoco in maniera che i grossi pezzi di pietra siano cotti anche internamente.

I *forni di campagna* somigliano molto alle *calcare*. I grossi pezzi di pietra calcarea si dispongono in basso in modo da formare una specie di volta, sulla quale si caricano le pietre più minute.

Questi due metodi sono molto imperfetti e non possono essere adoperati con vantaggio se non in pochi casi.

Quando richiedesi calce caustica purissima, allora si usano forni a gas.

Nei forni a calce intermittenti, terminata che sia la cottura, bisogna lasciarli raffreddare per ritirare la calce, prima d'infornare nuovo calcare; nei forni continui invece

la cottura ha luogo senza interruzione, e il combustibile può essere separato o mescolato colla pietra calcarea, realizzando una grande economia nel combustibile in confronto dei forni intermittenti.

Una fornace del tipo più semplice è rappresentata nella figura 506. Le pareti sono formate collo stesso calcare da calce grossolanamente commesso. Un'apertura serve all'introduzione del combustibile, e il corrispondente muro di facciata è costruito alquanto regolarmente onde l'intero fabbricato presenti qualche stabilità. Nell'interno e sopra i

muri laterali si forma un vuoto con pietre calcari commesse insieme a secco in guisa che rimangano degli spazi interposti tra pietra e pietra, e poi sopra la volta che ne risulta, si carica la pietra da calce, la più grossa prima, e la più minuta poscia. Per la bocca s'introduce la legna e dapprima si fa fuoco lentamente, perchè si asciughi il materiale e si faccia la calcinazione, il restringimento e l'assestamento del calcare non troppo rapidamente, onde non avvenga la scomposizione della catasta; poscia si aumenta il fuoco per raggiungere la temperatura necessaria alla scomposizione dei carbo-

nati. Quando le pietre superiori si sono ridotte ancor esse in calce, l'operazione è terminata: si lascia raffreddare e si sforna.

In queste fornaci havvi una perdita di calore considerevole, essendo questo in parte assorbito dal circostante terreno, e in parte disperso dalla parete o bocca superiore della fornace. Si provvede a questo inconveniente con una costruzione stabile in muratura di mattoni refrattarii, come si vede nelle figure 507, 508 e 509.

Le prime due rappresentano due forni periodici comuni senza graticola. La terza figura rappresenta un altro forno simile con *graticola*, il vantaggio dell'uso della quale è indiscutibile.

Questi forni spesso si costruiscono accoppiati per diminuire la dispersione del calore e per non rendere intermittente l'opera dei fornai. Quando si vuole mettere in attività uno di questi forni, si costruisce con grossi pezzi di pietra calcarea una volta ogivale alta circa un metro e mezzo, che si sostiene provvisoriamente con armatura di legname. Al disopra si getta la pietra da calcinare. Il fuoco di legna deve procedere colle debite precauzioni onde l'assestamento sia regolare e la volta non si scomponga col bruciarsi dell'armatura che gli ha servito di appoggio nel costruirla.

Per le fornaci stabili sopra descritte a fuoco discontinuo, il tempo della cottura varia secondo lo stato igrometrico del calcare e la qualità della legna, da 100 a 150 ore per una fornace di 75 a 80 m³ di capacità. È dal calo della carica, giunto da $\frac{1}{6}$ ad $\frac{1}{5}$ della sua altezza, che i fornai giudicano terminata la cottura. Ciascun metro cubo di calce esige in media 1,66 steri di legna da passo di quercia, 22 steri di fascine ordi-

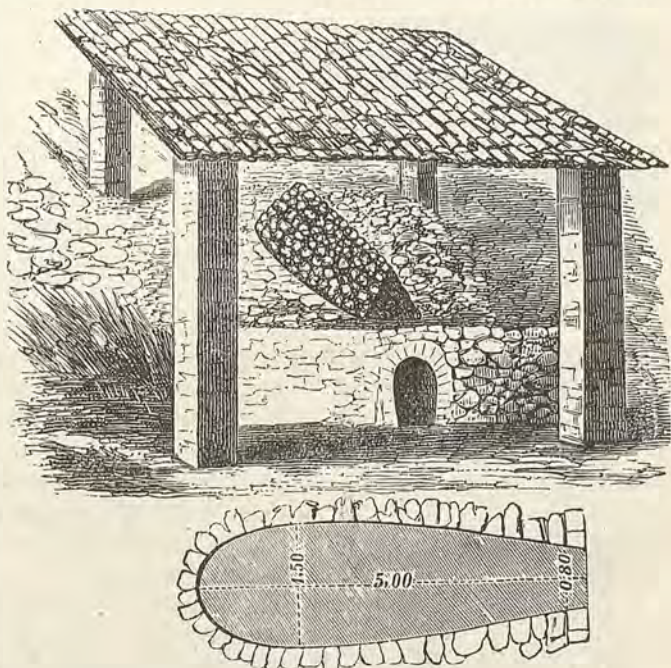


Fig. 506. — Fornace da calce.

narie, o 30 di eriche. Queste cifre però dipendono dalla qualità della legna, dalla grossezza e densità della pietra, e dalla forma e dimensioni delle fornaci.

La calcinazione a fuoco continuo è il metodo al quale si accorda la preferenza, perchè la fornace essendo sempre accesa, si economizza il combustibile che si consumerebbe in ciascuna infornata per riscaldare la fornace e i materiali che contiene.

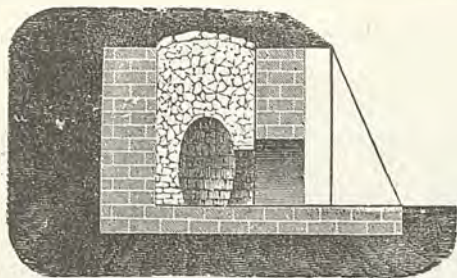


Fig. 507. — Forno da calce intermittente.

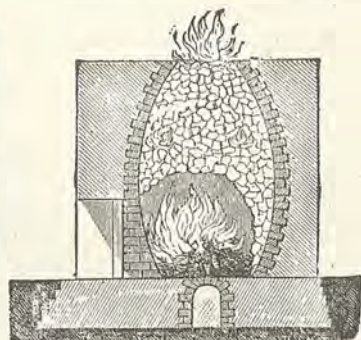


Fig. 508. — Forno da calce intermittente.

Questo metodo permette d'impiegare i combustibili senza fiamma. Il calcare ridotto prima in pezzi della grossezza di un pugno, si cuoce a contatto del combustibile stesso.



Fig. 509. — Forno da calce intermittente con graticola.

Le fornaci più semplici hanno internamente una forma ovoidale, o, come suol dirsi, a manicotto, o quella di un tronco di cono rovesciato. Queste ultime hanno alla base inferiore m. 1,00 di diametro e qualche volta fino a m. 3,30; il diametro della base superiore varia da m. 2 a m. 6, e l'altezza da m. 3 a m. 10,80. Le parti superiori di tali fornaci contengono il calcare, mentre l'inferiore contiene la calce cotta; ne risulta che nella estensione in altezza della fornace si trovano tutti gli stati intermediarii tra la pietra cotta e la cruda. Il caricamento si fa dall'alto per istrati alternati di pietre e di carbone, e a misura che la calce cotta è tolta in basso. Per cominciare un caricamento si dispone anzitutto nel basso della fornace una vòlta in pietra da calce, che si appoggia sulle sbarre di ferro che formano una specie di graticcio. Su questo arde un primo strato di carbon fossile di m. 0,05 a m. 0,07 di grossezza, che si ricopre con uno strato di

calcare di m. 0,16 a m. 0,22, sul quale si getta colla pala, e in modo da chiudere gl'interstizi del calcare, un secondo strato di carbon fossile simile al primo; sopra si forma un secondo strato di calcare, e si continua così di seguito fino a raggiungere la sommità del forno, avendo ben cura di non sovrapporvi nuovi strati che a mano a mano che sale il fuoco.

Quando la pietra in basso è cotta, la si fa cadere col mezzo di un ordigno della forma di un forcipe, regolando la frequenza di questa estrazione sul tempo riconosciuto necessario per la calcinazione della pietra, tempo che ordinariamente è di 24 a 36 ore. A misura che la massa si abbassa, si ha cura di sovrapporre nuovi strati di calcare e di carbon fossile per tenere piena la fornace, che si vuota press'a poco per un terzo della sua altezza ogni volta.

Si avrebbe una cottura lunga e imperfetta se si mettesse nel forno dei grossi massi di pietra: per facilitare la calcinazione e renderla eguale, si rompe il calcare in pezzi da 5 a 7 centim. di lato; i pani però di calce artificiale possono avere dimensioni mag-

giori. La quantità del carbon fossile varia da 1.50 a 2.00 o 2.75 ettolitri per m³ di calcare; quando la pietra contiene delle materie bituminose, si brucia un ettolitro di carbon fossile per metro cubo di calcare calcinato.

Una fornace che può usarsi a fuoco continuo o intermittente è quella rappresentata dalle figure 510 e 511, che sono gli spaccati sulla AB e sulla BC di essa fornace.

Questa è costruita solidamente in mattoni o in pietra squadrata a corsi regolari. Il cono tronco rovescio, formante il vaso della fornace, è alto m. 4,00, ha la base superiore del diametro di m. 4,00 e la inferiore di m. 1,66, la quale si unisce ad un cilindro verticale di egual diametro, alto m. 0.66. in fondo a cui sorge una pietra conica, dura ed infusibile, alta m. 0,80 e con base di m. 0.75. Per tre porte D, D', D'' si comunica alla parte cilindrica. Le dimensioni e la forma di tali ingressi risultano chiaramente dalle figure. Una colonnetta di arenaria divide ciascuna delle tre luci e sostiene il rispettivo architrave. I massicci S, S', S'' sostengono le vòlte degli ingressi e costituiscono il vaso della fornace. Intorno e superiormente corre la galleria *efghik* in legname, destinata ad agevolare il caricamento. Se questa fornace si adopera a fuoco discontinuo, allora si procede come di solito, formando col calcare una specie di volta o cupola lunettata in basso, e ponendo al dissopra il materiale da calcinare.

Il fuoco con legna si fa soltanto sotto la cupola, per le fenditure della quale penetrano le fiamme e si propaga il calore all'intera massa. Ma non è questo il metodo che si addice a tal forma di fornaci: in queste si usa il fuoco continuo con carbon fossile in basso e disposto a strati alternati in tutta la massa del calcare. Si comincia la carica collocando intorno alla pietra conica centrale alcune fascine ben secche, che si coprono con circa 5 ett. di carbon fossile; al dissopra segue uno strato di pietra di 3 ett.; poi succedono strati alternati di carbon fossile alti metà di quelli delle pietre fino al sommo della fornace. Quando il fuoco ha raggiunto la sommità e il materiale si è abbassato, si prosegue il caricamento collo stesso metodo. Allorchè si giudica che gli strati inferiori di calcare hanno raggiunta una conveniente cottura, si estrae con ramponi di ferro la calce dalle tre aperture inferiori fino a sei ettol. per ciascuna, e si fa una carica con 5 ettol. di carbon fossile e 18 di calcare. Passati venti minuti si ripete la stessa operazione; dopo ore 2 1/2 egualmente si scarica e ricarica; e lo stesso si fa ancora dopo due ore, impiegando però ett. 7,50 di combustibile e 23 di pietra; per ultimo per due volte in sei ore si estraggono 15 ett. di calce ciascuna volta, ricaricando con 9 ett. di combustibile e 26 di pietra. Così proseguendo si estraggono in ventiquattr'ore 108 ett. di pietra cotta, adoperandosi 42 ett. di carbon fossile. Per questo lavoro occorrono cinque operai. È inutile dire che queste cifre sono approssimative e che prima di operare l'estrazione della calce bisogna accertarsi della sua giusta cottura.

La descritta fornace per l'ampiezza della sua bocca disperde molto calore a disca-pito del combustibile. Onde evitare tale inconveniente, si è pensato di darle una forma assai alta e stretta, simile a quella di una manica, come si vede nella fig. 512.

Fig. 510. — Sezione A B.

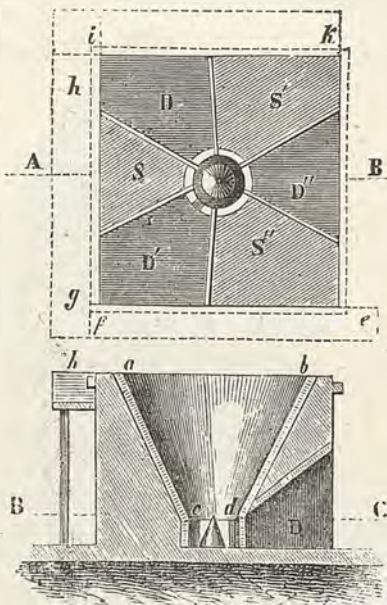


Fig. 511. — Sezione B C.

Fig. 510 e 511. — Forno da calce a fuoco continuo o intermittente.

a b c d, vaso della fornace; *D D' D''*, porte; *efghik*, galleria in legname per il caricamento.

Il vaso della fornace è cilindrico nella metà superiore e conico nella inferiore fino alla graticola *d* di sbarre movibili. Al di sopra vi sono gli spazi *e* muniti di sportelli in ferro per estrarre la calce. La fornace superiormente si restringe a cupola, sulla quale è un'apertura per cui s'introducono i materiali, e durante la cottura viene lasciata col chiusino *c* più o meno aperto, secondochè la combustione dev'essere più o meno attiva. La fornace è sormontata da una camera B, alla quale si accede per la porta C, che serve a contenere i materiali da introdursi nella fornace.

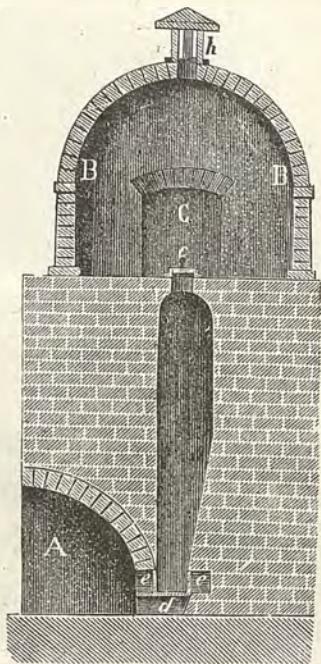


Fig. 512. — Fornace da calce a manicotto a fuoco continuo.

d, graticola; *e*, portelle per l'estrazione della calce; A, porta; *c*, foro di caricamento; B, camera di deposito dei materiali di caricamento; C, porta della camera B; *h*, sfalatoio.

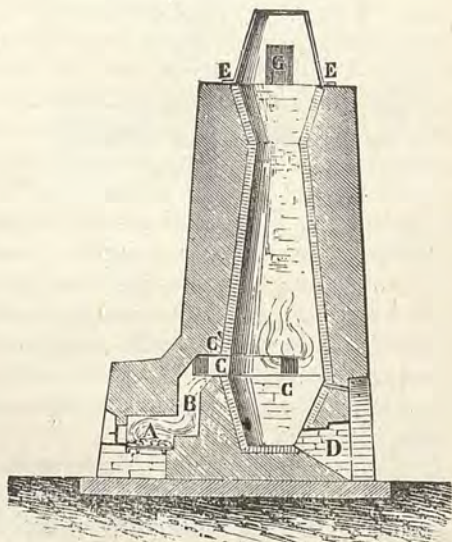


Fig. 513. — Fornace da calce per combustibile a lunga fiamma.

A, focolare; B, camino; C C' C'', bocche del camino nella fornace; D, porta di estrazione della calce; E, camera di caricamento.

Il caricamento di questa fornace si fa, come sopra si è detto, a strati alternati di carbon fossile, torba o lignite e di pietra da calce. Trascorse sei ore dacchè si è acceso il combustibile collocato sulla graticola, il calcare degli strati prossimi a questa è cotto e quindi si estrae e si ricarica per di sopra la fornace.

In queste fornaci avviene qualche volta che le ceneri si fondono e ne resti imbrattata la calce; bisogna, per evitare questo inconveniente, che la temperatura non si faccia salire troppo e dia luogo alla vetrificazione delle ceneri, che debbono mantenersi disaggregate e polverose. Anche in queste fornaci a *manicotto* può adoprarsi legna, ma in tal caso bisogna formare colla stessa pietra calcare la solita volticina pertugiata in basso, rendendo poi discontinua la calcinazione.

Onde evitare l'avvertito inconveniente dell'imbrattamento delle calci, si costruiscono fornaci col focolare posto da un lato (per combustibile a fiamma) e dal lato opposto coll'apertura per la quale si estrae la pietra cotta. La fig. 513 ci porge lo spaccato verticale di tali fornaci. In A è il focolare e in B il camino, che si tripartisce nelle tre bocche C, C', C'', equidistanti fra loro, per le quali la fiamma entra nella fornace. Nel fondo della fornace dalla parte opposta del focolare è l'apertura D, per cui si estrae la calce. In fondo alla fornace si forma la solita volticina di calcare, la quale comprende

nella sua altezza l'apertura D, e per questa si può introdurre al dissotto il combustibile e così dar luogo ad un focolare centrale. Quando le soprapposte pietre hanno acquistato il calore rosso fino alle tre bocche C, C', C'', si spegne il focolare D e si accende l'altro in A. Attivato il quale, si rompe la volta suddetta e si estrae il materiale giunto a cottura pel foro D; si torna a caricare la fornace, e man mano che si constata la buona cottura del calcare in C e in D, si rinnova l'estrazione e il caricamento, e così di seguito.

Una fornace di un tipo non molto diverso è quella ideata da Simoneau e disegnata nella fig. 514. Le forme e le dimensioni del vaso B e della muratura esterna risultano chiaramente dalla figura.

I focolai sono 5: uno è al basso della fornace e vi si accede da una galleria a vòlta, dalla quale si fa la estrazione della calce; gli altri quattro sono laterali, accoppiati e posti di fronte; se ne vedono in C e C' i cinerari, che corrispondono alle camere H dei fornaciai. La bocca della fornace ha il diametro di m. 3,00; ove si trova la grata del focolare di fondo il diametro è di soli m. 0,80. All'altezza di questa si trova la buca per la quale si estrae la calce, che può chiudersi più o meno con porta di ferro secondo il bisogno; al disotto si trova il cinerario D. L'accesso dell'aria è regolato con chiudende in lamina di ferro, e così può regolarsi a piacere il calore. L'incamiciatura della fornace è bene sia di mattoni refrattari. Essa ammette qualunque sorta di combustibili. Se si impiegano quelli a gran fiamma, si chiude il grande cineratoio D, e si mantiene nei focolari un fuoco vivace. Se vi si brucia il carbon fossile, si dispone il calcare in istrati di cinque metri di altezza, con interposto uno strato di fascine e sette ettolitri di carbon fossile. Procedendo per tal modo si suole estrarre otto ettolitri di calce per ogni ettolitro di combustibile. Se vi si usa la torba e l'antracite, si dovrà ridurre a metà lo strato di calcare e si dovrà estrarre di ora in ora un ettolitro di calce, onde caschino le ceneri e il fuoco si ravvivi. Quando la fornace abbia la capacità di 120 m³ può fornire 120 m³ di calce in 24 ore. Con questa fornace si realizza una grande economia nel combustibile.

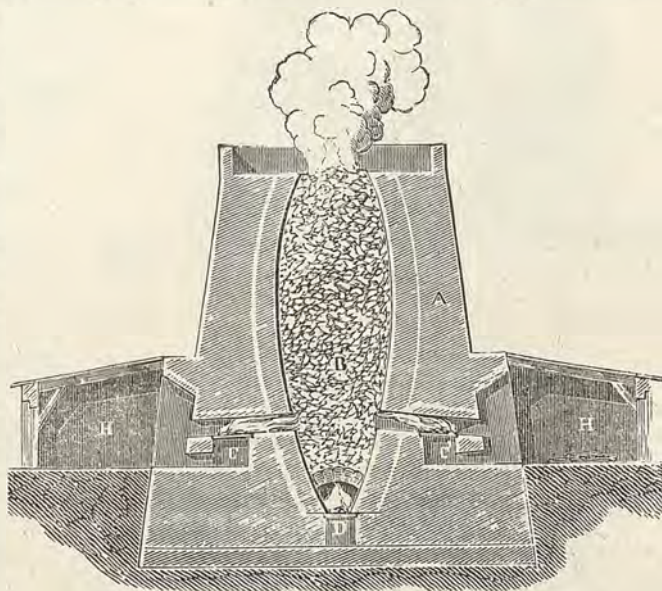


Fig. 514. — Fornace da calce Simoneau.

A, fornace; D, cinerario del focolare di fondo; C C', cineratoi da quattro focolari superiori; B, vaso della fornace; H, camere dei fornaciai.

Una grandiosa fornace costruita presso Berlino da Rüdersdorff è rappresentata nelle figure 515, 516, 517 e 518.

La forma del vaso è simile a quella delle fornaci comuni. Il massimo diametro del cono tronco superiore è di m. 2,50 ed il minimo m. 1,70, l'altezza totale di m. 12. L'altezza poi del cono minore è di m. 2,20. L'interno è rivestito da un paramento di mattoni refrattari *d, d* per un'altezza di m. 7,80. Fra detto rivestimento e la retroposta muratura *e, e* esiste uno spazio anulare riempito di cenere, onde impedire che il calore si disperda, e che gli spostamenti del paramento *d d* si trasmettano al rimanente fabbricato.

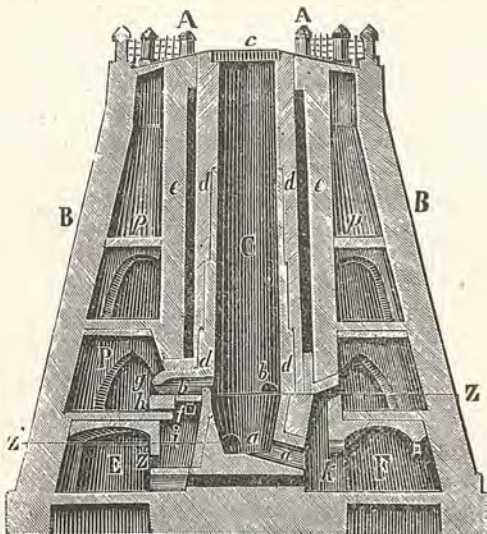


Fig. 515. — Sezione verticale.

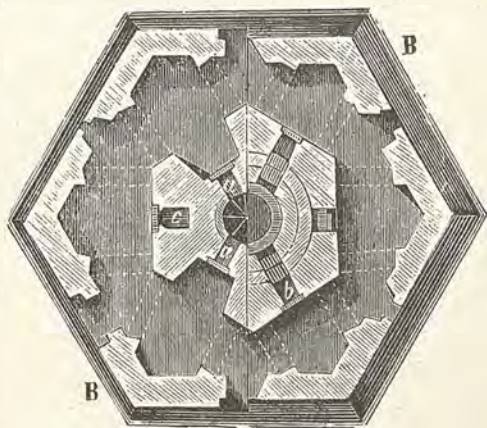


Fig. 516. — Sezioni a livello di Z e di Z' (vedi fig. 515).

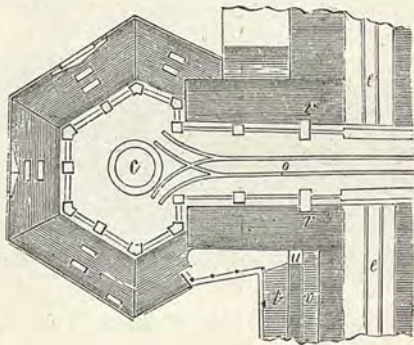


Fig. 517. — Pianta generale.

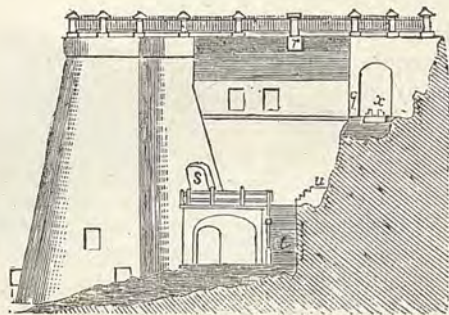


Fig. 518. — Prospetto.

Fig. 515 a 518. — Fornace da calce Rüdersonff.

B, fornace; C, vaso della fornace; *dd*, rivestimento refrattario; *b*, focolari; *f*, archetti delle grate; *g*, volte refrattarie; *h*, passaggi dell'aria per la combustione; *i*, cinerari con portella Z; *a*, porta d'estrazione della calce; F, camera di estrazione; K, camino sfiatatoio; *o*, binario per il trasporto dei materiali; *t*, *u*, *x*, scale per gli operai.

L'intera fornace esternamente ha la forma di piramide tronca esagonale BB. Su tre facciate della fornace vi sono le tre aperture *bbb* (fig. 515 e 516), ciascuna con voltaicina a mattoni refrattari *g*, sotto cui si pone il combustibile, e con gratella di terra refrattaria traforata, sostenuta da archetti *f*. Le tre volte *g* hanno un pavimento P destinato ad impedire il più possibile l'irradiazione del calore.

I focolari sono muniti di sportelli rivestiti di argilla. Pel canale *h* s'introduce l'aria necessaria alla combustione. Gli spazi *ii* sono i cinerari chiudibili in *z*. In E si deposita la cenere estratta. Negli spazi compresi fra i tre focolari sono gli sbocchi *aaa* chiudibili ermeticamente, pei quali si estrae la calce; sono questi inclinati dall'interno all'esterno e l'incanalatura è protratta nel pavimento onde facilitare l'estrazione del materiale cotto. Per impedire un insopportabile calore nell'ambiente F, si ha un camino K che attira il calore irradiante dalla bocca *a* della fornace.

Il fuoco è continuo e il caricamento si pratica col solito metodo; però il calcare si fa discendere con cesti e non lanciandolo, chè la soverchia altezza produrrebbe urti dannosi. L'economia di questa operazione esige che la fornace sia addossata ad un'erta

falda di monte, onde sia lieve la spesa di una strada con guide di ferro che conduca dalla cava del materiale alla bocca della fornace. Tra la collina e la fornace si aprono camere pegli operai, alle quali si sale per le scale *tux*. I vani praticati fra i muri maestri interni ed esterni servono allo asciugamento e al riscaldamento del combustibile e del calcare.

La calce cotta si estrae di 12 in 12 ore e nella misura di 50 ettolitri ciascuna volta.

Swann in Edimburgo ha costruito una fornace di nuovo modello per cuocere grandi quantità di calcare. Questa viene rappresentata dalle fig. 519, 520, 521 e 522. La fig. 519 mostra l'interno di uno dei forni, che in numero di 14 compongono l'intera fornace;

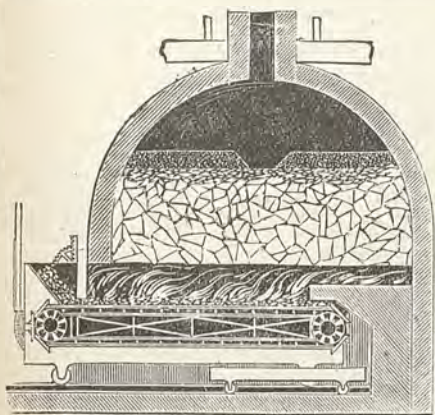


Fig. 519. — Sezione di un forno.

Fig. 519 a 522. — Fornace da calce Swann.

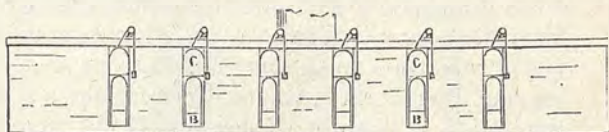


Fig. 520. — Prospetto della fornace.

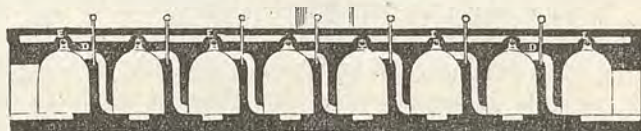


Fig. 521. — Sezione longitudinale dei forni.

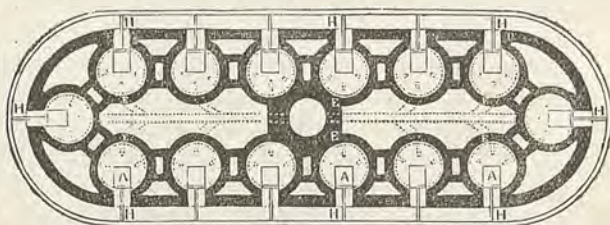


Fig. 522. — Pianta.

A, graticole dei singoli forni; B, porte dei forni; C, saracinesca della porta B; D, condotti di comunicazione tra i forni; E, condotti dai forni al camino centrale; H, condotti ai forni dell'aria calda.

la fig. 520 fa vedere nel dinanzi una serie di forni posti in comunicazione fra loro; la fig. 521 ne porge una sezione verticale; la fig. 522 ne presenta la pianta. In questa fornace la calce si cuoce coll'aria riscaldata e la fiamma, e vi è una grata a tela mobile sopra due cilindri, la quale girando e rinnovandosi di continuo nel focolaio dà modo di fare economia di combustibile e di compiere la combustione del fumo. Il calore passa dalla parte inferiore di un forno nella superiore del seguente, ed applicandovi l'aria calda a scacciare l'umidità avviene che si risparmia combustibile per l'asciugamento del calcare e si guadagna tempo nella cottura. L'esperienza dimostrò che quando l'aria è a 200° c., la carica di un forno di 46 metri cubi può essere seccata entro 12 ore senza che la pietra screpoli. La grata si alimenta di combustibile da sè. A tale effetto questo si versa entro una tramoggia, d'onde cade sulla parte esterna della grata, che essendo a foggia di una catena di sbarre che si muovono procedendo innanzi, lo traggono seco e lo fanno passare sotto una saracinesca levata al punto voluto perchè ne riduca lo strato alla grossezza occorrente; il moto della grata generato da una macchina a vapore è tale che il combustibile rimane il tempo necessario nel vivo del focolaio acciò possa ardere compiutamente, tanto che quando arriva nel limite in cui le sbarre si volgono al di sotto, non ne cadono che le ceneri, le quali si raccolgono in un cineratoio, od entro una cassa portata da ruote. Con tal metodo non si

avvera fumo, non resta mai ingombra la grata di cenere, la ventilazione e l'alimentazione restano sempre costantemente regolari e la calce esce netta e cotta tutta regolarmente. Il fornaciario non ha che da alimentare di combustibile la tramoggia, estrarre le ceneri e regolare i registri delle porte o saracinesche.

Ogni forno ha una grata A con porta B al focolaio e saracinesca C, ed un condotto D, che mette in comunicazione la parte superiore di un forno colla inferiore del seguente. Ciascun forno presenta poi nella vólta un'altro condotto E, che sbocca nel camino comune, e che può chiudersi a piacimento.

L'aria è scaldata in questo sistema come negli altri forni, e s'introduce in un condotto principale F e da questo nei minori H, d'onde passa nei forni. Suppongasi che i forni sieno carichi di calcare; in allora si apra il condotto di aria calda, la quale tosto vi s'intromette e ne scaccia l'umidità, che sfugge pel condotto E E ed esce pel camino comune. Raggiunta la voluta disseccazione e scaldate in parte le cariche, si chiudono i condotti E e si aprono i condotti D, da cui avviene che il calore di un forno è spinto nel successivo per cuocere la pietra contenutavi. A norma delle esperienze fatte, vuolsi che si abbia un risparmio equivalente al 20 % in confronto dei forni comuni.

La fig. 523 rappresenta una fornace a gas, nella quale cioè la combustione viene fatta per mezzo di un gasogeno. Questo tipo di fornace è quello che può essere utilmente impiegato nelle fabbriche di zucchero, ove si sa che occorre del gas acido carbonico, che prodotto nella fornace dalla cottura della pietra da calce, viene aspirato per mezzo di una pompa e condotto negli appositi apparecchi. Siccome nei tipi di fornace a gasogeno a tirante naturale, troppo sensibile è l'influenza della pompa sul gasogeno e sulle immissioni dell'aria, onde una combustione irregolare, si è cercato di ovviare a tale inconveniente coll'impiego di un gasogeno speciale, nel quale la formazione del gas fosse indipendente dal funzionamento della pompa, ciò che si è appunto ottenuto mediante il tipo di fornace della fig. 523. Il gas è fornito da un gasogeno insufflato, a cineraio completamente chiuso: il suo regime dipende unicamente dall'insufflazione, la cui intensità si regola a volontà. Il gas è distribuito nel forno da una serie di ugelli collocati circa a un terzo dell'altezza del forno. Nella parte superiore il forno è provvisto di una valvola, la quale non si apre che nel momento del caricamento. Le condotte di gas sono accuratamente avvolte in un grosso strato di sostanza calorifuga per evitare le perdite di calore. Il gas che si forma nel gasogeno A viene spinto nella condotta F e di qui in una corona di distribuzione che lo porta agli ugelli, dai quali esce con tale velocità da arrivare senza difficoltà al centro del forno. Siccome la sezione degli ugelli è molto piccola, le vene di gas restano pure molto divise, e la loro mescolanza colla colonna ascendente di aria calda è più intima, onde la combustione si fa perfetta a una piccola altezza, e il calore viene ripartito uniformemente in tutta la sezione. Non vi è quindi a temere una localizzazione di temperatura lungo le pareti e le colature che ne conseguono. Effettuandosi la combustione a corta fiamma, la zona di altissima temperatura non occupa oltre i 2 metri sopra gli ugelli, onde ne risulta una utilizzazione completa del calore dei gas bruciati e una buona cottura della pietra, che, seccata lentamente, non si rompe e non si polverizza.

Regolando convenientemente la velocità della pompa che aspira il gas acido carbonico del collettore superiore M si può facilmente far pervenire nel forno la quantità di aria esattamente necessaria alla combustione completa del gas e ad ottenere, per conseguenza, un titolo elevato di acido carbonico, ciò che nelle fabbriche di zucchero è di massima importanza. Siccome non può passare nel forno che il volume di gas aspirato dalla pompa e siccome il gasogeno funziona a cinerario chiuso, fornendo un volume di gas invariabile, il regime del forno è uniforme e il vento non vi esercita alcuna influenza. In un forno ben regolato la calce esce dalle aperture O tiepida e il gas aspirato dalla pompa ha una temperatura poco superiore a 100°. L'utilizzazione del calore non

A, gasogeno a fondo girante; B, manovella per la ripulitura; C, scoria ricoprente il fondo; D, insufflatore a getto di vapore; E, tramoggia di caricamento del combustibile; F, uscita del gas dal gasogeno; G, scappamento del gas all'aria libera; H, arrivo dell'aria insufflata nel gasogeno; I, corona di distribuzione del gas; J, ugelli e spie; K, forno da calce; L, valvola conica di chiusura della bocca del forno; M, collettore di acido carbonico; N, fori di rimescolamento della pietra; O, apertura di scarico della calce.

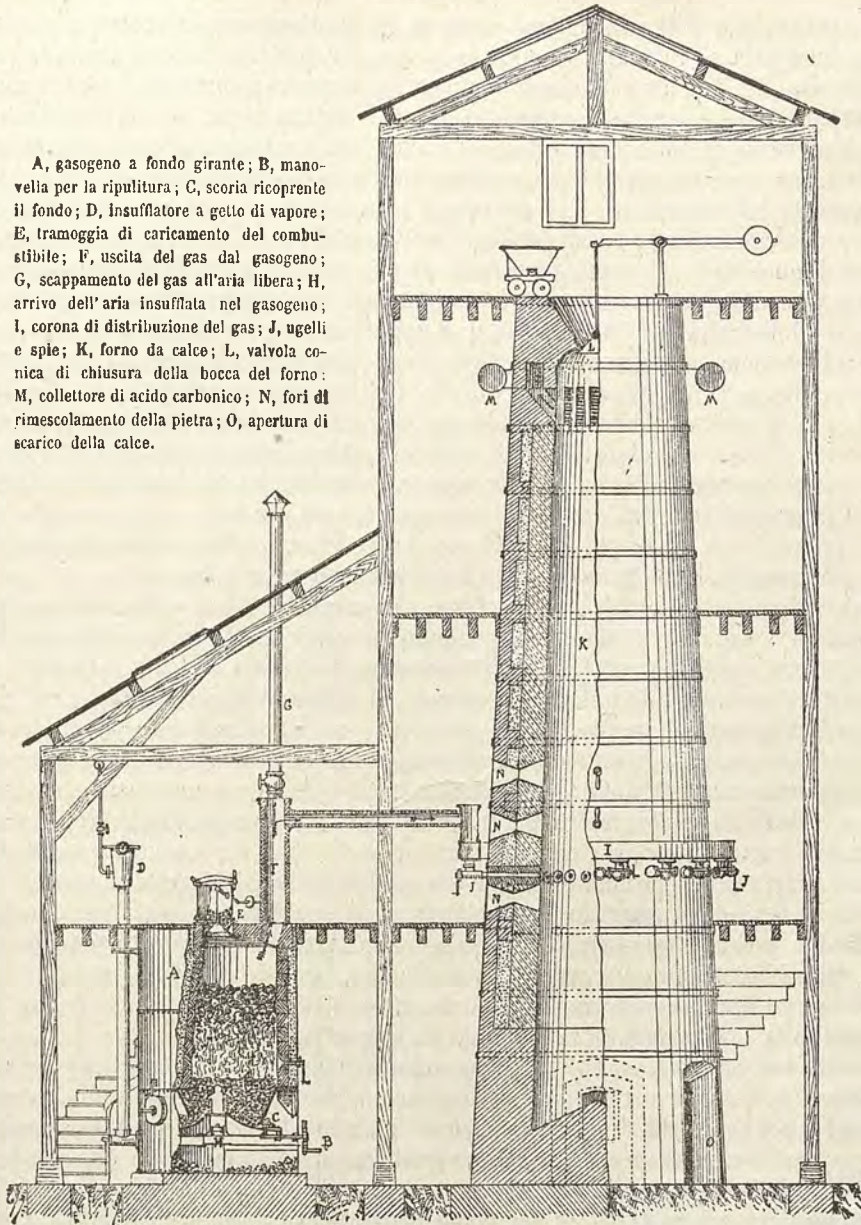


Fig. 523. - Forno da calce scaldato a gas.

potrebbe dunque essere più completa. Con delle pietre dure di buona qualità, la calce esce pura e bianca, e la quantità di polvere è minima.

Il gasogeno è a fondo girante del sistema W. J. Taylor. In questo apparecchio, il combustibile non giace sopra una griglia, ma sopra un grosso strato di scorie sorretto da una piattaforma piena appoggiata su rotelle sferiche, alla quale si può imprimere, mediante la manovella H, un lento movimento di rotazione orizzontale. Questa disposizione ha per iscopo di permettere la ripulitura mentre il gasogeno funziona, senza arrestare nè turbare la produzione dei gas, e di bruciare il combustibile senza nessuna perdita.

L'introduzione dell'aria nel gasogeno si fa mediante un iniettore a vapore per mezzo del quale si regola a volontà la pressione dell'insufflatore, l'erogazione e il grado di umidità dell'aria. Il vapor d'acqua decomposto a contatto del carbone incandescente produce, come si sa, un doppio effetto: facilita da un lato la ripulitura impedendo l'aderenza al fondo delle scorie, e d'altro lato fornisce una certa quantità di gas all'acqua, che mescolandosi al gas prodotto dall'aria ne aumenta la potenza calorifica. L'esperienza ha dimostrato che con della pietra dura, si può ottenere una cottura perfetta non consumando più di 60 Kg. di carbone per ogni tonnellata di calcare, ossia la metà di quello che si consuma nelle ordinarie fornaci, a parità di peso della pietra.

Se la pietra da calce comune viene scaldata ad una temperatura troppo elevata si ottengono delle calci bruciate, e se ad una temperatura troppo bassa delle calci magre. Le calci idrauliche non devono sottoporsi ad una temperatura superiore agli 800° c.

Sopra 100 parti in peso di pietra calcare, si ottengono, in generale, da 45 a 75 parti di calce, la quale sarà buona quando sia leggera, non bruciata, esente da materie estranee e da biscotti, ossia di pezzi infusibili, abbia consistenza cretosa, colore uniforme, e mettendola nell'acqua vi si sciogla in breve tempo. Se le calci idrauliche sono pesanti, compatte, leggermente vetrificate sugli spigoli dei pezzi, e lungamente inattive dopo l'immersione, esse sono state troppo cotte: se si sciolgono solo superficialmente lasciando come dei nodi, furono invece cotte in modo incompleto.

γ) *Estinzione delle calci.* — Vari sono i procedimenti di estinzione della calce. L'*estinzione spontanea* si effettua esponendo per qualche tempo la calce viva in strati di 30 a 50 cm. di altezza all'azione dell'atmosfera, finchè sia ridotta in polvere. È però necessario rimuoverla di quando in quando, e prima d'impiegarla ridurla in pasta mediante l'aggiunta di acqua. L'*estinzione per fusione* o *estinzione ordinaria* o *per sommersione* è quella generalmente praticata perchè dà buoni risultati tanto dal lato dell'economia quanto da quello della conservazione della calce. Consiste nel bagnare completamente la calce viva in un truogolo avente la forma di un triangolo isoscele, munito di saracinesca nel vertice più acuto, e nello smuovere continuamente la calce con una marra a lungo manico finchè sia ridotta in una poltiglia piuttosto liquida, la quale si fa cadere, aprendo la saracinesca, in una fossa sottostante, ove la calce si raffredda e finisce di estinguersi. Spegnendo la calce con questo sistema bisogna badare di non eccedere nè scarseggiare nell'acqua, poichè nel primo caso si otterrebbe la così detta *calce annegata*, la quale perde molte delle qualità di una buona calce, e nel secondo la *calce bruciata*, la quale dà un grassello granito.

L'*estinzione per immersione* si ottiene immergendo la calce frantumata e posta in un panierello nell'acqua e tenendovela per alcuni secondi: la calce sibila, crepita, dà luogo a vapori brucianti, e cade in polvere. Si ottiene lo stesso risultato, cospargendo di acqua, per mezzo di un inaffiatore o di qualsiasi altro apparecchio che produca una pioggia, la calce viva stesa sul suolo in uno strato alto da 10 a 15 centimetri. È bene di ammucchiare subito la calce per concentrare il calore che si sviluppa: così se ne facilita la riduzione in polvere. La calce non si riscalda più coll'acqua, ritenendone 18 a 20 % se è grassa e 20 a 30 % se è idraulica. La forma pulverulenta della calce è assai comoda perchè si può trasportare in sacchi o barili.

L'*estinzione per aspersione* consiste nel collocare la calce viva in un bacino circolare formato con della sabbia. Poi vi si getta sopra una quantità d'acqua sufficiente per ridurla in pasta, indi la si ricopre di sabbia senza rimescolarla. Cessata l'effervescenza, ossia dopo completata la fusione, si procede subito alla formazione della malta. Per la calce grassa il calore che si sviluppa è tale da rendere completa l'estinzione in capo a 2 o 3 ore.

L'estinzione per fusione e quella spontanea convengono specialmente per la calce grassa, mentre gli altri sistemi sono più in uso per le calci idrauliche. Però anche

queste ultime si possono spegnere per fusione, quando, prese vive e in pezzi, si gettano in un bacino impermeabile stendendovele per strati di uguale grossezza (da 20 a 25 cm.) e si bagnano a misura che si distendono. L'effervescenza non tarda a manifestarsi e si continua a gettare nel bacino calce viva e acqua alternativamente, non rimuovendola e non riducendola in poltiglia; se qualche piccola porzione di calce si spegnesse a secco, vi si dirige dell'acqua per mezzo di canaletti che si tracciano nella pasta mediante una pala. L'estinzione si provoca sulla fine della giornata, onde la calce ha tempo 24 ore per estinguersi. Il giorno seguente la calce è pronta e si estrae tagliando la pasta mediante una pala. Se invece di essere presa viva la calce idraulica aveva subita l'immersione, il bacino diventa inutile. La riduzione in pasta si fa a misura del bisogno, regolando la dose d'acqua in maniera da ottenere una pasta altrettanto consistente come quella che si ottiene quando si spegne la calce viva nel modo descritto.

L'estinzione delle *calci idrauliche* si fa quasi sempre nelle stesse officine ov'esse si preparano e si fa ammucchiando la calce in apposite camere e aspergendola con un quantitativo di acqua uguale a $\frac{1}{10}$ circa del peso della calce. Le calci debolmente idrauliche si polverizzano in breve tempo; quelle fortemente idrauliche impiegano da 10 a 20 giorni per sfiorirsi completamente.

La calce così estinta si buratta ottenendosi così il *fior di calce* ossia quella polvere che è passata attraverso le maglie del buratto e il *grappier*, ossia quella polvere di grana più grossa che rimane entro il buratto. Quest'ultima si macina e si mescola poi al fior di calce. Il fior di calce è una polvere fina, leggera e non troppo idraulica: pesa da Kg. 0,5 a Kg. 0,6 per litro ed il suo indice di idraulicità è compreso fra 0,15 e 0,25, onde è di presa piuttosto lenta. I *grappiers* sono quasi esclusivamente composti di parti stracotte e di altre ben cotte ma incapaci di sfiorire nell'idratazione, e forniscono, dopo macinati, un vero cemento siliceo a presa lentissima, con indice d'idraulicità variabile fra 0,50 e 0,70. Rinomati sono i *grappiers* di Lafarge paragonabili per tenacità a quelli dei migliori Portland.

δ) *Conservazione delle calci.* — La calce estinta per fusione si conserva bene nella sua fossa purchè venga ricoperta con uno strato di sabbia a cui sovrasti uno strato d'acqua di alcuni decimetri. Se fu estinta in altro modo allora la si conserva tenendola ammucchiata in locali che siano riparati dalle intemperie e coprendo i mucchi con polvere di calce, che, inaffiata, forma una crosta di 4 a 5 centimetri di grossezza, la quale serve a riparare la calce sottostante dal contatto dell'aria atmosferica. Si può pure conservare in casse o barili, perfettamente chiusi; questo mezzo è quello che si usa abitualmente per le calci idrauliche in polvere; a meno che si trovi più conveniente di conservare la polvere entro magazzini bene asciutti e al riparo dall'aria atmosferica. Le calci idrauliche incassate o imbottate si conservano bene anche un anno.

ε) *Calce limite.* — Quando i calcari contengono una proporzione di argilla maggiore del 20 % la cottura non li trasforma generalmente più in calce. I prodotti che se ne ottengono sono di due sorta: 1° Gli uni posti sott'acqua all'uscita dal forno vi si mantengono parecchi giorni senza estinguersi, poi si sfaldano insensibilmente senza effervescenza: polverizzati all'uscita dal forno, impastati anche con semplice acqua come si usa col gesso, fanno presa abbastanza rapidamente, ma dopo due o tre giorni si sgretolano e nell'acqua si riducono in poltiglia. Vicat li chiamò *calce limite* o *limite della calce*, perchè la quantità di argilla che li caratterizza è il limite superiore di quella che costituisce le calci eminentemente idrauliche. 2° I prodotti della seconda specie, detti *cementi*, contengono, in proporzioni convenienti, i principii che li rendono capaci di un indurimento rapido. La calce limite trattata quindi come una calce idraulica non darebbe nessun risultato: trattata invece in modo particolare e cotta ad alta temperatura, fornisce il *cemento a lenta presa*.

c) *Assaggio di un calcare.* — Trattando un calcare coll'acido cloridrico si può riconoscere qual genere di calce può fornire. Se la massa si scioglie completamente darà luogo ad una calce grassa: se rimane un residuo insolubile, la calce sarà magra; per sapere se il prodotto sarà idraulico se ne fa cuocere un poco; se si ha un residuo insolubile, vi è a sperare che la calce sia idraulica, ma se il residuo non è che un'argilla grossolana, si otterrebbe dal calcare un prodotto di nessuna utilità.

b) *Cementi.* — a) *Distinzione e fabbricazione dei cementi.* — Chiamansi *cementi* quei materiali idraulici che impastati con acqua induriscono e fanno presa tanto nell'aria quanto nell'acqua, anche senza aggiungervi sabbia od altro. In generale si compongono di calce, silice, allumina, ossido di ferro, magnesia, acido solforico.

I cementi si dividono in due grandi categorie a seconda del tempo impiegato nella presa: *cementi a lenta*, detti anche *cementi Portland*, e *cementi a rapida*, detti anche *cementi romani*. Si distinguono poi ancora in *naturali* ed *artificiali*, secondo che si ottengono direttamente dalla calcinazione di calcari quali si trovano in natura, oppure sono preparati con opportune miscele atte a dare un prodotto costante ed omogeneo. Questi ultimi si dicono *Portland artificiali* e sono generalmente a lenta presa.

Il Portland artificiale si fabbrica *per via umida* e *per via secca*: col primo sistema si mescolano intimamente i componenti spappolandoli con acqua entro vasche, dalle quali la miscela in sospensione passa entro bacini di deposito rimanendovi due o tre mesi. La pasta che ne rimane viene tagliata in mattonelle, che, dopo essiccate negli essiccatoi, si portano al forno di cottura. Col secondo sistema i componenti finamente polverizzati si mescolano a secco, indi s'impastano con acqua, e dopo averli foggiate a mattonelle si fanno subito essiccare e appena essiccati cuocere nel forno. I forni da cemento sono simili a quelli da calce: fra i principali si notano i forni per combustibili a corta fiamma e a lavoro intermittente; i forni Hoffmann e i forni Dietzsch.

I cementi a rapida devono cuocersi ad una temperatura non superiore a 1000° C., i Portland invece anche ad una temperatura maggiore di 1300° C., fino a che abbia luogo un principio di fusione.

Non tutto il materiale che esce dal forno è di uguale natura, onde viene scelto, separando i pezzi *malcotti* dai *bencotti* e dagli *stracotti*. I primi danno un cemento a rapida di cattiva qualità, i secondi un cemento a mezza lenta e i terzi un cemento a lenta.

Il materiale così scelto passa ai frantoi ed ai buratti, indi viene insaccato o imbotolato distinguendone la qualità mediante apposita *marca*. I sacchi sono in generale di 50 Kg. ciascuno.

I cementi a rapida hanno generalmente tinta giallognola e quelli a lenta una tinta grigio-scura azzurrognola, cioè quella tinta particolare che ha la pietra di Portland, da cui presero il nome.

Il *cemento romano* impiegato nelle costruzioni idrauliche possiede in grado massimo le proprietà idrauliche; la malta fatta con esso s'indurisce quasi istantaneamente nell'aria e nell'acqua. Il cemento romano può servire a impartire l'idraulicità alle calce grasse e ad aumentare quella delle calce magre, tanto per azione lenta quanto rapida. Nel primo caso si mescola il cemento in polvere colla calce nell'estinzione, senza preoccuparsi della presa del cemento che viene distrutta per effetto di un rimescolamento necessariamente prolungato. Nel secondo caso si approfitta della vivacità del cemento e non se ne fa il miscuglio colla malta che al momento dell'impiego, tenendo tale malta più chiara e meno carica di calce che l'ordinaria.

Il cemento romano nel primo periodo di indurimento dà luogo ad un aumento di temperatura di 10° ÷ 12° C. Impastato da solo si fende tanto all'aria quanto per le alternative di umido e secco, ciò che non avviene quando è impastato con sabbia in limitate proporzioni. Questo cemento va però oggigiorno cedendo il posto a quello a lenta, il quale offre assai maggiori garanzie.

Il cemento a lenta o Portland si ricava o dal calcare naturale o da apposite miscele, come si disse. La composizione chimica di un cemento a lenta è, secondo Candlot, la seguente:

Calce	58,12 ÷ 67,31
Silice	20,30 ÷ 26,10
Allumina	5,20 ÷ 10,60
Ossido di ferro	2,10 ÷ 5,30
Magnesia	0,33 ÷ 2,30
Acido fosforico	0,26 ÷ 1,78

Impastato con acqua il cemento a lenta non deve nè scaldarsi nè gonfiarsi, e indurito presentare una massa compatta, omogenea, di tinta uniforme, di aspetto lapideo, insensibile agli sbalzi della temperatura, e all'azione del gelo. L'aggiunta di sabbia ne ritarda la presa e l'eccesso di acqua non porta danno, nè alla presa nè all'indurimento poichè esso rifiuta la parte sovrabbondante. Il Portland è fra i materiali idraulici il più indicato per le costruzioni subacquee.

Dalla seguente tabella risultano le principali caratteristiche dei cementi.

Tabella XXXIII. — Dati sui cementi.

Qualità	Peso specifico	Peso per mc.	Densità apparente della polvere	Quantità d'argilla p. 100 di calcare	Tempo di presa	Indice di idraulicità
Cemento Portland o a lenta presa	3,05 ÷ 3,15	1500 ÷ 1600	1,150 ÷ 1,600	21,80 ÷ 26,70	6 ÷ 24 ore	0,50 ÷ 0,65
Cemento romano o a rapida presa	2,80 ÷ 3,00	1200 ÷ 1600	0,68 ÷ 1,00	26,70 ÷ 40,00	5 ÷ 10 minuti in meno di 6 ore	0,65 ÷ 1,20

β) *Conservazione dei cementi.* — I cementi prima di essere insaccati o imbottati hanno bisogno di una stagionatura, la quale si effettua entro magazzini speciali, ove il materiale si ammucchia ben costipato e al riparo dall'umidità e dall'aria. In questi silos il cemento viene lasciato quel tempo che la pratica giudica necessario a seconda delle qualità del prodotto: in generale pei cementi a rapida basta qualche settimana, mentre per quelli a lenta occorre qualche mese.

I cementi buoni e ben conservati devono presentare una polvere uniforme di grana e di colore; se vi si vedono dei grumi, ciò significa che il cemento si è alterato, e quindi è da rifiutarsi, a meno di impiegarlo per mescolarlo con calce grassa. Se il colore non è uniforme può darsi che il cemento sia stato adulterato con ingredienti diversi, come cenere, creta, scorie macinate e simili sostanze inerti. In tal caso conviene ricorrere alle prove per accertarsi dell'adulterazione.

γ) *Impiego del cemento fresco.* — È pericoloso di adoperare il cemento fresco, ossia appena fabbricato, in causa della grande quantità di calce libera che ancora può contenere. Questa calce, spegnendosi, aumenta di volume mentre il cemento fa presa. La dilatazione che ne risulta determina delle rotture. Si evitano tali accidenti esponendo il cemento all'aria libera prima di impiegarlo e lasciandolo fermo cinque minuti dopo averlo mescolato colla sabbia. Bisogna però assicurarsi che la temperatura non si elevi nel momento in cui si versa l'acqua sul cemento.

δ) *Provenienza dei cementi.* — In Italia si producono buoni cementi naturali ed artificiali a Vittorio (Treviso), Palazzolo (Bergamo), Casale Monferrato (Alessandria), Scandiano (Reggio Emilia), Rignano sull'Arno (Firenze). Rinomati, a giusta ragione, sono i cementi fabbricati dalla Società anonima Fabbrica di calce e cementi di Casale

Monferrato, la quale, oltre alla calce idraulica in zolle e macinata, produce le seguenti qualità di cemento:

		Sacchi	Fusti
Cemento Portland	<i>naturale</i> 1 ^a qualità extra	legaccio <i>bianco</i>	etichetta <i>verde</i>
>	> <i>naturale</i> 1 ^a > marca A	> <i>nero</i>	> <i>grigia</i>
>	> 2 ^a >	> <i>rosso</i>	> <i>rossa</i>
>	> a pronta presa	> <i>giallo</i>	> <i>gialla</i>

Altre fabbriche di cemento sonvi in Casale Monferrato e nei dintorni, le quali tutte producono buonissimo materiale.

La *Società italiana dei cementi e delle calce idrauliche* con sede in Bergamo, ha in diverse località cave e forni per calce e cementi, e precisamente 80 fornaci a fuoco continuo e 86 macine e frantoi nei suoi stabilimenti di Bergamo, Scanzo, Villa di Serio, Alzano, Nese, Pradalunga, Comenduno, Zogno, Palazzolo sull'Oglio, Vittorio Veneto, Narni e Montecelio. I cementi prodotti da tale Società sono:

		Sacchi	Barili
Cemento idraulico a lenta presa		legaccio <i>greggio</i>	etichetta <i>cenere chiaro</i>
>	> a rapida presa	> <i>rosso</i>	> <i>rossa</i>
>	> > (qual. sup.)	> <i>giallo</i>	> <i>gialla</i>
>	> naturale Portland	> <i>azzurro</i>	> <i>grigio cenere</i>
>	> artificiale > (qual. sup.)	> <i>nero</i>	> <i>cenere chiaro</i>

In Italia si usano pure cementi esteri quali, il *Portland di Boulogne*, i cementi di *Vitry* (Haute-Marne), della *Porte-de-France* (Grenoble), di *Vassy*, della *Valentine*, di *Corbigny*, di *Parker* e *Wiat* in Inghilterra, di *Kufstein* (Tirolo), ecc.

Il *cemento Portland inglese*, pesa Kg. 1270 al m³, si contrae del 25 % quando si bagna e la sua presa non si effettua che fra 5 e 10 ore.

Il *cemento Portland francese di Boulogne-sur-Mer* si fabbrica col calcare marnoso di Château-Neuf, che contiene 19 ÷ 25 % di argilla, pesa 1270 ÷ 1350 Kg. al m³, fornisce m³ 0,70 di malta di cemento puro per ogni m³ di polvere, e la sua presa ha luogo fra 10 e 15 ore.

Il *cemento della Porte-de-France* fa presa in 5 a 20 minuti; quello della *Grande-Chartreuse* in 8 a 15 ore.

Il *cemento di Vassy* pesa circa 1150 Kg. al m³; dopo calcinazione è di colore giallo e contiene, per ogni 100 parti:

Calce 56,6; Protossido di ferro 13,7; Magnesia 1,1; Silice 21,2; Allumina 6,9; Residui 0,5.

Un metro cubo di polvere dà m³ 0,53 di malta di cemento puro: fa presa in 1 a 7 minuti, secondochè il calcare proviene dai banchi superiori o dai banchi inferiori.

ε) *Finezza dei cementi*. — Il grado di finezza della polvere di un materiale idraulico si misura ordinariamente con uno staccio di 900 maglie per cm², con fili di 1/10 di millimetro. Un buon Portland dovrebbe dare i seguenti risultati:

Tabella XXXIV. — Limite di finezza dei Portland.

Tipo dello staccio	Maglie per cmq.	Residui sullo staccio
Numero 50	Numero 324	Nessuno
» 80	» 900	5 al 6 per 100
» 200	» 5000	25 al 30 »

ε) *Variazioni di volume dei cementi*. — Il cemento è tanto migliore quanto minore è la variazione di volume che avrà subito nel periodo di presa. Se dopo 30 giorni di

stagionatura dei provini appositamente fatti con impasto normale, lasciati dapprima 24 ore nell'aria e 24 ore nell'acqua, l'impasto non presenta nè crepe, nè rigonfiamenti il cemento si può dir buono.

η) *Dilatazione del cemento.* — La dilatazione lineare di un Portland puro indurito è pari a quella del ferro, ossia è di m. 0,000012 per ogni metro e per ogni grado di temperatura. Aggiungendo sabbia all'impasto tale dilatazione diminuisce. Si è queste preziose qualità del cemento che lo rendono così atto ad associarsi col ferro nelle costruzioni così dette in *cemento armato* o *siderocementizie*.

λ) *Altre qualità di cementi.* — Cementi di calcari magnesiaci (G. J. Peschl di Praga). — Si cuoce isolatamente un calcare magnesiaco; poi, dopo aver spenta la calce e mescolatala colla sabbia, si fa della mescolanza una pasta molto densa per mezzo di acqua avente in dissoluzione 1 parte di soda e 1 di potassa per ogni 100 di mescolanza a secco di calce e sabbia. Tale pasta è formata in mattonelle che si calcinano e costituiscono il cemento.

Il *cemento di magnesia* di Sorel si ottiene mescolando della magnesia polverulenta con una soluzione di cloruro di magnesia al titolo di 30 ÷ 70 %. La resistenza alla trazione è di 150 Kg. per cm², ma l'azione dell'acqua distrugge la combinazione chimica disaggregando la massa. Non si può quindi impiegare il cemento Sorel che in lavori secondari non esposti alle intemperie.

Secondo la formola di Weber si compone il *cemento silico-magnesiaco* mescolando 100 parti di magnesia con 15 di acido silicico anidro e 90 di soluzione di cloruro magnesiaco a 80 %. Tale cemento presenta alla trazione una resistenza di 90 ÷ 125 Kg. per cm², ed è indifferente all'azione dell'acqua anche calda. Fa presa dopo 10 ore ed è di color bianco.

Cemento di scorie (Ciment de laitier). — Si possono utilizzare scorie degli alti forni convenientemente trattate, per fare un cemento più economico del cemento Portland. Le scorie a base calcare sono quelle che si adoperano: e siccome queste sono più silicee che calcaree vi si aggiunge la proporzione voluta di calce caustica e l'1,5 % di soda Solvay a 95°, che, decomponendosi pel calore, dà al cemento, in causa dell'incorporazione della sua base alcalina, una maggiore facilità di presa.

Col cemento di scorie non vi sono più a temere le soffiature che fanno screpolare la muratura circostante, non essendo più suscettibili di dilatazione gli elementi che lo compongono. Esso è eminentemente idraulico, e può essere immerso subito dopo l'impasto non dilatandosi sott'acqua. Impiegato in forte dose nei lavori aerei, bisogna mantenerne la superficie umida per qualche giorno. La sua presa incomincia 3 ore dopo l'impasto e la durata della presa è di 4 a 6 ore. Ha una grande forza adesiva ai materiali, e in grazia della sua tenuità, riempie, meglio di qualsiasi altro cemento, i vani della sabbia, ciò che lo rende raccomandabile per lavori a tenuta. In tal caso una mescolanza in parti uguali di sabbia di fiume e di cemento assicurano una impermeabilità assoluta. Il cemento di scorie ha una bella tinta bianca, e, come il gesso, può essere colorito senza alterarsi. Da esperienze fatte su campioni di cemento così composto:

Silice combinata	23,45
Allumina	13,25
Perossido di ferro	3,30
Calce	51,10
Magnesia	1,35
Acido solforico	0,45
Perdite al fuoco	7,10
	<hr/>
	100,00

si sono ottenuti i seguenti risultati:

Tabella XXXV. — Resistenza del cemento di scorie.

Stagionatura	Alla trazione in Kg. per cmq.						Media	Alla compressione in Kg. per cmq.						Media
7 giorni. . . .	23,0	22,3	21,5	23,6	20,5	20,3	21,86	306,0	260,0	272,0	272,0	272,0	272,0	276,6
28 »	28,5	25,4	28,9	28,7	22,0	27,8	26,9	385,0	385,0	362,0	380,0	365,0	387,0	377,3
84 »	31,0	32,5	33,2	29,3	32,4	33,5	32,8	409,0	449,0	469,0	469,0	459,0	459,0	462,3

Coll'aggiunta di sabbia in ragione di 0,25, per il cemento avente la composizione di cui sopra, si ottennero le seguenti medie:

	Ala trazione	Ala compressione
Dopo 7 giorni	14,93	180,00
> 28 >	26,03	260,20
> 84 >	29,23	319,20

c) Assaggi per la presa delle calce idrauliche e dei cementi. — Le calce idrauliche ed i cementi si assaggiano rispetto alla presa mediante l'ago di Vicat. Esso consiste in un'asta verticale che scorre entro apposite guide, munita nell'estremità inferiore di un ago metallico di un millimetro quadrato di sezione, e nella estremità superiore di un peso. Il complesso dell'asta, dell'ago e del peso deve pesare 300 gr. Sotto all'ago si colloca un cilindretto metallico del diametro di 8 cm. e dell'altezza di 4, e lo si riempie dell'impasto fatto col cemento che si assaggia e coll'acqua. Abbassando l'ago nell'impasto questo sarà prima attraversato dall'ago: dopo un po' di tempo l'ago non lo attraverserà più e verrà il momento in cui l'ago non lascerà più impronta nell'impasto, ciò che significherà che quest'ultimo ha fatto presa. La durata della presa sarà rappresentata dal tempo trascorso fra il primo e l'ultimo stadio dell'esperienza. Affinchè le esperienze diano risultati confrontabili, bisogna che l'impasto sia di *consistenza normale*, la quale si determina mediante lo stesso apparecchio di Vicat al cui ago venga sostituito un cilindretto di 1 cm. di diametro, senza però alterare il complessivo peso di 300 gr. Se il cilindretto abbassato nell'impasto vi penetra e si arresta a 5 mm. dal fondo del cilindro contenente l'impasto allora questo è di *consistenza normale*. Se si arresta prima, oppure si avvicina di più al fondo, allora bisogna aumentare o diminuire la quantità di acqua nell'impasto finchè questo abbia assunto la *consistenza normale*.

Operando ad una temperatura di 15° C. tanto dell'ambiente quanto dell'acqua per l'impasto, si classificheranno fra i cementi a pronta presa quelli che faranno presa fra i 5 e i 15 minuti, e fra i cementi a lenta presa quelli che inizieranno la presa fra 30 e 60 minuti.

La presa nelle calce idrauliche si distingue in due periodi: di *solidificazione* e di *indurimento*. Nel primo l'impasto cessa di esser liquido ma cede alla minima pressione, e la durata del periodo è relativamente breve, cioè di qualche giorno; nel secondo, che può durare anche due anni, l'impasto s'indurisce completamente e termina di far presa coi materiali a cui fu posto a contatto. Le calce idrauliche propriamente dette fanno presa nell'acqua nel periodo di 2 a 9 giorni: quelle debolmente idrauliche richiedono anche 30 giorni. Una pasta di calce idraulica conservata nell'acqua dicesi che ha fatto presa, quando l'ago di 300 gr., non vi si affonda più. Se l'epoca della presa non corrisponde all'indice della calce (v. Tabella XXXII) ma ritarda o anticipa, ciò significa che la calce non è di buona qualità.

d) Resistenza delle calce e dei cementi. — Le prove di resistenza si possono fare per compressione, per trazione e per flessione: le due prime però sono le più importanti. Per la trazione si usano generalmente gli apparecchi Michaelis e Buignet e per la compressione la macchina Tetmajer o la Richter.

Per le prove di resistenza delle calce idrauliche si fanno di solito dei provini formati con impasti di calce e sabbia nella proporzione di 1 : 3 col minimo di acqua, ossia col 10 al 12 % di acqua in peso per calce pesanti e col 13 al 16 % per quelle leggere. Il peso dell'acqua è in rapporto al peso della malta.

Secondo i capitolati svizzeri con impasti da 1 : 3, con acqua al 12 % e con stagionatura di 1 giorno all'aria e dei 27 giorni successivi sott'acqua si dovrebbe avere:

Tabella XXXVI. — Resistenza minima delle malte di calce idraulica.

Qualità della calce	Resistenza in Kg. per cmq.	
	Trazione	Compressione
Leggera	6	30
Pesante	8	50

Secondo Candlot gli impasti di 350 ÷ 400 Kg. di calce per ogni m³ di sabbia di media grossezza dovrebbero dare i seguenti valori limiti:

Tabella XXXVII. — Limite di resistenza delle malte di calce idraulica.

Stagionatura dei provini	Resistenza in Kg. per cmq.	
	Trazione	Compressione
Dopo un mese	4 ÷ 6	15 ÷ 20
In un anno	40 ÷ 42	60 ÷ 100
In due anni	15 ÷ 18	100 ÷ 150

La calce idraulica di Palazzolo (in polvere) dà i seguenti risultati:

Tabella XXXVIII. — Resistenza della calce idraulica di Palazzolo.

Qualità del materiale	Composizione dell'impasto		Alla trazione in Kg. per cmq. dopo giorni							Alla compressione in Kg. per cmq. dopo giorni							Osservazioni
	Calce	Sabbia	40	20	50	100	360	700	40	20	50	100	360	700			
Fiore di calce . . .	1	—	4,80	3,60	6	7,50	12	16	—	—	—	—	—	—	Provini a forte pressione e posti in acqua 24 ore dopo l'impasto.		
Grappier macinato	1	—	7,50	14	16	20,50	25	27	—	—	—	—	—	Provini poco compressi e posti in acqua 24 ore dopo l'impasto.			
Calce eminentemente idraulica	1	—	4	11,40	14,20	15	18	20	20,50	55	90	110	150			150	
	Kg. 400	mc. 1	5,15	10	14,85	17	19	22	26	55	85	120	150		160		
	» 350	» 1	4,85	9,50	13	14	16	17	25,50	45	69	80	116	133	Provini poco compressi e posti in acqua 24 ore dopo l'impasto.		
Calce eminentemente idraulica	1	—	2	5,30	10	12,50	16	18	12	30	40	60	90	100			
	Kg. 400	mc. 1	3	6	12	14	16	17	16	28	45	60	86	75			
	» 350	» 1	1,80	4	8	10	11	13	8	20	35	48	60	65			

Pei cementi in genere di buona qualità si dovrebbero avere i seguenti risultati di resistenza:

Tabella XXXIX. — Resistenza dei cementi.

Impasto		Alla trazione in Kg. per cmq. dopo giorni		Alla compressione in Kg. per cmq. dopo giorni		Osservazioni
Cemento	Sabbia	7	28	7	28	
1	—	25	35	250	350	Per la compressione si usano campioni di 50 cmq.; per la trazione di 5 cmq.
1	3	10	18	100	180	

Il cemento a rapida a consistenza normale, impastato puro, cioè col 30 ÷ 45 % di acqua, dopo giorni 7 dà un carico di rottura di 12 Kg. per cm² e dopo giorni 28 di 20 Kg. per cm².

L'impasto di uno in peso di cemento a rapida e tre in peso di sabbia col 13 % di acqua, dovrebbe sopportare, dopo 28 giorni dall'impasto, un carico di 10 Kg. per cm² alla trazione e di 80 Kg. per cm² alla compressione.

Il Portland di Casale Monferrato (Società Anonima Fabbrica di calce e cementi) dà i seguenti risultati:

Tabella XL. — Resistenza del Portland di Casale Monferrato (Kg. per cm²).

Stagionatura dei provini	Cemento puro		Cem. 1, Sabbia 1		Cem. 1, Sabbia 2		Cem. 1, Sabbia 3		Osservazioni
	traz.	compr.	traz.	compr.	traz.	compr.	traz.	compr.	
Giorni 8	45,97	232,82	27,33	119,25	15,53	62,50	9,26	44,07	I provini si immersero nell'acqua dopo 24 ore dall'impasto, il quale fu fatto a mano e non sottoposto a compressione.
» 30	53,51	303,51	41,56	187,50	23,93	122,82	13,96	62,50	
» 90	58,62	362,68	49,26	246,87	28,88	145,95	17,90	66,57	
» 180	61,90	381,66	55,13	300,00	31,36	178,75	23,00	104,50	
» 360	65,61	487,50	57,53	362,50	34,56	256,25	23,83	125,00	

Le resistenze minime alla trazione richieste per il Portland di Casale Monferrato usato nei lavori della fognatura di Torino, furono le seguenti:

Cemento puro di 1^a qualità e di peso non inferiore a 1,15, Kg. 27 per cm² dopo 7 giorni e Kg. 35 dopo 28: impasto di 1 di cemento e 3 di sabbia (in peso) Kg. 6,5 dopo 7 giorni e Kg. 8,5 dopo 28.

Cemento puro di 2^a qualità e di peso non inferiore a 1,10, Kg. 20 dopo 7 giorni e Kg. 25 dopo 28: impasto di 1 di cemento e 3 di sabbia, Kg. 4,5 dopo 7 giorni e Kg. 6,5 dopo 28.

Col cemento idraulico Portland (qualità superiore) di Bergamo si ebbero i seguenti risultati:

Tabella XLI. — Resistenza del Portland artificiale di Bergamo.

Impasto in volume		Rottura dei provini in Kg. per cmq. dopo giorni														Osservazioni		
Cemento	Sabbia	1		2		5		20		50		100		300			500	
		trazione	compr.	trazione	compr.	trazione	compr.	trazione	compr.	trazione	compr.	trazione	compr.	trazione	compr.		trazione	compr.
1	—	7	25,50	10	34	13	58	20,10	81	25	108	35	140	36	148	37	192	all'aria
1	1	5	22	8	30	10	35	15	75	23	100	30	170	32	182	33,40	190	
1	2	3,10	15	5,20	25	8,10	40	12,20	50	18,10	50,20	24	70,50	30	100	31	160	
1	3	1	6,70	3	14,10	7	32,50	10,20	45	12	54	15	70	20	92,40	22	120	
1	—	5	22,70	8	30,40	11,50	40	15	50,50	20	70,20	31,10	110	32	110	33,10	145	
1	2	4,10	21	5,20	28,40	7,10	34	11,20	35,10	16	40	20,50	60	21	95,50	22	130	sott'acqua
1	3	3	14,70	4,50	18	6,50	22	10,10	40	14,20	51,50	18	84	18,50	90	10	94	

Tabella XLII. — Resistenza di alcuni cementi esteri.

Provenienza	Proporzione fra l'allumina e la silice	Resistenza in Kg. per cmq.		Osservazioni
		trazione	compressione	
Porte-de-France	0,80	44,00	50,00	I provini restarono immersi per 30 giorni nell'acqua.
Boulogne (Lonqu��ty)	0,68	17,28	225,80	
Boulogne (Framchon)	0,67	22,32	228,80	
Tenay (Meurgey e C.)	0,66	22,20	229,70	
Voreppe (Thorrand et C.)	0,58	24,62	199,68	
Grenoble (Bertet-Sisteron)	0,50	25,00	»	
Portland (inglese)	0,47	»	200,00	
Saint-Victor-la-Coste	0,30	33,30	370,00	
Valbonnais (Pelloux e C.)	0,46	33,50	390,00	

Sulla resistenza dei cementi si aggiungono le seguenti osservazioni:

1) Gli impasti con sabbia sono meno resistenti degli impasti di cemento puro ed acqua; per  a parti uguali di sabbia e cemento si ottengono sovente masse altrettanto resistenti e anche di pi  degli impasti semplici.

2) La resistenza dei provini pu  variare sensibilmente secondoch  si conservarono all'aria o sott'acqua. In generale pei cementi a rapida i campioni sommersi sono meno resistenti di quelli stagionati all'aria, mentre invece avviene l'opposto pei cementi a lenta.

3) La maggior finezza della polvere, oltre agevolare la presa, aumenta la resistenza dell'impasto.

4) La resistenza alla compressione va crescendo col tempo: quella alla trazione, dopo aver raggiunto un massimo assoluto, va decrescendo lentamente oscillando per  entro limiti sempre pi  ristretti.

5) La temperatura dell'ambiente non influisce sulle prove di resistenza: pare per  che coll'abbassarsi della temperatura la resistenza aumenti.

2° POZZOLANE. — Le pozzolane si distinguono in *naturali* e *artificiali*.

α) *Pozzolana naturale*. — La pozzolana naturale   una sabbia vulcanica, di vario colore a seconda delle localit  da cui proviene, giacente in strati, non sempre distinti, o in lenti interposte fra altre rocce vulcaniche. Il suo peso specifico   di circa 1,200 e l'indice di idraulicit    in media di 3,00. Siccome non contiene che il 5 al 10 % di calce, non fa presa da sola, ma mescolata colle calci aeree, ha la propriet  di dare a queste un notevole grado di idraulicit , e di formare cos  buone malte idrauliche. Questo grado di idraulicit    variabile e la pozzolana riesce pi  o meno energica secondo la minore o maggiore quantit  di sostanze terrose ed inerti che contiene. Le pi  energiche sono o prodotti vulcanici, o risultati della calcinazione delle argille, o quelle provenienti dalle lave polverizzate. Le meno energiche provengono dalle rocce feldspatiche oppure sono arene pozzolaniche o sabbie di gneiss.

Ecco, secondo Vicat, la composizione di alcune pozzolane:

Tabella XLIII. — Composizione di alcune pozzolane.

Provenienza	Elementi attivi					Carbonati		Perossido di ferro	Materie inerti	Principii solubili e volatili
	Calce	Magnesia	Silice	Allumina	Totale	di calce	di magnesia			
Scavi di San Paolo a Roma	8,80	4,71	45,00	14,80	73,30	»	»	12,00	»	44,70
Napoli, bruna	8,96	»	24,50	15,75	49,21	»	»	16,30	20,00	7,63
» grigia	9,47	4,40	42,00	15,50	71,37	»	»	12,50	2,50	13,64
» detta del fuoco	»	»	33,67	14,73	48,40	19,67	6,83	9,47	7,30	8,92
Trass del Reno (Andernach), tufo vulcanico	2,33	1,00	46,25	20,71	70,29	»	»	5,59	8,57	15,55
Bessan (H�rault) bruna	8,70	»	38,50	18,35	65,55	»	»	14,50	4,50	15,05

Si hanno pozzolane naturali a Bacoli (Bari), di color verde scuro, Pozzuoli, Torre del Greco (Napoli), le quali hanno color grigio; a S. Paolo (Roma) di color rosso-bruno, una delle più pregiate; a Ortona, Chieti (Chieti); a Paternò (Catania) di color rossiccio. Le più rinomate sono quelle di Bacoli e Pozzuoli. Un materiale consimile si trova in Germania ad Andernach sulle rive del Reno, dove è conosciuto sotto il nome di *trass*, ed anche nell'isola di Santorino dell'Arcipelago greco, dove è detto appunto *Santorino*.

Fra le ocre e le sabbie argillose, che, fino ad un certo punto, hanno proprietà affini a quelle delle pozzolane è da notarsi il *lapillo napoletano*, che è un prodotto vulcanico composto di minuti frammenti, della grossezza di 10 a 15 mm., di pomici e di scorie. Se ne hanno due varietà: il bianco ed il nero; quest'ultimo è più energico dell'altro: il lapillo mescolato colla calce grassa dà una malta tenacissima che si impiega nei pavimenti e per le cappe delle vòlte.

β) *Pozzolane artificiali*. — Le pozzolane artificiali si ottengono dalla torrefazione delle sabbie ocracee, argillose, ecc. Un composto di 1 a 3 parti di calce con 9 a 7 di argilla, sottoposto al calore di 600 a 700°, corrispondente a quello del primo grado di cottura dei laterizi, ossia un poco superiore al rosso scuro, forma una pozzolana.

Si fanno pozzolane artificiali mescolando una parte di calce grassa (in volume) cotta e spenta allo stato di pasta, con quattro parti di terra argillosa impastata con acqua, e facendo cuocere il tutto in forni a litantrace sotto forma di mattonelle.

Si fabbrica pure della pozzolana con della terra dolomitica, con dei grès ferruginosi, con delle sabbie di gneiss granitici come a Brest, ove la sabbia si sottopone a leggera torrefazione in forni a riverbero, e mescolando poi il prodotto con calce, si ricava una pozzolana che indurisce in 7 giorni. Tale sabbia si compone di 60,33 di silice, 21,43 di allumina, 8,57 di perossido di ferro, 6,69 di calce e magnesia, 2,75 di principi insolubili.

Si formano ancora delle pozzolane col *coccio*, ossia colla polvere che si ottiene triturando e polverizzando i laterizi ben cotti, colle scorie macinate e simili. Perciò il cemento di scorie che si è sopra descritto, sarebbe a rigore una pozzolana. Riguardo al coccio, alcuni vorrebbero che lo si ricavasse da mattoni biscotti, altri da quelli poco cotti; ma siccome il grado di cottura più conveniente dipende molto dalla proporzione fra l'argilla e il calcare, onde non possono accettarsi massime generali sulla più conveniente cottura dei laterizi da polverizzare per malte, così è meglio in ogni singolo caso premettere qualche saggio pratico.

γ) *Conservazione delle pozzolane*. — Le pozzolane si conservano in sacchi o botti od anche in mucchi esposti all'aria: devono però sempre essere poste al riparo dall'umidità.

3° **GESSO**. — α) *Natura e giacimenti*. — Questo materiale di uso estesissimo, conosciuto ed usato in tempi molto remoti, distinto dai Greci e dai Romani coi nomi di *Selenitus* e *Gypsum*, è oggi detto, come si trova in natura, *selenite*, *calce solfata*, *specchio d'asino*, *pietra speculare*, *scagliola*, ecc. ed è costituito da un solfato di calce idrato corrispondente alla formola chimica $\text{CaO}, \text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. Su 100 parti si hanno 32,56 di CaO, 46,51 di SO_3 e 29,93 di H_2O . Il suo peso specifico varia da 2,314 a 2,328. La durezza oscilla fra 1,5 e 2 e forma il secondo termine della scala delle durezza di Mohs, dimodochè è facilmente inciso coll'unghia. Incolore se puro, talvolta però assume colorazioni accidentali per l'intromissione di materie estranee. Così la presenza degli ossidi di ferro finamente disseminati colorano il gesso in rosso o in giallo, il bitume lo colora in nero e le particelle di argilla inducono sovente nei cristalli eleganti nebulosità. La polvere però è sempre bianca. I cristalli puri sono perfettamente trasparenti, come ad esempio quelli di Castellina marittima; le varietà saccaroidi e fibrose sono traslucide, quelle granulari e compatte sono opache.

La selenite presenta in natura un gran numero di varietà: si trova *lamellare*, varietà più comune, *compatta* e *granulare*, come nei giacimenti di Parigi, *saccaroide* a grana più o meno fine come negli alabastrì gessosi, *fibrosa* nella *sericolite* lucente,

botritica come nelle masse a cavol-fiore comuni nel territorio di Volterra, infine *pseudomorfica*. Però quasi sempre il gesso non è puro; così sono noti i gessi *siliciferi*, i *magnesiaci*, quelli *argillosi* e soprattutto quelli *calcarei*, i quali sono i più utili.

Il gesso *calcarifero* contiene, oltre una certa proporzione di carbonato di calce, anche un poco di argilla e di sabbia. La migliore pietra da gesso che si conosca è quella delle cave di Parigi ed ha la composizione seguente:

Solfato di calce 80,39	}	Selenite	89,16
Acqua 8,77			
Carbonato di calce			7,63
Argilla			3,21
			100,00

Questa pietra è costituita da una massa di selenite in cristalli granulari piccolissimi, con frammiste delle lamelle molto fini di carbonato di calce e dei grani di argilla e sabbia.

Varie sono le interpretazioni che si danno circa alla influenza del carbonato calcareo sul gesso da costruzioni. È un fatto però, dice Thenard, che aggiungendo al gesso da modellare il 12 % di carbonato calcareo, lo si converte in gesso che presenta la resistenza voluta per l'arte muraria. Crede il Fourcroy che nella cottura del gesso anche il carbonato calcareo si calcina riducendosi a calce caustica, e che quando poi s'impasta il gesso cotto coll'acqua, questo assorbendola rapidamente cristallizza in minutissimi cristalli, i quali funzionano come la rena nelle malte ordinarie, attorno cui poi la calce caustica, assorbendo essa pure l'acqua, spiega la sua azione e fa presa. Di questa opinione non sono altri, e fra questi Gay-Lussac, Pelouze e Frémy, giacchè è ben noto che il carbonato calcareo non si decompone che al di là del calor rosso, al qual limite non arriva mai la cottura del gesso. E per quanto si voglia far risaltare lo stato di suddivisione estrema, in cui si trova il carbonato calcareo, pure ciò non è ragione sufficiente dinanzi alle proprietà caratteristiche dei corpi.

L'opinione più fondata è che le lamelle di calcite ed i grani di sabbia e argilla restino inalterati nel gesso cotto, ed in forza del loro stato di suddivisione agiscano come la sabbia nelle malte ordinarie, cioè dire come materia inerte, la quale conferisce resistenza e solidità alla malta di gesso.

Il peso di un metro cubo di pietra da gesso è di chilogrammi 2168, e di un metro cubo di gesso in polvere è di Kg. 1400.

Scaldando il gesso naturale al di là di 120° c. esso perde l'acqua di cristallizzazione e cade in polvere bianca che è solfato di calce anidro. Se la temperatura non ha oltrepassato i 160° la sostanza conserva la proprietà di riassorbire l'acqua, facendo presa, ed è su questo fenomeno che si fondano le importanti applicazioni del gesso. Scaldata oltre i 160° la sostanza prende un altro assetto e non assorbe più acqua, divenendo allora simile al minerale detto *anidrite*.

Si hanno formazioni gessose nel miocene superiore, nell'Emilia, Romagna, Calabria, Sicilia, Castellina Marittima, Volterra, Limagna (Francia); nell'eocene, nei bacini di Parigi e di Londra; nel cretaceo, nelle Corbiere (Pirenei); nel giurassico, a Pontarlier (Giura); nei triass, in Lorena (Vosgi) e Württemberg, in Lombardia (Lovere, Nioballo, Volpino, Pisogne), in Turingia, in Lorena, a Stassfurt, Anhalt, Schöneleek; nel permiano, in Turingia; nel carbonifero, in Lombardia (Premadio).

β) *Escavazione del gesso in Italia*. — Le cave più note sono quelle di Lombardia, Emilia e Sicilia. Le principali della Lombardia sono a *Uzza*, presso Bormio, *Volpino* (Val Camonica), *Pisogne* e *Lovere* (Lago d'Iseo), *Nioballo* (Lago di Como). Le cave dell'Emilia sono a *Scandiano*, dove il gesso è conosciuto sotto il nome di *scagliola*, e *Bologna* (cave di monte Donato, di monte Capra, di Castel de' Britti, di Casola Canina). In Sicilia si hanno cave importanti a *Valguarnera*, *Castrogiovanni*, *Sommatino*, *Calt-*

nissetta, Canicatti, Racalmuto, Girgenti, Casteltermeni, Gibellina, Villafrati, ecc. Altre cave di gesso si hanno nella provincia di Catanzaro a *Roccabernarda*; presso *Ancona* nella collina di Pietra la Croce; a *Macerata Feltria*; a *Sinigaglia* (Sant'Angelo); a *Ravenna* (Pieve di Gesso, Riolo); in *Piemonte* (Moncucco, Casale Monferrato, Moncalvo, Nizza Monferrato, Costigliole d'Asti, Chiomonte, Demonte, Govone, ecc.); in *Liguria* (Balestrino, Stella); in *Toscana* (Collesalveti, Castellina Marittima, Volterra, Fivizzano, Livorno, Modigliana, S. Gimignano); negli *Abruzzi* e nel *Molise* (Campi, Valle Castellana, Teramo, Amatrice, Roccaraso, Bolognano, Pretoro, Rapino, Larino, Riccia); nella *Basilicata* e nelle *Calabrie* (Melfi, Cassano al Jonio, Strongoli, Squillace, Benestaro); nel *Veneto* (Moggio Udinese, Auronzo, Pieve di Cadore, Perarolo, Roana, Bassano); in *Sardegna* (Portotorres).

γ) *Cottura del gesso.* — Nella cottura il gesso perde $\frac{1}{5}$ del suo peso, rappresentato dall'acqua di cristallizzazione, a eliminare la quale occorre una temperatura di 120° a 160°. Perchè la cottura avvenga regolarmente conviene avere il gesso ridotto in piccoli pezzi od in polvere. Se è in polvere la calcinazione si fa nelle migliori condizioni, per esempio in un forno a riverbero, col minor consumo di combustibile od utilizzando il calore perduto da altri forni.

Senonchè è necessario allora stendere la polvere sul suolo del forno in uno strato dello spessore di 6 a 8 centimetri, e rinnovarne poi spesso la superficie con dei rastrelli. Se la pietra è in pezzi, e ciò è il caso ordinario, la cottura al punto di vista tecnico si fa in cattive condizioni, giacchè in un dato blocco la calcinazione non può essere uniforme, e siccome occorrerà spingere un po' il fuoco, succederà che la parte esterna del pezzo sarà troppo fortemente calcinata, quella intermedia lo sarà al suo giusto punto, mentre il nucleo lo sarà molto imperfettamente. Oltre di questo poi il consumo di combustibile sarà maggiore che nel caso precedente.

L'imperfezione della cottura della pietra da gesso in pezzi non ha poi in pratica un effetto svantaggioso, poichè sta in fatto che mescolando tutta la carica cotta più o meno imperfettamente, si ottiene un gesso di buonissima qualità.

Inoltre siccome la polverizzazione del gesso crudo è molto più difficile e quindi costa più che quella del gesso cotto, ne deriva anche per questo fatto una maggior convenienza nel cuocere la pietra in pezzi.

Il gesso si può cuocere in mucchi, oppure in forni speciali. La cottura in mucchi si fa accatastando il materiale gessoso e bruciandovi sotto del combustibile. Tale sistema primitivo di cottura è ancora applicato nelle cave di Monte Donato presso Bologna. Però esso non è il migliore, nè sotto l'aspetto economico, nè della bontà del prodotto.

I principali forni impiegati alla cottura del gesso si distinguono nelle seguenti categorie:

- 1° Forni a focolare indipendente.
- 2° Forni a gas.
- 3° Forni a vapor acqueo.
- 4° Forni che utilizzano i gas caldi di altri apparecchi.
- 5° Forni ad aria calda.

Fornace ordinaria. — A Parigi si usano fornaci del tipo di quello rappresentato nella fig. 524, in cui il gesso si ammucchia fra tre muri *a*, coperti da un tetto *b*, il quale, mentre ripara la carica dalla pioggia, è fatto in modo da lasciar passare liberamente il vapor acqueo che si sviluppa durante la cottura della pietra. Sull'area racchiusa fra i muri si costruiscono coi pezzi più grossi di pietra, delle gallerie *c* separate dai piedritti *d* e coperte a vòlta. Su queste vòlte poi si fa la carica nel modo ordinario disponendo i pezzi in ordine decrescente di grossezza, caricando in alto il materiale fino, il quale serve a tenere concentrato il calore nella massa, rendendo difficile la rapida uscita dei gas caldi.

Sotto le vólte suddette si brucia della legna piccola e di poco valore, specialmente delle fascine, e si cerca di alimentare una combustione lenta e moderata.

La durata della cottura è di 10 a 15 ore, in media di 12 ore; essa dipende dalla quantità della carica, dallo stato di secchezza della legna, e dallo stato dell'atmosfera. Il conduttore della fornace si accorge per pratica del momento in cui la cottura è compiuta; allora stende sulla carica uno strato di polvere di gesso affine di mantenere concentrato il calore e lascia raffreddare durante 12 ore.

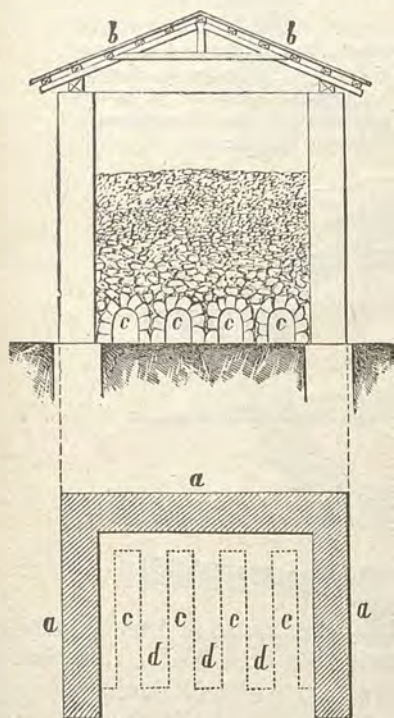


Fig. 524. — Fornace ordinaria.

a, muri della fornace; *b*, tetto; *c*, gallerie pel fuoco;
d, piedritti delle gallerie.

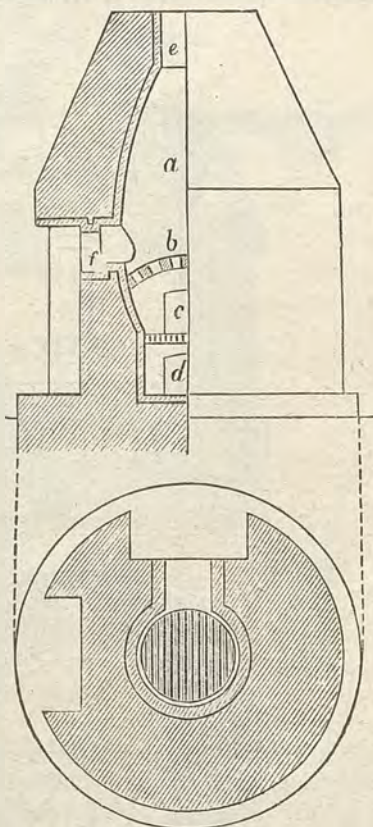


Fig. 525. — Fornace di Montmartre.

a, vaso del forno; *b*, vólta forata; *c*, focolare; *d*, cinerario;
e, bocca di caricamento delle pietre da gesso; *f*, bocca di scarico del forno.

In generale, dopo 24 ore da che si è cominciato l'operazione, si scarica il forno.

Queste fornaci ordinarie hanno però subite in alcuni luoghi, e specialmente a Parigi, parecchie modificazioni, come per esempio l'aggiunta di un quarto muro che rende la fornace quadrata, di una vólta coi necessari fori per il passaggio del vapore d'acqua, di piedritti in muratura pei focolai, ecc.

Fornace di Montmartre. — Così chiamata dal nome della località di Parigi, ove è in uso. La fig. 525 ne mostra lo spaccato e la pianta. La capacità interna *a* è ovoidale, chiusa inferiormente da una vólta *b* forata, al disotto della quale trovasi il focolare *c* e sotto di questo il cinerario *d*. La pietra da gesso si carica dalla bocca *e* direttamente sulla vólta *b*, ammontandola secondo le regole ordinarie. Quando il gesso è cotto, si scarica il forno dalla porta *f*, la quale è rimasta chiusa durante l'operazione.

Nel focolare si brucia qualunque combustibile, purchè sia a lunga fiamma. Le fascine di legna servono bene a tal uopo. Nelle pareti del cinerario sono poi praticate alcune porte, affine di poter regolare convenientemente l'aspirazione del forno.

Come ognuno vede, questo forno è un perfezionamento della fornace intermittente ordinaria più sopra descritta. Il fuoco vien condotto da principio con lentezza, poi cresciuto proporzionatamente.

Forno Scanegatty. — La ricerca del modo di calcinazione uniforme della pietra da gesso, entro i limiti ristretti di temperatura in cui essa deve farsi, ha dato luogo alla costruzione di questo forno e del seguente.

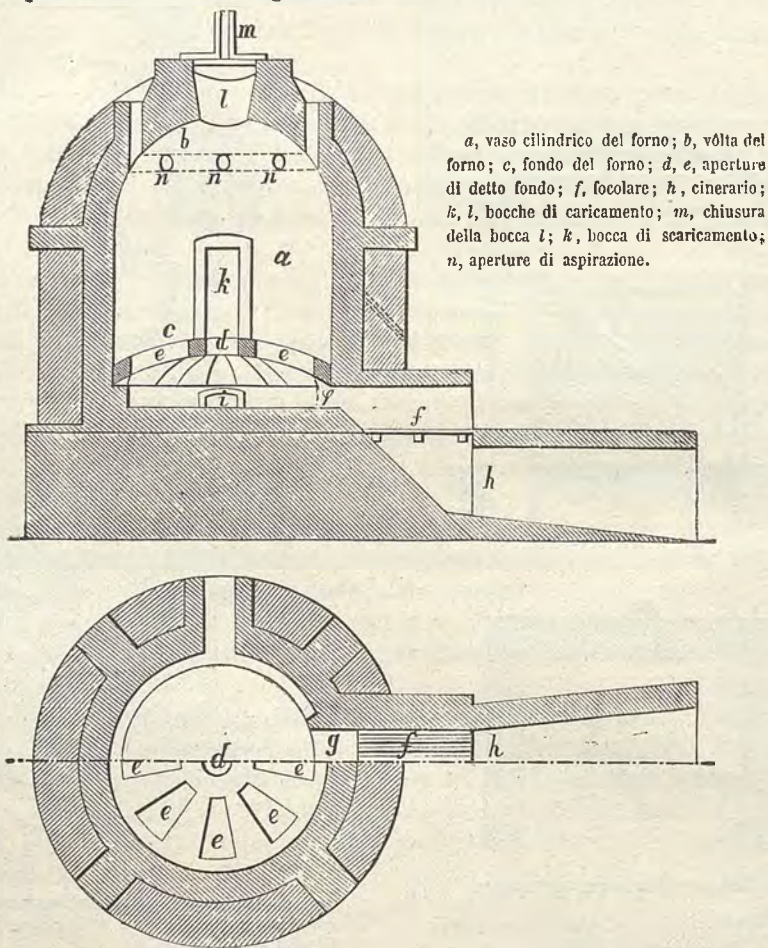
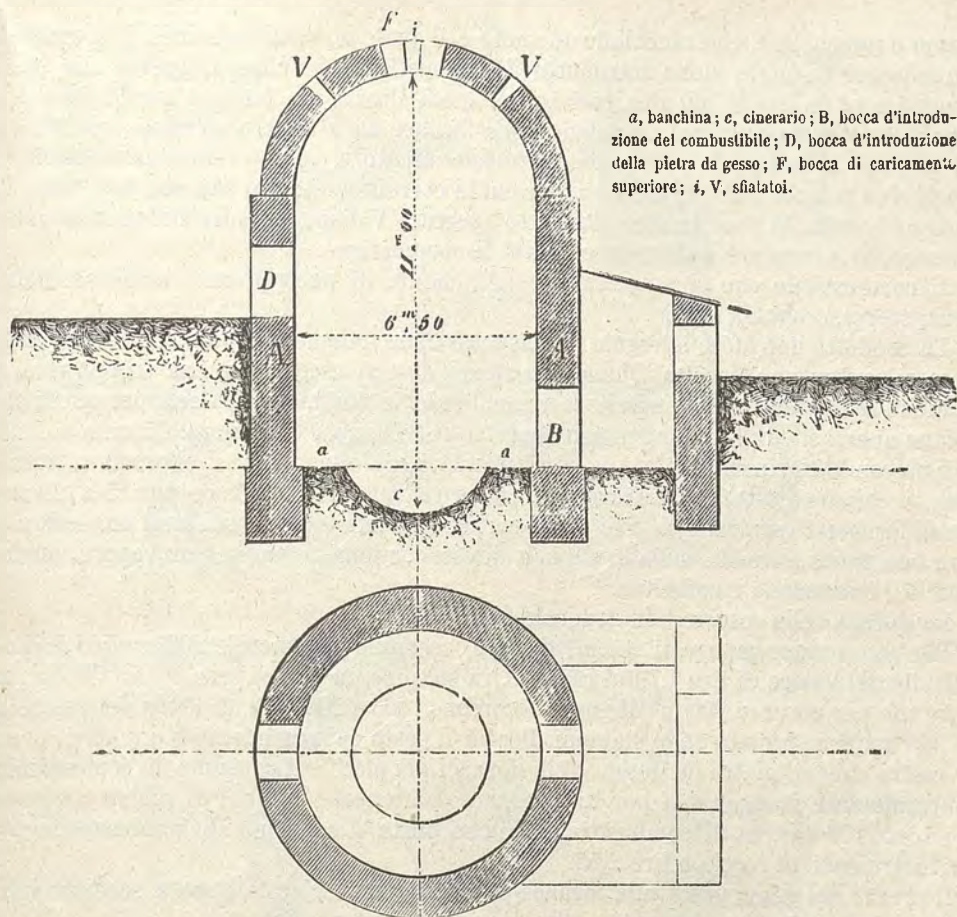


Fig. 526. — Fornace Scanegatty.

La fig. 526 mostra la sezione verticale e la pianta del forno in discorso. Si compone di una capacità cilindrica *a* ricoperta di una vólta emisferica *b*. Il fondo del forno è costituito da una vólta a calotta sferica *c*, avente un foro centrale *d* e 8 aperture radiali *e*. In *f* trovasi il focolare, dal quale le fiamme passando per il ponte *g*, penetrano sotto la vólta *c* e per le aperture esistenti in questa vanno a calcinare il gesso caricato sulla medesima.

La concamerazione riservata sotto la vólta suddetta serve anche come regolatore della corrente calda, onde distribuire ugualmente in ogni senso i gas caldi che devono cuocere il gesso. In *h* è il cinerario ed una concamerazione che serve a raccogliere l'aria per l'aspirazione del focolare. L'apertura *i* che si apre sotto la vólta *c*, serve a pulire la camera delle fiamme, ove si depositano le ceneri asportate meccanicamente.



a, banchina; *c*, cinerario; B, bocca d'introduzione del combustibile; D, bocca d'introduzione della pietra da gesso; F, bocca di caricamento superiore; *i*, V, sfiatoi.

Fig. 527. — Fornace di Sicilia.

La porta *k* serve al caricamento del forno. La vòlta sferica *b* ha un'apertura centrale *l* che serve al caricamento del forno e che rimane chiusa durante l'operazione da un coperchio *m* munito nel suo centro di un foro per l'aspirazione. Oltreccìò 8 fori *n* disposti convenientemente in corrispondenza delle aperture esistenti nel fondo, servono a stabilire l'aspirazione voluta.

Il caricamento del forno si pratica, finchè è possibile, dalla porta *k*, e lo si termina poi dall'apertura *l*. Fatto ciò, si mette il coperchio *m* e si fa fuoco. Durante l'operazione si regola la cottura della massa, osservando come avviene l'aspirazione per le aperture *n*, chiudendo quelle che sono troppo attive ed aprendo quelle inerte. L'operazione è finita quando, accostando ai fori *n* un ferro ben terso ad una lastra di vetro, non vi si condensa più sopra alcuna umidità. Si chiudono allora tutte le aperture, si lascia raffreddare il forno durante 12 ore e poi lo si scarica dalla porta *k*.

Un forno Scanegatty può contenere una carica di 54 metri cubi di pietra da gesso.

Fornace di Sicilia. — Fra i tanti forni da cuocere il gesso, che vedonsi nell'isola di Sicilia, quelli che meritano qualche attenzione sono quelli dei dintorni di Caltanissetta, di costruzione perfezionata, giacchè si avvicinano al tipo Scanegatty, e di capacità eccezionale, giacchè se ne costruiscono alcuni che contengono perfino 200 m³ di roccia.

Tale forno è rappresentato dalla fig. 527. Si compone di una camera cilindrica formata da una muratura A e ricoperta da una calotta emisferica. In basso presenta una

corona o panchina *a*, che racchiude un vuoto *c*, il quale serve da cinerario. L'apertura *B* è quella per la quale viene introdotto il combustibile, e l'altra *D* aperta alla parte opposta e ad un livello più alto, cioè a circa metà altezza del forno, è quella per cui si carica la pietra da cuocere. La cupola della fornace ha al centro un'ampia apertura *F* per la quale si compie la carica del materiale minuto e poscia vien chiusa lasciando aperta una piccola gola nel mezzo *i*, per cui la corrente dell'aria che sale dal fondo ha sfogo sufficiente. Vi sono inoltre altre otto aperture *V* disposte radialmente sulla vòlta, che servono a regolare il tiraggio e quindi la combustione.

Il combustibile che si adopera è generalmente di poco prezzo, come sarmenti, legna, sterpi, cespugli, paglia.

La condotta del fuoco si regola dall'aspetto delle fiamme e vapori che escono dagli sfiatatoi esistenti nella vòlta. Quando da alcuni di essi esce la fiamma troppo viva, si chiudono temporaneamente ed allora aumentando la chiamata dell'aria per quelli che restano aperti si equilibra opportunamente la distribuzione del calore. Quando poi dall'ultimo condotto rimasto aperto la fiamma esce viva e senza vapori, allora la cottura è fatta; si chiudono tutte le aperture e si lascia raffreddare la fornace per 15 a 20 ore. Alcuni fornaciai verificano la fine della cottura accostando agli sfiatatoi una lastra di ferro ben pulita e fredda, sulla quale non dev'essere condensare più nessun vapore acqueo allorchè l'operazione è compiuta.

La durata della cottura è in generale di 24 ore.

Per una fornace capace di 200 m³ di gesso occorrono in generale 200 carichi di combustibile del valore di lire 1,70 al carico. Ora siccome un carico pesa 80 a 100 Kg., ne segue che per cuocere 200 m³ di gesso occorrono 1400 a 2000 Kg. di legna del valore di lire 340 a 400 a seconda delle stagioni. Perciò il costo del combustibile è di circa lire 2 per metro cubo di pietra da gesso. Nelle fornaci più piccole il consumo di combustibile è naturalmente maggiore e per una fornace contenente 100 m³ di pietra da gesso occorrono 150 carichi di combustibile, ciò che porta il consumo di combustibile per ogni metro cubo di roccia a lire 2,55.

Il prezzo del gesso posto alla fornace può ritenersi variabile pure a seconda della stagione da lire 6 a lire 8 al metro cubo, il quale pesa tonnellate 1,050.

Forno Dumesnil. — È analogo al precedente, ma presenta dei perfezionamenti maggiori dal punto di vista dell'uniformità della cottura del gesso.

È rappresentato dalla fig. 528. La camera del forno *a* è una capacità cilindrica ricoperta da una vòlta a calotta sferica. In *b* è il focolare di forma conica rovesciata, il quale da una parte ha inferiormente il cinerario *c*, a cui si accede per la scala *d*, e dall'altra comunica con il canale *e*, che sbocca al livello del suolo e che serve all'introduzione del combustibile. Dalla parte superiore del focolare si partono, simmetricamente disposti a raggiera, 12 canali *f* fatti ad S, i quali servono a condurre le fiamme nella campana cilindrica *g* esistente al centro del forno. Questa campana infine ha nella sua parete 12 fessure oblunghe *h*, in corrispondenza dei canali *f*, per le quali i prodotti della combustione penetrano uniformemente e simultaneamente in tutta la sezione del forno.

Lo scopo di questa campana è dunque quello di fare da regolatore e moderatore della corrente calda impedendo alle fiamme di investire direttamente il gesso, e sopprimendo così i colpi di fuoco.

La porta laterale *i* serve al caricamento ed allo scaricamento del forno. L'apertura della vòlta *k* serve pure al caricamento del forno. Nel centro della vòlta trovasi un camino *m*, munito in alto di una valvola *n*, che si manovra con una catena per regolare l'aspirazione del forno. Infine vi sono quattro tubi *o*, muniti essi pure di valvole, e che servono a regolare la corrente del forno.

Nel forno Dumesnil si richiede la maggior cura nel caricare la pietra da gesso, affinchè una cattiva disposizione di queste non neutralizzi il buon effetto della campana

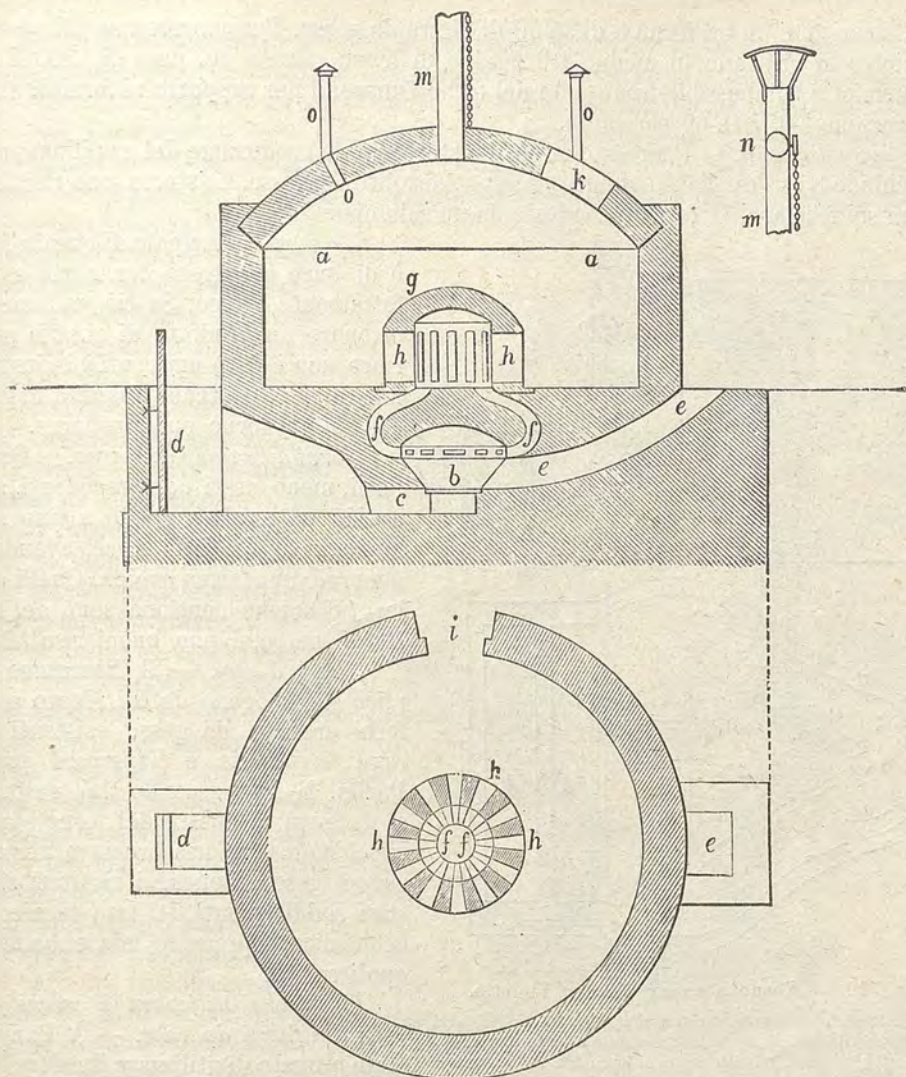


Fig. 528. — Forno Dumesnil.

a, vaso del forno; b, focolare; c, cinerario; d, scaletta al cinerario; e, tramoggia per combustibile; f, condotti della fiamma alla campana g; h, aperture per gas caldi uscenti da g; i, bocca di caricamento; k, bocca per il completamento della carica; m, camino con valvola a disco n; o, sfiatoi.

centrale, la quale distribuisce uniformemente il calore. A questo scopo si divide la carica per strati sovrapposti, in ognuno dei quali le pietre vengono disposte a raggiera e messe per ritto, in modo che fra ogni raggiera resti un pertugio radiale per i gas caldi. Si ha cura poi che questa disposizione sia alternata nei vari strati in cui è divisa la carica, in modo che i pertugii lasciati in uno strato non corrispondano a quelli del contiguo. Il caricamento si comincia dalla porta *i* e quando questa non serve più, lo si termina dall'apertura *k*. Terminato che sia, si chiudono le due porte e si mette il fuoco. L'andamento della cottura vien condotto esattamente regolando i registri dei camini *m* ed *o* in modo che la calcinazione progredisca uniformemente in tutta la massa. Durante le prime 4 ore si fa un fuoco lento, mentre nelle 8 ore successive lo si rende più attivo. In capo a 12 ore la carica è cotta e dai camini non esce più vapor acqueo. Si lascia allora raffreddare il forno durante 12 ore e quindi lo si scarica dalla porta *i*.

La carica di un tal forno è di 35 m³ di pietra da gesso. Per cuocere una tal quantità di pietra si bruciano in media 210 fascine di legna minuta del peso di 1800 Kg. Il risparmio di combustibile realizzato nel forno Dumesnil per rapporto ai forni di antica costruzione è di 50 a 60 per cento.

Forno Brisson. — È analogo ai forni a storte per la produzione del gas illuminante. Racchiude 8 storte, di cui ognuna contiene 2 ettolitri di gesso. Le storte sono riscaldate da un sol focolare. Il forno è condotto da un solo operaio.

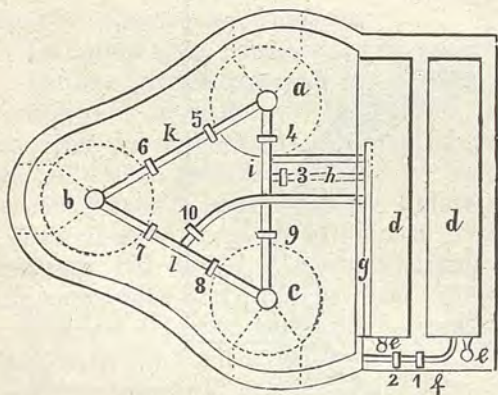
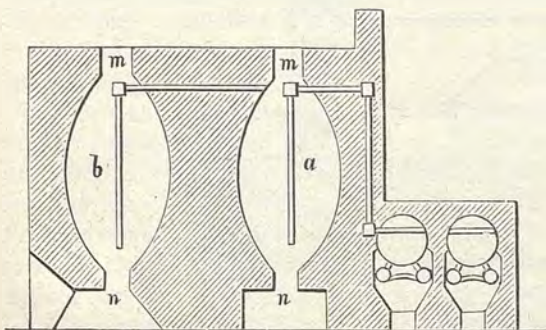


Fig. 529. — Forno a vapor d'acqua Violette.

a, b, c, forni; *d,* caldaie per la produzione del vapor d'acqua; *m,* bocca di caricamento dei forni; *n,* bocche di scaricamento del gesso cotto; *e,* serpentine; *f, g, h, i, k, l,* tubi del vapore ai forni; *1 a 10,* robinetti di detti tubi.

buoni risultati. Tre forni da coke bastano ad alimentare un forno da gesso di grandi dimensioni. Con questa disposizione occorre avere almeno due forni da gesso, dei quali mentre uno è in azione, l'altro è in caricamento.

Forno a vapor d'acqua Violette. — Il Violette sperimentò il vapor acqueo per cuocere la pietra da gesso ed il forno da lui impiegato è rappresentato nella fig. 529. Tre forni di forma ovoide *a, b, c,* sono accoppiati in modo da trovarsi il più vicino possibile alle caldaie *d* ove si produce il vapore. Per ogni forno la pietra si carica da *m,* e il gesso cotto si estrae da *n.* Il vapore delle caldaie, alla pressione di atmosfere 1 1/2, passa nei serpentine *e* ove si riscalda alla temperatura di 200°, e quindi nei tubi che lo conducono ai forni, dopo aver attraversato un termometro che serve a indicarne l'esatta temperatura. Questa dev'essere di 200°, affinché il vapore che opera la cottura possa cedere la quantità di calore di vaporizzazione necessaria all'acqua di cristallizzazione del gesso per ridursi in vapore. La cottura ha luogo contemporaneamente in due forni, mentre il terzo si carica. Supposti pieni i due forni *a* e *b,* si aprono i robinetti *1 a 7* e allora il vapore delle caldaie passando pei tubi *f, g, h, i* entra nel forno *a,* lo attraversa dal-

Lo scopo principale di questo forno è di dare del gesso ben cotto e perfettamente bianco. Se ciò va bene per ottenere un prodotto di qualità superiore, non è però molto utile industrialmente, per la piccola quantità di gesso che un tal forno può produrre.

Forni ad azione continua. — Questi forni, meno usati dei precedenti, sono a tino ed anulari. Quelli a tino sono analoghi ai forni da calce, avendo in generale una forma ovoide. Quelli anulari ad azione continua sono del tipo Hoffmann, e danno buoni risultati.

Forni a gas. — Il Beaufumé applicò il gasogeno da lui ideato a due forni ordinari da gesso esistenti alle cave di Pantin e Vaugirard presso Parigi. Il gas uscendo dal gasogeno si dirigeva al centro del forno e quivi mischiandosi all'aria bruciava per cuocere il gesso. Benchè i risultati siano stati soddisfacenti dal lato tecnico ed economico, il processo non ebbe molte applicazioni.

Forni che utilizzano il calore perduto dai forni da coke. — A Parigi è stato provato di utilizzare il calore perduto dei forni da coke e si ottennero

l'alto al basso calcinando la pietra, indi risalendo pel tubo *a* percorre il tubo *k*, attraversa il forno *b*, risale pel tubo *b*, entra nel tubo *l* e qui trovando chiuso il robinetto 8 si scarica nell'atmosfera. In questo modo mentre si cuoce la pietra in *a* si inizia la cottura in *b*, e quando nel forno *a* la pietra sarà cotta, manovrando convenientemente i robinetti, si compie la cottura in *b* e si inizia quella in *c*. Si viene così a stabilire una rotazione continua nei tre forni. In un forno triplo come il descritto si possono cuocere 100 m³ di gesso in 24 ore. Il sistema presenta parecchi vantaggi fra cui quello della regolarità ed uniformità della cottura, ma presenta pure degli inconvenienti, che dipendono specialmente dal costo e dalla complicazione dell'impianto.

Forno a vapor d'acqua Testud de Beauregard. — In questo apparecchio, rappresentato dalla fig. 530, il vapore soprarisaldato secco raggiunge la temperatura di 500° e la pressione di 2 atmosfere. La vaporizzazione dell'acqua nell'apparecchio Testud ha luogo mediante un filetto di acqua che batte contro una parete calda. Il vapore così prodotto istantaneamente traversa poi un riscaldatore acquistando il massimo di sechezza e la temperatura voluta. Si compone l'apparecchio di tre capacità cilindriche concentriche, in ferro. In quella interna *a*, detta vaporizzatore, sono iniettati dai tubi *b* due getti di acqua che vanno a battere sul fondo *c* il quale è scaldato inferiormente alla temperatura di 280° da una lega di piombo e stagno mantenuta in fusione a mezzo del focolare *d*. Il vapore prodotto è obbligato dalla campana *e* a ridiscendere in basso lambendo la superficie esterna del vaporizzatore, e quindi risale nello spazio anulare esistente fra questa campana e l'involuppo esterno *f*, il quale è riscaldato coi gas perduti del focolare circolanti nei condotti *g*. Questo circuito, che costituisce il riscaldatore, ha lo scopo di portare, in modo semplice e sicuro, il vapore alla temperatura voluta di circa 500° e di renderlo nello stesso tempo perfettamente secco. Il vapore raccolto sotto la cupola *f* esce pel tubo *h* per andare ai forni carichi di pietra da gesso. Un agitatore *i* manovrato col manubrio *k* serve a constatare se la lega metallica è sempre in fusione, e se quindi il fondo del vaporizzatore è sempre scaldato alla temperatura di 280° voluta. In *l* vedesi un fischio d'allarme, il quale agisce allorchè la temperatura dell'apparecchio si eleva di troppo. Esso agisce mediante la leva a contrappeso *m*, che è tenuta abbassata dall'asta *n*, la quale traversa le caldaie e va a pescare nel bagno

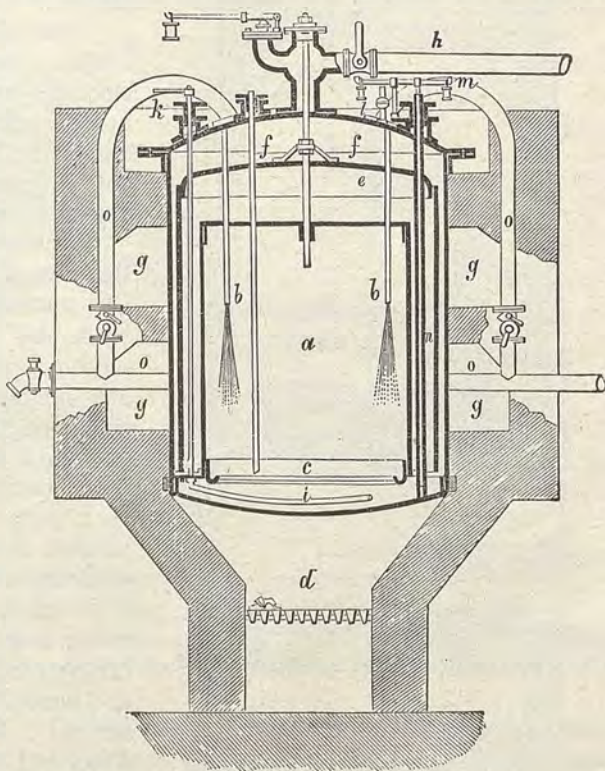


Fig. 530. — Forno a vapor d'acqua Testud de Beauregard.

a, vaporizzatore; *b*, iniettori; *c*, fondo riscaldato a 280°; *d*, focolare; *e*, campana; *f*, involuppo della campana *e*; *g*, condotti per gas perduti riscaldanti l'involuppo *f*; *h*, tubo di condotta del vapore ai forni da gesso; *i*, agitatore, mosso per mezzo dell'asta *k*, della miscela di piombo e stagno liquido; *l*, fischio d'allarme; *m*, leva a contrappeso; *n*, asta del contrappeso, con lega all'estremità inferiore fusibile sopra i 280°; *o*, tubi portanti l'acqua ai tubi *b*.

temperatura di 280° da una lega di piombo e stagno mantenuta in fusione a mezzo del focolare *d*. Il vapore prodotto è obbligato dalla campana *e* a ridiscendere in basso lambendo la superficie esterna del vaporizzatore, e quindi risale nello spazio anulare esistente fra questa campana e l'involuppo esterno *f*, il quale è riscaldato coi gas perduti del focolare circolanti nei condotti *g*. Questo circuito, che costituisce il riscaldatore, ha lo scopo di portare, in modo semplice e sicuro, il vapore alla temperatura voluta di circa 500° e di renderlo nello stesso tempo perfettamente secco. Il vapore raccolto sotto la cupola *f* esce pel tubo *h* per andare ai forni carichi di pietra da gesso.

Un agitatore *i* manovrato col manubrio *k* serve a constatare se la lega metallica è sempre in fusione, e se quindi il fondo del vaporizzatore è sempre scaldato alla temperatura di 280° voluta. In *l* vedesi un fischio d'allarme, il quale agisce allorchè la temperatura dell'apparecchio si eleva di troppo. Esso agisce mediante la leva a contrappeso *m*, che è tenuta abbassata dall'asta *n*, la quale traversa le caldaie e va a pescare nel bagno

della lega metallica. L'estremità di quest'asta è fatta di una lega metallica la quale si fonde ad una temperatura superiore a 280° di tanto quanto è il comporto che si può dare pel massimo innalzamento della temperatura del fondo *c*. Se questo massimo viene oltrepassato l'estremità dell'asta si fonde, la leva *m* resta libera, il fischio agisce ed il fuochista è avvertito di rallentare il fuoco.

Come ultimo dettaglio è da osservare che i tubi *o* i quali conducono l'acqua ai tubi *b*, circolano nei condotti *g* e nelle pareti di questi, affine di utilizzare il calore delle fiamme del focolare per il riscaldamento dell'acqua e mandarla in tal guisa già calda nel vaporizzatore.

Il generatore di vapore del Testud de Beauregard è molto ingegnoso e realizza dei veri perfezionamenti sul modo ordinario di avere del vapore soprarisaldato. L'apparecchio è più piccolo di quello che sarebbe una caldaia corrispondente, ha una superficie di riscaldamento molto grande, ed è bene studiato il modo di riscaldamento e la sicurezza contro le esplosioni.

L'impianto del sistema Testud si compone di un generatore e di 6 forni o storte della capacità ognuna di tre ettolitri e mezzo di pietra da gesso. Di queste 2 sono in funzione, 2 in caricamento e 2 in scaricamento, dimodochè il vapore a 500° ed alla pressione di 2 atmosfere effettive proveniente dal generatore è diretto contemporaneamente su 2 storte. L'operazione dura mezz'ora, e stabilendo un'appropriata rotazione fra le 3 coppie di storte si ottiene un funzionamento continuo.

Ogni coppia di storte produce ogni mezz'ora 7 ettolitri di gesso cotto, e l'insieme dà 33 m^3 di gesso ogni 24 ore.

Forno ad aria calda Archereau. — Il forno si compone di due apparecchi ove si riscalda l'aria e della camera ove ha luogo la cottura della pietra gessosa. I primi due sono simili all'apparecchio Whitwell che serve a riscaldare l'aria da insufflare negli

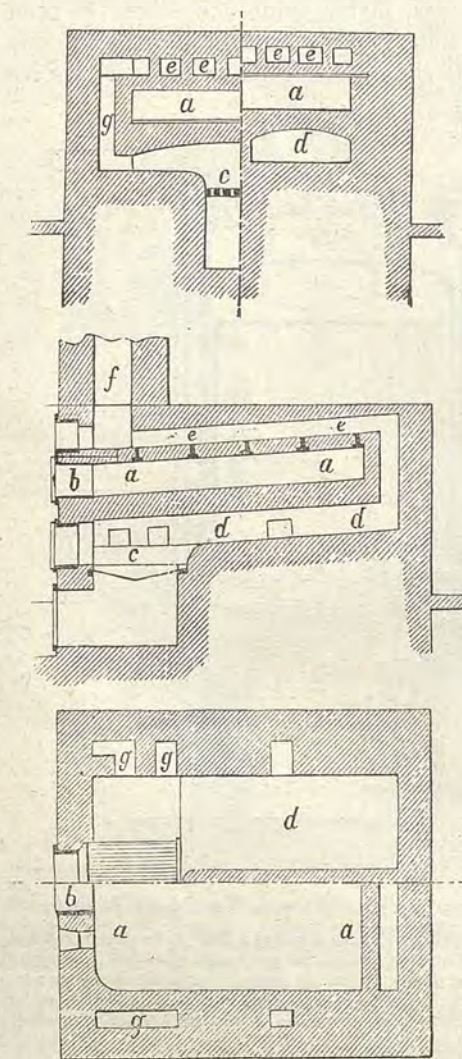


Fig. 531. — Forno per la cottura del gesso in polvere.

a, suolo del forno; *b*, bocca di caricamento; *c*, focolare; *d*, *e*, condotti dei prodotti della combustione; *f*, camino; *g*, condotti per aumentare l'aspirazione del camino.

altri forni, solo che dovendosi scaldare l'aria solamente a 200° , invece delle pareti refrattarie formanti serpentino, si hanno delle lastre di ghisa disposte a zig-zag. In ogni apparecchio vengono prima fatte circolare le fiamme di un focolare in un dato senso e quando il riscaldamento è sufficiente, s'interrompe l'azione e vi si fa passare una corrente d'aria in senso inverso, la quale a contatto delle lastre di ghisa riscaldate acquista la voluta temperatura di 200° ed entra nella camera di cottura.

Occorrono almeno due apparecchi pel riscaldamento coll'aria, giacchè alternativamente mentre uno è in riscaldamento, cioè vi circolano le fiamme del focolare, l'altro è

attraversato dalla corrente d'aria che va al forno. Questo sistema dà buoni risultati ed un bellissimo prodotto.

Forni per la cottura del gesso in polvere. — Per cuocere il gesso in polvere si usano i forni a muffola di cui si vede un tipo nella fig. 531. In *a* vedesi il suolo ove caricasi per la porta *b* il gesso minuto, il quale viene steso con appositi rastrelli in istrato grosso da 10 a 13 centimetri. In *c* vi è il focolare, e le fiamme ed i prodotti della combustione da esso uscenti circolano nei condotti *d* sotto il suolo, e quindi passano nei condotti *e*

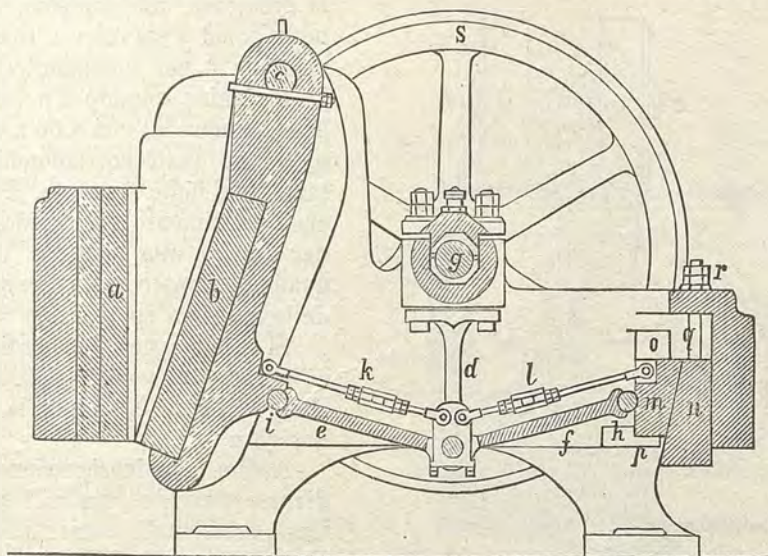


Fig. 532. — Trituratore Blake.

a, mascella fissa; *b*, mascella mobile intorno al perno *c*; *d*, biella a eccentrico; *e*, *f*, bracci; *k*, punto fisso; *i*, punto mobile; *m*, cuneo scorrevole orizzontalmente entro le guide *o*, *p*; *n*, cuneo scorrevole verticalmente per mezzo del tirante *q* e delle viti *r*; *k*, *l*, tiranti a molla per il ritorno della mascella *b*; *s*, volante.

praticati nella vòlta del forno, per poi uscire pel camino *f*. Dal focolare parte un condotto verticale *g*, che va a comunicare direttamente colla base del camino, per il quale parte delle fiamme possono andare direttamente a quest'ultimo, e ciò allo scopo di rendere più attiva, ove occorra, l'aspirazione del forno e quindi la circolazione dei gas caldi nelle pareti del forno.

In questo forno il riscaldamento avviene per trasmissione delle pareti. Il prodotto è ben cotto e di bella apparenza. Allorchè il forno è freddo la durata dell'operazione della cottura è di 4 a 5 ore, nelle operazioni seguenti invece, in cui si comincia col forno già caldo della cottura precedente, l'operazione non dura più che 3 ore. La carica del forno è di circa 900 chilogrammi.

Forno Friquet e Guyant. — In questo forno il gesso da cuocere si trova entro cilindri di ferro, che scorrono in un condotto, nel quale circolano i prodotti della combustione. Durante il tragitto compiuto dai cilindri dal punto di caricamento alla bocca di uscita, il gesso ha tempo di calcinarsi.

Si accenna ancora ai forni *Bendevre* e *Minnich*, nei quali pure il gesso è contenuto e calcinato entro recipienti di ferro.

δ) *Polverizzazione del gesso.* — La polverizzazione del gesso si compone di tre operazioni: 1° la triturazione della pietra; 2° la polverizzazione; 3° la vagliatura. In molte fabbriche da gesso la triturazione si fa a mano, stendendo il gesso sopra un'aia e battendolo con appositi picconi di ferro e pestatoi piatti, ma nelle più recenti fabbriche essa si fa a macchina con apparecchi di vari sistemi. Uno fra i più conosciuti e più

usati è il *tritratore Blake* (fig. 532). Il materiale viene caricato entro le mascelle *a* e *b*, fatte con placche metalliche scanalate, di cui quella *a* è fissa e la *b* oscilla intorno all'asse *c*. Facendo girare il volante *s*, la biella *d* a eccentrico, mette in movimento i bracci *f* ed *e*, di cui quello *f* si appoggia al punto fisso *h*, mentre quello *e* spinge la mascella *b*. Mediante i due cunei *m* ed *n*, di cui quello *n* si può abbassare od innalzare per mezzo del tirante *q* e delle viti *r*, e quello *m* può scorrere in senso orizzontale entro le due guide *o* e *p*, si diminuisce o si accresce l'apertura delle mascelle e quindi

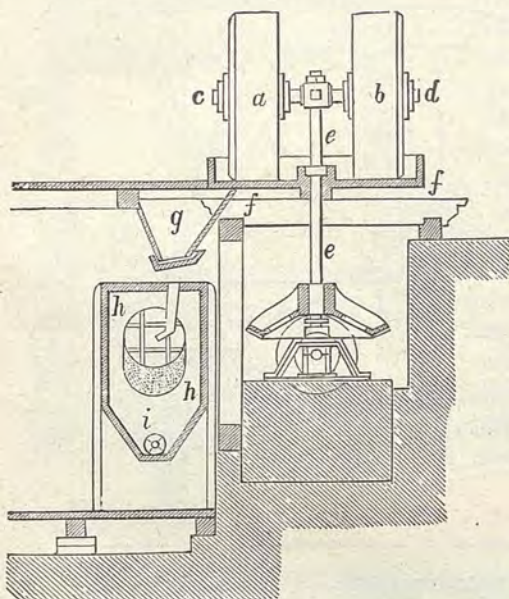


Fig. 533. — Mulino verticale da gesso.

a, b, macine; *f, f*, truogolo; *e*, albero motore; *g*, tramoggia; *h*, buratto; *i*, vite senza fine.

la grossezza del prodotto. I tiranti *a* molla *k* ed *l* servono a richiamare la mascella *b* nel movimento di ritorno. La macchina quando è in azione fa un gran numero di giri (150 a 200 al minuto), ai quali corrispondono altrettanti colpi delle mascelle. È necessario che il movimento sia rapido, onde non dar tempo alla materia di passare quando le mascelle si trovano al punto della massima apertura.

Si hanno ancora *tritratore a denti*, *cilindri tritratore*, *pestelli*, ma la macchina migliore è sempre la Blake ora descritta.

Anche la polverizzazione si fa con diverse macchine, fra cui i *mulini verticali*, *orizzontali*, *conici*, l'apparecchio *Vaport*, l'apparecchio *Carr* e i polverizzatori *Carten*, *Wilson*, *Bichon*, *Thompson* e *Stather*, *Motte*, *Digey*, *Heberle*, ecc., i quali tutti danno buoni risultati.

Nella fig. 533 si rappresenta un mulino verticale composto di due macchine

a e *b* che girano entro un truogolo orizzontale *ff* contenente la materia da polverizzare. Il movimento alle macine è impresso dall'albero motore *e*. Dietro le macine è posto un rastrello fisso all'albero motore, e che serve a rimestare il gesso e a ricondurlo sotto le mole. La polvere di gesso già abbastanza fina vien fatta cadere nella tramoggia *g* da cui passa al buratto *h* i cui fori non lasciano passare che il gesso fino. Questo cade nel fondo del buratto ove trovasi una vite senza fine *i* che lo porta all'esterno. Il gesso che è rifiutato dal buratto si ripassa alla macina.

I mulini orizzontali sono simili a quelli che si impiegano per la macinazione dei cereali e quelli conici sono basati sullo stesso principio dei macinini da caffè.

L'apparecchio di *Carr* è rappresentato nella fig. 534 e si compone di due dischi *a, b* verticali e paralleli, montati su due alberi allineati *c* e *d* ed armati di due serie di pioli di acciaio *e*, posti secondo circonferenze di diametro differente, in modo da potere intersecarsi. Mediante le puleghe *g* ed *h* i dischi si fanno rotare rapidamente in senso inverso l'uno dell'altro, e la materia che viene introdotta fra di essi dal foro *f* trovandosi sbattuta tra i pioli, si disaggrega e si polverizza completamente. Un coltello di ferro molto solido è fissato nell'interno, onde rompere i pezzi più voluminosi. Tutto l'apparecchio è contenuto in una cassa di ferro che ha lateralmente la tramoggia di caricamento e al basso l'apertura per l'estrazione del gesso polverizzato. Con un apparecchio di dimensioni ordinarie si possono polverizzare 1 a 2 tonnellate di gesso all'ora.

Per separare le varie qualità di gesso a seconda della finezza, il gesso polverizzato si sottopone alla *vagliatura*, la quale si opera mediante buratti.

ε) *Presca del gesso*. — Mescolando il gesso cotto coll'acqua esso fa rapidamente presa, riacquistando l'acqua di cristallizzazione che aveva perso nel cuocersi ad una temperatura inferiore a 160°. Nel bagnare il gesso, questo si combina coll'acqua sviluppando calore, e le nuove molecole idrate, che formansi istantaneamente, se non sono diluite in troppa quantità di acqua, cristallizzano subito in una miriade di piccoli cristallini confusi, i quali formano un feltro impregnato ancora per un po' di tempo dall'acqua in eccesso, satura di solfato di calce in soluzione. Finalmente quest'acqua si evapora, ed il solfato che era in soluzione cristallizza esso pure riempiendo i pori della massa cristallina primamente formata e dà al tutto maggior consistenza. La presa del gesso è accompagnata da un aumento di volume, talvolta imbarazzante e dannosa, potendo anche produrre la sconessione e la rottura dei materiali a cui è a contatto e posti in speciali condizioni.

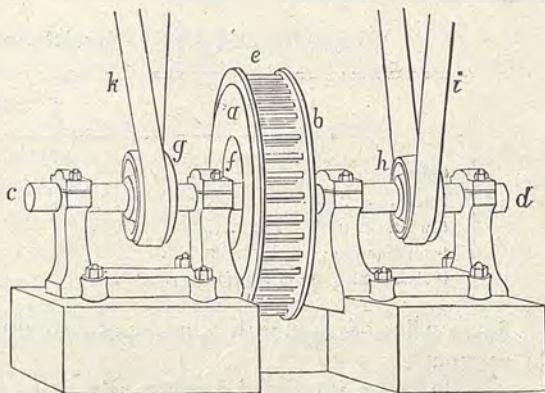


Fig. 534. — Apparecchio di Carr per polverizzare il gesso.

a, b, dischi; c, d, alberi dei dischi; e, piulo di acciaio; g, h, pulegge a movimento inverso; f, foro d'introduzione del gesso.

Dopo 24 ore tale aumento è di circa l'1 p. % di cui la metà si produce dopo la prima ora dall'impiego. Per *spegnere il gesso*, ossia per renderlo pronto all'uso, si comincia a versare l'acqua nel recipiente che deve servire alla manipolazione, indi vi si aggiunge il gesso in modo uniforme, finchè arriva quasi alla superficie dell'acqua; si lascia riposare un momento onde incominci a fare una leggera presa, poi lo si rimesta con una mestola di rame (il ferro si ossiderebbe), e lo si usa subito, giacchè la presa è rapida e la solidificazione immediata. Trattando delle malte si dirà in quali proporzioni si devono mescolare acqua e gesso.

Il gesso aderisce abbastanza bene alle pietre naturali, ai laterizi, e in generale a tutte le superficie ruvide: non aderisce al legno, e perchè vi aderisca bisogna infiggere nel legname dei chiodi a larga capocchia. I chiodi siano di rame, di ferro zincato o stagnato, non di ferro semplice perchè questo ossidandosi produrrebbe macchia. L'aderenza del gesso è sul principio più forte di quella della calce; ma mentre questa va aumentando col tempo, quella diminuisce. L'adesione del gesso alle pietre ed ai mattoni è di circa 3 Kg. per cm², se la forza è normale al piano di rottura, e di Kg. 1,4 ÷ 1,8 quando la forza è parallela a detto piano.

La presa del gesso si ritarda aumentando la proporzione dell'acqua, oppure aggiungendo sabbia e calce all'impasto, od anche impiegando acqua di colla forte, oppure allume od anche sal borace. Il Cosentini bagnando il gesso con sal borace ha ottenuto i seguenti risultati:

12	di	acqua	e	1	di	sal	borace	—	indurimento	in	15	minuti
8	>	>	>	1	>	>	>	—	>	>	50	>
4	>	>	>	1	>	>	>	—	>	>	3	a 5
2	>	>	>	1	>	>	>	—	>	>	7	a 10
1	>	>	>	1	>	>	>	—	>	>	10	a 12

Il Puscher ha ottenuto di ritardare la presa mescolando alla polvere del gesso cotto 2 a 4 p. % di radice di altea in polvere e spegnendo il gesso col 40 p. % di

acqua. La grande quantità di pectina (50 p. %) contenuta nella radice di malva rende la massa del gesso pastosa come un'argilla grassa, e solo dopo un'ora comincia a prender consistenza. Dopo l'essicazione la sostanza rimane in uno stato di viscosità e tenacità tale, da lasciarsi tagliare, forare, cilindrare a seconda del bisogno.

ζ) *Resistenza del gesso.* — Le esperienze eseguite sulla resistenza del gesso allo scorrimento, alla compressione ed alla trazione, resistenza dovuta alla forza di coesione, hanno dato i seguenti risultati:

Tabella XLIV. — Resistenza del gesso (Kg. per cm²).

IMPASTO	Scorrimento	Compressione	Trazione
Ordinario	21,00	50,00	4,00
Duro	53,00	52,00	11,70
Con latte di calce	—	72,00	—
Duro, fatto con gesso di <i>paniere</i>	—	—	9,80
Ordinario con gesso di <i>staccio di crine</i>	—	—	7,00

Le conclusioni generali che si possono trarre dai risultati delle esperienze sono le seguenti:

1° La resistenza del gesso alla compressione è in media 7 ÷ 8 volte maggiore della resistenza alla trazione;

2° La forza di aderenza del gesso alle pietre è minore della forza di coesione;

3° Nelle costruzioni recenti il gesso aderisce alle pietre con una forza uguale alla metà di quella occorrente a romperlo per trazione ed uguale al quattordicesimo della forza occorrente a stritolarlo;

4° La malta di gesso raggiunge il massimo grado di coesione ed aderenza colle pietre dopo un mese;

5° L'aderenza e la coesione del gesso scemano col tempo;

6° L'aderenza del legno al gesso è debolissima.

η) *Diverse qualità di gesso.* — Il gesso usato nelle costruzioni è di tre qualità, cioè:

a) gesso passato al panierino, ed usato per i muri di tramezzo, per le superficie dei solai e per le arricciature;

b) gesso passato al setaccio di crine, ed usato per intonachi, modanature, cornici e simili;

c) gesso passato al setaccio di seta, ed usato per intonachi fini, e per cornici che debbano esser dipinte.

Per riconoscere se il gesso è di buona qualità se ne bagna un poco con circa la metà del suo volume di acqua, facendone poi colla mano un piccolo pane allungato, appena comincia a prendere consistenza. Se dopo 7 od 8 minuti il pane si rompe con qualche difficoltà, il gesso è buono, se invece è friabile non è di buona qualità. Così pure si può prendere un pugno di gesso e comprimerlo nella mano: se aprendo questa il gesso ha conservato l'impronta delle dita esso è buono, in caso diverso è cattivo.

Il gesso ben cotto è dolce al tatto, aderisce alla mano, non forma grumi trattato con acqua, ma una pasta butirrosa e uniforme; se è poco cotto è arido, e assorbe imperfettamente l'acqua: se lo è troppo rifiuta l'acqua e non fa presa. Il gesso è avariato quando si presenta raggrumato, ciò che significa che è vecchio ed è rimasto per molto tempo esposto all'aria o in luoghi umidi.

θ) *Conservazione del gesso.* — Il gesso cotto e ridotto in polvere è, come si disse, molto avido dell'acqua, quindi assorbe prontamente l'umidità dell'aria diven-

tando inattivo. Bisogna quindi aver cura d'impiegarlo appena cotto, e le fabbriche debbono avvicinare la cottura nei forni, in guisa da non produrre una quantità di gesso molto superiore alla richiesta. Quando lo si deve conservare bisogna tenerlo in magazzini molto asciutti e ben chiusi. Il gesso vi si tiene in sacchi ammassati ma non appoggiati ai muri, oppure lo si ammucchia bagnando poi la superficie del mucchio con acqua, affinché si formi una crosta che difenda dall'umidità la massa sottostante.

In Sicilia si usa una pratica speciale. Il gesso cotto, in pezzi grossi come la testa di uomo, non si tritura subito, ma si ripone in pezzi aspettando per trituarlo il momento dell'impiego.

Il trasporto del gesso a distanza devesi fare in botti ben chiuse.

c) *Usi del gesso.* — Nell'arte del fabbricare si adopera il gesso per fare tramezzi, per costruire volte leggere e solai, per fare decorazioni, ecc. A Parigi il gesso è molto usato specialmente nella costruzione dei solai e dei tramezzi. Si adopera anche il gesso per fissare le ferramenta nelle murature: ma dacchè si è riconosciuto che il cemento, mentre non ossida il ferro come il gesso, costituisce un mastice migliore, si è ormai abbandonato l'uso del gesso per tutti quei lavori in cui esso si troverebbe a contatto con metalli. Si fanno col gesso dei mattoni, e più propriamente tavelloni tanto pieni che forati, i quali hanno m. 0,35 ÷ 0,40 di lato ed una grossezza di m. 0,05 ÷ 0,08. Tanto gli uni quanto gli altri, ma specialmente i secondi, presentano il vantaggio di essere leggerissimi, e di dar luogo a tramezze che non caricano le volte o i solai sui quali si impiantano. I forati servono anche ad impedire la trasmissione dei suoni fra i locali divisi coi tramezzi fatti con essi. Uguale vantaggio presentano anche le così dette *tavole di gesso* formate con un impasto di gesso e di sostanze porose ed elastiche, come sughero, peli, canne, giunchi di palude, ecc. Queste tavole si segano e si applicano come le tavole di legno: sono lunghe m. 2,50, larghe m. 0,25 e grosse da 2 a 7 centimetri.

Fra le applicazioni importanti del gesso vi è quella della formazione degli stucchi e del gesso indurito o marmo artificiale, delle quali si parlerà in appresso. Come pietra da costruzione il gesso naturale riceve applicazione solo nei paesi prossimi alle cave di esso, e nei quali vi sia penuria di altra pietra migliore. Difatti il gesso si altera e si scioglie sotto l'influenza delle piogge e dell'umidità, ed ha inoltre una piccola resistenza allo schiacciamento. Fra le pietre da gesso usate come pietra da costruzione e da ornamento, si nota la *Volpinite* o *Bardiglio di Bergamo* che è una anidride silicifera assai resistente e che si lavora bene; la pietra gessosa di Bologna; quella delle cave di Ancona, che fornisce lastre talmente resistenti da formare scalini, e infine le *balate* di Sicilia, che costituite da gesso marnoso litoide, danno una buona pietra da costruzione.

Per i condotti dei camini si è impiegato per molto tempo il gesso, ma siccome in causa del calore esso si screpola, così in seguito alle screpolature che si producevano, si abbandonò tal pratica.

Impastando il gesso con dell'ocra gialla, gli si impartisce il colore della pietra; l'ocra bruna o rossa gli comunica il colore del mattone; l'ocra gialla con del nero gli danno un colore simile a quello del granito.

Nei luoghi ove il gesso è scarso, o è di prezzo elevato, si fa un miscuglio di una parte di malta di gesso e tre di malta di calce, ciò che dà un prodotto applicabile anche per intonachi esterni. Per un intonaco che debba presto seccarsi, si mescolano una parte di sabbia con due di gesso in polvere. Quest'ultimo impasto conviene per il grosso rinzaffo destinato a ricevere le cornici e per i tramezzi di legno.

4° **MALTE.** — Le calci, i cementi e sovente anche il gesso si impiegano nelle costruzioni mescolandoli a sabbia ed acqua, oppure ghiaia, sabbia ed acqua, e siccome a

seconda della qualità e delle proporzioni di tali ingredienti si ottengono malte di diverso genere appropriate a scopi differenti, così si premetterà qualche notizia su tali materiali ausiliari.

a) Sabbia. — *α) Distinzione delle sabbie.* — Secondo la loro provenienza le sabbie si distinguono in *sabbie fossili o di cava all'asciutto; sabbie di cava subacquee o di badilone; sabbie fluviali o lacuali; sabbie marine; sabbie vulcaniche.* Siccome per ottenere buone malte occorrono sabbie scevre perfettamente da materie terrose o da materie organiche, le quali formerebbero colla calce un sapone solubile, che ritarderebbe la presa e la solidificazione della malta, così le migliori sabbie, riguardo alla provenienza, sono quelle subacquee o di fiume perchè lavate e monde da terriccio o fanghiglia. Non è bene però adoperare le sabbie raccolte alla foce dei fiumi senza sottoporle ad una previa lavatura. Le sabbie marine si possono adoperare purchè siano lasciate esposte all'aria e alle intemperie per qualche tempo, indi lavate in acqua dolce. Le sabbie vulcaniche sono utili specialmente nei lavori marittimi.

Secondo la loro composizione, le sabbie si dividono in: *sabbie silicee o quarzose; sabbie granitiche, sabbie calcari, sabbie marnose, sabbie cretacee, sabbie argillose.* Le migliori sono le prime e le peggiori le ultime, nocive alla resistenza e durezza delle malte. Le cretacee si decompongono facilmente a contatto coll'acqua salsa. Le calcari danno coi materiali idraulici buonissimi risultati, purchè i loro granelli non siano troppo friabili. Le silicee e le granitiche danno pressochè gli stessi risultati.

β) Grossezza delle sabbie. — La grossezza dei grani influisce pure sulla bontà delle malte. Alexandre classifica le sabbie, riguardo alla loro grossezza, secondo la seguente tabella:

Tabella XLV. — Grossezza delle sabbie.

Numero	Denominazione	Grossezza media dei grani in mm.	Stacciatura	Osservazione
1	Sabbia finissima	0,33	N° 47-75	La sabbia passa per lo staccio da 90 maglie dei numeri 47-38-24-12 e non passa più per lo staccio di 110 maglie dei numeri 75-47-30-16. La maglia è misurata sopra un decimetro lineare.
2	Sabbia fina	0,46	» 38-47	
3	Sabbia media	0,73	» 24-30	
4	Sabbia grossa	1,48	» 12-16	

Si deve dare la preferenza alle sabbie grosse, che accelerano l'indurimento e aumentano la resistenza delle malte. Le sabbie fine sono da proscriversi pei lavori marittimi e anche dalle murature ordinarie, non adoperandole che per le arricciature.

γ) Peso delle sabbie. — Il Candlot ha ottenuto colle sabbie silicee naturali i seguenti risultati:

Tabella XLVI. — Peso di un litro di sabbia naturale silicea non costipata.

Numero	Qualità della sabbia	Sabbia secca		Sabbia umida
		Peso	Volume dei vuoti	
			dm. c.	
1	Sabbia finissima	1230	0,526	929
2	Sabbia fina	1300	0,497	996
3	Sabbia media	1418	0,455	1170
4	Sabbia grossa	1450	0,439	1315
5	Ghiaia media	1500	0,422	1397
6	Ghiaia grossa	1585	0,390	1549

Da questa tabella si vede che la sabbia umida pesa meno della secca, a parità di volume apparente, e che il volume dei vuoti nella sabbia ammucchiata ma non compressa, è di circa il 50 p. % del volume totale del mucchio. Comprimendo fortemente la sabbia, il volume dei vuoti può discendere a 0,22 e 0,18 del volume primitivo.

δ) *Qualità di una buona sabbia.* — La sabbia per essere buona, oltre ad essere priva di materie organiche, di terriccio, di fanghiglia, deve scricchiolare fra le dita senza conservarne l'impronta quando sia compressa nella mano; immersa nell'acqua non deve intorbidarla e precipitare al fondo del recipiente; non deve macchiare un panno bianco in cui sia gettata e indi agitata e non produrre vegetazioni quando sia esposta all'aria. Però queste indicazioni non sono del tutto generali, nè tutte necessarie per giudicare della bontà di una sabbia: quello che più influisce si è la sua composizione chimica, lo stato dei suoi componenti e la sua purezza, ottenuta quando occorra colla lavatura. I grani di una buona sabbia devono poi essere nè troppo grossi nè troppo fini, e angolosi, duri, di superficie scabra.

b) *Ghiaia e pietrisco.* — Servono principalmente per la formazione dei calcestruzzi e si distinguono fra loro per essere la ghiaia formata da ciottoli arrotondati ed il pietrisco da pezzi fratturati, angolari, provenienti dalle cave o dalla spaccatura dei ciottoli. Il pietrisco è preferibile alla ghiaia in causa della sua superficie scabra. La ghiaia prende poi la denominazione di *grossa, piccola, ghiaietta o ghiarino*, a seconda della grossezza dei ciottoli: la grossa si adopera nella muratura e nella formazione di prismi voluminosi per gettate od altro uso; il ghiarino minuto pei lavori decorativi o di limitata grossezza.

In generale pei lavori ordinari di muratura i ciottoli o i pezzi di pietrisco hanno grossezza da 4 ÷ 5 centimetri. Tanto la ghiaia quanto il pietrisco devono essere impiegati ben mondi da terriccio o da altre materie, onde bisogna lavarli anche a più acque finchè sia scomparsa ogni traccia di tali materie.

La seguente tabella dà il peso di un metro cubo di ghiaia o di pietrisco:

Tabella XLVII. — Peso della ghiaia e del pietrisco.

INDICAZIONI	In pezzi da 4 a 5 centimetri	
	Ghiaia	Pietrisco
Peso di un metro cubo del mucchio	Kg. 2600	Kg. 2630
Peso di un metro cubo dei pezzi	» 4620	» 4440
Volume dei vuoti nel mucchio.	m ³ 0,400	m ³ 0,500

c) *Acqua.* — Tanto nell'estinzione delle calci quanto nella formazione delle malte si deve sempre adoperare acqua pura e limpida. Le migliori acque sono quelle di pioggia e di fiume, e quelle prive di sali alcalini, essendochè questi ritardano la presa delle calci e possono dar luogo ad efflorescenze. Le acque di pozzo e di sorgente sono meno appropriate in causa dell'acido carbonico che possono contenere. Non sono da usarsi le acque torbide e le stagnanti, che contengono sostanze organiche, nè le acque selenitose o ricche di sali calcari o magnesiaci. L'acqua marina può adoperarsi per le calci idrauliche e pei cementi: però oltre a ritardare la presa e l'indurimento delle malte, essa può cagionare dannose efflorescenze.

Anche la temperatura dell'acqua ha la sua influenza nella formazione delle malte: così l'acqua calda ne accelera la presa. Pei cementi la temperatura migliore è quella di 30° centig., benchè siasi notato che si possa adoperare il cemento Portland anche a 5° sotto zero.

Per adoperare le malte nella stagione invernale e specialmente durante il gelo, converrebbe aggiungere all'acqua del sale comune nella proporzione del 2 all'8 p. % (1), onde ritardare la presa ed impedire che avvenga il congelamento dell'acqua, la quale aumenta per questo fatto di circa il 5 p. % del suo volume, e sciogliendosi poi al cessar del gelo, ridà alla malta parte della sua primitiva pastosità a danno della muratura o dell'opera. Si suggerisce anche di aggiungere della soda, ossia del carbonato di soda, il quale serve ad abbassare il grado di congelamento dell'acqua, e quindi ad impedire che la malta geli; di più il carbonato di soda rende più rapida la presa. Per usarlo si scioglie a caldo 1 Kg. di soda in 8 Kg. d'acqua e si impiega la soluzione a 10 o 12 gradi. La proporzione di acqua per la malta sarà di circa $\frac{1}{4}$ di più dell'acqua comune che sarebbe occorsa per la malta stessa. Per le malte di calce idraulica, benchè la presa resti sospesa per la congelazione dell'acqua, ricomincia in modo normale appena la temperatura aumenti. Anche le malte con cemento Portland si possono impiegare d'inverno, purchè si tenga conto che sino al disgelo esse non cominceranno a far presa. Se alle malte fatte con calce e cemento Portland si aggiunge della soda si dà loro una grande resistenza contro il gelo. Un buon impasto in tal caso è quello avente le porzioni di 1 litro di cemento Portland, 1 litro di calce, 3 litri di sabbia di torrente e 1 Kg. di soda disciolta in 3 litri di acqua. Siffatto impasto dopo essere stato esposto ad un freddo di $-31^{\circ},5$ si introdusse in un forno ove rimase tre ore. Quando si estrasse, lo si trovò intatto.

Si nota che quanto più l'acqua è abbondante e tanto più la presa viene ritardata: le malte che devono assoggettarsi immediatamente a forte compressione, si impasteranno col minimo d'acqua; quelle destinate agli ordinari usi si renderanno alquanto più tenere.

d) Consistenza delle malte. — Riguardo alla consistenza la *malta tipo* è quella in cui tutti i vani lasciati fra i granelli di sabbia risultano riempiti di calce o di cemento. Una simile malta si dice *grassa* o *piena*: si chiama *magra* invece quella malta contenente poca calce o poco cemento; quest'ultima conviene nelle murature ove occorre di ritardare la presa. Per determinare il volume della calce o del cemento necessario a dare una malta piena, si riempie con sabbia bene asciutta un recipiente di capacità determinata, indi vi si versa dell'acqua finchè questa affiori. La quantità d'acqua impiegata rappresenterà il volume dei vani e quindi della calce o del cemento occorrente. Per le sabbie di fiume, il volume di acqua impiegata varia da $31 \div 34$ p. % del volume della sabbia, vani compresi.

A seconda della loro consistenza le malte si dicono anche *dure* o *tenere*: le prime si adoperano nelle stagioni piovose e nei casi in cui devono assoggettarsi in breve tempo ad una forte compressione; le seconde si impiegano di preferenza nella stagione calda e asciutta. In generale la malta ha la giusta consistenza quando ponendola sulla cazzuola e inclinando questa, la malta scorre e cade lasciando il ferro quasi pulito; se è impastato con poca acqua vi lascia invece dei grani, e se con troppa acqua rimane sul ferro un liquido lattiginoso. In generale si ritiene che vi sieno

(1) Degli esperimenti fatti in proposito cementando con malta impastata con acqua dolce e con acqua contenente il 2 p. % e l'8 p. % di sal comune, dei laterizi, che si lasciarono esposti per 21 giorni ad un freddo di -8° c., e quindi furono tenuti per una settimana in una stanza riscaldata, risultò che:

1° Le malte impastate con acqua dolce si screpolarono e non presentavano più aderenza coi laterizi;

2° Le malte impastate con acqua al 2 p. % di sale, avevano fatto tale presa che i laterizi non si staccavano se non usando di uno scalpello;

3° Le malte impastate con acqua all'8 p. % di sale presentavano tale aderenza da dover usare il martello.

meno inconvenienti adoperando malte tenere anzichè dure. Quest'ultime infatti richiedono per la loro manipolazione ed impiego maggiori cure, abilità, tempo e fatica. Anche nei lavori subacquei sono da preferirsi le malte tenere o a consistenza normale, poichè le dure si lasciano facilmente attraversare dall'acqua e impoverire. Così nei lavori di riempimento si usano malte fluide, onde non restino delle cavità nello interno delle murature. È bene però notare che quando si adoperava malta tenera per colarla entro i giunti o i vani delle murature di pietrame vi è il 50 al 30 p. % da perdere sulla qualità delle murature, secondochè esse sono esposte all'aria o costantemente sommerse. Quando i materiali della muratura sono assorbenti, come p. e. i mattoni, allora questi devono mantenersi umidi fino al momento dell'impiego; la malta invece s'impiegherà quasi asciutta.

Sia che si usino malte tenere o dure è però sempre buona pratica di bagnare i materiali che devono essere a contatto colla malta prima di porli in opera e nella state di spruzzare d'acqua e di riparare dai raggi solari le murature appena compiute, onde meglio conservare l'umidità propria alle malte.

e) Manipolazione delle malte. — Prescindendo dalla dosatura degli ingredienti, di cui si dirà in appresso, ecco un cenno sul modo con cui si mescolano tali ingredienti. La manipolazione può farsi tanto a mano o a braccia quanto a macchina.

α) Manipolazione a mano. — Si presentano due casi, secondochè la calce che deve adoperarsi è calce viva, oppure è spenta o in pasta. Nel primo caso, dosati gli ingredienti, si colloca la calce viva ridotta in pezzi grossi come un uovo al più, entro un bacino circolare la cui sponda è formata dalla quantità di sabbia ottenuta dalla dosatura. Indi si spegne la calce inaffiandola a poco a poco con un volume d'acqua uguale ad $\frac{1}{3}$ di quello della calce se questa è comune e ad $\frac{1}{4}$ se è idraulica. Appena apparisce l'effervescenza si copre la calce colla sabbia circostante, finchè l'effervescenza sia cessata. Allora col badile si rimescola bene il tutto senza aggiungere altra acqua e si forma un mucchio che si lascia riposare per 8 a 10 giorni se la calce è idraulica, e anche 1 o 2 mesi se la calce è comune. Al momento dell'uso si spappola il miscuglio con acqua e lo si rimena colla marra sopra un suolo lastricato o pianellato o sopra un tavolato.

Nel caso in cui la calce è in pasta, la si mescola colla sabbia sopra un'aia lastricata o fatta con tavole, rimanendo il miscuglio colla marra, o zappa a lungo manico, finchè sia ridotto omogeneo e consistente.

β) Manipolazione a macchina. — Quando si devono preparare grandi quantità di malta riesce conveniente di sostituire alla manipolazione manuale quella meccanica. Fra le macchine più usate si cita: 1° il macinatoio di Saint-Léger (fig. 535), molto usato nel Belgio e in

Francia, e consistente in due o tre macine che girano intorno ad un albero orizzontale, girevole a sua volta su un perno verticale. Una delle macine ruota contro la sponda esterna del truogolo e l'altra contro l'interna, mescolando le materie che vengono incessantemente rimosse da due palette fisse sull'albero orizzontale della macchina. Il diametro delle ruote varia da m. 1,70 a m. 1,90 e la larghezza del cerchione da m. 0,10 a 0,15. Il truogolo sul fondo lastricato di pietra dura è provvisto di una paratoia per l'estrazione della malta confezionata. La sezione del truogolo è un trapezio di basi m. 0,65 e m. 0,75, mediamente distanti dall'albero verticale m. 2. Il maneggio è posto in movimento da un cavallo durante cinque ore e da un secondo cavallo durante le rimanenti cinque ore della giornata. La via circolare percorsa dal cavallo ha il raggio di 4 metri. Misurati gli elementi della malta

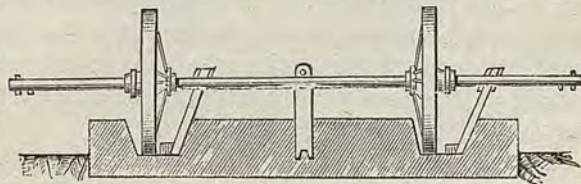


Fig. 535. — Macinatoio Saint-Léger per impastare malte.

che si vuol formare si gettano nel truogolo un poco alla volta gettando prima la calce in pasta. Per solito in 22 minuti primi si formano m^3 0,90 di malta e così m^3 24 circa al giorno; 2° la *tinella* (fig. 536), immaginata da Bernard e perfezionata da Roger, consistente in un tino di quercia alto metri 1,50, del diametro di m. 1,10, e munito inferiormente di apertura con porta per l'estrazione della malta. Entro il tino sono fissate a diversa altezza delle crociere di ghisa armate di denti di ferro. Un albero verticale girevole sull'asse del tino è pure armato di denti incrociantisi coi primi: girando questo albero, la calce e la sabbia vengono sbattuti fra i denti dell'apparecchio e intimamente mescolati. Nella macchina Roger,

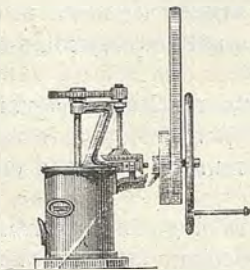


Fig. 536. — Tinella Bernard per impastare malte.

la malta cola non solo dalla porta laterale ma anche da aperture praticate sul fondo. Una locomobile della forza nominale di quattro cavalli-vapore può manovrare due tini, fabbricando in un giorno $30 m^3$ di malta; 3° la *chiocciola di Greveltinger*. Questa esige che la calce sia spenta in polvere, e si impiega per le malte di cemento a presa lenta, qualche volta anche per quelle a presa rapida, ma specialmente per fabbricare grandi quantità di malta. Quest'apparecchio è formato da un imbuto di legno o di lamiera, nel quale si getta il miscuglio colla pala. Un distributore ad asse verticale, che si muove sul fondo

orizzontale dell'imbuto, fa passare in maniera continua la materia da un'apertura laterale regolata da una paratoia, da dove essa cade all'estremità di un cilindro orizzontale di legno o di lamiera entro la quale gira una vite di Archimede, lunga m. 1,55 e colle spire del diametro di m. 0,17, e le cui 14 spire sono di lamiera di ferro. Al disopra della stessa estremità del cilindro è collocato un tubo di ferro destinato a distribuire, a guisa di inaffiattoio, l'acqua necessaria alla fabbricazione della malta. La vite girando obbliga la materia a seguire le sue spire conducendola all'altra estremità del cilindro, da cui essa cade in malta. Due puleggie, delle quali una è folle, sono calettate sull'albero della vite, e servono a metterla in movimento mediante la forza di una locomobile di $\frac{1}{2}$ cavallo-vapore. Il distributore è mosso mediante due ruote coniche; 4° l'*impastatrice Imoda con alimentatore a dosatura automatica registrabile* (figg. 537-540). Come lo dice il titolo, questa macchina, oltre l'operazione vera e propria dell'impasto, ha per iscopo di dosare da sè, in proporzioni stabilite e variabili a volontà, i componenti della malta. Si compone di due parti: l'alimentatore e l'impastatore. Il primo è costituito da due tramogge T e T': nella prima, più grande, viene gettata con una pala la sabbia o la pozzolana; nella seconda, più piccola, la calce in pasta od in polvere. Si nota subito che la tramoggia T è coperta da una griglia amovibile, di maglie di conveniente larghezza, attraverso cui passa la sabbia o la pozzolana per sceverarsi dalla ghiaia e altre materie estranee: così la malta non ha più bisogno di essere vagliata colla griglia dopo l'impasto.

Il fondo della tramoggia T è aperto, e contro tale apertura si appoggia un cilindro orizzontale C di ghisa, calettato su d'un albero in ferro e girevole con esso. Questo cilindro ottura quasi completamente l'apertura della tramoggia e lascia solo aperto un passaggio lungo e stretto a guisa di feritoia orizzontale, la cui luce libera è regolata da un usciolino U, che si può comandare dall'esterno della tramoggia per mezzo del manubrio M. Il cilindro C gira nel senso indicato dalla freccia, e, secondochè l'uscio U è più o meno aperto, trascina con sè maggiore o minore quantità di sabbia o di pozzolana che gli sta sopra.

Questa però poco dopo abbandona il cilindro per cadere nella vasca d'impastamento V; anzi al cilindro sta appoggiata inferiormente una lama o coltello pulitore, che distacca da esso la materia che vi può aderire, perchè resti nella vasca dell'impasto.

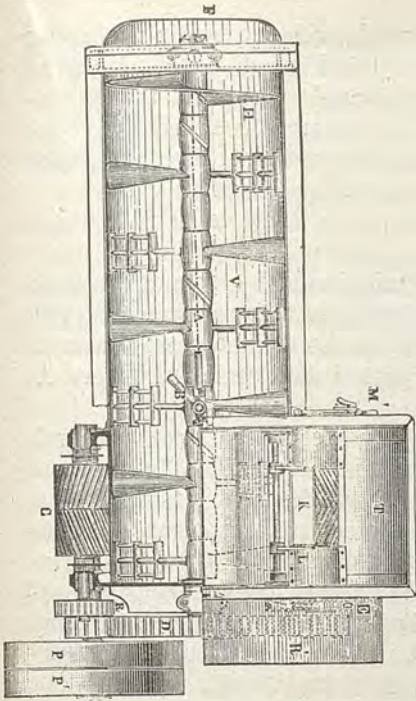


Fig. 537. — Sezioni orizzontali.

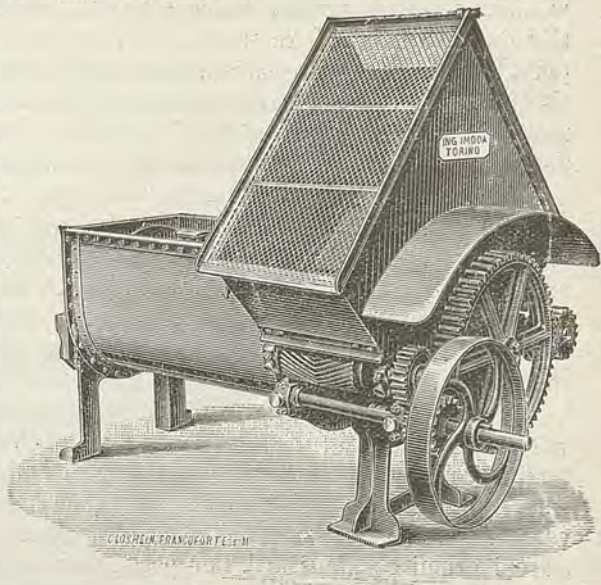


Fig. 539. — Veduta dalla parte della bocca d'uscita.

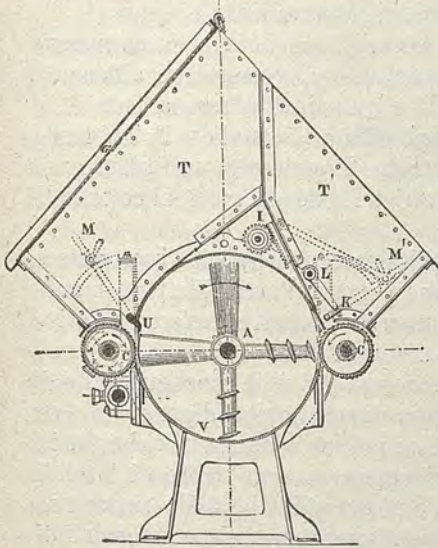


Fig. 538. — Sezioni verticali.

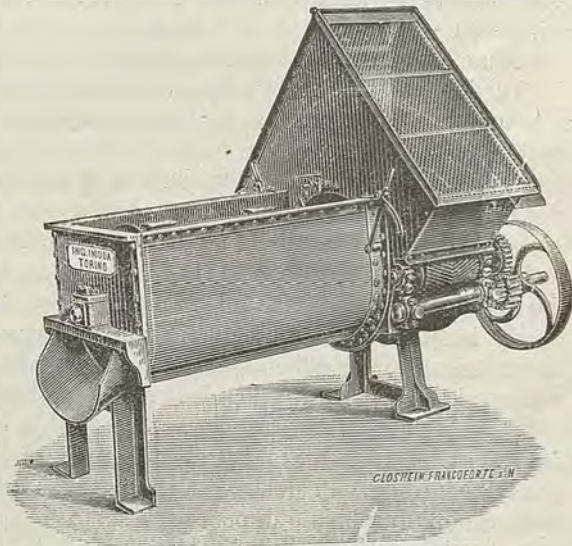


Fig. 540. — Veduta dalla parte del movimento.

Fig. 537-540. — Impastatrice per malta; sistema ing. G. E. Imoda (Torino).

La dosatura della calce si fa in un modo analogo. Un altro cilindro C' gira in fondo alla tramoggia T' e trascina la calce, che vi appoggia sopra, attraverso una feritoia che qui è chiusa da una saracinesca comandata dall'esterno per mezzo di un manubrio M' e coll'intermezzo dell'ingranaggio e dentiera I.

I cilindri C e C' sono scanalati con profilo a dente di sega, e le scanalature sono tante eliche che cambiano senso sulla metà del cilindro: tutto ciò perchè la materia

vi abbia maggior presa e tenda a portarsi sul mezzo del cilindro e non a sfuggire alle due estremità. Nella tramoggia T' trovasi ancora una lama di coltello K che ha per ufficio di tagliare e sminuzzare la pasta di calce, quando questa sia troppo consistente. Tale coltello, portato da due bracci L, ha un movimento alternativo, ed è messo in moto da un eccentrico E, comandato dalla stessa macchina. Esso può essere messo in riposo col rovesciarlo indietro, quando non se ne abbia bisogno.

L'acqua necessaria per la malta viene regolata per mezzo di un robinetto B e condotta alla macchina per mezzo di un tubo.

I tre componenti trovansi così dosati nelle proporzioni volute e somministrati in modo continuo all'apparecchio impastatore. Essi si riuniscono ad una estremità della vasca V e vengono trasportati verso l'altra estremità, da cui escono sotto forma di malta lavorata; durante questo tragitto vengono impastati dalle pale dell'albero A, che gira entro la vasca V.

Queste pale sono a due a due diametralmente opposte e collegate con un mozzo calettato sull'albero: di esse la metà sono tante porzioni di elicoide, l'altra metà tanti bracci che portano ognuno alla sua estremità libera tre lame longitudinali e tre trasversali insieme collegate. Le prime pale hanno per iscopo di trasportare la malta verso l'uscita e nello stesso tempo di spalmarla e schiacciarla; le seconde di trinciare i grumi e sminuzzarli. Per poco che si osservi, si scorgerà che queste pale lavorano nello stesso modo con cui opera la zappa dell'operaio che impasta la calcina.

L'uscita della malta della vasca è regolata da un elice H, portato dallo stesso albero A e che col suo passo determina l'efflusso della malta. Questa esce per una luce aperta all'altro estremo dalla vasca V, e che è seguita da una flangia F per dirigere meglio lo sgorgo della malta.

Il modo con cui si dà movimento agli organi lavoratori è semplice.

Di due puleggie P e P', fissa e molle, la prima riceve il movimento da un motore qualunque, e lo comunica a 2 pignoni o rocchetti calettati sullo stesso suo albero: di essi il primo dà moto alla grande ruota dentata D e quindi all'albero a pale A, il secondo ad una piccola ruota dentata R e quindi al cilindro scanalato C. La ruota dentata D dà moto a sua volta ad una piccola ruota R', calettata sull'albero del cilindro C'; su questo albero è pure calettato l'eccentrico E che dà moto al coltello K sminuzzatore della calce.

Essendo l'impastatrice ad azione continua, la malta esce non appena impastata e quindi la quantità di materia che sta in lavorazione è poca. Perciò l'impastamento riesce energico ed abbondante, essendo le pale numerose; mentre la forza motrice necessaria è poca e minore che nelle impastatrici intermittenti.

Conseguenza di un impastamento fatto da pale robuste si è il conseguimento di una malta che farà ottima presa. Si sa che la presa di una malta dipende, a pari qualità e proporzioni dei materiali, dal buon impasto; poichè è necessario che tutti i suoi granelli di sabbia o di pozzolana siano bene avviluppati da uno strato di latte di calce, e che tutti i grumi di calce restino disfatti. Se i granelli di sabbia restano in parte asciutti, manca loro la materia che li cementi insieme; se rimangono grumi di calce, questi, oltre rappresentare una perdita, vengono in seguito a disseccare senza fare alcuna presa. Coll'impasto a mano rimangono sempre dei grumi assai piccoli, che ad occhio nudo mal si discernono, ma però assai numerosi, talchè la perdita in calce, che rappresentano, è maggiore di quanto comunemente si crede. Con un impasto energico ed abbondante ciò non avviene, e quindi si può fare un'ottima malta con una quantità di calce minore di quella necessaria coll'impasto a mano.

Che l'impastamento poi riesca sempre completo è assicurato con questa macchina dal fatto che la malta non esce già dall'impastatrice a volontà dell'operaio, come in quelle ad intermittenza; ma solamente quando ha percorso tutta la lunghezza della

vasca e subito l'azione reiterata di tutte le pale. Questa è una buona garanzia per chi fa eseguire lavori in muratura.

Il minor consumo di forza motrice si traduce in economia di combustibile, se il motore è a vapore, ed inoltre in economia nella spesa d'impianto, necessitando un motore più piccolo.

La dosatura automatica è un garanzia che la malta abbia quella composizione costante che si stabilisce.

L'applicazione della griglia per vagliare l'arena produce un doppio vantaggio; in primo luogo un risparmio di mano d'opera, non dovendosi più fare questa operazione dopo l'impasto; in secondo luogo la ghiaia che viene sceverata riesce pulita ed utilizzabile, mentre la vagliatura della malta dà luogo ad una perdita della malta stessa, che va a formare un calcestruzzo colla ghiaia e che difficilmente viene ancora utilizzata. Per poco che la sabbia sia ghiaiosa, la quantità di malta così perduta è tutt'altro che trascurabile.

La macchina descritta è assai robusta e tutte le sue parti sono visibili e quindi facilmente sorvegliabili dagli operai che la manovrano; qualità queste che la rendono preferibile alle altre macchine congeneri.

Nei grandi lavori la manipolazione meccanica è assai vantaggiosa, oltre che dal lato dell'economia del tempo anche da quello della spesa, poichè un metro cubo di malta fabbricata a macchina costa da $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{5}$ meno di quello che costi un metro cubo fabbricato a mano.

La manipolazione delle malte a braccia deve farsi al coperto dalla pioggia e dal sole. Non si deve poi manipolare una quantità maggiore di malta oltre quella richiesta dal consumo giornaliero o meglio di mezza giornata.

f) Specie diverse di malte. — Secondo la qualità del materiale che entra nella composizione delle malte, queste si distinguono nelle seguenti specie: 1° di argilla; 2° comuni; 3° idrauliche; 4° cementizie; 5° gessose; 6° bastarde.

α) Malta d'argilla. — La malta d'argilla è il più antico materiale cementizio conosciuto e non offre quasi alcuna resistenza se le opere con essa formate non sono difese dalla pioggia e dalla umidità, coprendole, quando la malta è secca, con un intonaco di calce o di gesso.

La si adopera per murare mattoni crudi o cotti, o per murature di sasso piuttosto grosse e che non debbano essere molto resistenti. Serve esclusivamente per fabbricati rurali, in cui si usa anche mescolata con tritume di paglia o di canne.

Per fare questa malta si adopera dell'argilla compatta, giallognola e piuttosto grassa e priva di terra vegetale o di altre materie, come sassolini, detriti, ecc. Si distende sopra un intavolato in istrati di 10 cm. d'altezza, indi la si bagna e si batte con mazzuoli, rivolgendola di continuo finchè se ne sia formata una pasta compatta ed omogenea. L'argilla dev'essere di fresca estrazione e la malta va adoperata subito. Se la si dovesse conservare bisogna ammucciarla e coprire il mucchio con paglia. Non si deve poi impiegare quella che siasi disseccata od abbia cominciato a disseccarsi, ciò che si riconosce dalle screpolature che vi si saranno formate.

L'argilla molto grassa non è adatta a formare malta, perchè si screpola nell'asciugare, perciò prima d'adoperarla si deve rendere opportunamente magra con l'aggiunta di sabbia fina. L'argilla impastata con sabbia serve pure come malta refrattaria per murature esposte al calore, per apparecchi di riscaldamento: naturalmente devesi aver cura che riceva calore solo quando sia bene essicata per evitare che si screpoli.

β) Malte comuni. — Sono così chiamati tutti gli impasti fatti mescolando con sabbia sia la calce grassa sia quella magra o forte; per gli usi delle varie malte si rimanda a quanto si disse in proposito parlando delle diverse qualità di calci. Rispetto alle diverse proporzioni degli ingredienti delle malte vedi la dosatura delle

malte. Per le malte di calce grassa Vicat consiglia la sabbia grossa, a grani non rotondi, rudi al tatto e $190 \div 200$ di sabbia in volume per 100 di calce in pasta. La estinzione secca della calce è preferibile all'ordinaria, poichè dà una malta più forte di circa $\frac{2}{3}$; vi entra però maggior quantità di calce, benchè il volume della pasta sia uguale. Le malte di calce grassa migliorano quando siano impastate a parecchie riprese.

La malta comune s'indurisce e fa presa lentamente per l'evaporazione dell'acqua e per la trasformazione, a causa dell'assorbimento dell'acido carbonico dell'atmosfera, in carbonato di calce, solido e cristallino; se l'acqua evapora troppo presto la malta non fa più presa, diventa friabile e si distacca; se invece non può evaporare la malta rimane molle per lungo tempo, come si è riscontrato in demolizioni di grossi muri di antiche costruzioni, in cui la parte centrale aveva la malta ancora molle.

γ) *Malte idrauliche*. — Sono formate sia con la calce idraulica, sia mescolando alla calce grassa, come già si disse, delle pozzolane naturali od artificiali. È da notarsi che con le calci idrauliche riescono meglio le sabbie comuni o le pozzolane poco energiche, mentre invece alle pozzolane energiche conviene unire la calce grassa.

Se la calce idraulica è in polvere è necessario, per fare la malta, mescolare dapprima a secco la calce con la sabbia ed aggiungervi l'acqua solo quando si è ottenuta una miscela intima dei componenti.

La malta di calce idraulica si indurisce più o meno presto, a seconda del grado di idraulicità della calce adoperata; può essere adoperata tanto all'aria che nell'acqua e nei luoghi umidi, tuttavia pel pericolo che nell'acqua venga dilavata prima di far presa, è bene lasciarla diventare un po' consistente all'aria prima di porla a contatto dell'acqua. La malta idraulica poi non potendo durare a lungo senza alterarsi devesi preparare nella quantità necessaria per essere utilizzata in breve tempo.

La sabbia per le malte idrauliche deve avere un po' meno di un millimetro di grossezza. Le calci idrauliche guadagnano estinguendole col metodo ordinario; la coesione aumenta di $\frac{1}{5}$ per il caso di una immersione costante. La malta idraulica deve essere impastata al coperto durante le piogge, ciò che suppone una sabbia umida; allora la calce si compone di $\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$ di calce in pasta e il resto di calce spenta in polvere. Nei tempi secchi e caldi si aggiunge acqua, ma la malta deve però sempre restare aderente alla cazzuola.

Il migliore impasto per la calce idraulica di Palazzolo è quello contenente 1 di calce, 3 di sabbia e 13,5 al 14 p. % d'acqua. Queste calci, quando siano così confezionate, cioè piuttosto dure, immerse subito nell'acqua, fanno presa assai più presto e acquistano una resistenza maggiore di quando fossero impastate tenere.

Nei lavori marittimi le calci idrauliche silicee danno buoni risultati; mentre le magnesiate sono in pochi anni intaccate e decomposte dall'acqua marina. È provato dall'esperienza che le calci di Palazzolo (contenenti il 22 p. % di silice) resistono assai bene all'azione roditrice della salsedine del mare.

Anche le calci idrauliche di Casale Monferrato danno buonissimi risultati, tanto impiegandole in murature aeree quanto sommerse, negli intonachi, nella formazione dei calcestruzzi e dei prismi di difesa delle sponde dei fiumi e torrenti, nelle fondazioni, ecc. Per formare un metro cubo di pasta occorrono 600 Kg. di calce in zolle. Il miglior modo di spegnere questa calce idraulica in zolle è quello di collocarla entro truogoli aggiungendovi acqua in ragione di $13 \div 15$ litri d'acqua per ogni miriagramma di calce, in modo che questa riesca immersa ma non sommersa. Nel bagnarla bisogna aver cura di rivoltarla. La calce così trattata si diluirà con altra acqua in modo da ottenere un latte di calce alquanto denso, il quale si colerà entro serbatoi facendolo passare sopra apposite graticole. Lasciata depositare la calce sciolta entro le 24 ore e non più tardi di 10 giorni, si toglie dal serbatoio l'acqua eccedente ed estrattane la pasta si dispone sul suolo formandovi all'intorno un arginello di sabbia in

quantità corrispondente alla dosatura, indi s'impasta coll'acqua. La calce idraulica in polvere è di uso più facile e più pronto che non la calce in zolle.

δ) *Malta cementizia*. — Questa malta può essere di due specie: semplice, cioè di cemento puro, e di cemento e sabbia. La prima è poco usata, serve per stagnare fughe d'acqua e per ogni specie di sigillamento; è pure adoperata nei lavori sub-acquei. La seconda riesce una malta più economica, più resistente, di presa meno rapida e meno esposta a screpolarsi; essa indurisce sott'acqua più lentamente che all'aria, ma anche molto più solidamente, ed è per questo motivo che la muratura e specialmente l'intonaco in cemento di fabbricati sopra terra si devono tenere umidi a lungo. Perciò si osservano speciali precauzioni quando si devono eseguire, durante la stagione calda, intonachi o modanature di cemento su muri esposti al sole; un'abbondante bagnatura della superficie da intonacare, frequenti spruzzature, oppure, ciò che val meglio, il ricoprimento della superficie con panni mantenuti umidi, sono accorgimenti necessari per assicurare la buona riuscita della costruzione.

La malta di cemento a rapida, facendo presa sollecita, va apprestata di mano in mano che occorre; quella di cemento a lenta si può anche fare come le malte idrauliche, poichè la presa non avviene se non dopo qualche ora. Tanto l'una quanto l'altra vanno preparate come si fa per le calce idrauliche in polvere, mescolando prima bene il cemento con la sabbia e poi aggiungendo l'acqua.

Astraendo dalle costruzioni in località con suolo acquitrinoso o con clima umido, nelle quali serve molto bene la malta di cemento per difesa contro l'umidità che sale dal suolo, oppure come intonaco dei muri esterni contro l'umidità atmosferica, nelle costruzioni sopra terra, il cemento si adoperava meglio soltanto come aggiunta alla malta comune.

La malta di cemento nelle costruzioni aeree ha il difetto di dar luogo ad effervescenze, a macchie, ecc. anche dopo qualche anno. Si deve quindi aspettare la fine di tali manifestazioni esterne, od usare speciali provvedimenti prima di dare le coloriture alle pareti arricciate o coprirle con tappezzerie, onde evitare danni alle une e alle altre. Quando occorra di colorire subito pareti arricciate col cemento, si lascia dapprima passare qualche tempo, almeno una settimana, indi si lava la superficie o con dell'acido cloridrico o con dell'acido solforico. Col primo, diluito in una conveniente quantità d'acqua, che si determinerà facendo qualche esperimento, si attacca la superficie in modo da renderla alquanto ruvida; indi si lava a grand'acqua: si lascia asciugare e poi si colorisce. Per adoperare l'acido solforico lo si diluisce col 5 p. % di acqua, indi si lava la superficie a due o più riprese. L'acido intacca leggermente il cemento dando luogo a solfato di calce, che è la formola chimica del gesso, il quale riceve bene le tinte e impedisce che queste vengano macchiate dal cemento sottostante al leggero strato formatosi di solfato di calce. Prima però di tinteggiare bisogna lavare a grand'acqua e lasciare asciugare. Un'eccellente precauzione da usarsi, onde non resti aderente dell'umidità alla superficie da tinteggiare, si è quella di riscaldare la parete con uno scaldino da pittore. Secondo Faure e Kessler per impedire che le coloriture sul cemento si macchino e si sfaldino, basta spalmarlo con uno strato di fluosilicato doppio a 20° o 40°. Dopo 24 ore si lava, si asciuga e si dissecca la superficie, che resta poi pronta a ricevere la dipintura. Si suggerisce pure di lavare il cemento con una soluzione allungata di carbonato ammonico. Allorchè trattasi di costruire murature a paramento visto, conviene fare in modo che il cemento non affiori nei giunti la superficie, e completare poscia i giunti nelle faccie viste mediante malta di calce.

La malta di cemento deve farsi volta per volta nella quantità sufficiente a un determinato lavoro non mai interrotto. L'impasto si dovrà fare in prossimità del lavoro e sopra un tavolazzo di legno, che si manterrà sempre pulito dai residui già induriti degli impasti precedenti.

Secondo Lipowitz un buon cemento richiede poca acqua e cioè solo il 44 p. % del volume del cemento stesso. Il Portland molto diluito si usa per iniezioni nei vani nascosti dei massi murali, e siccome rigetta l'acqua in eccesso senza impoverimento della materia, così riesce assai migliore del cemento a rapida, il quale trattato con molt'acqua si snerva.

Nei lavori marittimi, sia sommersi, sia soggetti alle alternative di umido e di secco, la miglior malta da impiegare è quella fatta col Portland (vedi Tabella XLVIII).

Per lavori di molto impegno e di limitata estensione, è buona pratica che il muratore stesso si prepari la malta cementizia che gli occorre. Il rimescolamento a secco di cemento e sabbia e la successiva manipolazione dell'impasto coll'acqua, li farà per piccole dosi mediante la cazzuola e colla massima celerità, sino ad ottenere una pasta omogenea, a superficie liscia e dell'aspetto di grasso fortemente sbattuto.

ε) *Malta di gesso*. — È una malta semplice, essendochè il gesso s'impasta senza sabbia coll'acqua. Siccome è di presa assai rapida bisogna impastarne di volta in volta la quantità occorrente. Parlando del gesso si è già detto delle proprietà e degli usi della malta fatta con esso.

In generale poi la malta di gesso si compone di una stessa quantità di gesso e di acqua. Quando si ha bisogno che il gesso conservi tutta la sua forza si usa minore quantità d'acqua, ossia si *impasta duro*, e si adopera subito: se la quantità d'acqua è maggiore l'impasto è detto *chiaro* e fa presa meno lentamente: per intonachi di soffitti si impasta *molto chiaro*, e infine si aumenta ancora la quantità d'acqua per fare le *colature* di gesso entro i vani delle murature.

La quantità di gesso da mettere nel truogolo o nel giornello per un viaggio di garzone è di circa due secchie: per due cazzuolate, un secchio e mezzo: per una cazzuolata, un secchio: per mezza, mezzo secchio.

ζ) *Malte bastarde*. — Vengono così chiamate le miscele di due malte diverse e specialmente quelle formate con malta di calce comune alla quale siasi aggiunta una certa quantità di gesso o di cemento, onde accelerarne la presa e impartire ad essa una maggior resistenza. Il cemento serve pure a rendere idraulica la malta comune.

La malta di calce e gesso viene adoperata per decorazioni e lavori di finimento nell'interno dei fabbricati, per intonacatura di pareti e specialmente di soffitti.

Queste malte si confezionano ponendo la malta di calce in un mastello che trovisi in vicinanza del luogo di lavoro, rendendola liquida mediante un'opportuna quantità di acqua, e quindi aggiungendovi la quantità necessaria di gesso o di cemento in polvere. Si rimesta poi il tutto colla cazzuola, finchè siasi ottenuta una pasta omogenea, che deve adoperarsi subito.

Le malte bastarde si impiegano anche frequentemente nella costruzione delle masse murali.

η) *Malte diverse*. — Si formano ancora delle malte mescolando alla sabbia del cemento di scorie, oppure mescolando alla calce grassa del lapillo di Napoli, ottenendosi così una calce idraulica pozzolanica; oppure mescolando alla calce grassa di qualità lenta a spegnersi, e mentre si stempera nell'acqua, il 2 al 5 p. % di gesso crudo o cotto, ben polverizzato e riducendo il miscuglio, più sollecitamente che sia possibile, per mezzo di pesanti macine, in una forma pastosa che si conserva sottraendola al contatto dell'aria. Ridotto in polvere questo miscuglio, o cemento detto *selenitico*, si impiega per fare la malta selenitica nella proporzione di una parte di cemento per 5 o 6 parti di sabbia. La malta risultante si usa nelle murature all'asciutto o sotto acqua, o a formare impasti di calcestruzzo in sostituzione del Portland, o a fabbricare massi monolitici, mattoni, piastrelle e simili, essendochè acquista una durezza pari a quella del marmo. Si adopera pure per intonachi risparmiando circa $\frac{1}{4}$ del tempo che si dovrebbe impiegare usando le malte ordinarie.

0) *Malte pei lavori marittimi.* — L'acqua marina indipendentemente dal sal marino o cloruro di sodio ch'essa contiene in proporzione di 25 a 28 millesimi, contiene della magnesia allo stato di cloruro o di solfato, del cloruro di potassio, della calce allo stato di solfato o del cloruro di calcio, dell'acido carbonico disciolto (in prossimità delle coste), dei sali ammoniacali, delle materie animali e vegetali in sospensione o in dissoluzione, ecc.

Se nell'acqua marina si versa dell'acqua di calce si forma del solfato di calce e del cloruro di calce, mentre invece la magnesia, resa libera, precipita. Lo stesso fatto ha luogo quando si immerge nell'acqua marina, appena formata o allo stato pastoso una malta, un cemento, o una malta pozzolanica, ed anche quando sulla superficie di tali prodotti, pervenuti ad un grado notevole di durezza, non abbia ancora agito l'acido carbonico. Ciò dimostra che l'affinità degli acidi cloridrico e solforico (dei cloruri e dei solfati alcalini e alcalino-terrosi dell'acqua marina), per la calce, è non solo capace di produrre tali effetti, ma anche di sottrarre la calce alle sue combinazioni colla silice e l'allumina. Però non tutte le malte sono ugualmente intaccate; alcune possono conservare una piccola parte della loro calce.

I lavori marittimi che resistettero più lungamente furono fatti con malte pozzolaniche naturali energiche. Le malte composte di calce grassa, di pozzolane artificiali e di sabbia, si rammolliscono dopo un tempo più o meno lungo.

L'azione decompositrice dell'acqua marina si rivela non solo sulle malte che rimangono costantemente immerse, ma anche, e con maggior rapidità, su quelle che in causa del flusso è riflusso, o per altra causa, ora sono immerse ed ora restano fuori acqua.

L'ing. Alexandre, che studiò tale azione sopra due blocchi di malta composti ciascuno di m³ 1 di sabbia fina, di Kg. 400 di cemento e di un volume d'acqua uguale al 32 p. % di quello della sabbia, sottoponendoli a carichi di m. 0,60 indi di m. 1,20 e confrontandone gli effetti con quelli ottenuti da due identici blocchi posti sotto gli stessi carichi, ma immersi nell'acqua dolce, rilevò che dopo due mesi i primi, sottoposti alla filtrazione dell'acqua di mare, avevano cominciato a screpolarsi e in capo a sei mesi erano completamente disgregati. Invece i blocchi immersi nell'acqua dolce non avevano subito alterazioni.

L'azione prodotta dall'acqua di mare sulle malte idrauliche si manifesta con fenditure, disgregazioni e macchie biancastre; ma qualche volta l'alterazione avviene nella massa e non si rende visibile che dopo lungo tempo: onde può accadere di giudicare resistente una malta che in fatto non lo è. E neppure i risultati che si ottengono cogli esperimenti di gabinetto sono sufficienti a rassicurare perfettamente il costruttore sulla qualità della malta che deve impiegare al mare. Giustamente il Minard osserva che « il solo modo di conoscere l'azione dell'acqua marina sopra una malta è quello di immergerla nel mare e presso il luogo in cui dev'essere impiegata ».

La proporzione della calce, del cemento e della sabbia nella composizione delle malte pei lavori marittimi, devono essere stabilite in modo che la quantità di pasta sia il più possibile uguale ai vuoti della sabbia, quando si tratta di malte o di calcestruzzi da immergersi dopo la presa all'aria. Se, invece, l'immersione dev'essere immediata, si aumenta la quantità della pasta di circa il 15 per %, onde compensare la perdita di pasta causata dall'azione dissolvente dell'acqua salsa.

L'Alexandre ha poi accertato che le sabbie calcari, specie se a grani teneri e porosi, come quelli provenienti dalla polverizzazione della creta, sono a proscriversi dalle malte idrauliche pei lavori marittimi. Sono pure da scartarsi le sabbie argillose, anche quando la proporzione dell'argilla nella sabbia non oltrepassa il 25 p. %. La marna calcare pulverulenta dà invece buoni risultati tanto nelle malte cementizie, quanto nelle idrauliche.

Si è già detto come le malte idrauliche silicee diano buoni risultati e che fra le cementizie le migliori siano quelle fatte col Portland; nella Tabella XLVIII, ai numeri 12, 44, 48, 77, 78, 79, 80, sono indicate le dosature per le malte da usarsi nei lavori marittimi. Colla calce idraulica di Palazzolo, con quella di Casal Monferrato, con quella di San Giuliano presso Pisa, colla pozzolana romana della Cava di San Paolo, o colla pozzolana di Bacoli presso Napoli, si ottengono buone malte assai resistenti all'azione dell'acqua salsa.

c) *Aggiunta di zucchero alle malte.* — Lo zucchero si combina chimicamente colla calce formando il saccarato di calce, corpo solido che possiede una coesione notevole, ma che è solubile nell'acqua ed attaccato dall'acido carbonico. Questa reazione può essere seguita da buoni o da cattivi effetti secondo i casi; così, ad esempio, se la malta si compone di calce e sabbia, il saccarato aumenta la tenacità della malta perchè più stabile del carbonato; oltre ciò, siccome la combinazione della calce collo zucchero avviene più rapidamente che non quella della calce coll'acido carbonico dell'aria, la presa della malta sarà più pronta. Questo fatto riesce vantaggioso nella costruzione di muri di notevole grossezza, ove la malta di calce ordinaria non riuscendo mai a saturarsi completamente di acido carbonico, fa presa molto lentamente. Però stante la solubilità del saccarato e la facilità con cui viene attaccato dall'acido carbonico ne viene che le malte saccarifere non sono da impiegarsi che nei climi secchi, nei luoghi molto asciutti e solo quando, mancando il cemento, occorre di avere una malta che alla presa rapida congiunga una certa tenacità.

Nell'India, da tempo immemorabile, lo zucchero è uno dei componenti ordinari della malta, e lo si usa facendo sciogliere lo zucchero greggio o il succo della canna di zucchero nell'acqua impiegata per impastare la malta, nella proporzione di gr. 100 di zucchero per ogni litro d'acqua. Con ciò si aumenta di metà la resistenza della malta allo schiacciamento e si raddoppia la sua forza d'adesione.

Si può anche mescolare a secco lo zucchero colla calce, ma siccome in tal caso lo zucchero soffre una specie di abbruciamento per il calore che si produce nell'estinzione della calce, onde sarebbero in parte distrutte le sue proprietà e produrrebbe anche l'annerimento della malta, così è miglior pratica quella di scioglierlo prima nell'acqua.

In una malta di calce si ottiene l'effetto massimo (un aumento del 50 p. % della resistenza alla trazione) col 10 p. % di zucchero del peso della calce.

L'aggiunta dello zucchero alla malta cementizia ha dato risultati contraddittorii, tanto rispetto alla durata della presa, quanto all'aumento della tenacità della malta. Riguardo alla durata essa sarà accelerata o rallentata a seconda della quantità dello zucchero e dell'acqua e della rapidità relativa di indurimento del saccarato e del silicato. La forza cementante, secondo le esperienze dell'americano Parsons, diminuisce in principio, ma dopo un mese si produce un effetto contrario, aumentando notevolmente. L'aumento massimo, del 25 p. % della resistenza alla trazione, s'ottiene, secondo taluno, aggiungendo l'1 p. % di zucchero, secondo altri $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ p. %. In generale si può ritenere la proporzione del 0,50 p. %.

Come per la malta di calce anche la malta cementizia saccarifera non deve usarsi che all'aria e in luoghi asciutti.

g) *Dosatura delle malte.* — Le proporzioni degli ingredienti che entrano nella composizione delle malte dipendono non solo dalla qualità loro, ma anche dal genere di lavori che devono eseguirsi colle malte stesse. Si è già detto che in generale non è bene eccedere nell'acqua: quando si adoperano sabbie grosse m. 0,001 a m. 0,0045, occorrono $\frac{5}{12}$ del volume di acqua: per sabbie grosse m. 0,001 occorrono $\frac{2}{5}$; per sabbie fine, ossia di m. 0,00023 di grossezza, $\frac{1}{3}$, e per il sabbione e le terre $\frac{2}{7}$ del volume di acqua. Per le calci in polvere occorrono 3 volumi di calce in polvere e 5

di sabbia. Per le malte idrauliche destinate all'immersione bisogna assicurare la prima presa con un eccesso di $\frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$ di calce oltre la proporzione media, e comprimere la malta. Per gli intonachi destinati a sopportare le ingiurie delle intemperie si aumenta un poco la dose della sabbia. Il quantitativo dell'acqua cresce col crescere del quantitativo della sabbia.

La proporzione della sabbia sarà tanto maggiore nelle malte cementizie quanto più grasso, pesante e fino è il cemento. Le prove a questo scopo si fanno formando delle pallottole con diversi impasti di cemento e sabbia al minimo d'acqua, che si lasciano indurire all'aria. Messe poi queste pallottole, a discreta consistenza, nell'acqua, devono conservarvi la loro forma senza spaccarsi. La proporzione massima è però di 1 di cemento per 5 di sabbia; oltre questo limite anche un ottimo cemento Portland non farebbe buona prova.

Le malte di cemento si chiamano *magre, normali o grasse* a seconda della quantità di cemento che contengono: così per ogni metro cubo di sabbia le prime contengono Kg. 215 di cemento, le seconde Kg. 325 e le ultime Kg. 425. La normale dovrebbe essere composta di una parte di cemento e 2 di sabbia in volume.

Nella dosatura delle malte di solito la calce e il cemento si pesano, mentre la sabbia si misura a volume.

Per le malte di Portland occorre dal $36 \div 40$ p. % di acqua in peso per rispetto al cemento quando la malta sia nella proporzione di 1 di cemento e 1 di sabbia e del $52 \div 60$ p. % quando la proporzione sia di 1:3.

Per le malte cementizie in genere occorrono, onde avere un buon impasto, litri $250 \div 350$ di acqua per Kg. $250 \div 350$ di cemento e 1 m^3 di sabbia, e litri $350 \div 420$ di acqua per Kg. $500 \div 600$ di cemento e 1 m^3 di sabbia. Un cemento macinato finissimo ha bisogno di maggior quantità di acqua che non un cemento a grana grossa; la quantità d'acqua cresce poi col crescere del quantitativo della sabbia e della finezza di questa.

Tanto più una calce è grassa e tanto maggiore è la quantità di sabbia ch'essa può sopportare: tanto più liquido è un impasto e tanto maggiore sarà la quantità di sabbia che vi si potrà aggiungere. A parità di dosamento la malta di sabbia grossa risulta più ricca di calce o cemento di una malta a sabbia fina.

Le calce idrauliche danno malte attive anche con 5 volumi di sabbia sopra uno di calce. I cementi invece ne sopportano soltanto da 3 a 4 volumi.

Nella Tabella XLVIII da pag. 339 a 342 sono indicate le proporzioni generalmente adottate per la formazione delle malte.

h) Resistenza delle malte. — Precedentemente trattando delle calce, dei cementi e del gesso si sono già riportati i dati relativi alla resistenza di tali materiali, sia impastati con sola acqua, sia impastati con acqua e sabbia. In ogni modo nella seguente Tabella si riassumono i dati più generali.

Tabella XLIX. — Resistenza delle malte.

N° d'ord.	QUALITÀ DELLA MALTA	IMPASTO		Dopo giorni	Carico di rottura in Kg. per cm ²	
					Alla Trazione	Alla Compressione
1	Malta di calce grassa	cl. 1	sabbia 3	360 ÷ 700	2,4 ÷ 6	19 ÷ 30
2	» » » e cocchio	» 1	cocchio 2,5	—	—	48
3	» » » e pozzolana	» 1	pozzol. 1	—	1,8 ÷ 12	37
4	» » idraulica	» 1	sabbia 1	360 ÷ 700	12 ÷ 18	100 ÷ 150
5	» » eminentemente idraulica	» 1	» 3	360 ÷ 700	20	160
6	» di grappiers	grappiers 1	» 3	360	25 ÷ 35	—
7	» di cemento r. p.	cemento 1	» 3	28	10	80
8	» » l. p.	» 1	» 3	360	22	110
9	» » di scorie	» 4	» 1	84	24,23	319,20
10	» » selenitico	» 4	» 3	—	1,4	50
11	» » Portland con cl. l.	» 2	cl. 1	20	20	—
12	» » » »	» 1	» 2	20	16	—

In pratica il carico di sicurezza si assume uguale a $\frac{1}{10}$ di quello che produce la rottura tanto per compressione quanto per trazione.

5° **ALTRI MATERIALI CEMENTANTI.** — Oltre alle calci, al gesso e ai cementi naturali, artificiali e composti di cui si è fatto cenno, esistono altre composizioni cementanti, che passano pure sotto il nome di cementi e di mastici. Ma siccome questi non sono adoperati nell'arte muratoria che in via secondaria o eccezionale, così si crede più opportuno di parlarne in altra parte di questo manuale.

Trattando poi delle murature, degli intonachi, ecc., sarà completato l'argomento di cui fu oggetto questo paragrafo.

•D) Materiali cementati.

a) **Calcestruzzo.** — $\alphaGeneralità. — Il calcestruzzo, detto anche smalto, è un impasto di malta idraulica o cementizia e di ghiaia, ciottoli, pietrisco, rottami di mattoni. Serve per murature nell'acqua e nei luoghi umidi, per platee di fondazioni, per gettate, per prismi di moli, dighe, per formare pietre artificiali. Dalla qualità della malta e degli ingredienti e dalle loro proporzioni dipendono il grado di durezza, l'impermeabilità, e la durata della presa del calcestruzzo.$

Il calcestruzzo può essere *pieno* o *grasso* e *magro*. È grasso quando il volume della malta è uguale o superiore a quello dei vuoti della ghiaia o del pietrisco, ed in tal caso il calcestruzzo riesce impermeabile, cioè non poroso; è magro quando il volume della malta è inferiore a quello dei vuoti, e tale calcestruzzo sarà tanto più poroso quanto minore sarà la quantità della malta. Il volume di detti vuoti (Tab. XLVI) varia dal 45 al 48 p. % del volume apparente del pietrisco o dei ciottoli di grossezza uniforme, e dal 35 al 40 p. % pei ciottoli di diverse grossezze non superiori a cm. 5. Questi vuoti si determinano come per la sabbia, riempiendo col pietrame un vaso di capacità conosciuta e versandovi poi dell'acqua fin che affiora il vaso. Il volume di acqua versata corrisponde a quello dei vuoti, se il materiale non è poroso; in caso contrario si fa prima assorbire al materiale la quantità di acqua di cui è suscettibile.

Per ottenere un calcestruzzo pieno, ossia in cui tutti i vuoti siano riempiti, il volume della malta dovrà essere di $\frac{1}{4}$ più grande di quello dei vuoti, onde resistere alla pressione dell'acqua nei muri di fondazione.

Quando il calcestruzzo non è destinato a resistere alla pressione dell'acqua, come nelle fondazioni che si trovano sopra la falda acquee, non occorre che esso sia impermeabile, basta che sia incompressibile e che resista alla rottura: allora il volume della malta può essere uguale ed anche inferiore a quello dei vani della ghiaia o del pietrisco.

Se si hanno dei ciottoli molto piccoli, invece di aggiungervi della malta vi si mescoli della calce spenta.

In generale sono preferibili quei calcestruzzi nei quali la malta entra in sufficiente quantità per colmare tutti i vuoti. Il materiale che s'impiega nella confezione del calcestruzzo dev'essere perfettamente lavato e pulito dalle materie argillose, da quelle organiche o da altre sostanze estranee, le quali sono di ostacolo alla perfetta aderenza del materiale colla malta.

Anche la scelta del materiale influisce sulla bontà del calcestruzzo: così nei lavori marittimi si dovranno impiegare materiali che non siano intaccati dall'acqua salsa, e nei climi freddi che non siano gelivi, poichè, specialmente nella parte superficiale del calcestruzzo, essi darebbero luogo a sgretolature.

In quanto alla densità dei materiali, si sceglieranno più leggeri o più pesanti, secondochè si dovranno fare blocchi da trasportarsi, oppure che dovranno farsi in posto.

I ciottoli o il pietrisco o i frammenti di altri materiali che si adopereranno nella composizione del calcestruzzo, saranno di grossezza variabile a seconda del genere di

No.	Description
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...

lavoro che si dovrà eseguire. Così trattandosi di cappe, pavimenti, solai, ecc., occorreranno materiali minuti, mentre invece per massicci di muri, per prismi e simili si useranno frammenti anche grossi. In generale essi dovranno passare per anelli del diametro di $2 \div 6$ cm. e per murature di grande grossezza anche di $8 \div 10$ cm. Quando però si adoperano frammenti grossi, è necessario l'uso contemporaneo anche di materiali minuti che vengano a colmare i vani lasciati dai primi. La presenza di frammenti di varia grossezza è indispensabile per rendere omogenea e compatta la massa, e per darle la dovuta resistenza. Così facendo si realizza anche una notevole economia, poichè a parità di resistenza si impiega minor quantità di malta e quindi di calce o di cemento.

Il pietrisco, formato da frammenti angolosi, impartisce al calcestruzzo una resistenza maggiore che non la ghiaia o i ciottoli; ma tenuto conto dei vantaggi, anche economici, che può presentare l'impiego della ghiaia, si preferisce, nella massima parte dei casi, usare quest'ultima.

β) *Resistenza del calcestruzzo.* — I coefficienti di resistenza variano secondo la composizione del calcestruzzo, tanto nei riguardi della proporzione dei componenti, quanto della loro natura. In generale si può ritenere che il calcestruzzo cementizio resiste più della malta a parità di tenore del cemento, e che la resistenza alla compressione è $6 \div 10$ volte maggiore di quella alla trazione.

Tabella L. — Resistenza alla compressione dei calcestruzzi di cemento secondo Candlot.

(cm. = cemento; Cs. = calcestruzzo).

Dosatura del Cs.		Dosatura della malta		Cs. di ghiaia				Cs. di pietrisco			
Malta vol.	Breccia vol.	Kg. per cm.	M ³ di sabbia	Kg. di cm. per m ³ di Cs.	Densità del Cs.	Resistenza alla compressione in Kg. per cm ²		Kg. di cm. per m ³ di Cs.	Densità del Cs.	Resistenza alla compressione in Kg. per cm ²	
						dopo 7 giorni	dopo 28 giorni			dopo 7 giorni	dopo 28 giorni
1	1,5	250	1	151,5	2,32	72,5	97,5	161	2,28	92,5	112,5
1	1,5	450	1	260	2,36	102,5	172,5	279	2,37	157,5	200
1	1,5	650	1	353	2,41	102,5	217,5	375	2,40	200	245
1	1,5	1000	1	448	2,40	185	240	490	2,43	280	302,5
1	2	250	1	130	2,28	52,5	65	139	2,28	92,5	97,5
1	2	450	1	225	2,33	122,5	140	236	2,35	147,5	157,5
1	2	650	1	311	2,39	152,5	215	325	2,38	160	240
1	2	1000	1	388	2,41	207,5	252,5	409	2,42	250	280
1	2,5	250	1	181	2,26	47,5	65	125	2,30	90	92,5
1	2,5	450	1	187,5	2,28	72,5	105	202	2,28	105	125
1	2,5	650	1	254	2,33	87,5	140	268	2,34	155	177,5
1	2,5	1000	1	331	2,39	172,5	180	344	2,35	180	225

Da esperienze fatte dalla Società degli ingegneri di Vienna si ebbero i seguenti risultati.

Tabella LI. — Resistenza dei calcestruzzi di cemento.

Composizione del Cs.			Densità	Resistenza media in Kg. per cm ²		Modulo di elasticità Kg. per cm ²	
cm.	sabbia	ghiaia		Compressione dopo giorni 100	Trazione dopo giorni 200	Compressione	Trazione
1	3	5	2,20	125	11	—	200,000
1	2	3	2,21	260	23	300,000	280,000
1	1	1	2,23	220	24	300,000	300,000

Colla calce eminentemente idraulica di Palazzolo si ottennero i risultati seguenti:

Tabella LII. — Resistenza dei calcestruzzi con calce eminentemente idraulica di Palazzolo.

Composizione del Cs.			Carico di rottura alla compressione in Kg. per cm ² dopo giorni					
cl. vol.	sabbia vol.	ghiaia vol.	5	20	50	100	300	500
1	2	4	6	10	14	18	28	45
1	3	6	4	8	12,20	15,20	24	31,50

Le prove che più frequentemente si fanno sono quelle di resistenza alla compressione, la quale si può ritenere, dopo un mese dall'impasto e per impasti comuni cementizi, di 100 ÷ 250 Kg. per cm², mentre la resistenza alla trazione, con dosi sufficientemente alte di cemento, può raggiungere e anche superare i 20 Kg. per cm².

γ) *Rendimento del calcestruzzo.* — Esso è il rapporto fra il volume del calcestruzzo compresso e consolidato e quello del materiale impiegato. Secondo il Mahiels tale rendimento per calcestruzzi di comune impasto sarebbe:

Tabella LIII. — Rendimento dei calcestruzzi cementizi.

Dosatura del Cs. in volumi		Un m ² di breccia darà in calcestruzzo con			
Malta	Breccia	ghiaia a elementi		pietrisco a frammenti	
		disuguali	uniformi	disuguali	uniformi
		m ³	m ³	m ³	m ³
2	3	1,350	1,320	1,250	1,200
2	4	1,220	1,160	1,100	1,080
2	5	1,080	1,040	1,000	1,000

δ) *Fabbricazione del calcestruzzo.* — Per fabbricare il calcestruzzo si procede in due modi: 1° mescolando a secco la calce idraulica o il cemento colla sabbia sino ad ottenere una miscela omogenea e poi aggiungendovi, sempre a secco, la ghiaia od il pietrisco. Dopo aver bene rimescolato il tutto colla marra vi si asperge sopra l'acqua poco alla volta, continuando il rimescolamento; 2° formando dapprima la malta, sia idraulica sia cementizia, secondo le dovute proporzioni, e quindi mescolandola poco alla volta colla ghiaia od il pietrisco, rimestando sempre energicamente l'impasto che va così formandosi. Questo secondo procedimento è il migliore, sia perchè dà luogo ad un prodotto più omogeneo, sia perchè richiede minor fatica.

Il calcestruzzo va fabbricato colla massima celerità da operai esperti e in volume limitato. Anche la sua messa in opera va eseguita rapidamente e se ne devono evitare i lunghi trasporti, poichè l'impasto può cominciare ad indurirsi, pregiudicando così l'omogeneità e il buon collegamento dei diversi strati, formanti la massa che si deve costruire.

La fabbricazione a mano si può impiegare finchè non si abbiano da produrre più di 250 m³ di calcestruzzo. Oltre questo limite conviene ricorrere alla fabbricazione a macchina. Parecchi sono i meccanismi usati per tale scopo. Uno dei più semplici è quello di *Krantz* (fig. 541) formato da una cassa a piramide quadrangolare aperta alle sue estremità, avente l'altezza di circa 3 metri, la sezione alla bocca superiore di m. 0,80 e quella alla bocca inferiore di m. 1 circa. Nella parte inferiore di una delle sue faccie è aperto un foro di circa m. 0,80 × 0,60 per lasciar uscire il calcestruzzo.

Entro la cassa, e contro due faccie opposte, sono disposti dei piani inclinati a 45° in senso inverso, in modo da rigettarsi l'un l'altro i materiali che vengono caricati dalla bocca superiore e che nei successivi passaggi sui piani inclinati si rimescolano e s'impastano insieme.

Un altro meccanismo è quello composto da un cilindro di lamiera coll'asse inclinato, ma girevole attorno ad un albero orizzontale. Le materie in esso gettate vengono impastate per mezzo del moto rotatorio del cilindro. Un simile apparecchio può dare, con $3 \div 4$ cavalli-vapore di forza, un volume di calcestruzzo uguale a $60 \div 80 \text{ m}^3$ al giorno.

La *macchina a truogoli* è formata da 10 truogoli in fila e imperniati da un lato. Gli operai riempiono un truogolo cogli ingredienti del calcestruzzo, indi lo fanno ruotare vuotandone il contenuto nel truogolo successivo. Nei consecutivi vuotamenti dal primo truogolo al decimo si forma l'impasto, ossia il calcestruzzo.

La *macchina Schlosser* è simile alla Krantz, solo che la cassa è sostituita da un cilindro di lamiera di ferro ed i piani inclinati da aste di ferro poste trasversalmente al cilindro, secondo i diametri dello stesso e ad altezze diverse.

La *macchina marsigliese* (fig. 542 e 543) consiste in un cilindro di ferro orizzontale del diametro di m. 0,95, lungo m. 1,32 e attraversato da un asse intorno al quale

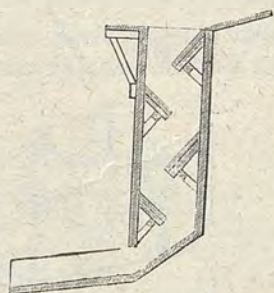


Fig. 541. — Apparecchio Krantz per impastare calcestruzzo.

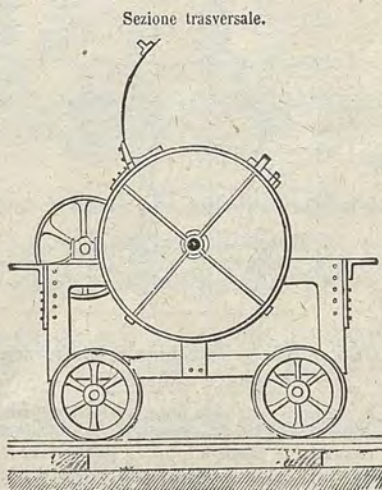
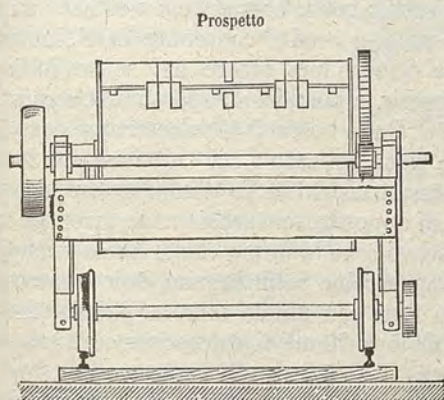


Fig. 542 e 543. — Macchina marsigliese per impastare calcestruzzo.

può girare. Gli ingredienti che vi si introducono sono rimescolati per mezzo della rotazione del cilindro e delle traverse di ferro in esso contenute e disposte a varie distanze secondo i diametri del cilindro stesso. Il cilindro può ruotare intorno a se stesso o per mezzo di una trasmissione qualsiasi, o mediante il movimento traslatorio di tutto l'apparecchio, poichè essendo questo montato su un carro a binario e portando delle ruote di trasmissione, quando si fa scorrere il carro sul binario il cilindro gira e l'impasto si forma.

Altre macchine, ugualmente buone e che danno lodevoli risultati, sono quelle di tipo *Schlickeysen*, *Lion* e *Messent*.

La prima (fig. 544-545) si compone d'una gran cassa divisa in due scomparti A e B a forma di U e di grandezza diversa, comunicanti fra loro per mezzo dell'apertura C.

Il maggiore B presenta in basso l'apertura D per l'uscita del calcestruzzo. Dentro ai due scomparti girano gli assi N e P, muniti di palette, di cui la metà, quelle *e*, sono disposte radialmente ma in un piano passante per l'asse di rotazione e l'altra metà, quelle *f*, sono collocate in piani alquanto inclinati all'asse di rotazione, sì da costituire come altrettante porzioni di superficie elicoidali. Le prime servono ad impastare insieme gli ingredienti e le seconde ad imprimere al miscuglio, che va formandosi, un movimento di traslazione sia verso l'apertura C, di comunicazione fra i due scomparti, sia verso l'apertura di scarico D.

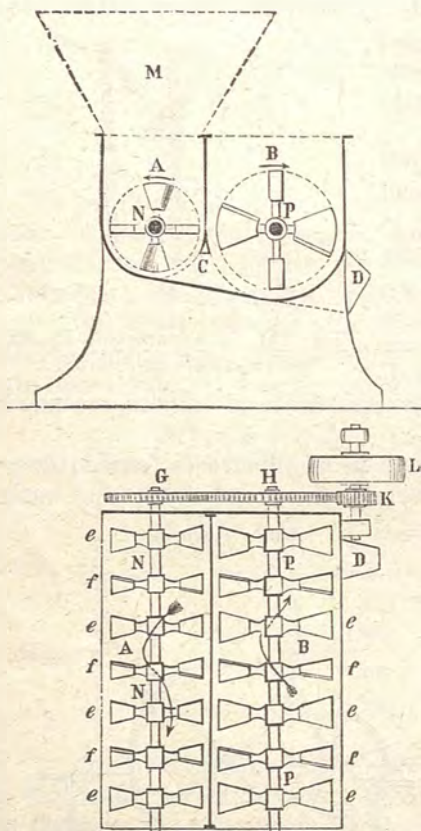


Fig. 544 e 545. — Macchina Schlickeysen per impastare calcestruzzo.

A, B, scomparti della cassa impastatrice; C, apertura di comunicazione fra i due scomparti; D, bocca di uscita del calcestruzzo; *e*, palette in piano; *f*, palette inclinate agli assi N e P; G, H, K, ingranaggio pel movimento degli assi N e P; L, puleggia; N e P, assi di rotazione delle palette.

I due assi N e P, coordinati fra loro mediante l'ingranaggio G-H-K, si pongono in rotazione per mezzo della puleggia L, azionata da un motore qualsiasi.

L'apparecchio agisce nel seguente modo. Nella tramoggia M si versano gli ingredienti a secco, previamente misurati, e che d'ordinario sono cemento Portland, sabbia e ghiaia minuta; da essa discendono a poco a poco nello scomparto A. Quivi vengono rimescolati dalle palette *e* ed *f*, e per mezzo di queste ultime portati verso l'apertura C, da cui passano nello scomparto B. Giunta la massa in questo secondo scomparto, un annaffiatoio munito di cannella regolatrice, spande l'acqua sulla massa in numerosi e sottili getti, bagnandola nell'atto stesso che le palette *e* ed *f* contenute in B, la rimescolano e facendola rotare nel senso indicato dalla freccia la portano all'apertura D, opposta a quella C. Dalla bocca D il calcestruzzo esce formato e viene caricato o sui vagoncini che lo devono trasportare al luogo d'impiego, oppure per mezzo di apposito scivolatoio cade direttamente nello scavo o nella forma che si ha da riempire.

L'apparecchio Schlickeysen, solo adatto per impasti fatti con ghiaia minuta, può fornire in media da 5 a 30 m³ di calcestruzzo all'ora, con una forza di 3 a 9 cavalli-vapore.

Il calcestruzzo impiegato nella costruzione del palazzo imperiale di Vienna, dello opificio

dell'Acciaieria Krupp di Essen, dei muri di calata di Mannheim e di altre importanti opere, venne appunto fabbricato con macchine del tipo Schlickeysen.

Le macchine *Lion* consistono in un grande tamburo o cilindro cavo di lamiera di ferro, del diametro di circa m. 1,15 e della lunghezza di m. 3,50, disposto coll'asse leggermente inclinato all'orizzonte. Il tamburo è completamente aperto alla sua testata inferiore, mentre la superiore è chiusa da un fondo di lamiera, avente nel suo mezzo un ampio foro, per il quale s'introducono nel cilindro le materie da impastarsi. Contro la superficie interna del tamburo sono fissate numerose palette alternate con altre dentate o a graffi. Due anelli esterni al tamburo servono a rinforzarlo e a farlo rotare per mezzo dell'azione di un rocchetto conico che ingrana in una corona dentata, fissata a metà lunghezza del tamburo.

La sabbia o il cemento sono trasportati per mezzo di vagoncini contenenti già la quantità d'acqua necessaria per l'impasto del calcestruzzo: la ghiaia è portata con altri vagoncini. Dalla tramoggia, che trovasi alla parte superiore dell'apparecchio, i materiali scendono a poco a poco entro il tamburo impastatore, ove e per mezzo della lenta rotazione del cilindro e per l'azione delle palette e dei graffi, si rimescolano e impastano, per cadere poi fuori dell'apparecchio da una paratoia a tramoggia, sotto forma di calcestruzzo.

La macchina *Messent* (fig. 546), adatta per calcestruzzi a ghiaia grossa o pietrisco, consta di una cassa A impastatrice, imperniata sopra un asse di rotazione BB, munito o di manovelle D, o di puleggia di trasmissione quando si deve usare della forza di un motore a vapore o di altro genere.

La cassa è provvista di una apertura E con coperchio a tenuta d'acqua, per il carico degli ingredienti e per lo scarico del calcestruzzo formato. Sopra la cassa, e fissata all'intelaiatura dell'apparecchio, ch'è montato sopra un carrello C C, stanno la tramoggia di caricamento F e il serbatoio G dell'acqua colla quale si deve bagnare l'impasto.

Quando la cassa è caricata si fa girare producendo così l'impastamento. Ogni impasto si ottiene con 7 giri e mezzo della cassa, versando prima l'acqua necessaria, la sabbia e la ghiaia, poi il cemento, riuscendo ad avere un rimescolamento completo ad ogni quarto di giro. Quando la cassa si ferma, l'apertura E è volta al basso, onde basta aprire lo sportello E per far cadere il calcestruzzo entro un vagoncino sottostante, oppure nel luogo stesso in cui il calcestruzzo deve impiegarsi.

Gli ingredienti che si usano ordinariamente colle macchine *Messent* sono: cemento Portland, una parte; sabbia, 2 p. e mezzo; ghiaia mista, grossa e minuta, 6 p. e mezzo.

Se l'apparecchio è mosso a braccia, con quattro operai si possono ottenere 35 a 40 m³ di calcestruzzo in 10 ore di lavoro; a questi bisogna però aggiungere altri due operai per misurare gli ingredienti e caricarli nella macchina e un garzone per la misura dell'acqua.

Se l'apparecchio è mosso col vapore, con un motore di 2 cavalli-vapore si possono impastare anche 100 m³ di calcestruzzo in 10 ore, e con un motore di 9 cavalli-vapore fino a 300 m³ in 10 ore.

In generale il calcestruzzo fabbricato a mano riesce meglio impastato che non quello a macchina; però alcune macchine, come le *Messent*, danno un impasto assai omogeneo e oltre ciò presentano il vantaggio di poter formare il calcestruzzo nel punto stesso dove va impiegato, poichè sono montate su carrelli che si possono

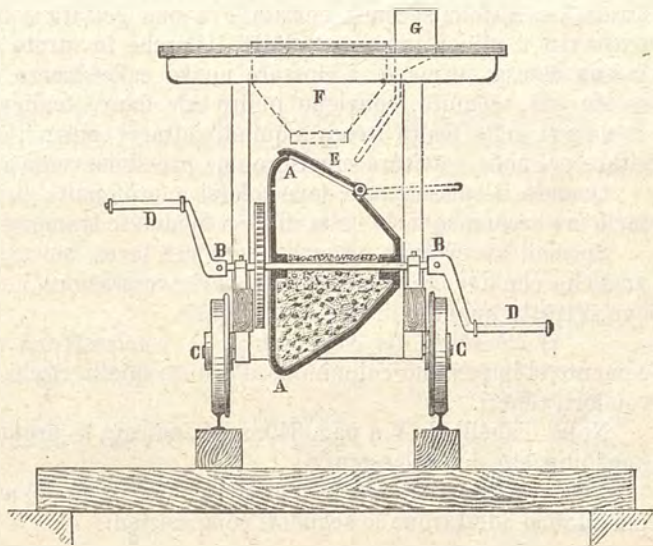


Fig. 546. — Macchina Messent per impastare calcestruzzo.

A, A, cassa impastatrice; B, B, asse di rotazione; C, C, carrello; D, D, manovelle; E, coperchio a tenuta d'acqua della cassa A, e bocca di caricamento dei materiali entro la cassa; F, tramoggia di caricamento; G, serbatoio d'acqua.

trasportare da un punto all'altro del cantiere e collocarli sullo scavo o sulle forme in cui il calcestruzzo dev'essere riversato.

Il calcestruzzo, sia che venga gettato in iscavi per fondazioni, sia in apposite forme di legno, deve sempre distendersi a strati dell'altezza di 20 ÷ 30 centimetri. Appena formato lo strato, o parte dello strato, se questo è molto esteso, come avviene per es. nelle grandi platee di fondazione, bisogna battere fortemente il calcestruzzo con mazzeranghe del peso di 8 ÷ 15 Kg. e del diametro di 12 ÷ 18 cm., finchè si veda l'acqua a gemere dalla superficie. Negli angoli e contro le pareti della forma la compressione si fa per mezzo di sbarre di ferro. Formato uno strato bisogna pulirlo dai frammenti smossi e distendervi sopra della malta fresca prima di procedere alla formazione del secondo strato, ossia della seconda gettata. Fra una gettata e la successiva è necessario che trascorra il minor tempo possibile. Allorchè lo strato non si può formare per tutta la sua estesa, prima di addossare nuovo calcestruzzo al fianco della porzione dello strato già eseguito, conviene pulire tale fianco togliendone tutti i materiali smossi, stendervi della malta fresca e quindi gettarvi contro il calcestruzzo, cercando di esercitare poi nella battitura superiore una pressione verso la faccia di congiunzione.

Quando il calcestruzzo deve colarsi a profondità piuttosto grandi non bisogna gettarlo ma accompagnarlo nella discesa mediante tramogge o *betoniere*.

Speciali avvertenze bisogna avere nei lavori subacquei; ma di queste come delle pratiche che devono seguirsi nelle varie costruzioni di calcestruzzo è detto in seguito ove si tratta appunto di tali costruzioni.

ε) *Dosatura dei calcestruzzi*. — I calcestruzzi poveri di calce idraulica o di cemento si impastano col minimo d'acqua: quelli ricchi, con maggiore quantità, si da renderli teneri.

Nella Tabella LIV a pag. 349, sono indicate le proporzioni più abitualmente usate per l'impasto dei calcestruzzi.

Nei lavori portuali della Spezia si impiegarono dei massi artificiali di calcestruzzo, pei quali si adottarono le seguenti composizioni:

Tabella LV. — Impasti per massi artificiali adoperati a Spezia.

Qualità dell'impasto	Calce in pasta	Cemento idraulico	Cemento di Bergamo	Pozzolana di Roma	Sabbia	Pietrisco	Prezzo al mc. per massicciate	
							fuori acqua	sotto acqua
Prima specie . . .	vol. 1	—	—	vol. 1	vol. 1	vol. 3	Lire 17	Lire 15
	—	—	vol. 1	—	» 2	» 4		
Seconda specie . . .	vol. 1	—	—	vol. 2	—	» 3	» 18	» 24
	—	—	vol. 1	—	vol. 1 1/2	» 2 1/2		
Terza specie . . .	—	vol. 1	—	—	» 2	» 3	» 20	» 23
	—	—	vol. 1	—	» 2	» 3		

A seconda delle diverse opere che si devono eseguire, delle condizioni a cui esse devono soddisfare e delle speciali circostanze di luogo, di tempo, ecc., si adottano pel calcestruzzo non solo dosature diverse, ma quei sistemi di fabbricazione e di posa che vengono suggeriti dall'esperienza e dalle cognizioni di chi dirige l'opera.

Si danno qui sotto le dosature adottate in alcuni lavori; trattando singolarmente delle varie costruzioni si daranno quelle che corrispondono ad ogni caso speciale.

Fondazioni. — Il Dyckerhoff suggerisce: cemento 1, sabbia e ghiaia o pietrisco 5 ÷ 8; a Strasburgo (palazzo dell'Università) si usò: cemento Kg. 1400, sabbia 5, breccia 9, calce idraulica 1; ad Anversa (fabbricato doganale) malta 2, ghiaia 5 (la malta composta di cemento 1 e sabbia 4); in Inghilterra cemento 1, sabbia 2, breccia 6, oppure cemento 1, breccia minuta 8 ÷ 10, od anche cemento 1, sabbia 2, sassi 7.

Tabella LIV. — Dosatura dei calcestruzzi.

(Le notazioni come alla Tabella XLVIII).

N° d'ordine	Qualità del calcestruzzo	Cl. i.	Cm.	Sabbia	Ghiaia	Acqua	Uso del calcestruzzo e osservazioni
1	Grasso	malta i. 1	—	—	1 1/2	—	
2	Normale	» 1	—	—	2	—	
3	Magro	» 1	—	—	3	—	
4	Con cl. i. di Casale in zolle . .	1	—	4	6	—	Per lavori comuni e fondazioni ordinarie.
5	» » macinata	1	—	3	5	—	
6	» » in zolle	1	—	3	5	—	
7	» » macinata	1	—	2	4	—	Per lavori idraulici e fondazioni subacquee.
8	Con cl. i. di Palazzolo in polvere	1 o Kg. 200	—	2 o m ³ 0,400	4 o m ³ 0,800	—	Per fondazioni subacquee.
9	» » »	1 o » 113	—	3 o » 0,429	6 o » 0,858	—	Per prismi e fondaz. all'asciutto.
10	» » »	1 o » 111	—	4 o » 0,444	8 o » 0,888	—	Per fondaz. di poca importanza.
11	Con cl. i. di Scandiano	Kg. 250	—	m ³ 1,000	m ³ 2,000	—	Per fondazioni all'asciutto.
12	» »	» 350	—	» 0,90	»	—	» subacquee.
13	» »	» 300	—	» 0,90	»	—	Per prismi, gettate, ecc.
14	Con cl. viva idraulica in zolle . .	5	—	15	Ghiaia 8 Ciottolini 7	4	La ghiaia della grossezza di cm. 6, i ciottolini di cm. 2. Il volume dell'impasto riesce uguale a quello della somma dei componenti.
15	Con cm. i. l. p. di Palazzolo . . .	—	1 o Kg. 210	2 o m ³ 0,400	4 o m ³ 0,800	—	Per fondazioni subacquee.
16	» » »	—	1 o » 150	3 o » 0,429	6 o » 0,858	—	Per prismi e fondaz. all'asciutto.
17	» » »	—	1 o » 116	4 o » 0,444	8 o » 0,888	—	Per fondaz. di poca importanza.
18	Con cm. i. r. p. di Palazzolo . . .	—	1 o » 250	2 o » 0,510	3 o » 0,760	—	Per prismi a difesa di opere idrauliche e per fondaz. subacquee.
19	» » »	—	1 o » 450	1 o » 0,460	1 1/2 » 0,690	—	Per tubaz. di condotte d'acqua.
20	» » »	—	1 o » 500	1 o » 0,510	1 o » 0,510	—	Per lavori decorativi, cornici, statue, ecc. — Per i numeri 19 e 20 la ghiaia deve essere minuta.
21	Con cm. i. Portland di Palazzolo . .	—	1 o » 680	1/2 o » 0,260	1/2 o m ³ 0,260	—	Per volte di getto su ferri a I.
22	» » »	—	1 o » 520	1 o » 0,400	1 o » 0,400	—	Per volte di stanze o sotterranei e per tubi di condotte d'acqua.
23	» » »	—	1 o » 420	1 o » 0,325	2 o » 0,650	—	Per archi monolitici per ponti e simili.
24	» » »	—	1 o » 270	2 o » 0,440	4 o » 0,820	—	Per pietre artificiali di decorazione.
25	» » »	—	1 o » 320	—	4 o » 1,000	—	Per sottofondi di pavimenti di gettata.
26	Con cm. Portland qualità superiore di Palazzolo	—	1 o » 750	1/2 o » 0,250	1/2 o m ³ 0,250	—	Per volte di getto su ferri a I.
27	» » »	—	1 o » 560	1 o » 0,375	1 o » 0,375	—	Per tubi di condotte d'acqua e per decorazioni.
28	» » »	—	1 o » 430	2 o » 0,570	1 o » 0,285	—	Per recipienti a tenuta.
29	» » »	—	1 o » 405	1 o » 0,270	3 o » 0,810	—	Per fondazioni di macchine e per volte od archi monolitici.
30	» » »	—	1 o » 250	—	6 o » 1,000	—	Per sottofondi di pavimenti di gettata.
31	Con cm. di Casale	—	1	1	2 1/2	—	Per tubi, ponticelli, ecc.
32	» »	—	1	1 1/2	3	—	Per pavimenti, piastrelle, terrazze, ecc.
33	» »	—	1	2	4	—	Per pietre artificiali.
34	Calcestruzzo di cocco e cl. i. viva in zolle (cocco grosso 3)	3	—	3	Ghiaietta minuta 2 Ciottolini 4	5	Il volume dell'impasto riesce uguale ai 3/4 di quello totale dei componenti.
35	Calcestruzzo di pozzolana e cl. i. viva in zolle (pozzolana fina 3)	4	—	lavata 3	Ghiaietta minuta 3 Ciottolini 3	7	Il volume dell'impasto riesce uguale ai 3/4 di quello totale dei componenti.

Per fondazioni fortemente sollecitate: cemento 1, sabbia 2, breccia o pietrisco 3, oppure cemento 1, breccia minuta 5 ÷ 6.

Si possono eseguire buone fondazioni per case di abitazione con: cemento Kg. 70, calce Kg. 50 ÷ 70 per ogni m³ di calcestruzzo.

Muri, pile, vòlte, ecc.: cemento 1, sabbia e breccia 5 ÷ 6, o anche 7 ÷ 8 di pietrisco.

Acquedotti. — In Francia si usò la proporzione: cemento 1, sabbia 3, pietrisco 3; a Bruxelles, per la condotta di alimentazione: cemento Kg. 250, sabbia 1/2, ghiaia 1.

Banchine: a Mannheim, cemento Kg. 1400, ghiaia 7; a Sciaffusa, cemento Kg. 1400, ghiaia e sabbia 5; in Germania, per le costruzioni sommerse si adotta in generale: calce idraulica 1, trass 1, sabbia 1, pietrisco 5; in Inghilterra si fa un nucleo composto con: cemento 1, ghiaia 10 ÷ 12, oppure cemento 1, sabbia 3, ghiaia 9 e i paramenti, di almeno 15 cm. di grossezza, si compongono di 1 di cemento per 4 di ghiaia minuta.

Blocchi artificiali per gettate in mare. A Livorno, malta 1/2, breccia 1: la malta formata con 0,700 di calce spenta, 0,42 di pozzolana e 0,42 di sabbia; a Porto-Saïd, calce Kg. 350, sabbia 1; in Inghilterra, cemento 1, sabbia 2, ghiaia 5, per blocchi esposti alle onde, e cemento 1, sabbia 2 e mezzo, ghiaia 6 e mezzo, per blocchi al riparo dall'azione delle onde.

Condotte forzate e sifoni. — Bruxelles, cemento Kg. 150, calce spenta in polvere Kg. 50, sabbia 1/2, breccia 1/2, tegolozzi o sassi 3/5; Ferrara, cemento Kg. 500, sabbia 1/2 m³, ghiaia m³ 0,800.

Fogne, pozzi neri. — Austria, cemento 1, sabbia 3, breccia 4: se vi è molta acqua cemento 1, sabbia 2, breccia 3. Secondo Coignet, Kg. 250 di cemento, 1 di calce, 5 di sabbia. Milano, nei piedritti e parte inferiore del condotto, Kg. 225 di cemento per m³ 0,800 di sabbia viva lavata e m³ 0,800 di ghiaiettone; pel vòlto il cemento si portò a Kg. 300. A Cuneo si usò invece per tutta la sezione del condotto, Kg. 250 di cemento, m³ 0,500 di sabbia viva, m³ 0,750 di ghiaia lavata.

Pavimenti. — Nei forti della Mosa, cemento 1, sabbia 4,60, ghiaia grossa 6,30, per il sottofondo di cm. 8 di grossezza, e cemento 1, sabbia 3 per la superficie grossa mezzo cm. Nei forti austriaci, cemento 1, sabbia 4, breccia 6, in istrato di 12 ÷ 16 centimetri; intonaco di superficie, cemento 1, sabbia 3. In Inghilterra lo strato di calcestruzzo si fa di 7 ÷ 20 cm. con cemento 1, breccia 6 ÷ 7 e l'intonaco di 1 di cemento e 2 di sabbia.

b) *Calcestruzzo bituminoso*. — Questo si ottiene agglutinando insieme, a caldo, del pietrisco e della sabbia con catrame minerale; detto comunemente *coaltar*, e proveniente dalla distillazione del carbon fossile. I blocchi formati con tale ganga bituminosa resistono assai bene all'azione dell'acqua marina. La densità del calcestruzzo bituminoso è di 1,800 ÷ 2,000, non molto inferiore a quella del calcestruzzo ordinario.

c) *Calcestruzzo agglomerato Coignet*. — Il calcestruzzo agglomerato del Coignet si adopera per murature monolitiche e per formare pietre artificiali. Per il calcestruzzo Coignet non si fa uso di ghiaia, ma semplicemente di sabbia, calce e cemento. Le dosature più comunemente impiegate sono le seguenti:

1°	{	Sabbia di fiume o di cava	m ³	1
		Calce debolmente idraulica	Kg.	125
		Cemento a lenta presa	>	50
2°	{	Sabbia di fiume o di cava	m ³	1
		Calce eminentemente idraulica	Kg.	175
3°	{	Sabbia fina	m ³	1
		Calce eminentemente idraulica	Kg.	210

Queste dosature, piuttosto povere, possono essere sostituite da altre più ricche. Gli ingredienti sono dapprima mescolati a secco, poi bagnati con una quantità d'acqua relativamente piccola (90 litri circa per ciascuna delle dosature sovradette). Il miscuglio viene allora impastato energicamente in modo da assicurare la maggiore omogeneità possibile di tutta la massa.

È evidente che per una fabbricazione di una certa importanza si effettuerà l'impastamento con meccanismi simili a quelli già descritti. In generale tali meccanismi sono costituiti da una coppia di macinatoio, nel primo dei quali si mette tutta quanta la dose della calce, del cemento e una o due parti di sabbia, impastando e macinando il tutto. La pasta così formata si mette poi nel secondo macinatoio insieme colla sabbia rimasta, e in esso si finisce l'impastamento fino a perfetta omogeneità.

A impastamento finito la pasta presenta l'aspetto di una sabbia da formatore, anziché di una malta. La si versa allora in piccoli strati nelle forme preparate per riceverla.

Le forme si fanno di legno, di lamiera, di zinco fuso o di gesso, secondo il genere, la quantità dei pezzi da fabbricarsi e la complicazione più o meno grande delle loro forme.

Trattandosi di murature di getto il calcestruzzo va fortemente compresso entro i cassoni che ne costituiscono la forma, battendolo nel senso degli sforzi che deve sopportare.

La bontà della muratura, oltre che da quella dei componenti e dalla giusta dosatura, dipende per la massima parte dalla perfetta e completa pigiatura del calcestruzzo.

L'ing. Manfredini, in un suo studio sul calcestruzzo Coignet, osserva che volendosi ottenere una muratura di getto economica conviene allontanarsi alquanto dalle prescrizioni del Coignet e propone per le murature monolitiche gettate in posto la seguente composizione per ogni metro cubo di calcestruzzo:

Calce idraulica di Palazzolo	Kg.	1000
Cemento uso Portland, 3 ^a qualità	>	1000
Sabbia viva di cava	m ³	0,400
Ghiaia vagliata di cava o di fiume	>	1,000
Acqua	litri	200

Per ottenere, senza speciali meccanismi, un impasto abbastanza intimo di questi materiali se ne effettua la miscela in due riprese: la prima volta a secco, indi coll'aggiunta dell'acqua necessaria. Perciò si ammucchiano alla rinfusa, nelle proporzioni volute, la ghiaia, la sabbia, il cemento e la calce e si rimescola il cumulo per due o tre volte; poi vi si versa l'acqua rivoltando per due o tre volte ancora il cumulo. Ne risulta un calcestruzzo sufficientemente plastico ed omogeneo.

Il calcestruzzo si cola entro gli appositi cassoni formati con tavole di abete o di pioppo, opportunamente rinforzati, foderati di zinco nella parte interna e costruiti in modo da riuscire smontabili. Si fanno alti da 70 cm. a 1 metro e lunghi circa 4 metri, con tavole della grossezza di 3 ÷ 4 cm. La colatura si effettua in istrati di 15 a 20 cm., ed ogni strato dev'essere accuratamente pigiato; riempito il cassone di calcestruzzo, questo deve rimanervi da 24 a 36 ore, secondochè il lavoro viene eseguito in estate o in primavera e in autunno.

Dalle analisi istituite dal Manfredini circa il costo delle murature di getto così fatte, risulta che queste presentano sulle murature laterizie un'economia del 25 p. 0/0.

Per le fondazioni, vòlte e sotterranei si realizza certamente una notevole economia e una grande perfezione ricorrendo al calcestruzzo agglomerato: solidità, pareti lisce, che non hanno più bisogno di intonaco, riduzione nelle grossezze dei muri, economia, arditizza nelle vòlte senza scapito della resistenza. ecc.

Quando il calcestruzzo Coignet si adopera colle composizioni prima accennate per formare massi e pietre artificiali, bisogna badare che non aderisca alle pareti della forma: perciò le forme di legno dopo ogni getto vengono ben ripulite ed asciugate; quelle di lamiera o di zinco si ricoprono di una leggera spalmatura d'essenza di trementina: e le forme di gesso, generalmente impiegate per i pezzi di forme complicate, si verniciano colla gomma-lacca. Si potrebbero impiegare per lo stesso scopo delle materie grasse, ma queste facilmente produrrebbero delle macchie alla superficie dei pezzi gettati. Come per le murature, anche in questo caso il getto si forma colando il calcestruzzo nella forma a strati successivi ed ogni strato viene pigiato per mezzo di mazzeranghe del peso di 7 chilogrammi ciascuna, formate da un pezzo di trave la cui testa inferiore è ricoperta da una placca di ferro grossa alcuni millimetri.

Per comprimere la pasta negli angoli della forma la si pigia mediante un pestello di legno su cui si batte con un mazzuolo. Dopo la pigiatura ogni strato di calcestruzzo viene rigato per mezzo da una specie di pettine metallico, onde assicurare la perfetta aderenza collo strato successivo.

Appena il pezzo è ultimato si apre o si smonta la forma e si fanno scomparire le traccie dei giunti per mezzo di spatole meccaniche; indi lo si lascia riposare per quattro o cinque giorni, perchè acquisti la necessaria coesione per poter essere maneggiato e trasportato. Dopo ciò conviene lasciare i pezzi fabbricati all'aria libera durante tre o quattro settimane almeno prima di usarli nella costruzione.

Le pietre così ottenute sono molto omogenee, molto compatte e non sono gelive. Resistono assai bene alla compressione potendo sopportare dei carichi di $300 \div 350$ Kg. per centimetro quadrato.

Ecco, secondo Michelot, le resistenze corrispondenti a diverse dosature del calcestruzzo:

Tabella LVI. — Resistenza del calcestruzzo Coignet.
Dosature in volume.

Sabbia	Calce	Cemento	Resistenza alla compressione in Kg. per cm ²
5	in polvere 1	0,25	200 ÷ 250
4	1	0,50	300 ÷ 350
5	1	1	500

Questa resistenza risultante dall'agglomerazione aumenta col tempo; adoperando materiali scelti si realizzano resistenze superiori a quelle delle migliori murature ordinarie.

d) *Pietre e marmi artificiali.* — Si è visto come il calcestruzzo agglomerato Coignet possa costituire una pietra artificiale. Aggiungendo all'impasto dei piccoli frammenti di marmi bianchi o colorati si ottengono delle pietre artificiali che presentano l'aspetto di graniti o di altre pietre naturali. Quando la massa ha acquistato la resistenza necessaria se ne può anche lucidare la superficie per mezzo di speciali mole. Pre-scindendo dai blocchi o prismi fabbricati col calcestruzzo ordinario o con quello agglomerato, che si usano per dighe, moli, gettate in mare, ecc., e che raggiungono talvolta dimensioni considerevoli, molte sono le qualità di pietre e marmi artificiali che si conoscono, benchè non tutte offrano risultati soddisfacenti dal lato della economia e della resistenza alle vicissitudini dell'atmosfera.

a) *Pietra artificiale di Randsome.* — Si compone di un miscuglio di calce, di silice solubile, oppure di sostanze contenenti calce, allumina, creta e di silicato di soda

o di potassa. Il miscuglio si versa nelle forme e si lascia indurire. Fra tutti gli elementi si forma una reazione che dà luogo ad un silicato insolubile, da cui la durezza della pietra che va aumentando col tempo. Però il minerale che fornisce la silice solubile è raro; Randsome lo estraeva dalle colline cretacee di Surrey presso Farnham. Questa pietra artificiale fu chiamata *aponite* e può essere lucidata.

β) *Pietra artificiale detta « Victoria Stone »*. — Si forma con 4 parti di frammenti di granito e 1 parte di cemento idraulico: la miscela si versa nelle forme ove la si lascia riposare durante quattro giorni. La durezza delle pietre che così si ottengono viene aumentata notevolmente, tanto da farle poi resistere all'umido e al gelo, ponendole, dopo i quattro giorni che rimasero nello stampo, entro una soluzione di silicato di soda.

γ) *Pietre artificiali di Lebrun*. — Si riducono insieme in polvere molto fina 5 parti di pietra da calce idraulica o da cemento e una di carbone coke. Di tale polvere se ne fanno delle mattonelle che si cuociono in forni ordinari e che quindi si polverizzano dando luogo alla polvere detta *hydro*. Si mescola questa polvere con sabbia nel rapporto di 1:3 e si comprime il miscuglio ridotto in pasta entro le apposite forme. Se ne ottengono dei materiali che possono servire come pietre di ornamentazione nei fabbricati, oppure anche come piastrelle da pavimento o di decorazione. La resistenza allo schiacciamento di queste pietre è di 81 Kg. per cm²; esse resistono abbastanza bene alle influenze atmosferiche: non si contraggono e non sono gelive.

δ) *Pietra artificiale Barteau*. — Si compone con gesso, calce e sabbia, alle quali si incorporano dei residui di scorie di ogni provenienza. Il miscuglio fa presa energica in poche ore e si getta con grande facilità, ottenendosi dei getti di forme delicatissime. Si consolida all'aria e resiste anche alle piogge: la sua resistenza è di Kg. 70 per centimetro quadrato.

ε) *Pietra artificiale di Wilson*. — Essa è comunissima in Inghilterra e s'ottiene col mescolare dapprima 2 parti di sabbia di fiume ed 1 parte di calce viva polverizzata e crivellata; dappoi coll'impastare questi materiali con acqua, la quale contenga ogni 9 litri, litri 0,57 di colla e Kg. 0,57 di allume e coll'aggiungervi del gesso.

ζ) *Pietre artificiali cementizie*. — Impastando insieme cemento, ghiaia o ghiaietta mista a pietrisco naturalmente colorato, e colando l'impasto entro appositi stampi o forme si ottengono pietre artificiali di qualsivoglia disegno e dimensione, ciò che si è già detto parlando del calcestruzzo Coignet. Le pietre artificiali cementizie si possono dividere in quattro categorie e cioè: *di resistenza, di decorazione, di finimento e pietre per usi diversi*.

Le pietre di resistenza comprendono i blocchi, prismi, mattonelle, cunei o conci di archi e vòlte, architravi, colonne, ecc. per le murature in genere, tanto di fondazione quanto fuori terra. Se il pezzo dev'essere soggetto solamente a sforzi di compressione, allora basta che l'impasto sia ben fatto, omogeneo e convenientemente stagionato; se invece deve resistere anche a sforzi di flessione, come, per es., gli architravi, le mensole e ogni altro pezzo a sbalzo, allora è necessario rinforzare la massa con opportune armature di ferro immerse nell'impasto quando questo viene colato nella forma. Le pietre così ottenute, dette anche di *cemento armato* o *siderocemento*, possono talvolta superare in resistenza quelle naturali. Dei materiali costruttivi così formati ed oggi giorno usati su vasta scala perchè, oltre alla resistenza, presentano sensibili vantaggi economici, si avrà occasione di riparlare più diffusamente.

Per le pietre decorative si usa in generale il cemento Portland di buona qualità e minuto pietrisco marmoreo di determinate tinte; l'impasto dev'essere manipolato con molta cura e stagionato opportunamente. Si ottengono così pietre artificiali che superano in resistenza e durata i laterizi e molte pietre naturali, quali le arenarie, le

puddinghe, i calcari teneri, ecc., e che possono essere *martellinate* come le pietre naturali, levigate e lucidate a somiglianza dei marmi, dei graniti e dei porfidi. A seconda della forma e dell'uso di queste pietre è necessario talvolta introdurre delle anime o delle armature di ferro. Un buon impasto si ottiene con: parti 2 di cemento Portland a lenta presa, mezza parte di sabbia silicea e mezza parte di frammenti minutissimi di marmo o di ghiaietta pure minutissima. Perchè queste pietre artificiali col tempo non si screpolino o si sfaldino alla superficie, come avviene dei pezzi formati con solo cemento quali dapprima si fabbricavano, è indispensabile che la stagionatura sia completa prima del loro collocamento in opera: è questa un'avvertenza che non va per nessuna ragione trascurata se non vuoi compromettere il risultato del lavoro. In confronto delle pietre naturali, le pietre artificiali cementizie decorative riescono di una rilevante economia, poichè, tenuto conto delle loro forme anche complicate che solamente con grande lavoro si otterrebbero dalle pietre naturali, esse vengono a costare dalle 80 alle 120 lire al metro cubo.

Nelle pietre di finimento si comprendono le coperture dei muri e pilastri, i canaletti di scolo delle scuderie, le bocchette per tombini, i davanzali di finestre, ecc.

Finalmente si fanno in pietra artificiale cementizia molti altri lavori per usi diversi, quali vasche da bagno, che sostituiscono in modo convenientissimo quelle di marmo e metalliche, abbeveratoi, mangiatoie, acquai, lavatoi, fontane, camini, tavole anatomiche, vasi e lastre per ogni uso, le quali possono raggiungere anche dimensioni considerevoli e tali che non si otterrebbero da blocchi di pietre naturali. Queste pietre, che si impastano in generale con minuti frammenti marmorei, risultano impermeabili ai liquidi e inattaccabili dai gaz acidi ed ammoniacali.

I lavori che si ottengono colle pietre artificiali cementizie presentano poi un notevole vantaggio su quelli eseguiti con pietre naturali, poichè potendosi formare l'opera compiuta d'un pezzo solo, si vengono a sopprimere i giunti, ciò che nella maggior parte dei casi, e specialmente quando l'opera stessa è a contatto coll'acqua sia in modo continuo sia intermittente, impedisce che si verifichino quegli inconvenienti e quei guasti che dipendono dalle infiltrazioni attraverso i giunti, ad evitare le quali bisogna talvolta ricorrere a speciali accorgimenti assai costosi e non sempre di sicuro risultato.

θ) *Marmi artificiali*. — Quando le suddescritte pietre artificiali sono così composte da essere levigate e lucidate prendono anche il nome di marmi artificiali. Però l'impasto del marmo artificiale, propriamente detto, si fa in modo alquanto diverso, entrando in esso anche il gesso e altri materiali secondari.

Si può, ad es., fabbricare un marmo artificiale prendendo 75 Kg. di residui di schiuma di mare, 3 Kg. di soluzione satura di allume, 25 Kg. di terra di porcellana, 3 Kg. di gomma adragante, 1 Kg. di gomma arabica, e facendo bollire il miscuglio per 6 ore, quindi collocarlo nella forma premendolo bene e facendo poi essiccare il pezzo ottenuto in un forno. Quando sia ben raffreddato gli si dà il pulimento.

Un altro procedimento consiste nel prendere un litro di latte cagliato e aggiungervi della calce spenta in modo da formare una pasta abbastanza consistente, alla quale si aggiunge poi 1 Kg. di creta di Bologna e 2 Kg. di cerussa. Si mescola e si tritura pure tutta la massa, che si lascia poi seccare e quindi si pulisce.

Si può ottenere del marmo artificiale colle segature di legni duri o di avorio, ecc., mescolate a colori diversi, e impastate con colla. Gli oggetti che se ne ottengono non devono però subire scosse.

Il *similmarmo* si forma mescolando una parte di cemento, una di canapa sminuzata, di crine vegetale, o di qualsiasi altra sostanza filamentosa, una d'argilla impastata con olio di lino, 3 parti di polvere di marmo, e aggiungendo alla miscela $\frac{1}{5}$ del suo peso di solfato di potassa. Si impasta il tutto diligentemente, si getta, si lascia seccare e quindi si lustra.

Questi marmi artificiali si fabbricano colle venature che si desiderano colorando opportunamente la massa od anche la sola parte superficiale della stessa: questa operazione della venatura richiede operai molto abili.

Non è qui il luogo di descrivere tutte le operazioni che si devono seguire per la fabbricazione dei marmi artificiali: si noterà soltanto come si ricorra a bagni speciali di solfato di ferro, di rame o di zinco, dopo i quali si deve immergere la pietra in un bagno d'acqua a 132° Fahr., scaldarla in una stufa, ove la temperatura sia mantenuta per 36 ore a 162° o 172° Fahr., e infine procedere al suo indurimento immergendola in un bagno di solfato di zinco, il quale non altera il colore ma ha per effetto di restringere i pori e aumentare la densità del materiale.

Coll'indurire il gesso si ottiene pure del marmo artificiale. Uno dei processi più efficaci consiste nell'impiegare l'allume, ottenendo così il *gesso allumato* o cemento inglese o cemento di Keew. Si può raggiungere lo scopo in due maniere. Colla prima si cuoce il gesso in pezzi grossi come un uovo, indi lo si pone in casse di legno traforate le quali vengono immerse in un bagno di acqua contenente il 10 p. % di allume in soluzione. Il gesso così imbevuto è cotto nuovamente fino alla temperatura del color rosso, poi viene triturato e messo in opera. Colla seconda maniera, più conveniente della precedente, si mescola l'allume solido al gesso crudo in polvere e si fa cuocere il tutto insieme. Il gesso così preparato viene spento nel modo ordinario, o, meglio, con dell'acqua contenente l'8 p. % di allume in soluzione, poichè allora assume una durezza molto maggiore. Colle malte di gesso preparate in tal guisa si fanno degli oggetti, come piastrelle di pavimento, ornati, cornici, vasi, piani da tavolini, ecc., i quali presentano la durezza e traslucidità del marmo, e possono come il marmo essere tirati a perfetto lucido.

Il processo Abate di indurimento del gesso è fondato sul principio che il gesso acquista durezza se viene spento colla minima quantità d'acqua e se viene compresso. Si realizza praticamente questo mezzo ponendo il gesso asciutto in un cilindro orizzontale girevole attorno al suo asse, e facendo arrivare sul cilindro un getto di vapore in modo che il gesso in brevissimo tempo assorbe la data quantità di acqua che si regola in modo da essere inferiore al volume del gesso. Questo, così umettato e sempre in polvere, viene introdotto rapidamente nella forma dell'oggetto che si vuol riprodurre e vi si comprime durante qualche minuto con un torchio idraulico. Si ottengono con questo sistema, semplice e poco costoso, oggetti di una durezza paragonabile a quella del marmo.

x) *Altri generi di pietre artificiali.* — Fra le pietre artificiali si possono considerare anche le mattonelle o i mattoni fabbricati con sostanze diverse e che si usano poi come i mattoni ordinari o per speciali costruzioni. Ve ne ha di parecchie sorta, anzi se ne inventano sempre delle qualità nuove, nello scopo di approfittare vantaggiosamente dei residui che provengono dalle diverse industrie, e che non sarebbero in nessun altro modo utilizzati.

Fra tali mattoni si ricorda quello detto *massif*, inventato dai sigg. Londe e Patapy, composto di tre parti di scorie e di una parte di cemento a lenta presa, agglomerati a macchina, con acqua sufficiente a rendere il composto malleabile. L'impasto viene versato in apposite forme e sottoposto ad una pressione di circa 20 mila Kg. Le dimensioni del mattone sono cm. 25 × 16 × 9 e il suo peso è di Kg. 4.200 circa. Quindici giorni di disseccamento all'ombra bastano per dare al prodotto la resistenza necessaria per essere impiegato utilmente nelle costruzioni.

Un altro genere di mattoni o di pezzi diversamente modellati che si possono impiegare con vantaggio nelle costruzioni fu ottenuto da Garchey, utilizzando i cocci di vetro e i rottami di bottiglie, ecc. Essi vengono ridotti in polvere e quindi disposti in stampi metallici che si fanno successivamente passare in due forni per svetrificarli.

Il primo forno serve a riscaldare progressivamente la materia, sino a che tutte le parti siano il più possibile ugualmente svettrificate. Gli stampi restano circa un'ora in questo forno: le molecole di vetro, ridotte ad uno stato di divisione estrema a cagione del loro stato pulverulento, si svettrificano rapidamente e nello stesso tempo si rammolliscono saldandosi fra loro e venendo a formare una materia pastosa assai consistente. Allora gli stampi vengono levati dal forno di riscaldamento e introdotti in un forno ad alta temperatura, ove non restano che qualche minuto soltanto. Questa seconda operazione ha per iscopo di completare la svettrificazione e di rendere la materia più malleabile per poterle più facilmente dare la forma voluta. Lo stampo metallico è allora ritirato dal forno e collocato sotto il torchio. La materia pastosa si lascia modellare e tagliare con tutta facilità. Garchey ottiene così dei pezzi aventi l'apparenza di mattoni o di pietre da taglio, variandone anche le tinte secondo la miscela dei vetri, e ciò a prezzi di costo assai modici. L'inventore chiama queste pietre artificiali *pietre ceramiche*.

Un altro materiale artificiale, usato come pietra da costruzione, è il *pirogranito*, dovuto all'ingegnere russo Kristowitch, ed è un impasto, cotto ad alta temperatura, di argilla rossa ordinaria, di argilla refrattaria e di mattonelle cotte, triturate e macinate e passate in setacci a maglia più o meno stretta, a seconda della finezza della grana che si vuole ottenere nella pietra artificiale. Col grado di cottura e con vari colori si ottengono impasti con colore che passa dal nero al bruno chiaro. L'impasto si colloca in forme parallelepipedo, fabbricandone dei massi o delle lastre. Questa pietra è inattaccabile dagli acidi e non è porosa.

La pietra artificiale *Sôrel* si usa pure come materiale da costruzione, e si ottiene mescolando il 10 ÷ 20 p. % di ossido di magnesio in polvere finissima con 90 ÷ 80 p. % di polvere pure finissima di marmo o di laterizi e impastando il tutto in massa omogenea con una soluzione di ossicloruro di magnesio alla densità fra 15° e 30° Baumé, fino a ridurre l'impasto allo stato plastico. Questo si pone in istampi parallelepipedo ove lo si comprime nello stesso modo come per formare i mattoni ordinari. Appena stampate e formate le pietre, si pongono ad essiccare e a indurire sopra un'aia, lasciandovele poco più di una settimana. Si usano poi nella costruzione dei muri, delle vólte, dei pavimenti e simili. Questo materiale è impermeabile all'acqua, ha struttura compatta e presenta allo schiacciamento una resistenza di Kg. 797 per cm².

La *xilolite*, ossia legno-pietra, è poi un altro materiale artificiale formato con segatura di legno, che presenta il vantaggio di essere impermeabile, incombustibile, resistente poichè presenta alla compressione una resistenza di Kg. 439 per cm² e duro, avendo un grado di durezza di 6 ÷ 7. Esso si usa per rivestimento di muri, per pavimenti, per tramezze, per soffitti e simili, essendochè viene lavorato preferibilmente in lastre. Si lavora come il legno duro, e può essere lucidato e verniciato come il legno. Non deve però adoperarsi in luoghi umidi specialmente perchè l'umidità si condensa sulla sua superficie, e dà luogo ad efflorescenze dovute ai sali contenuti nell'impasto.

Un legno-pietra si ottiene pure mescolando la segatura di legno con magnesia in polvere e cloruro di magnesia nella proporzione di 2 e 1. Si bagna poi il miscuglio per mezzo di un annaffiatoio, e la pasta che se ne ottiene può modellarsi in ogni maniera. Essa si solidifica all'aria e fornisce un materiale duro e poco infiammabile che può usarsi con utile risultato per rivestimenti.

Un nuovo materiale artificiale che pare abbia fatto buona prova è la *suberina*, ossia pasta di sughero, la quale presenta il vantaggio di essere leggera ed isolante sia per il suono come per il caldo ed il freddo. Si usa specialmente per la costruzione dei solai ad armatura di ferro, e si è riconosciuto che essa, in piastre grosse 0,10, resiste ad un carico di 1200 Kg. per m², ed in piastre grosse 0,08 non si inflette sotto un peso di Kg. 1100.

Si accennerà ancora ai prodotti che si ottengono colla pasta di carta, colla quale si sono già formati mattoni, lastre, piastrelle e simili. Però questi prodotti hanno ancora bisogno della sanzione dell'esperienza, onde non si crede di entrare in particolari a proposito di essi, nè di suggerirne l'uso fin quando siasi riconosciuto che, oltre alla necessaria resistenza e durata, essi presentano una economia in confronto dei materiali ordinari.

E) Materiali diversi.

Nella costruzione e nel finimento delle murature per muri, vòlte, tramezzi, ecc., possono occorrere, oltre ai sovracitati, molti altri materiali. Così il *ferro* che viene adoperato per arpioni, catene, chiavi, travature per tramezzi, per voltine, ecc., la *ghisa*, il *piombo*, sia per impiombature, sia in lastre per formare letti di posa alle pietre lavorate o come materiale preservativo contro l'umidità; il *legname* per pali di fondazione, per tramezze, architravi e spalle d'aperture, ecc.; l'*argilla*, il *pietrisco*, il *carbone*, il *coke*, i *rovinacci* e simili per riempimenti diversi e anche delle murature dette imbottite o a sacco; vari generi di materiali laterizi, specialmente per la costruzione delle vòlte e dei voltini: i *ciottoli* per formazione di murature e per riempimenti; il *vetro* sotto forma di mattoni (come già si è visto) o di lastre per strati isolatori; i *cannicci* di varie sostanze per formazione di pareti di soffitti e simili; l'*asfalto* sia naturale che artificiale, i *cartoni incatramati*, il *bitume* come materiali isolanti; gli *stucchi* per intonachi, le *coloriture*, le *vernici*, ecc.

Di tutti questi materiali o di altri secondari che possono far parte integrante delle murature ultimate è detto partitamente a suo luogo e implicitamente nella trattazione che ora segue della costruzione delle murature.

II. — MURATURA DI PIETRE NATURALI

La muratura di pietre naturali si distingue in due categorie: A) *muratura di pietrame greggio*; B) *muratura di pietra lavorata, o da taglio, o di vivo*.

A) Muratura di pietrame greggio.

a) *Generalità*. — Quando nelle murature i materiali vengono posti in istrati orizzontali, questi son detti *corsi* o *filari*; i giunti fra i pezzi si dicono *commesure*; le facce piane che separano un corso dal contiguo son dette *letti*; l'ordinamento dei materiali nei filari si dice *assestamento*; i materiali dei filari posti colla lunghezza nel senso della grossezza del muro son detti posti *in chiave* o di *punta*: di *fascia* invece se la loro lunghezza è nel senso della lunghezza del muro.

b) *Muri a secco*. — La più semplice muratura di pietrame greggio è quella così detta *a secco*, fatta con pietre o con ciottoli senza intervento di un qualsiasi materiale di legamento. Questa muratura viene usata specialmente per recingere spazi all'aperto, per sostegno di terre, per rivestimento di scarpe, e anche per muri di case rustiche, o per meglio dire di capanne e ricoveri temporari di alpigiani. I sassi da impiegarsi bisogna che siano piuttosto voluminosi e appiattiti, assai resistenti all'azione dell'umidità e del gelo. Bisogna posarli in modo che combacino il meglio possibile e riempirne i vani e le commesure con schegge battutevi dentro a martello. Non è buona pratica quella di riempire detti vani con terra, perchè questa favorisce lo sviluppo di vegetali, che colle loro radici sconnettono la muratura facendola poi rovinare. Ai muri a secco si usa assegnare una grossezza non minore di $\frac{1}{5}$ della loro altezza: se devono avere una grande altezza si fanno rastremati da una o da ambe le parti. I muri a secco

riescono talvolta convenienti nel rivestimento delle scarpate di terra, perchè lasciano facilmente scolare attraverso le connesure delle pietre l'acqua di cui si imbeve il terreno, diminuendone così la spinta. In tal caso i muri a secco devono presentare una inclinazione almeno uguale al declivio naturale delle terre che essi rivestono e sostengono: la loro grossezza varia da m. 0,75 a m. 1,50, a seconda di tale inclinazione, della altezza del muro, e dell'esistenza o non di contrafforti o speroni.

c) *Muratura di pietre greggie in malta.* — Le pietre greggie si impiegano nei muri di fondazione e nei muri fuori terra che devono poi essere intonacati, eccettochè nella muratura ad *opera incerta*, dove la malta non appare che nelle commesure. Tali pietre possono essere *regolari* se hanno due superficie opposte sensibilmente parallele, *irregolari* se sono pezzi a rottura irregolare, *tondeggianti* (ciottoli).

Quando le pietre sono regolari si possono disporre in modo che le commesure verticali risultino alternate, cioè non in corrispondenza una dell'altra. Tutte le pietre, od almeno una gran parte di esse, devono essere collocate di testa, cioè trasversalmente, di maniera che il lato più lungo sia normale alla faccia del muro, e di tanto in tanto alcune di quelle poste da un lato del muro devono incrociarsi con quelle poste dall'altro lato, onde la massa murale riesca ben collegata.

Le pietre vanno poste in opera in modo che la faccia più piana risulti al disotto onde formi piano di posa e con la faccia laterale meno irregolare sulla fronte del muro, non di costa. Ciò perchè le pietre non si sfaldino e si deteriorino facilmente. Devesi poi badare che non presentino superiormente alcuna faccia inclinata verso l'esterno poichè tale circostanza riuscirebbe molto dannosa per la stabilità; nelle cantonate dei muri, nelle testate e nelle spalle si devono collocare pietre grosse, alquanto sbazzate da due parti.

Ad altezza variabile da 0^m,70 a 1^m,50, a seconda dell'altezza del muro, si forma un conguaglio orizzontale degli strati; nelle fondamenta ciò si fa in corrispondenza delle *riseghe*, ossia dei risalti che si fanno nella grossezza del muro a determinate altezze.

L'irregolarità delle pietre greggie è causa di assai grosse commesure e di interstizi, che si devono rinzeppare con delle scheggie o scaglie, le quali si possono ricavare, senza spaccare le grosse pietre, dai detriti delle cave e dalla sbazzatura di quelle pietre che ebbero bisogno di qualche lavorazione; di questi riempimenti si deve però fare l'uso strettamente necessario. È anche utile, specialmente nei grossi muri di fondazione, adoperare rottami di mattoni.

Ogni pietra deve essere posata sopra una sufficiente ma non esuberante quantità di malta, e bene assestata battendola col martello e contornandola di scheggie in modo che risulti ben ferma al suo posto. Dapprima si murano per un tratto le pietre più grosse lungo i due margini del muro, poi si versa della malta nella parte centrale e su essa si dispongono le altre pietre adattandole bene ed assestandole mediante pietre più piccole e scheggie in modo da ottenere un perfetto collegamento.

d) *Muratura di ciottoli, in malta.* — È molto più difficile la costruzione con pietre tondeggianti non potendosi ottenere un vero collegamento per la loro forma arrotondata e perchè la loro superficie, poco aspra, male si presta all'aderenza con la malta. Si deve aver riguardo di alternare le commesure verticali ed a riempir bene con piccole pietre ed anche con pezzi di mattone, gli spazi che inevitabilmente rimangono vuoti; i ciottoli vanno collocati su un letto di buona malta e col loro asse maggiore orizzontale nel senso della grossezza del muro, procurando di collegare il muro mediante grosse pietre collocate di testa. Se si tratta di ciottoloni assai grossi si può collo spezzarli averne delle superficie pianeggianti ed ottenere in tal modo una buona unione reticolare.

Quando i ciottoli non sono molto grossi ed hanno, come di solito, la forma ovoidale un po' schiacciata, si dispongono per corsi o filari: in ogni filare l'asse maggiore è orizzontale e normale alla faccia del muro ed i ciottoli sono collocati parallelamente fra di

loro ma inclinati tutti di circa 45° alternando tale inclinazione in modo che in un corso essi siano inclinati da una parte ed in quello successivo dall'altra; gli apici dei ciottoli di un corso si mettono poi nell'intervallo che risulta tra quelli del corso inferiore.

e) *Muratura mista di pietrame, pietre da taglio o mattoni.* — Quando le pietre sono assai irregolari, o piccole, o molto difficili a lavorarsi per modo che non si possono avere le pietre d'angolo necessarie, si formano i *cantonali*, le *spalle*, ecc., con mattoni, ma sempre contemporaneamente alla muratura con cui i mattoni si immorsano (fig. 547).

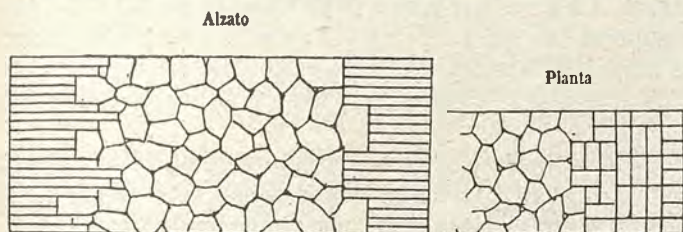


Fig. 547. — Muratura di pietra greggia con spalle di mattoni.

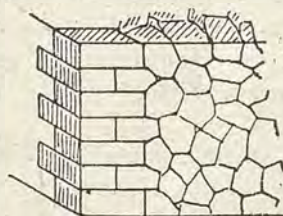


Fig. 548. — Muratura di pietra greggia con spalla di pietra da taglio.

Ove si desidera che le immorsature non riescano visibili esternamente, esse si fanno solo nell'interno del muro. Invece che di mattoni si possono fare i *cantonali* anche con pietra da taglio, ossia pietra lavorata (fig. 548).

Sovente i corsi di pietre sono sostituiti con corsi di mattoni ed allora il muro vien detto *listato*. Di questo si dirà in appresso.

f) *Avvertenze.* — La costruzione dei muri di pietrame greggio va affidata ad operai esperti i quali sappiano convenientemente scegliere le pietre per formare corsi, per fare legamenti e per bene assestarle.

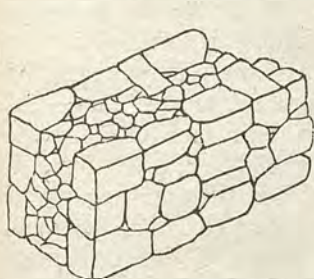


Fig. 549. — Con pietre frontali grosse.

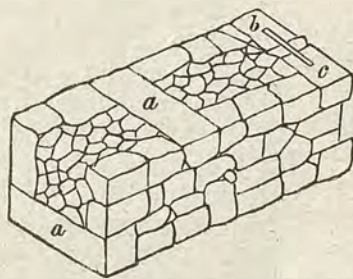


Fig. 550. — Con pietre di legamento *a*, o leghe, o con pezzi incatenati mediante grappa di ferro.

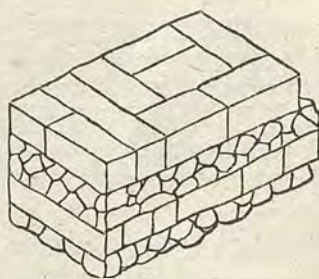


Fig. 551. — Con corsi di pietre grosse.

Fig. 549 a 551. — Diversi sistemi di muratura greggia.

Presso il luogo in cui deve erigersi il muro le pietre si dividono dapprima in cinque gruppi, cioè due dei meno irregolari e più piatti, lunghi o corti, due dei più irregolari grossi o piccoli ed uno delle scheggie.

Allorchè abbonda il materiale grosso e piuttosto regolare si usa di metterlo lungo le faccie esterne e di riempire lo spazio col materiale minuto (fig. 549). In questo caso il collegamento fra le pietre frontali e le interne non riesce mai troppo bene, onde la necessità di ricorrere a più frequenti corsi di materiale grosso, bene indentato, e di usare la precauzione di collocare di tratto in tratto dei pezzi in chiave, che risaltino nello spazio interno da occuparsi coi sassi più piccoli. Sogliono anzi i muratori di incatenare talora due opposti pezzi in chiave con grappe di ferro (fig. 550, *b*, *c*), allorchè mancano di un pezzo intero come *a* (fig. 550), pezzo che vien detto *lega*. Quando il

materiale grosso abbonda è migliore la disposizione indicata nella fig. 551, che dà luogo ad un muro assai più solido, perchè di tratto in tratto si hanno dei filari piuttosto regolari e perchè i sassi più voluminosi formano una specie di ossatura *a cassetta* assai bene commessa.

Per le murature di pietrame occorre che la malta sia di ottima qualità, essendo affidata ad essa la maggior parte della solidità del muro, e quanto più i letti e le commesure sono irregolari e il materiale è di piccolo volume, tanto migliore dev'essere la malta e adoperata in abbondanza. La grossezza media degli strati di malta, fatta con calce ordinaria, dev'essere compresa tra cm. 1 e 2: un po' meno se i sassi presentano migliore combaciamento nelle faccie e se la malta è fatta con calce idraulica o di cemento a presa piuttosto rapida: un po' di più se le pietre sono porose e la malta è di presa lenta.

Quando la malta è idraulica o cementizia o di gesso, bisogna fare un assestamento provvisorio a secco, indi ricollocare i pezzi in malta definitivamente a posto: se si adopera malta ordinaria o malta di presa lenta, tale operazione preliminare non è necessaria. Collocati a posto i pezzi frontali e di legamento, previamente ridotti col martello in modo da toglierne le punte o le irregolarità maggiori, si versa la malta negli intervalli e quivi si dispongono i sassi più piccoli e le scheggie, comprimendoli bene, come già si disse.

Specialmente nei muri di ciottoli devesi avere l'avvertenza di usare malta di ottima qualità, di preferenza di calce idraulica o cementizia o pozzolanica.

B) Muratura di pietrame grossolanamente lavorato.

I muri di pietrame riescono assai migliori dei sopradetti quando siano fatti con *pietre di cava*, dette *scapoli*, *scardoni*, ecc., cioè con pietre provenienti dalle cave, perchè di solito essendo la roccia stratificata, le pietre presentano due faccie piane più o

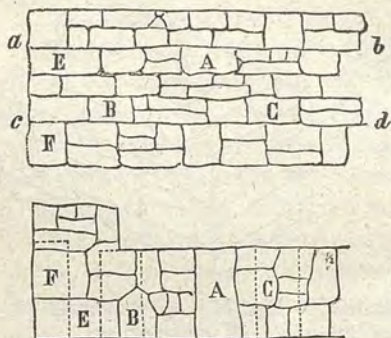


Fig. 552. — Muratura di scapoli.

A, B, C, leghe; E, F, pezzi da cantonale;
a, b, c, d, letti orizzontali continui.

meno parallele ed hanno più facilmente grossezza costante. Per questa ragione i letti ed i filari riescono meglio, e di grossezza più uniforme. Bisogna curare che il muro ad altezze successive di m. 0,60 ÷ 0,90 sia spianato con letti orizzontali continui *a b, c d* (fig. 552) e che le pietre di legamento siano fra di loro distanti non più di m. 1,50 ÷ 2,00. Queste saranno così distribuite che una cada sempre nel mezzo di due sottoposte (fig. 552 A, B, C). Nelle cantonate si collocano sempre le pietre più voluminose e più regolari mettendone una di punta e una di fascia (fig. 552 E, F).

Oltre le avvertenze di cui sopra bisogna osservare che le commesure riescano più sottili possibili,

che i vani siano bene riempiti con scaglie, e che i pezzi siano disposti secondo il loro letto naturale, che cioè assumano una giacitura parallela al loro piano di stratificazione, affinchè non si sfaldino nè si spezzino.

C) Muratura di pietra concia o da taglio.

a) *Muri ad opera incerta*. — Una muratura speciale, di transizione fra la muratura di pietrame a quella di pietra concia è quella detta ad *opera incerta* (*opus incertum* degli antichi) nella quale le pietre che formano le faccie viste del muro sono lavorate a prismi di base poligona irregolare (vedi fig. 547 e 548) ed assestate in maniera che si combaciano esattamente nelle faccie laterali, ed i giunti risultano normali alle

teste del pezzo di cui la testa visibile è lavorata piana. Questo assestamento, chiamato anche *poligonale*, rimonta alla più remota antichità, trovandosene esempi nelle mura *ciclopiche* e nelle *pelasgiche*. Nelle ciclopiche però il contatto non è sempre perfetto fra un pezzo e l'altro onde la commessura risultante viene riempita e chiusa con scheggie, mentre nelle pelasgiche le commesure sono strettissime ed ottenute con una lavorazione accuratissima delle faccie di contatto.

In questa muratura, che oggigiorno viene usata molto spesso nei muri di sostegno delle terre, sia delle scarpe nelle trincee e negli argini delle ferrovie, sia di murazzi lungo i fiumi, di rampe e terrazze di giardini ecc., i giunti si profilano generalmente con della calce idraulica o del cemento, facendo anche in modo che la profilatura aggetti alquanto dalla faccia dei pezzi e corra con una larghezza costante di uno a due centimetri, dando luogo ad una specie di reticolato di bell'aspetto. Notisi che con tale sistema si nascondono le imperfezioni dei giunti, onde si evita la lavorazione esattissima delle faccie di contatto. Onde la profilatura non abbia a staccarsi, occorre che penetri bene nel giunto che si dovrà lasciare un po' largo per un certa profondità dalla faccia esterna del muro; usare una malta assai bene manipolata e di buona qualità, e procedere al lavoro in stagione propizia.

Anche per questa muratura i cantonali, le spalle, gli speroni e simili devono essere fatti con pietra da taglio od in mattoni.

b) *Muratura di pietra concia*. — α) *Generalità*. — I pezzi che formano questi muri si dicono anche semplicemente *conci* ed in essi si distinguono: le faccie piane orizzontali dette *letto superiore* e *letto inferiore*; la superficie esterna o di *fronte*; le superficie di commessura o *giunti*. Le pietre lavorate si dispongono generalmente a strati orizzontali detti *corsi* o *filari*, e come per la muratura di pietrame, quando il pezzo è collocato in lunghezza trasversalmente al muro si dice posto *in chiave*, o di *punta*, o di *testa*, e quando è disposto in lunghezza nel senso longitudinale del muro si dice collocato *in grossezza*, *di fianco*, *di fascia*.

Oggigiorno raramente si costruiscono muri di sole pietre conce che riuscirebbero assai costosi, e la pietra da taglio si adopera come materiale di rivestimento o per pezzi speciali come architravi, davanzali, pilastri, colonne, spalle, mensole, ecc. Anticamente invece si trovano muri composti interamente di pietra concia detti *megalitici*. È certo che la struttura megalitica dà luogo ad una solidità che non si raggiunge con altri muri, ed anche oggi per certe parti nelle fabbriche che devono portare grandi pesi o reggere a forti pressioni si ricorre alla struttura megalitica. Ad ogni modo questa differirà sempre dall'antica per la dimensione dei blocchi o conci ed anche nell'impiego della malta, la quale nelle strutture antiche adopravasi non tanto come mezzo di legamento, ma solamente come stuccatura, mentre oggi viene usata quasi precipuamente come mezzo di collegamento.

β) *Lavorazione dei conci*. — Trattando delle pietre naturali si è già detto della lavorazione di esse e degli strumenti a ciò necessari. Si tratterebbe ora di descrivere il modo con cui lo scalpello procede nella lavorazione dei massi ricavandone solidi semplici o complessi, sagomati, ornamentali, ecc.; che abbiano insomma le volute dimensioni e forme. Ma per ciò bisognerebbe entrare nel campo della stereotomia, campo vastissimo e che, d'altra parte, esce dal programma di questo Manuale. Si rimanda quindi alle speciali pubblicazioni (vedi bibliografia in fondo al capitolo), fra le quali è da raccomandarsi quella classica del Rondelet.

γ) *Assestamento e unione dei conci*. — Nell'assestamento irregolare (fig. 553) i letti sono formati da porzioni interrotte di filari orizzontali con commesure verticali. I conci vanno lavorati molto accuratamente. L'assestamento isodomo (fig. 554 a, b, c, d) è quello in cui i conci sono parallelepipedi, tutti uguali fra di loro, che possono disporsi nelle quattro maniere seguenti: 1°) coi conci tutti di fascia o in grossezza; 2°) coi conci

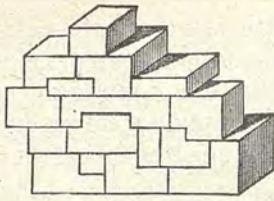


Fig. 553.
Muratura di pietra conca.
Assestamento irregolare.

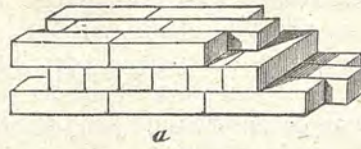


Fig. 555. — Muratura in pietra conca. Assestamento pseudoisodomo.

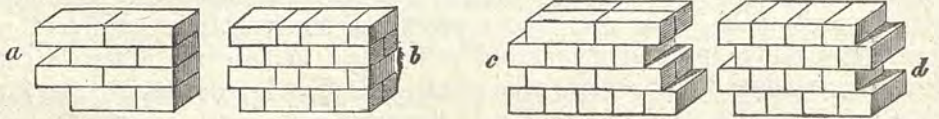
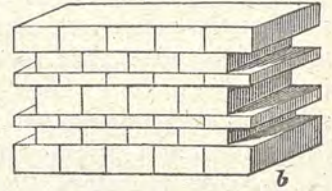


Fig. 554. — Muratura di pietra conca. Assestamento isodomo.

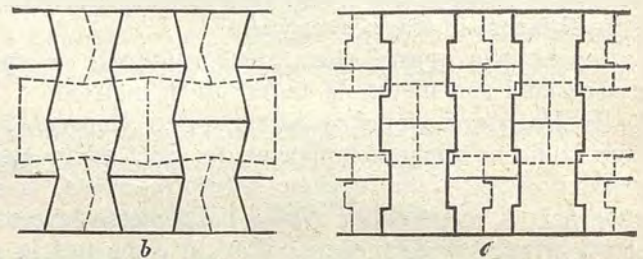
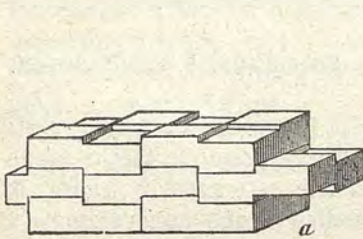


Fig. 556. — Muratura di pietra conca. Assestamento indentato.

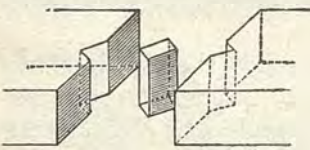


Fig. 557. — Giunzione di conci con bietta di pietra.

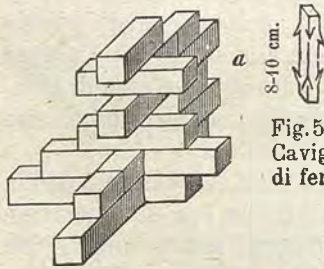


Fig. 560.
Caviglia di ferro.

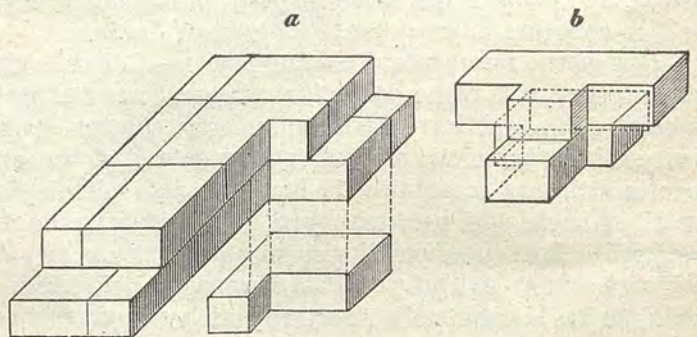


Fig. 558. — Conci speciali per cantonali e incontro di muri.

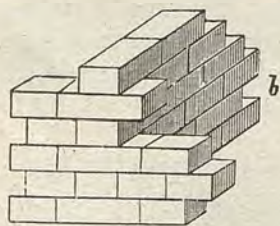


Fig. 559. — Disposizione dei conci nell'incontro dei muri di pietra conca.

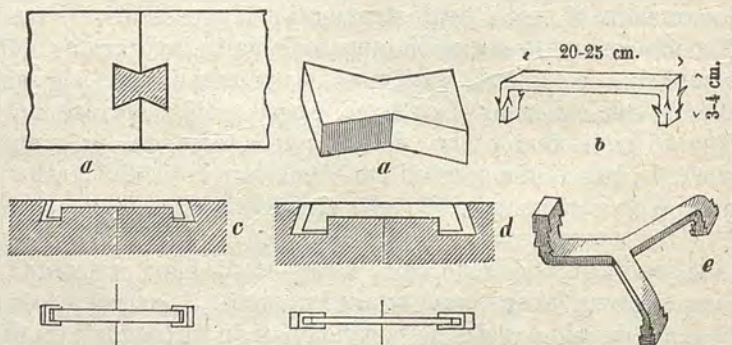


Fig. 561. — Arpioni o grappe di ferro per unione dei conci.

alternantisi in ogni filare, cioè uno di punta e uno di fascia; 3°) con corsi alternati cioè coi conci posti di fascia nell'uno e in chiave nell'altro; 4°) coi conci tutti in chiave. In tutte le disposizioni i giunti verticali non devono corrispondersi, ossia devono essere sfalsati. *Pseudo-isodomo* è detto quell'assestamento nel quale i conci sono parallelepipedi di diversa dimensione, disposti però in modo che ogni filare è composto esclusivamente da conci uguali (fig. 555 *a, b*). Per questo assestamento l'architetto Semper ha stabilito la norma che le altezze delle pietre in due filari di diversa altezza stiano fra loro come le radici quadrate delle rispettive lunghezze: cioè se h e h' e l e l' sono l'altezza e la lunghezza di due conci si abbia fra loro la relazione: $h : h' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$. Chiamasi poi *assestamento indentato* quello nel quale i conci sono lavorati a risalti che si indentano uno nell'altro (fig. 556 *a, b, c*), oppure la forma dei risalti o dell'indentatura può essere varia a piani retti o curvi od anche a forma di canale con bietta di pietra (fig. 557). Talvolta, come si è fatto nella costruzione del dock Great Grimsby il canale fra i due pezzi, si è riempito con calcestruzzo. Ogni pezzo però aveva un mezzo canale verticale ed uno orizzontale. Questo genere di assestamento è però poco usato, o solo in speciali e rari casi.

Come per la muratura di pietrame i cantonali vanno fatti con conci disposti di punta e di fascia alternativamente e di forma speciale (fig. 558 *a*); nell'incontro dei muri si usano poi pezzi appositi (fig. 558 *b*) oppure si ha cura di disporre i conci in maniera che il collegamento sia continuo (fig. 559 *a, b*).

In generale l'altezza dei filari negli edifici a molti piani si fa decrescere successivamente per ogni piano, in modo che il piano inferiore presenta i filari più alti di quello che lo segue e così via, e ciò sia nei riguardi della pressione che va diminuendo dal basso all'alto, sia della facilitazione del tiro dei pezzi e della loro posa in opera.

Le pietre conca vengono collegate fra loro, o col rimanente della muratura costituente il muro quando questo non è tutto di pietra da taglio, mediante addentellati od immorsature, come già si è detto. Però per ottenere un più saldo collegamento si ricorre a caviglie, perni, arpioni, chiavi di ferro od anche di legno e di pietra.

Le caviglie (fig. 560) si fanno generalmente di ferro quadro di cm. 2 a 2 1/2 di lato: gli arpioni o *grappe* (fig. 561 *a, b, c, d*), possono essere fatte con ferro piatto o di costa: in *a* si ha la grappa a coda di rondine, che serve ad unire insieme due conci dello stesso filare. In *b* si ha la grappa di ferro piatto con denti diritti armati di punte; in *c* la grappa piatta con denti lisci ma a cuneo; in *d* la grappa di costa con denti a cuneo armati o non di punte; in *e* la grappa a tre braccia per collegare due o tre conci di due filari sovrapposti. Le punte nei denti delle grappe si ottengono intaccando gli spigoli del ferro collo scalpello.

Le chiavi, semplici od a forchetta, come nella fig. 562 *a*, per assicurare due pietre in una volta, sono fatte con ferro piatto di mm. 20 ÷ 25 di larghezza per mm. 7 ÷ 10 di grossezza. È buona cosa fare le teste delle chiavi mobili, ma non sempre consigliabile, perchè talvolta per trascuratezza si può omettere d'introdurle; perciò è più pratico dividere l'estremità della chiave e quindi piegare le due parti in senso opposto (fig. 562 *b*). Le chiavi sono in maggior numero quanto più sottili si fanno i pezzi in pietra.

Nelle colonne e nei pilastri che non sono monolitici, ma costituiti di parecchi pezzi, detti *rocchi*, l'unione si fa mediante perni di metallo, od anche con cavicchi di legno.

Bisogna in ispecial modo badare attentamente al collegamento delle pietre nei basamenti di fabbricati, i quali ordinariamente constano d'un materiale più resistente

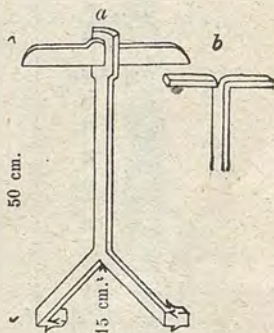


Fig. 562. — Chiavi per pietre conca.

e durevole; ma perciò anche più costoso e pei quali si eseguisce quindi solo un rivestimento di 12 a 15 cm. di grossezza, eccetto che negli angoli, i quali vengono formati con blocchi più grossi, sia per ragione di estetica sia per ragioni di resistenza. Ordinariamente si alternano gli arpioni con le chiavi, cosicchè la prima e la seconda pietra di un filare sono collegate fra loro con grappe, la seconda e la terza sono assicurate alla muratura posteriore con una chiave a forchetta (fig. 563), e così di seguito.

Questi ferri sono trattenuti nei buchi appositamente fatti nelle pietre ed allargantisi verso l'interno mediante piombo, zolfo, cemento, gesso o mastici di limatura di ferro;

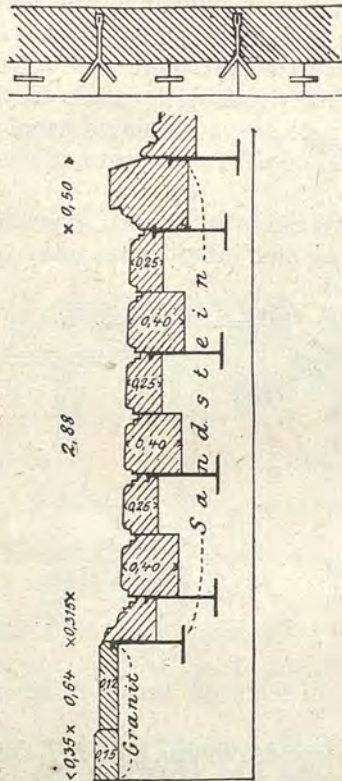


Fig. 563. — Rivestimento di basamento con pietra.

Granit, granito; Sandstein, arenaria.

i buchi vanno bene nettati ed asciugati con cura quando si adopera piombo o zolfo per evitare che ne siano lanciati spruzzi in faccia all'operaio. Di solito si adopera il piombo, preferendosi quello vecchio e logoro; esso si fonde e si cola negli interstizi tra pietra e ferro: quando comincia a rapprendersi si calca con un ferro spuntato o col martello; il solfo dev'essere riscaldato molto più del punto si fusione finchè prende un colore bruno, poichè altrimenti potrebbe col ferro formare un solfuro e per la dilatazione far scheggiare la pietra. A seconda della qualità di certe pietre ed anche a seconda della loro grossezza bisognerà riscaldare preventivamente la pietra in prossimità del foro in cui devesi introdurre il piombo o il solfo bollenti, e ciò nello scopo di impedire che la pietra si spezzi. Il mastice di limatura di ferro si ottiene con 97 di limatura di ferro, affatto scevra di ruggine, 2 di sale ammoniaco comune e 1 di fiore di zolfo; dapprima si mescola bene la limatura col fiore di zolfo, poi, disciolto il sale ammoniaco nell'acqua bollente, si impasta il tutto formando una poltiglia da adoperarsi subito, stivandola nei buchi con un ferro battuto a martello.

Raramente si adopera oggi il gesso per fermare i ferri di collegamento delle pietre: anzi dacchè si è riconosciuto che il cemento aderisce fortemente al ferro e lo preserva dalla ruggine, si ricorre al cemento. Quando si usa uno degli altri suaccennati materiali, bisogna pensare a preservare il ferro dalla ruggine, e perciò gli arpioni, le grappe, ecc. si stagnano o si galvanizzano con zinco.

δ) *Sollevamento e posa della pietra da taglio.* — Trattando degli attrezzi da cantiere si è già visto a quali apparecchi si ricorra per il trasporto ed il sollevamento dei massi: si accennerà ora a quegli speciali ordigni che servono a prendere il pezzo per fissarlo alla corda o alla catena dell'apparecchio di sollevamento.

L'*imbracatura* (fig. 564) si fa legando il pezzo con una fune od una cinghia, formata da una treccia piatta di grosse corde di canapa, sulla quale, per la sua larghezza di 12 a 15 cm., si adagia benissimo la pietra. Per proteggere gli spigoli si adoperano delle assicelle. Non è consigliabile per tale scopo nè per i trasporti l'uso della paglia o dei rami di abete, perchè le pietre restano colorite in giallo dalla paglia umida, oppure restano imbrattate dalla resina. Il miglior sistema per trasportare le pietre si è quello di collocarle come entro una gabbia di tavole e listelli.

Le *ulivelle* (fig. 565 a, b, c) sono ordigni che si introducono in un foro a coda di rondine praticato nella pietra e si agganciano poi alla fune di sollevamento. Sia per

poter introdurre l'ordigno, sia perchè sotto lo sforzo questo resti saldamente fissato nella pietra, l'ulivella si compone, in generale, di tre pezzi, di cui i laterali si adattano alle pareti del foro ed il mediano, che si introduce dopo, serve a forzare i primi contro le pareti stesse. I tre pezzi sono riuniti mediante il bolzone mobile infilato nel loro occhio superiore e che serve pure a fissare il gancio dell'ulivella. Su tale principio sono costruite le ulivelle *a*, *b* della fig. 565.

L'ulivella della fig. 565*c* è invece formata con un pezzo tagliato a coda di rondine al quale è attaccata la catena o fune di sollevamento e di una bietta munita di fune, la quale serve anche a sciogliere la bietta quando si possa arrivare a quest'ultima direttamente: ciò che rende il congegno adatto per pezzi da calarsi sotto

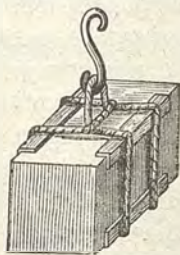


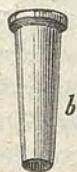
Fig. 564. — Imbracatura per sollevare pietra da taglio



Fig. 565. — Ulivelle per il sollevamento di pietra da taglio.



Fig. 566.



b



Fig. 567.



Fig. 568.

Fig. 566 a 568. — Ulivelle a tenaglia.

acqua. Per assicurare meglio il congegno entro il masso si usa versare della malta di gesso o della sabbia fina asciutta entro i vani che ancora rimanessero nel foro del masso. L'ulivella a tenaglia (fig. 566, 567) consiste in due ganasce imperniate in *a* e fra le quali si introduce il bolzone *b*, che serve a premere le ganasce contro le pareti del foro a coda di rondine fatto nel pezzo da sollevarsi. Un'altra ulivella a tenaglia è quella della fig. 568, per la quale non occorrono spiegazioni.

Con le ulivelle si agevola la posa delle pietre, perchè si può provarne varie volte la posizione nel luogo dove vanno collocate senza togliere mai l'ordigno, il che non si può ottenere con l'imbracatura. Però per evitare possibili accidenti per l'uscita delle ulivelle dai fori in cui sono incastrate, la prudenza consiglia di usare unitamente alle ulivelle il sistema delle imbracature, destinate solamente a garantire la buona riuscita del sollevamento e che vengono tolte finita quest'operazione per non inciagliare quella della posa in opera. Questa si fa in due modi: o posando la pietra

su un letto di malta fina, senza uso di zeppe o cunei, oppure colando la malta nella commessura di posa dopo avere bene assestata la pietra su piastrine metalliche o di cartone, od anche su zeppe o cunei di legno. Nel primo caso dopo aver presentata la pietra nella posizione che deve avere, la si leva nuovamente e si distende sopra le pietre inferiori già murate uno strato di malta della grossezza di 2 cm. circa; si rimette a posto la pietra, assestandola in tutti i sensi a colpi di mazzuolo fino a che lo strato di malta si sia ridotto a poco meno di 1 cm.; nel secondo caso si dispongono una sopra l'altra sulle pietre inferiori delle piastrine di piombo, di zinco od anche di car-

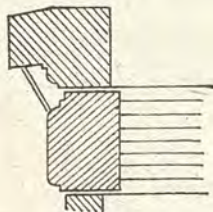


Fig. 569. — Puntellamento di pezzi di pietra da taglio sporgenti.

tone, in modo che formino la grossezza della commessura; dopo si cala il nuovo pezzo, operazione che si ripete di solito varie volte, perchè di rado la pietra si dispone a bella prima nella giusta posizione e si devono aggiungere o togliere delle piastrine; messa definitivamente a posto la pietra, si cola nelle commessure la malta, come si disse antecedentemente. Quando s'impiegano zeppe o cunei di legno, questi hanno una grossezza un po' maggiore della commessura; collocata a sito la pietra e colata la malta, i cunei vengono tolti e dopo si batte la pietra fino a che essa sia bene assestata e la commessura abbia la grossezza voluta.

Quest'ultimo modo di provare le pietre con cunei di legno viene usato per la posa in opera dei conci degli archi delle finestre, specialmente per collocare bene il concio di chiave, ed anche per la posa dei pezzi delle modanature. Questi poi, quando sono sporgenti con insufficiente appoggio, vengono puntellati (fig. 569), con piccoli pezzi di legno contro le pietre sottostanti, per evitare che cadano prima di essere murati.

e) *Rivestimenti con pietra concia.* — La pietra da taglio, come già si disse, si usa oggi quasi generalmente per i rivestimenti dei muri, per davanzali, stipiti, ecc. I muri rivestiti presentano in una delle fronti, od anche in due o più fronti, quando trattasi ad es. di pilastri, una corteccia, detta *rivestimento*, ch'è di pietra, concatenata col resto della massa murale.

Le pietre di rivestimento si fanno grosse da cm. 12 ÷ 30 quando la pietra è granitica o calcare, e da cm. 3 ÷ 10 quando il rivestimento è fatto con lastre di marmo. Nella fig. 563 si vede un muro rivestito e il modo con cui i pezzi di rivestimento sono tratti nella massa murale posteriore. Il collegamento tra le pietre e il resto del muro si ottiene a seconda dei casi con grappe, chiavi, ecc. di ferro, come si è detto più sopra.

Bene spesso i rivestimenti si fanno a bugnature, sia per tutta l'estesa della fronte rivestita, sia soltanto nell'imbasamento, oppure nei cantonali, nei contorni delle aperture, ecc. Le *bugne* o *bozze*, che costituiscono la parete o la porzione di muro bugnata, prendono diversi nomi a seconda della lavorazione, sia negli spigoli di giunto, sia nel complesso della faccia vista. Si dicono *bugne rette* quando tale faccia è un semplice rettangolo; *bugne a quancialetto* quando il contorno sporgente della faccia rettangolare è arrotondato; *bugne scantonate* o *scorniciate*, quando sulla faccia rettangolare, del pezzo sporge un'altra faccia, il cui contorno si collega colla faccia sottostante mediante una sagomatura qualsiasi; *bugne a punta di diamante*, quando la faccia vista è fatta a piramide quadrangolare; *bugne smussate*, quando la faccia è un tronco di piramide quadrangolare a faccie parallele non molto discoste fra loro, ossia quando i quattro spigoli della faccia sono tagliati a smusso; *bugne rustiche*, quando la faccia è scalpellata grossolanamente. Nella fig. 570 sono rappresentate alcune forme di bugne. Non sempre i filari delle bugne sono di uguale altezza (fig. 570c), come pure talvolta non tutti i filari sono fatti con bugne di pietra, ma tra i filari di pietra sono intercalati filari di cotto.

I muri rivestiti danno luogo qualche volta ad alcuni inconvenienti che dipendono dalla mancanza di omogeneità delle due strutture murali, la quale, in seguito all'assetto del muro può cagionare cedimenti e quindi distacchi o crepature nel materiale. È quindi buona pratica tenere i filari di pietra non tutti della stessa grossezza,

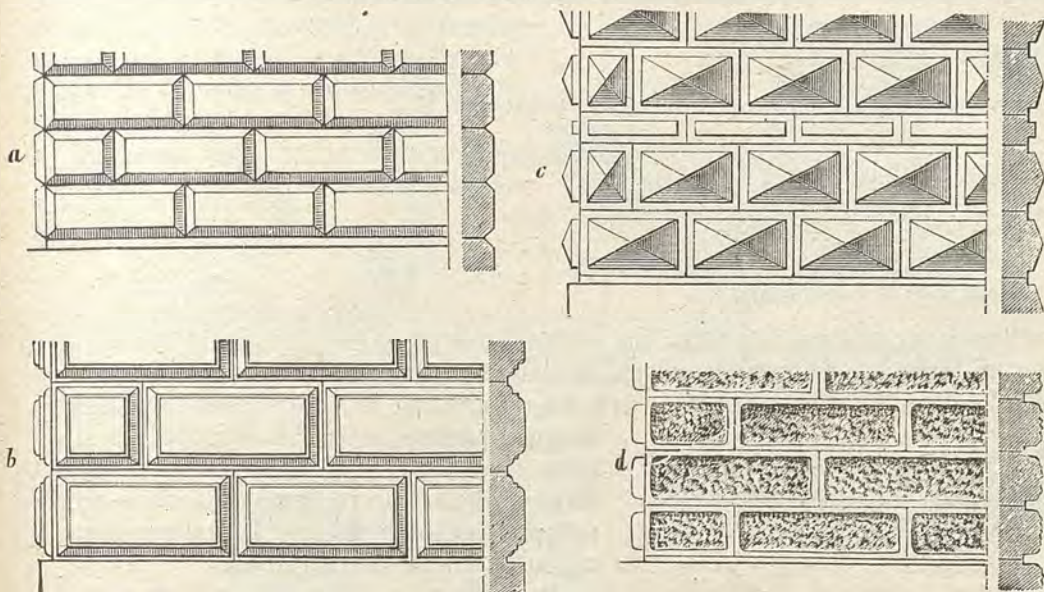


Fig. 570. — Forme diverse di bugnature.

a, bugne smussate; *b*, bugne scorniciate; *c*, bugne a punta di diamante; *d*, bugne rustiche.

onde il concatenamento sia più completo e più stabile; oppure, quando è possibile, tenere il rivestimento indipendente dalla muratura retrostante, applicandolo a costruzione finita al muro e fissandolo solamente per mezzo di chiavette di ferro.

Avvertenze per la costruzione delle murature in pietra da taglio. — Nella costruzione del muro bisogna osservare che le commessure risultino più che sia possibile sottili: ciò che dipende in gran parte dalla maggiore o minore accuratezza con cui sono lavorate le facce di combaciamento. Per introdurre la malta nelle commessure si fa intorno ad esse un orlo di argilla (fig. 571 *b*) e dove sono praticate delle scanalature (fig. 572) nella faccia superiore dei pezzi più grossi, che si fanno prima della posa in opera allo scopo di facilitare l'introduzione della malta nelle commessure, si forma invece una specie di imbuto di argilla (fig. 571 *a*) in cui si versa la malta assai fluida.

Per ben ripartirla nell'interstizio si adoperano poi stecche sottili di acciaio o cazzuole allungate coi due tagli provvisti di tacche, ossia dentate a guisa di sega.

Si possono riempire le commessure in modo che verso la superficie esterna del muro esse risultino piene, cioè a filo, oppure, come più spesso avviene, vuote: cioè presentino una incavatura profonda da 2 a 3 cm.; il che si pratica sempre quando il muro debba poi essere intonacato e quando le commessure debbano essere tirate a filo nelle costruzioni a faccia vista. La fig. 573 mostra varii profili di commessure piatte, convesse, concave; il profilo solitamente adottato è quello della figura 573 *a*; quello della

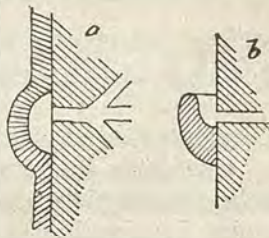


Fig. 571.

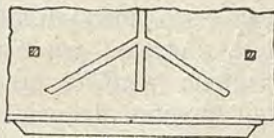


Fig. 572.

fig. 573 *c*, usato nella muratura con pietre greggie e nel rivestimento di pietre con spigoli irregolari, è troppo esposto alle intemperie e facilmente guastato.

Le commessure vengono sigillate o a misura che il lavoro procede od al termine della costruzione; tanto in un caso quanto nell'altro, prima di raffilare le commessure, bisogna grattar la malta esistente o con una scopetta dura o con un ferro, onde

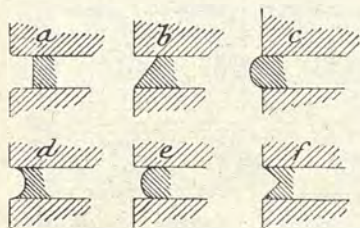


Fig. 573.

Profili vari di commessure.



Fig. 574.

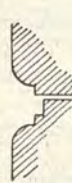


Fig. 575.

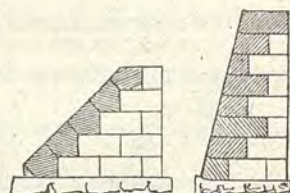


Fig. 576.

togliere i pezzetti non ben fermi, poi si bagna col pennello da muratore e finalmente con un ferro sagomato si riempiono di malta le commessure; quando queste sono molto sottili, si lasciano sovente cave senza raffilarle. Alcune volte le commessure vengono sigillate con malta colorata, che si ottiene mescolando alla malta che si vuole impiegare, della polvere di mattoni, delle scorie colorate, dell'ossido di ferro. In ogni caso si suole aggiungere un po' di fuliggine.

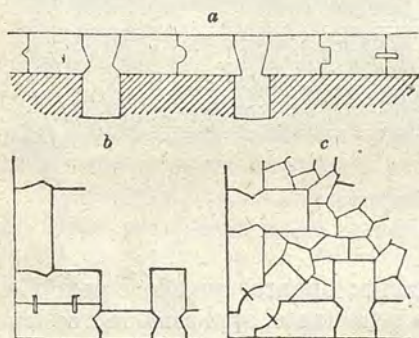


Fig. 577. — Unione di pezzi di rivestimento a coda di rondine, con grappe o con indentature varie.

La malta più adatta per le commessure e per essere colorita, è quella di calce idraulica. un po' meno quella di calce grassa, meno ancora quella di cemento perchè si screpola facilmente ed anche perchè forma poi un orlo bianco nelle commessure; la malta di cemento non deve poi essere adoperata nella raffilatura delle commessure delle pietre riempite con malta ordinaria, poichè, rimanendo questa molle a lungo, mentre quella di cemento fa presa rapidamente

all'aria, potrebbe accadere che gli spigoli delle pietre non si assettino contemporaneamente al resto della muratura e quindi si scheggino (fig. 574).

Nel collocare i pezzi sopra cunei, bisogna che questi siano preventivamente bene inzuppati d'acqua, onde evitare il successivo gonfiamento a contatto della malta.

Quando la fronte del muro è fatta a bugne o spigoli sagomati le commessure delle singole pietre non vengono fatte nel mezzo dell'intera sagoma, ma invece nei giunti orizzontali si fa più in alto ed in quelli verticali a destra od a sinistra (fig. 575), e ciò perchè si risparmia di eseguire uno spigolo; inoltre la commessura orizzontale è in certo modo più difesa dall'acqua piovana. Nei muri a scarpa, per evitare il taglio delle pietre ad angoli acuti, le commessure vengono disposte normalmente alla parete inclinata (fig. 576), presentando però lo svantaggio di rimanere più esposte all'azione dell'umidità e del gelo.

Se la pietra da taglio serve come rivestimento ed è a temersi una spinta della muratura posteriore, come p. es. nei muri di sostegno, nelle calate, ecc., si uniscono i diversi pezzi di pietra addentellandoli uno nell'altro (fig. 577 *a, b, c*) evitando però sempre gli angoli acuti.

Quando la pietra da rivestimento è arenaria prima di posarla contro il muro, se questo è già fatto, conviene spalmarla nella faccia di contatto col muro mediante una

miscela di asfalto e catrame caldo, onde l'umidità esterna, assorbita dalla pietra si trasmetta alla superficie interna del muro.

Se durante la costruzione del muro si dovranno riparare spigoli od altre parti dei muri si ricorrerà ai tasselli ed ai mastici, ai quali si è già accennato trattando della lavorazione delle pietre. Bisognerà badare che il tassello sia lavorato a coda di rondine (fig. 578), cosicchè se il mastice non adempisse bene al suo ufficio sia assolutamente impedito al tassello di staccarsi dalla pietra.

Trattando delle porte, finestre, cornici, ecc., si dirà più particolarmente



Fig. 578. — Tassello in un pezzo di pietra da taglio.

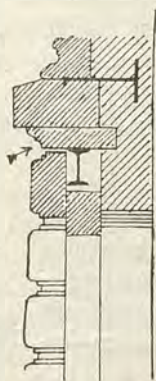


Fig. 579. — Modo di scaricare un architrave di pietra sopra una apertura.

dell'uso della pietra da taglio per stipiti, davanzali, mensole, ecc., ma fin d'ora si crede utile premettere qualche avvertenza.

Gli architravi delle porte e delle finestre non devono essere caricati perchè sotto al carico si possono facilmente spezzare; è poi importante che sopra l'asse dell'apertura non vi sia alcun giunto di pietre, perchè si possono manifestare delle fenditure. Il mezzo più sicuro è quello di far portare i pezzi sovrastanti all'architrave da una trave di ferro, in modo che questa rimanga nascosta all'esterno e di lasciare affatto aperta la commessura fra quei pezzi e l'architrave per tutta la tratta in cui questo non è appoggiato; in tal guisa esso non resta caricato ed ha da portare solo il proprio peso. La fig. 579 mostra l'applicazione di questo sistema ad un architrave di porta o di finestra; in cui le modanature inferiori della cimasa sono portate da una trave di ferro che si appoggia sui pezzi di pietra delle spalle dell'apertura.

Le fig. 580 *a* e *b* fanno vedere il sistema usato nel cornicione, sopra il vestibolo della Scuola Tecnica superiore di Charlottenburg, per scaricare completamente gli architravi della lunghezza di m. 5,60, con 0,90 circa di larghezza e di altezza, che avevano anche da portare in parte un attico molto elevato; ciò si ottenne mediante due travi in ferro che s'appoggiano soltanto nelle estremità sopra alle colonne.

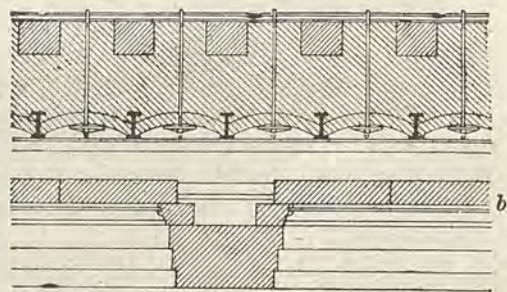
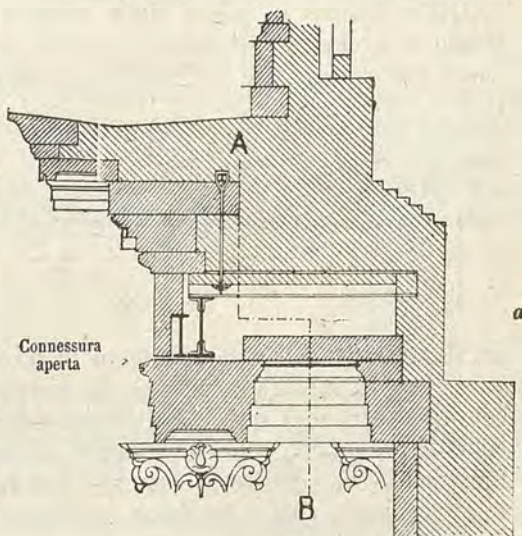


Fig. 580.

Modo usato per scaricare architravi di aperture nella scuola tecnica di Charlottenburg.

Gli architravi devono sempre posare sul massiccio delle colonne e non mai sulle modanature sporgenti dei capitelli, che facilmente si spezzerebbero sotto la pressione; per questo motivo si lascia sopra ogni capitello un listello di 0,5 a 1 cm. di grossezza (fig. 581), corrispondente al diametro superiore della colonna e su di esso posa l'architrave senza toccare le parti sporgenti del capitello.

Gli architravi in pietra delle porte e finestre si devono sempre scaricare per mezzo di archi in muratura; lo spazio tra l'architrave e l'arco dev'essere lasciato vuoto più a lungo che sia possibile, mascherandolo poi con un tramezzo di mattoni, al massimo della grossezza di una testa (vedi più innanzi ove si tratta degli archi).



Fig. 581.

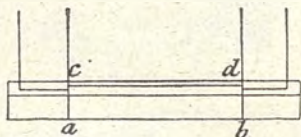


Fig. 582.

Le spalle delle finestre non devono appoggiare sul davanzale in pietra, perchè facilmente questo si spezza; perciò dev'essere mettere un pezzo nella apertura in *ab* (fig. 582), cosicchè in *ac* e *bd* vi sieno delle commessure verticali. Quando poi il davanzale dev'essere formato in un sol pezzo allora bisogna procurare di tener vuota la commessura orizzontale in corrispondenza di *ab* onde il davanzale appoggi solo alle estremità, dove è sollecitato dalle spalle. Quando si hanno da collocare delle colonne scanalate, è meglio lavorare le scanalature in opera. Se ciò non è possibile, si finiscono le scanalature solo a metà del fusto, lasciando greggio il fusto stesso alle due estremità, che si lavorano poi dopo che la colonna è in opera.

Durante la costruzione bisogna procurare di proteggere le modanature e tutte le altre parti sporgenti contro i guasti che potrebbero essere arrecati dalla caduta di pietre, ecc.; ciò si ottiene per mezzo di tavole o sciaveri inchiodati su listelli, oppure con un ricoprimento di argilla mista a paglia tagliata di fresco (fig. 583). Bisogna usar precauzione nel togliere in seguito quest'argilla divenuta col tempo assai dura ed è affatto da proscrivere l'uso dei colpi di martello, perchè facilmente si potrebbe recar danno alle modanature; si usa perciò di levarla lavandola con acqua a più riprese.

Per preservare le pietre dalle insudiciature della malta si ricorrono con della carta od altro, che si toglie ad opera ultimata; alcune volte, per lo stesso scopo, si bagnano le pietre con argilla diluita, ma questo modo non è da seguirsi poichè alcune pietre, specialmente le arenarie, prendono una colorazione giallognola, che ben difficilmente si può togliere del tutto.

Le facciate in pietra vista possono venir ripulite, dopo terminate, mediante spazzole, con una soluzione molto allungata di acido cloridrico (dal $\frac{1}{2}$ all'1 %); bisogna però aver precauzione nell'uso degli acidi, giacchè molti materiali di rivestimento vengono alterati. Le arenarie ed i graniti non devono mai pulirsi con acidi ma solo lavarsi con acqua pura; se in questo modo non è possibile levare tutte le impurità si può fare un tentativo con una soluzione di potassa avendone però osservata prima l'azione sulla pietra. Le macchie brune di manganese nelle arenarie si possono togliere con acido solforico allungato; tali macchie scompaiono però col tempo, sotto l'azione del sole e della pioggia; un'ulteriore lavorazione delle pietre gioverebbe poco o punto.

Per ripulire la pietra da taglio ed in ispecie per toglierle la patina e le macchie che vi si formano in seguito all'azione delle intemperie si usa il getto di sabbia, fatto mediante appositi apparecchi, che proiettano con forza sulla pietra della sabbia finissima sotto forma di pioggia.



Fig. 583.

III. — MURATURA DI LATERIZI

a) *Disposizione dei mattoni nelle murature.* — Chiamansi *teste* le faccie di minore superficie che presentano i mattoni; essi al pari delle pietre da taglio vengono disposti per corsi o filari orizzontali, generalmente di piatto, cioè con la faccia più ampia orizzontale, e, secondochè le teste dei mattoni sono normali o parallele alla fronte del muro, i mattoni si dicono posti *per lungo, in grossezza, di fascia*, come in *a* (fig. 584), oppure *in chiave, di testa, di punta*, come in *b* (fig. 584). Quando sono collocati con la

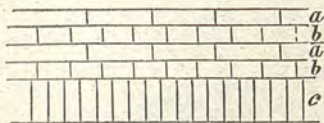


Fig. 584.

a, mattoni in fascia; *b*, mattoni in chiave;
c, mattoni di coltello.

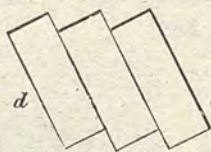


Fig. 585. — Mattoni disposti a spina o diagonali.

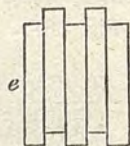


Fig. 586. — Mattoni disposti a dentatura.

faccia più ampia verticale si dicono posti *di costa, di coltello*, come avviene nei tramezzi; se poi le superfici più ampie dei mattoni, posti di costa, combaciano fra loro, come in *c* (fig. 584), allora si ha una *coltellata* od un *accollellato*.

I corsi si dicono: *a spina* o *diagonali* quando i mattoni, messi di piatto o di costa, sono inclinati di 45° o 60° alla fronte del muro (fig. 585); *a dentatura*, se i mattoni si sovrappongono alternativamente l'uno sull'altro (fig. 586).

Nello stabilire la grossezza dei muri devesi avere l'avvertenza che essa comprenda esattamente un numero intero di teste di mattoni, aumentate ciascheduna della grossezza della malta; i muri prendono appunto il nome dal numero delle teste di mattone e si dicono di una, due, tre, ecc. teste. Si fanno pure dei muricci o tramezzi di quarto per pareti di divisione, per riempimento di tavolati; a questo scopo si impiegano pure delle tavelle, tenute ferme mediante fili di ferro, che formano una rete a larghe maglie.

Le regole principali per la posa in opera dei mattoni sono le seguenti: 1) le commessure piane devono formare un solo piano orizzontale per tutta la lunghezza e per la grossezza del muro; 2) le commessure verticali di due corsi sovrapposti non devono mai coincidere l'una sopra l'altra, ma essere sfalsate, e possibilmente attraversare il muro per tutta la sua grossezza. Alle commessure verticali si dà in generale un centimetro di grossezza, mentre in quelle orizzontali tale grossezza varia da cm. 1,2 a 1,5.

Per eseguire un collegamento regolare sono necessari dei pezzi di *trequarti* e di *mezzo mattone* che nella muratura ordinaria vengono ottenuti dal muratore spezzando un mattone intiero con la penna del martello. Devesi però procurare che in ogni corso all'esterno vi sia il maggior numero possibile di mattoni interi e che i *trequarti* ed i *mezzi mattoni* siano solo nel numero strettamente necessario per ottenere il collegamento.

I mattoni possono essere disposti di testa, come si usa generalmente, oppure in grossezza; in quest'ultimo caso si deve badare che nell'interno del muro vi sia la maggior quantità possibile di mattoni collocati in chiave per modo che lo strato in grossezza si interni solo per una testa; da questo ne consegue che, se la grossezza del muro è un multiplo esatto della lunghezza del mattone, allora il corso che su una faccia mostrasi in grossezza, è pure in grossezza sulla faccia opposta; se invece è solo un

multiplo della testa del mattone, allora il corso che su una faccia è in grossezza dall'altra è in chiave. Quando il muro fa angolo se da un lato si presenta un corso in grossezza, dall'altro lato tale corso dovrà essere di testa.

Eccettuati i muricci della grossezza di una testa, in cui i mattoni vengono tutti disposti per lungo (fig. 587), generalmente nelle murature i mattoni sono sempre collocati di testa (fig. 588), in modo che i corsi risultano costituiti da mattoni disposti tutti allo stesso modo; in un corso accanto ad un mattone intiero si colloca un mezzo mattone e poi un altro mattone intiero pure di testa e così di seguito, assestandoli tutti a seconda della grossezza del muro mediante mezzi mattoni collocati opportunamente



Fig. 587.

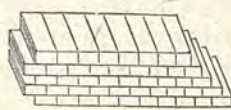


Fig. 588.

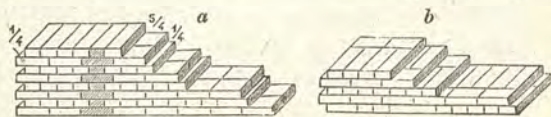


Fig. 589. — Disposizione a blocco.

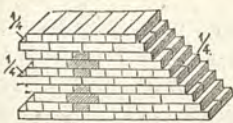


Fig. 590. — Disposizione a croce.

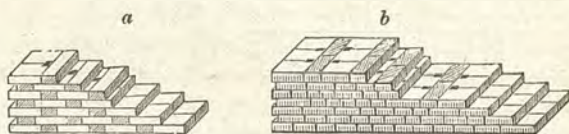


Fig. 591. — Disposizione polacca o gotica.

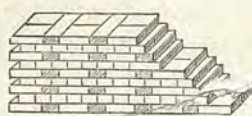


Fig. 592. — Disposizione olandese.

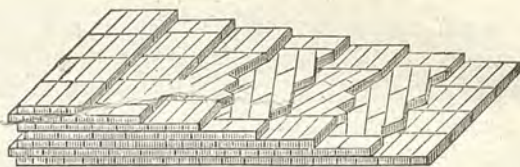


Fig. 593. — Disposizione da fortezza.

nella parte centrale del muro. Tutti i corsi risultano quindi formati alla stessa maniera, solamente i mattoni vengono disposti in modo che le commessure verticali di un corso stiano nel mezzo delle teste del corso inferiore.

Questa disposizione è la più comunemente seguita come quella che riesce più facile e che richiede in conseguenza minor tempo nella costruzione; adottando la disposizione in grossezza e combinandola con quella di testa si hanno vari altri modi di disporre i mattoni e fra questi i più conosciuti sono i seguenti:

α) *a blocco* (fig. 589 a e b); in cui nelle due faccie i muri sono costituiti da corsi alternati in grossezza ed in chiave.

β) *a croce* (fig. 590); questo modo di disporre i mattoni è molto usato in Francia, in Inghilterra, in Germania e nel Belgio; non è altro che il sistema precedente modificato, nel quale il corso per lungo alternantesi con quello in chiave è spostato di una testa, in modo che le commessure verticali dei corsi in lunghezza non si corrispondono ad ogni corso, come nella disposizione a blocco, ma solamente ogni due corsi. Il ritiro a gradini è regolarmente largo mezza testa, mentre nella formazione precedente è a periodi.

γ) *polacca o gotica* (fig. 591 a e b); in ogni corso i mattoni sono alternatamente disposti per lungo e di testa, in modo che quelli collocati di testa riescano nel mezzo dei mattoni posti per lungo nel corso inferiore. Questo modo veniva applicato nel medio evo per rivestimento di murature di pietrame o di getto, ed è tuttora seguito nelle murature di paramento.

δ) *olandese* (fig. 592); non è altro che la disposizione gotica in cui fra corso e corso se ne intercala un altro con mattoni collocati tutti di testa.

ε) *da fortezza* (fig. 593); questo sistema può solo venire applicato in muri di notevole grossezza e contiene il maggior scambio di commessure; si adotta però di rado per il grande spreco di materiale dovendosi ritagliare buona parte dei mattoni per disporli diagonalmente inclinati almeno di 45° . All'esterno si presenta come nelle disposizioni a blocco od a croce ed i corsi sono disposti in modo che ogni sei ve ne sono due diritti e quattro diagonali.

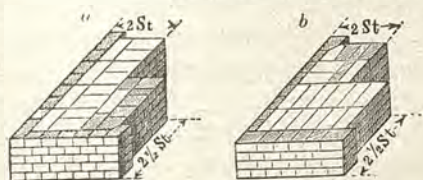


Fig. 594. — Muri a cortina.

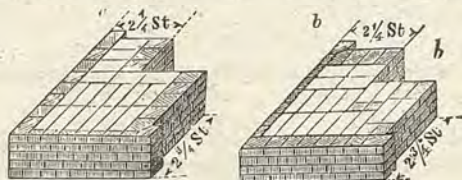


Fig. 595. — Muri a cortina.

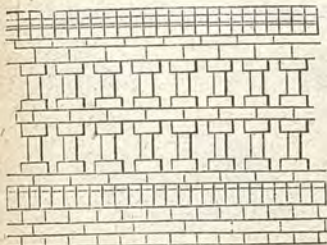


Fig. 596.



Fig. 597.

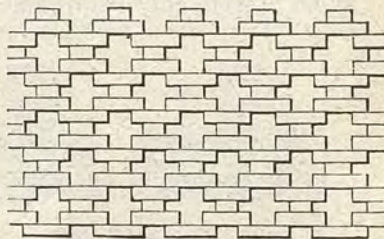


Fig. 598.

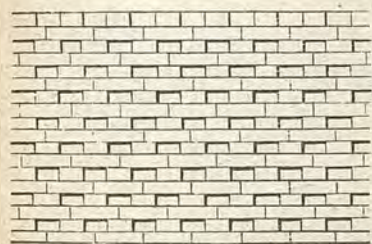


Fig. 599.

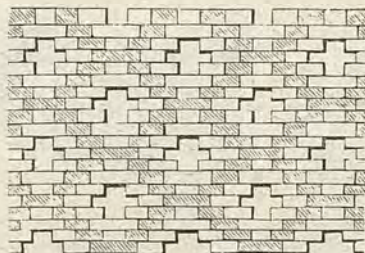


Fig. 600.



Fig. 601.

Fig. 596 a 601. — Esempi di muri traforati.

Nella muratura detta *a cortina* od *a paramento* il muro fatto in pietrame od in mattoni viene rivestito nella faccia vista con mattoni di struttura più fina od anche con mattoni di diversi colori o smaltati per rendere più svariato l'aspetto della muratura. Questo rivestimento, pel quale si possono adottare le disposizioni sopra accennate, procede contemporaneamente a quello del muro ed ha una rientranza di una e due teste; talvolta per ragioni di economia si riduce la rientranza a mezza testa ed una testa, fig. 594 *a* e *b* e 595 *a* e *b*, ed allora all'esterno i mattoni risultano tutti collocati di testa.

Le regole date per la disposizione dei mattoni nei muri valgono pure quando si tratta di riempimento di pareti intelaiate, in cui devesi anche badare al collegamento con i ritzi del telaio. Lo stesso deve dirsi per i muri *traforati*, cioè per i muri divisoi: parapetti, ecc., che presentano trafori a svariati disegni, ottenuti adoperando mattoni comuni oppure mattoni sagomati speciali (fig. 596, 597, 598, 599, 600, 601).

Le colonne possono essere costruite in muratura o con pezzi appositamente formati a giunti per lo più radiali (fig. 602), o con mattoni comuni (fig. 603). Nel primo caso si deve osservare la solita regola che le commessure verticali di due strati sovrapposti si incrocino e non si trovino mai nello stesso piano verticale; nel secondo caso si

deve procurare di collocare in ogni corso il maggior numero possibile di mattoni interi e di avere un giusto scambio di commessure, il che si ottiene continuando a girare di 45° la disposizione del primo corso fino a ritornare alla primitiva posizione di esso; con

la costruzione mediante mattoni comuni non si può evitare un forte ritaglio di mattoni nell'impiego di piccoli pezzi.

Riesce facile la disposizione dei mattoni per formare le testate dei muri mediante l'impiego di pezzi di trequarti. Non è da raccomandarsi l'uso di mezzi mattoni, ottenuti spaccando i mattoni per lungo, perchè la fenditura riesce di rado bene e la muratura finisce per essere fatta con mozziconi di mattoni. Nei muri in cui i mattoni sono tutti collocati in chiave si pongono l'uno accanto all'altro nella testata a corsi alternati tanti trequarti disposti per lungo quante sono le teste che comprende la grossezza del muro. Lo stesso avviene per le disposizioni



Fig. 602. — Colonna formata con mattoni speciali.



Fig. 603. — Colonna formata con mattoni comuni.

di mattoni. Nei muri in cui i mattoni sono tutti collocati in chiave si pongono l'uno accanto all'altro nella testata a corsi alternati tanti trequarti disposti per lungo quante sono le teste che comprende la grossezza del muro. Lo stesso avviene per le disposizioni

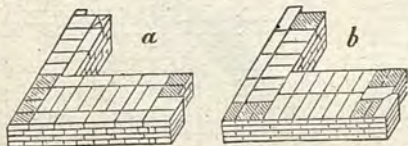


Fig. 604. — Disposizione dei mattoni negli angoli dei muri, sistema a blocco.

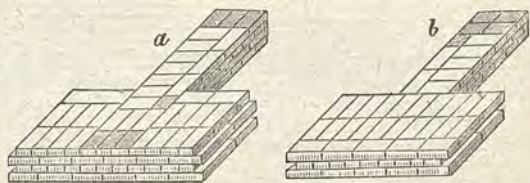


Fig. 606. — Disposizione dei mattoni negli incontri dei muri.

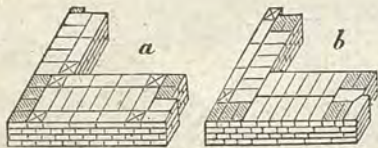


Fig. 605. — Disposizione dei mattoni negli angoli dei muri, sistema a croce.

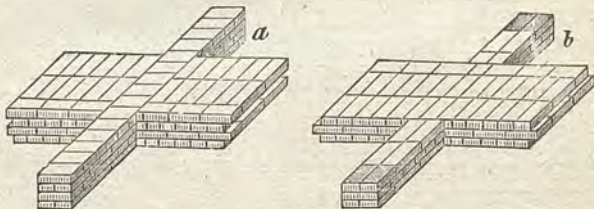


Fig. 607. — Disposizione dei mattoni nell'incrocio dei muri.

gotica e a blocco; in questa però i pezzi di trequarti sono collocati al principio di ogni corso in grossezza; nella disposizione a croce si procede allo stesso modo che in quella a blocco, solamente si deve por mente di spostare di una testa ogni corso in grossezza.

Il modo di disporre i mattoni negli angoli è del tutto simile a quello indicato per le testate, notando però che se da una parte si ha un corso di mattoni posti in grossezza, lo stesso corso dall'altra parte dovrà essere di testa. Devesi poi badare che negli spigoli interni le commessure siano correnti, continue alternatamente secondo la direzione dei due muri. Nella figura 604 *a* e *b* è rappresentato secondo la disposizione a blocchi l'incontro di due muri ad angolo retto, uno di tre e l'altro di quattro teste; i tratti di muro limitati dalle commessure passanti per lo spigolo interno vengono formati, come si disse per le testate, con altrettanti pezzi di trequarti, quante teste comprende il muro; nelle figure tali pezzi sono tratteggiati e da essi si scorge che dove il pezzo di trequarti posto nell'angolo mostra il suo lato lungo il corso è in grossezza; viceversa dove si presenta di testa, il corso è pure di testa.

Lo stesso deve pure dirsi per la disposizione a croce (fig. 605 *a* e *b*), in cui bisogna inoltre avere l'avvertenza di introdurre in ogni corso in grossezza un mezzo mattone.

La regola per le commessure alternate e continue indicata per gli spigoli interni negli angoli dei muri, deve essere osservata anche per i muri che si incontrano ad

angolo retto (fig. 606 *a* e *b*), o che si incrociano (fig. 607 *a* e *b*). Più difficile riesce la disposizione dei mattoni quando i muri si incontrano sotto angoli acuti od ottusi (fig. 608); oltre alle regole già esposte si deve badare anzitutto che i mattoni sieno collocati normalmente alla fronte del muro e che si adoperi il maggior numero possibile di mattoni interi. Lo stesso avviene per le lesene e per le sporgenze dei muri (fig. 608 *b*).

I modi indicati di collocare i mattoni nelle testate e negli angoli dei muri servono pure per la costruzione dei pilastri isolati di sezione quadrata o rettangolare;

nelle fig. 609 *a* e *b* e 610 *a*, *b*, *c*, si hanno esempi di pilastri di sezione rettangolare di cui un lato non contiene un numero intero di teste, formati con le disposizioni a blocco ed a croce rispettivamente; non è da consigliarsi la costruzione secondo la fig. 611 *a* e *b* eseguita mediante mezzi mattoni spaccati pel lungo.

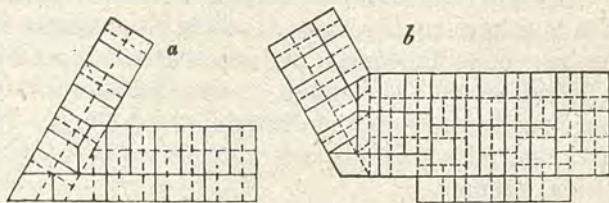


Fig. 608. — Disposizione dei mattoni nell'incontro di muri ad angolo acuto od ottuso.

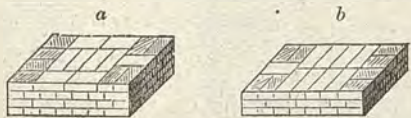


Fig. 609.

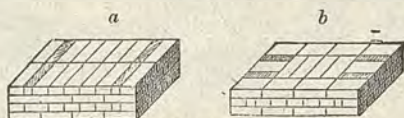


Fig. 611.

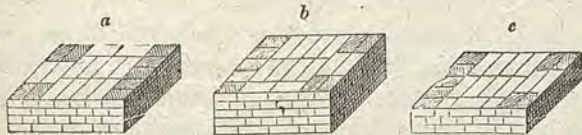


Fig. 610.



Fig. 612.

Fig. 609, 610 e 611. — Disposizione dei mattoni nei pilastri isolati.

Nei pilastri di forma più mossa, ossia con più di quattro spigoli ma con sporgenze piane ad angolo retto, si possono sempre applicare le regole già riportate, facendo sporgere (fig. 612 *a* e *b*) i mattoni ed i pezzi di trequarti secondo la voluta forma del pilastro; in

quelli con appendici tonde (come avviene nello stile gotico, nel romanico e simili) quasi tutti i mattoni del contorno devono essere ritagliati, a meno che non si impieghino mattoni sagomati speciali (fig. 613 *a*, *b*, *c*). Nella parte

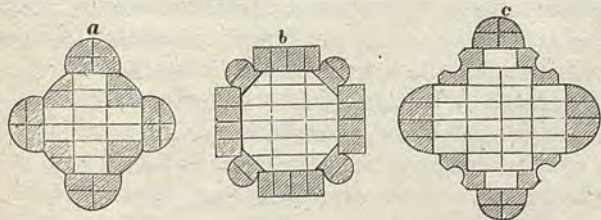


Fig. 613. — Disposizione dei mattoni in pilastri di forme speciali.

perimetrale del pilastro sono impiegati mattoni speciali mentre il nucleo interno è costituito da mattoni ordinari.

I muri in curva piani si possono considerare come pilastri circolari a grande raggio, e vale per essi quanto si è detto. Se invece servono a racchiudere spazi curvi, allora, nel caso di grandi raggi di curvatura (come torri, ecc.) si può ricorrere alla disposizione a blocco od a croce, sebbene in ciascun corso si ottenga un contorno poligonale anziché curvilineo continuo. Ma il gran numero di lati del poligono e la loro piccolezza fanno sì che il contorno poligonale si confonde col curvilineo. Quando il raggio di cur-

vatura è piccolo (come nei pozzi, ecc.) allora si ricorre ai mattoni a cuneo (fig. 505) oppure si usano mattoni più piccoli (mattonetti) formando il contorno poligonale a piccoli lati.

I pilastri che si devono assoggettare ad un grosso carico si rinforzano intercalando alla muratura conci o ligati di pietra grossamente lavorata, detti *pietre di catena*, della forma e delle dimensioni della sezione orizzontale del pilastro e della grossezza da 10 a 25 cm. secondo lo sforzo a cui deve sottostare il pilastro; l'intervallo fra tali pietre è pure per la stessa ragione variabile e sarà bene, quando vengono ad impostarsi degli archi sui pilastri, di disporle ad intervalli tali che una venga a cadere nel piano d'imposta dell'arco.

Nelle aperture di porte e finestre con mazzetta, questa si eseguisce come è indicato nelle figure, formando lo squarcio o la strombatura, quando occorre, col ritagliare i mattoni. In modo quasi analogo si opera quando la muratura viene fatta con mattoni

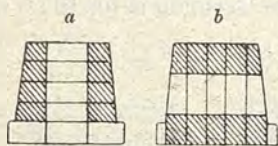


Fig. 614.

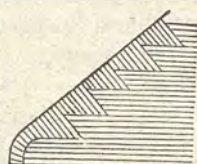


Fig. 615.



Fig. 616.



Fig. 617.

tutti collocati di testa; la mazzetta risulta formata da pezzi di trequarti e di mezzo mattone disposti sempre in grossezza e alternantisi l'uno sull'altro; per la strombatura si adoperano mattoni interi messi la maggior parte di testa obliquamente lungo la parete frontale dell'apertura. Se la finestra ha una piccola battuta, come è rappresentata nelle fig. 604 e 605, si ha l'inconveniente di adoperare ogni secondo corso dei pezzi di mattone che non presentano molta solidità, inconveniente inevitabile se non si vogliono adoperare mattoni di forma speciale.

Nei pilastri rastremati a squarcio tra due finestre si devono spezzare naturalmente molti mattoni (fig. 614 *a* e *b*); però è da respingere l'impiego di pezzi spaccati pel lungo.

Nei muri a scarpa è necessario disporre i piani di posa normali alla fronte del muro, se il pendio della scarpa è considerevole (fig. 615), poichè per tenerli orizzontali, bisogna spezzare tutti i mattoni secondo l'inclinazione della scarpa con perdita grande di tempo, di materiale e con pregiudizio della stabilità del muro, poichè i mattoni nella faccia spezzata più facilmente si guastano sotto le influenze atmosferiche. Nei grossi muri a scarpa, la parte interna si fa però a corsi orizzontali come è indicato nella fig. 615, o si può procedere nel modo indicato dalla fig. 616, ove i corsi orizzontali sono disposti a gradinata. Siccome la disposizione a declivio dei piani di posa, riesce di difficile e incomoda costruzione ed obbliga ad una accurata manutenzione dei giunti del rivestimento, così assai frequentemente, si dispongono i mattoni a corsi orizzontali formando la scarpa a piccoli gradini, cioè ritirando sempre un poco il primo mattone all'esterno di ciascun corso (fig. 617).

b) Muri vuoti. — Per rendere i muri esterni di fabbriche isolate meno atti al passaggio del calore, vi si lasciano nell'interno talvolta degli interstizi di circa 6 cm. di grossezza. Per muri di tre teste sarà bene formare la muratura verso l'esterno di due teste, poi lasciare lo strato d'aria e dopo questo fare il muro di una testa (fig. 618). Le due parti del muro devono essere ripetutamente collegate fra loro; se si ha timore che si formino dei trasudamenti di umidità, si può adoperare buona malta idraulica ed

anche intonacare le pareti con catrame. Bisogna poi soprattutto curare che a tali interstizi, che fanno l'ufficio di camere d'aria, sia tolta ogni comunicazione con l'esterno; ed è anche da aver riguardo che durante la costruzione non vengano riempiti dai pezzi di malta che possono cadervi dentro; il che si può impedire mediante un listello della larghezza dell'interstizio che si solleva man mano che si procede nella costruzione.

Si ottiene un effetto quasi eguale a quello che si ha con i muri vuoti adoperando nella costruzione i mattoni forati, sia formando tutta la muratura con tale specie di mattoni, sia rivestendo semplicemente una faccia del muro costruito con mattoni comuni, mediante uno strato di mattoni forati.

c) *Muri di rovinacci.* — Questi muri, detti anche di *tavolozza*, sono formati con rottami di mattoni, già adoperati in altre costruzioni ma ancora servibili. Sono convenienti per riempimento di alcune parti dei muri, nelle fondazioni di molta grossezza e nei lavori di poca importanza; prima di essere usati devono essere ben nettati dalla malta, scelti e divisi secondo le loro forme. Non si può ottenere un assetamento regolare come con mattoni nuovi, tuttavia in confronto dei muri di sassi, questa specie di muratura offre i vantaggi di una posa più agevole e spedita insieme ad una buona disposizione orizzontale ed a molte delle prerogative proprie delle strutture laterizie.

d) *Esecuzione della muratura di mattoni.* — Depochè per mezzo di cordicelle o di fili di ferro, ben tesi ed assicurati ad appositi piantoni o staggi, si sono tracciati i muri esterni ed interni del fabbricato e segnati con fili a piombo tutte le sporgenze, i pilastri, gli angoli e le aperture di porte e finestre si dispone in corrispondenza del tracciamento fatto il primo strato di muratura. Per poter eseguire i corsi orizzontalmente vengono fissati agli angoli e lungo i muri dei listelli, sui quali si segnano le altezze dei corsi, comprese le commesure, e ad essi vengono legate le cordicelle che servono di guida ai muratori, le quali possono anche essere assicurate a chiodi conficcati nelle commesure. Si deve poi verificare col piombino la perfetta corrispondenza delle commesure verticali ed ogni tanto assicurarsi per mezzo dell'archipenzolo dell'orizzontalità dei corsi; in fabbricati molto estesi è da raccomandarsi di verificare con uno strumento di livellazione, almeno dopo l'esecuzione di ogni piano, la giusta altezza dei punti estremi del fabbricato.

Per rivestimenti particolarmente accurati i mattoni devono essere prima scelti eguali e dove presentano spigoli irregolari venire eguagliati, per quanto si può, col martello o collo scarpello od altro ferro: il far ciò dopo murati i mattoni non sarebbe buona cosa perchè si potrebbero smuovere i piccoli pezzi.

È della massima importanza che, i mattoni prima di essere collocati a posto, vengano ben ripuliti e convenientemente bagnati allo scopo di assicurare una buona presa con la malta. Sarebbe necessario, specialmente nelle giornate calde, di bagnare i mattoni immergendoli in una secchia piena d'acqua invece di aspergerli semplicemente con un pennello, come usano gli operai. Il mattone bagnato riceve dal muratore una striscia di malta sul lato lungo e viene posato orizzontalmente sopra uno strato di malta di circa 1 cm., avendo l'avvertenza che la sua faccia più piana resti superiore e la faccia e gli spigoli più regolari verso l'esterno; posto il mattone sul letto di malta lo si comprime leggermente in modo che rifluisca tutt'intorno la malta esuberante, spingendolo contro il mattone vicino. Il tirarlo molto in qua ed in là ed il batterlo col martello sono da evitarsi perchè dannosi alla stabilità della posa e quindi alla presa; perciò se non si riesce subito a collocare bene a posto il mattone, non si dovrà cercare di correggerne la cattiva posizione smuovendolo o battendolo col martello, ma si dovrà rimuoverlo

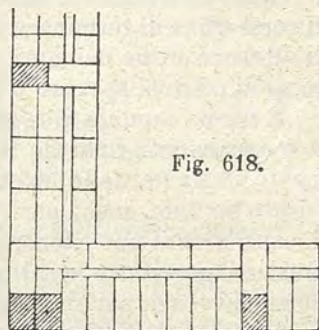


Fig. 618.

affatto, togliere la calce e rimetterlo su un nuovo letto di malta. Sopra ogni corso di mattoni si dovrà far scorrere un velo sufficiente di calce molto diluita in modo da riempire le commesure.

Nella costruzione a faccia vista o a paramento, bisogna che vi sia un numero intero di corsi affine di terminare in alto con un corso completo; questo si deve pure cercare di ottenere anche nei muri da rinzaffare, in cui però si può in caso terminare con un corso di mattoni spezzati o di tavelle.

È regola capitale di eseguire la muratura procedendo per altezze eguali, rimanendo così egualmente ripartita la pressione sul terreno sottoposto ed evitandosi un assettamento ineguale delle diverse parti del fabbricato. Questo assettamento avviene, in misura limitata, anche per l'asciugarsi della malta e l'esperienza insegna che per malta di calce essa si può ritenere da $\frac{1}{250}$ a $\frac{1}{200}$ dell'altezza del muro di mattoni. Se non si innalza dappertutto egualmente la muratura, l'attacco delle parti diversamente alte è meglio avvenga per ritiro a gradini che per indentatura.

Le parti di una costruzione, che devono essere molto più alte delle altre, come, per es., grandi sopraelevazioni decorative, campanili, camini industriali, è meglio che sieno fabbricate senza alcun attacco al resto della muratura; ove ciò non sia possibile, si deve procurare di eseguirle per le prime, cosicchè l'assetto del terreno e quello della malta, causati dal grave peso, siensi già verificati quando si costruisce il rimanente. Le porzioni di muratura assai caricate, si lavorano usualmente con cemento; ma torna però sovente più opportuno di formare dette porzioni con blocchi di pietra.

Nei muri molto grossi, specialmente in quelli di fondazione si possono praticare degli spazi vuoti o canali d'aria, che facilitano l'asciugamento della malta. Si usano frequentemente nei muri di sotterraneo i mattoni vuoti come rivestimento verso terra e della parete interna, onde rendere meno facile la trasmissione dell'umidità.



Fig. 619.

È da evitarsi l'unione a dentatura di un muro vecchio con uno nuovo, perchè coll'assetto di quest'ultimo avvengono delle screpolature; sarebbe in caso da preferirsi un ritiro a gradini praticato nel muro vecchio; però anche questo sistema non è scevro di inconvenienti. Per ottenere un certo collegamento senza lasciare una commessura aperta, si costruisce il muro nuovo vicino alla muratura vecchia con una commessura verticale a tutta

altezza, rappresentata in sezione orizzontale nella fig. 619, che permette al muro nuovo di assettarsi; cessato l'assetto si riempie la commessura di malta.

Col gelo non è prudente proseguire nella costruzione delle murature, fuorchè nei locali affatto riparati; il congelamento superficiale delle commesure non porta danno; ma se negli strati superiori la malta è gelata, non ha più luogo la presa e bisogna rifare quelle parti in primavera. Per difesa contro la penetrazione sia dell'umidità che del gelo si coprono accuratamente i muri nell'autunno; a tale scopo serve benissimo il cartone incatramato che deve essere un po' più largo della superficie da coprire; in mancanza di esso si possono adoperare delle tavole o dei materiali stessi da costruzione, formando almeno quattro corsi. Anche i materiali provvisti a piè d'opera si devono in autunno ricoprire con strame, paglia o con tavole per impedire che vi penetri l'acqua, altrimenti in primavera bisogna separare i materiali asciutti dai bagnati, che devono farsi asciugare all'aria prima di adoperarli, e scartare quelli che avessero sofferto il gelo, presentassero sfaldature o screpolature.

Si sono già esposti i mezzi a cui si può ricorrere per usare le malte nella stagione invernale: è però sempre prudente, quando una assoluta necessità non obblighi a costruire di inverno e specialmente durante i geli, di sospendere le murature e ricominciare in primavera, ossia quando la temperatura è superiore allo zero. Riprendendo i lavori rimasti sospesi, devesi levare la malta dei letti superficiali, la quale essendosi asciugata all'aria non fa più presa.

Accurata dev'essere la scelta dei mattoni scartando quelli deformati o vetrificati, o che facilmente emettono salnitro: a pag. 286 si sono già indicati i mezzi da usare per preservare i muri dal salnitro qualora si avessero a disposizione solamente mattoni che dessero luogo a efflorescenze.

IV. — VARI ALTRI GENERI DI MURATURA

A) Muratura mista.

Si chiama muratura mista quella formata con materiali di diverso genere o di diversa lavorazione.

a) *Muri listati*. — Generalmente la muratura mista è fatta con pietra e corsi di mattoni posti alla distanza di cm. 50 ÷ 80. I muri così fatti si dicono *listati*: il materiale greggio può essere di ciottoli oppure di pietrame spezzato. Le cinture si compongono di due o tre corsi di mattoni. I ciottoli che si adoperano per la formazione di questi muri, conviene che abbiano forma piuttosto allungata e schiacciata. Talvolta non si dispongono in piano ma inclinati di 45°, ottenendosi un ordinamento a spina pesce, simile all'*opus spicatum* degli antichi, come si è detto a pag. 358. I ciottoli devono murarsi con malta ottima ed abbondante e serrarli bene mediante scheggie o pezzi di mattoni. Nella muratura mista di pietre spaccate, che in Piemonte chiamasi muratura ordinaria di fabbrica, le cinture di mattoni si fanno doppie, ossia di due corsi e generalmente alla distanza di m. 0,60: bisogna badare che in essa le pietre siano disposte in modo che si colleghino bene fra di loro sì che i vani risultino i più piccoli possibili e vengano poi riempiti con scheggie ben serrate fra di loro, come già si è detto più addietro. Una categoria speciale di muri listati è quella formata con cinture di mattoni ben cotti, ossia di buona qualità e con mattoni di qualità inferiore tra una cintura e l'altra: questi muri in Lombardia sono detti *interzati*. Nei muri listati si cerca sempre di far cadere una cintura in corrispondenza del pavimento di ciascun piano, delle imposte degli archi, degli architravi delle finestre, ecc.

b) *Muri rivestiti*. — Di questi si è già detto parlando dei rivestimenti in pietra concia.

c) *Muri imbottiti*. — Questi muri sono costituiti da due cortecce esteriori o di pietra concia o di laterizi, comprendenti un ripieno fatto con materiale minuto. Tale ripieno è qualche volta *a sacco* ossia formato con malta, rovinacci, pietrame e rottami gettati alla rinfusa: tale sistema è assolutamente da proscriversi. Il ripieno dev'essere fatto come lo facevano gli antichi romani, che impiegarono il sistema dei muri imbottiti in vastissima scala, cioè o con smalti di calcestruzzo ben battuto, o con materiali minuti immersi in uno strato non molto grosso di smalto formato con malta e pietrisco. Nei muri imbottiti, più che prudente è necessario ricorrere alle *morse* o *leghe*.

Nella muratura mista si fanno sempre in laterizi, ovvero in pietra concia, come già si disse, le spalle delle aperture, i voltini, le piattabande, i cantonali, ecc.

B) Muratura in masse battute o di getto.

Questi muri detti pure *formacei* o con parola francese *pisé*, secondo il materiale di cui sono costituiti si distinguono in: a) *muri di terra*; b) *muri di calcestruzzo*. Questi ultimi alla loro volta secondo la malta con la quale sono formati si suddividono in: α) *muri di malta di calce*; β) *muri di malta di cemento*.

a) Muri di terra. — I muri di terra, convenienti per fabbricati rurali, si usano nei mezzodì della Francia, nella Spagna ed anche in Italia specialmente nei paesi meridionali; per la loro formazione sono adoperabili tutte le qualità di terra, escludendo la sabbia, il terreno concimato o vegetale e l'argilla grassa, che però si può rendere magra con opportune aggiunte di sabbia. Si deve preferire la terra argillosa non troppo grassa nè troppo secca, ben monda di radici e materie legnose; alcuni vi mescolano della paglia tritata con la quale si lega la terra e si impedisce a questa di screpolarsi nell'asciugare.

La costruzione viene eseguita mediante forme entro cui si pone la terra, dopo averla convenientemente manipolata, e si comprime battendola mediante la mazzeranga ed apposito pestello.

Le forme hanno solo le pareti laterali costituite da due tavoloni, collegati di tanto in tanto da robusti regoli movibili; talvolta invece delle forme si fanno due sottili pareti di mattoni crudi, tra le quali viene compressa la terra. I muri vengono costruiti a strati dell'altezza da 10 a 20 cm. per tutta la lunghezza della forma, avendo l'avvertenza di disporre la terra, dalla parte dove deve prolungarsi lo strato, con una scarpa di circa 60°; se le commessure oblique di uno strato vanno da destra a sinistra nello strato superiore devono avere direzione opposta.

Le fondazioni e gli zoccoli, alti questi ultimi da 50 a 60 cm. sopra il suolo, devono essere costruiti in muratura di pietrame o di mattoni; il tetto vien fatto molto sporgente per difendere le pareti dalle intemperie. Le gole da camino nell'interno sono formate con mattoni crudi ed i fumaioli sopra il tetto con mattoni cotti e malta di calce; le aperture di porte e finestre si fanno in laterizi, oppure incastrando nella muratura dei telai di contorno in legno. L'intonaco non va fatto prima del completo essiccamento del muro, per il che occorrono parecchi mesi; perchè la malta possa far presa sulle pareti, queste vengono rese scabre con incisioni oblique, da 5 a 8 cm. di profondità ed in seguito bagnate. Il rinzafo che vi si applica con miglior successo consiste di 1 parte di calce in pasta, 3 di argilla e 2 di sabbia; su di esso si distende poi un'arricciatura di malta ordinaria di calce; è meglio però ricoprire esternamente le pareti con carton-cuoio assicurato a tasselli di legno che si incastrano nella muratura durante la costruzione.

b) Muri di calcestruzzo. — Le murature di getto in calcestruzzo hanno preso dovunque molta diffusione specialmente per le platee di fondazione. Nelle costruzioni di tali murature si adoperano forme di legno, come quelle per i muri di terra, rese però più solide mediante spranghe, oppure forme di ferro, che sono da preferirsi, costituite da due pareti di lamiera rinforzate sul contorno ed ogni tanto nel senso dell'altezza da ferri d'angolo; ad ogni capo della forma stanno due ritti ad U, larghi 5 cm. che hanno per solito un'altezza tale per cui si possono comodamente innalzare le pareti in corrispondenza all'altezza crescente del muro; negli angoli si usano forme congeneri. Se il muro deve avere profili di modanature, queste possono venire applicate in seguito oppure formate contemporaneamente; nel primo caso si deve introdurre nella forma un pezzo di legno che lasci una scanalatura nella quale si introduce poi la modanatura.

Il calcestruzzo viene steso nelle forme a strati di 15 a 20 cm. di altezza avvertendo di incominciare uno strato solo quando quello immediatamente sottostante sia indurito per modo che battendolo colla mazzeranga questa rimbalzi e mandi un suono limpido. È necessario che la superficie superiore di questo strato venga ben ripulita ed eventualmente bagnata prima di aggiungere un nuovo strato ed è pure opportuno renderne scabra la superficie per aumentare l'adesione tra i due strati successivi. La faccia superiore di ogni strato deve sempre essere in un piano orizzontale; se si tratta di lunghezze rilevanti o se non si può, per motivi speciali,

eseguire lo strato in una sola volta per tutta la lunghezza, si devono lasciare ad eguali intervalli delle rientranze a gradini.

Appena si è disteso uno strato, questo viene battuto con una mazzeranga del peso di 12 a 15 Kg. finchè la malta rifluisca alla superficie. Sopravvenendo forti piogge il lavoro deve essere sospeso e si deve accuratamente coprire la muratura già eseguita con tavole o con cartone-cuoio.

Il calcestruzzo viene portato sul sito mediante barelle o carriole e versato nelle forme, oppure accompagnato nella discesa mediante tramogge; con quest'ultimo sistema si ha l'inconveniente, quando la tramoggia è piuttosto lunga, della separazione delle pietre dalla malta; perciò sono preferibili, specialmente nei lavori subacquei, le casse a fondo fisso, girevoli, e quelle a fondo mobile.

Le murature di getto in calcestruzzo si distinguono a seconda dell'ingrediente cementizio principale in muri di malta di calce e muri di malta di cemento.

α) *Muri di malta di calce.* — Questi muri si eseguono come quelli in terra facendo una miscela di calce e sabbia, una di calce per 8 a 12 parti di sabbia; in generale però si fa la malta con una di calce e tre di sabbia e poi vi si aggiungono ancora 5 parti di sabbia. Viene preferita la sabbia di fiume, ben pulita senza dare importanza alla grossezza dei suoi grani, potendosi ad essa mescolare ghiaia e ciottoli della grossezza di una noce; riguardo alla calce si può adoperare tanto la calce grassa quanto la idraulica; questa si usa specialmente per fabbricati esposti all'umidità. La quantità d'acqua si determina riempiendo di sabbia un recipiente e versando poi l'acqua che vi può essere contenuta fino a riempire tutti gli interstizi.

Si possono anche aggiungere polvere e frantumi di laterizi, di scorie, pozzolana, cemento; quest'ultimo dovrà sempre essere aggiunto quando trattasi di fondazioni o di volte. Quanto più tali miscugli si avvicinano al calcestruzzo agglomerato Coignet tanto maggiore è la resistenza; però questo calcestruzzo è poco conveniente per le strutture di getto perchè esige molta cura nella fabbricazione e per dargli la necessaria compattezza.

Le fondazioni e gli zoccoli possono essere fatti di pietre o di mattoni; tutto il resto cioè muri, archi, soffitti, volte, spalle di porte e finestre viene fatto interamente di getto; per poter eseguire le gole di camino vengono collocati nella massa dei legnami cilindrici di circa 16 cm. di diametro che si sollevano a misura che il muro progredisce in altezza.

Questi muri di getto sono sommamente durevoli e resistenti alle intemperie ed agli sforzi a cui sono assoggettati nelle fabbriche comuni. I muri eseguiti con calce idraulica devono avere una grossezza eguale ai muri di mattoni; quelli invece in cui si adopera calce grassa avranno una grossezza maggiore di $\frac{1}{4}$.

β) *Muri di malta di cemento.* — Nei muri di getto il cemento e soprattutto quello Portland dànno eccellenti risultati a causa della sollecita presa; la malta viene composta generalmente nella proporzione di 1 di cemento per 3 di sabbia, e ad essa vengono aggiunte da 4 a 6 parti di ghiaia o di pietrisco.

La malta di cemento nella proporzione di 1 a 3 in peso, deve presentare una resistenza minima alla trazione di 16 Kg. per cm^2 ed una resistenza minima alla compressione di 160 Kg. per cm^2 . Generalmente si ottiene un prodotto di maggiore resistenza.

Impiegando la malta di cemento si avranno muri di grossezza sempre minore di quelli fatti con malta di calce, essendochè quest'ultima ha una resistenza minore di quella della malta di cemento.

Delle murature di getto in calcestruzzo cementizio si è già parlato e si è pure tenuto parola del calcestruzzo agglomerato Coignet. Si aggiungerà ora qualche altra osservazione, e qualche esempio di simili costruzioni.

Quando il calcestruzzo o lo smalto deve essere portato ad una certa distanza dal luogo di fabbricazione, oppure deve essere gettato in acqua, bisogna calcolarne una quantità del 10 al 15 % maggiore del necessario a motivo delle perdite che si verificano nel trasporto o per effetto dell'acqua.

Come ogni altro materiale da costruzione lo smalto è soggetto all'influenza del calore: inoltre la presa dà luogo ad alcuni limitati cambiamenti di volume; tutte queste variazioni rimangono però inferiori a quelle che presentano gli altri materiali. Da esperienze del dott. Schumann, fatte per 5 anni consecutivi, risultò che nell'acqua la malta di cemento (in rapporto da 1 a 3) subisce, per ogni metro di lunghezza, un accrescimento di 30 mm. e che un prisma di 10 cm. di lato fatto con malta di cemento (di 1 a 3), e indurito all'aria per 3 settimane, subisce un accorciamento di lunghezza nei lati di mm. 0,041. Le variazioni sono così insignificanti che potrebbero passare inosservate, se l'uniformità delle superficie di smalto non ne rendesse più visibili gli effetti in confronto della muratura fatta con elementi staccati; è solo questa uniformità che conduce a scoprire delle screpolature fine come capelli che si mostrano spesso sulle faccie esterne delle murature di calcestruzzo.

Le variazioni di volume diminuiscono alquanto d'importanza quando lo smalto è sottratto alle variazioni di temperatura; saranno quindi minime nelle fabbriche o parti di fabbrica nascoste e massime dove le superficie sono esposte immediatamente all'azione del sole e del freddo. Nelle fabbriche fuori terra le variazioni saranno quindi diverse tra i muri esterni e gli interni.

L'evitare le screpolature ha speciale importanza pei muri che devono essere impenetrabili all'acqua: mentre non è il caso di tenerne conto per le costruzioni ordinarie fuori terra, perchè la resistenza della fabbrica non ne viene punto diminuita. E tuttavia un precetto di previdenza l'adottare i provvedimenti che servono ad evitare anche questi piccoli inconvenienti: in parte serve a ciò un opportuno smagrimento della malta di cemento. Più grassa è la malta, e maggiore sarà la formazione di screpolature: non si deve perciò applicare malta più grassa di quella che abbia la proporzione all'incirca di 1 a 3, nè impiegare malte di composizione diversa l'una accosto o sopra all'altra immediatamente. Non si deve inoltre battere il calcestruzzo in modo da far scomparire tutti i più piccoli interstizi, ma si deve cessare la battitura prima che la compattezza sia diventata assolutamente perfetta.

Nelle fabbriche sopra terra si suggerisce, come nei muri di materiale disuguale o in quelli fabbricati in tempi diversi, di lasciare delle separazioni ossia delle scanalature da riempirsi poi quando sia avvenuto l'assetto di tutte le parti della muratura.

I rivestimenti con sottili piastrelle a colori, anche di mattoni od altrimenti formate, si possono immediatamente collegare con una costruzione in calcestruzzo. Il rivestimento serve in questo caso come parete della forma e si può ottenere una grande esattezza nel rivestimento stesso quando sia orizzontalmente assicurata all'ossatura in ferro una riga di ferro spostabile, che serve a determinare la posizione, la grossezza e la profondità delle commessure.

Applicazioni varie del calcestruzzo cementizio di getto. — In questi ultimi anni lo smalto cementizio acquistò, più che pei muri, una speciale importanza per la costruzione di parti interne delle fabbriche, come pianerottoli da scala, tramezze, voltine, ecc. ma principalmente pei solai. Le scale coi loro pianerottoli vengono formate nella stessa guisa dei muri: riguardo alla sicurezza contro il fuoco una scala in calcestruzzo è da anteporsi ad una in pietra da taglio, e poichè la costruzione in calcestruzzo si adatta facilmente ad ogni forma di pianta della scala, per le scale a branche non diritte si ha anche risparmio di materia e di tempo.

La diffusione sempre crescente dei solai in smalto, trae origine particolarmente da parecchie circostanze: dal desiderio di aumentarne la sicurezza contro il fuoco;

dall'influenza antigienica che spesso esercitano i materiali di riempimento dei soffitti, e dal desiderio di diminuire il pericolo derivante dall'imputridimento delle travi e di tutta l'armatura in legno degli impalcati, ciò che favorisce l'uso delle travi di ferro, che riescono molto adatte per la costruzione dei solai in smalto.

Poichè nel cemento è più grande la resistenza alla pressione e relativamente più piccola quella alla tensione, la forma arcuata nei soffitti di calcestruzzo ha prevalenza sulla forma piana. Dove la forma piana del soffitto è una condizione necessaria, si ricorrerà opportunamente al sistema Hennebique di cui si tratta più avanti.

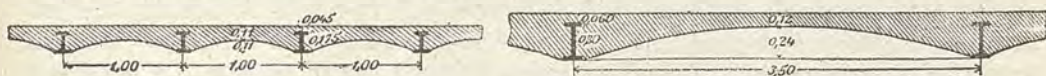


Fig. 620.

Fig. 621.

Fig. 620 e 621. — Voltine da solaio in calcestruzzo di cemento.

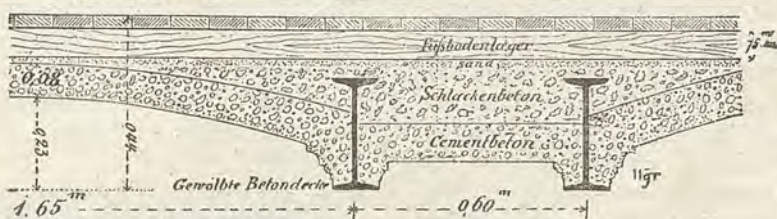


Fig. 622. — Solaio formato con voltine di getto in calcestruzzo.

Cementbeton, calcestruzzo di cemento; *Schlackenbeton*, calcestruzzo di calce e scorie; *Fussbodenlager*, armatura del pavimento.

Se una voltina in calcestruzzo si appoggia da una parte ad un muro non è conveniente che dall'altra si appoggi ad una trave di ferro, giacchè facilmente nella chiave comparirebbero delle screpolature: è meglio collocare lungo il muro una trave di ferro a □.

Se il pavimento da farsi sopra le voltine sarà in semplice battuto di malta di cemento, bisogna collocare le travi di ferro a profondità sufficiente perchè sulle loro ali superiori vi sia ancora un'altezza di circa 6 cent. di smalto o di battuto in malta di cemento; nel pavimento si pratteranno poi delle leggere solcature a disegno le quali varranno a mascherare le fenditure capillari che si formassero. Valgano le figure 620 e 621 a dare un esempio di voltine di getto in calcestruzzo di cemento.

La saetta dell'arco nelle voltine di calcestruzzo può ridursi a $\frac{1}{10}$ ed anche meno della corda: dove sia richiesta una grande utilizzazione dello spazio si può applicare (benchè staticamente sfavorevole) l'arco a tre centri ribassato, pel quale però deve diminuirsi la portata. Per la sicurezza contro il fuoco sarà sempre opportuno di ricoprire da ciascuna parte le travi di ferro con un grosso strato di smalto.

La fig. 622 mostra delle voltine in smalto decorate nella parte formante soffitto. Si nota che il riempimento sopra i reni della volta consiste in un calcestruzzo più magro di calce bianca e scorie di carbon fossile. Il pavimento è di legno formato con semplici tavole sostenute da listelli appoggiantisi direttamente nel calcestruzzo di riempimento.

Le voltine eseguite nell'ospedale dell'Istituto delle Diaconesse a Carlsruhe (fig. 623) hanno una grossezza di soli 10 centim. e consistono di una miscela di una parte di cemento, 2 di sabbia e 4 di ghiaia, mentre il riempimento è una miscela di una parte di calce bianca e 8 parti di scorie di carbone: il pavimento di legno è un intavolato di quadri.

Adoperando il calcestruzzo leggero, ed anche poco costoso, di calce e scorie di carbone, è da osservarsi che queste ultime non contengano zolfo, il quale riescirebbe



Fig. 623.

dannoso alle travi in ferro. È quindi prudente di spalmare le travi con catrame o ricoprirle con carton-cuoio.

Nel collocamento dei pavimenti di legno sopra i soffitti in ferro e smalto e nel ricoprimento delle faccie inferiori delle travi in ferro si sono incontrate alcune difficoltà a superar le quali si usava spesso di collocare i listelli del pavimento nello stesso calcestruzzo, oppure di stendere su questo uno strato di sabbia e quindi disporvi i legnami. Questo secondo sistema è migliore ma ha il difetto di caricare inutilmente il soffitto.

Per poter coprire le faccie inferiori delle travi in ferro e la faccia inferiore del soffitto, e specialmente per poterle intonacare, si conficcavano nello smalto ai lati della trave dei pezzi sporgenti, ai quali si assicuravano stuoie di canne o tela metallica; oppure si applicavano contro il soffitto dei listellini di legno, che servivano a trattenere l'intonaco.

In modo più razionale si superano le difficoltà sopradette col sistema Ludolff. Fra una trave di ferro e l'altra si collocano dei grossi fili di ferro ripiegandone le estremità sulla superficie superiore delle ali del ferro, sotto a questi si applica poi la forma, nella quale si getta uno strato di smalto di 10 centimetri (per travi distanti m. 0,70 a 0,80); levata la forma si rinzaiffa la faccia inferiore del soffitto con intonaco di cemento.



Fig. 624. — Solaio del sistema Ludolff.

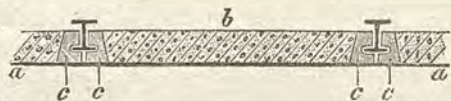


Fig. 625. — Solaio in calcestruzzo di getto con mattoni d'imposta.

a, intonaco del soffitto; b, calcestruzzo; c, mattoni di ricoprimento o d'imposta.

Si eseguisce poi con smalto di scorie il riempimento fino a tutta l'altezza delle travi e si conguaglia la superficie: se questa si è un po' ritirata vi si inchioda una grossa stoffa di juta con chiodi fucinati di 5 centimetri di grossezza. Sulla stoffa si distende poi un mastice formato con formaggio e calce il quale serve di letto al pavimento di legno. La fig. 624 mostra schematicamente tale sistema di costruzione; i fili di ferro, oltrechè a trattenere l'intonaco, servono anche a distribuire più equabilmente il peso del soffitto.

Si può anche ricorrere ai così detti mattoni di ricoprimento o d'imposta, i quali s'incastano con apposita scanalatura entro l'ala del ferro ricoprendone per ciascuno la metà. Il calcestruzzo formante voltino o piattabanda resta compreso fra due mattoni opposti e quindi l'intonaco del soffitto si può dare con tutta facilità (fig. 625).

Nel modo più semplice si può disporre il pavimento quando basti un ricoprimento di *linoleum* giacchè questo può venire immediatamente applicato sul battuto di cemento.

Sono adottaibili per le miscele dello smalto da soffitto le seguenti proporzioni: una parte di cemento, cinque a sei di sabbia mista a ghiaia, oppure una parte di cemento, due di sabbia, 4 a 6 di pietrisco.

Costruzioni in calcestruzzo cementizio con ossatura di ferro. — Un'applicazione molto più razionale delle costruzioni in calcestruzzo di getto si ha nelle costruzioni di cemento con ossatura di ferro, dette di *cemento armato* o di *ferro-cemento* o di *sidero-cemento*, delle quali fu iniziatore il Monier.

Il carattere fondamentale di queste strutture (1) è quello di avere introdotto nella

(1) La maggior parte di quanto si dice sul cemento armato è tolto da una relazione dell'ingegnere Vacchelli contenuta nei fascicoli IV e V, anno 1897, degli *Annali della Società degli ingegneri ed architetti italiani*.

struttura di getto, in quelle parti dove si manifestano sollecitazioni di tensione, delle sbarre di ferro o di acciaio che, per la loro forte aderenza al cemento, possono considerarsi come formanti parte integrante della struttura, mentre invece il calcestruzzo di cemento agisce da solo nelle parti sollecitate a pressione.

Non è però da credere che questo ragionamento abbia necessariamente servito di punto di partenza per i primi lavori eseguiti con questo sistema: le prime applicazioni avevano un carattere, si può dire, empirico, allorchè il signor Monier, che diede in origine il nome a questo genere di costruzioni, intorno al 1868 cominciò a costruire piccoli oggetti per giardini, quali serbatoi, bacini, tubi, sedili, ecc., riuscendo a limitare di molto gli spessori del cemento, grazie all'ossatura metallica che rinforza la costruzione. Nel 1880 i brevetti Monier furono acquistati da una Società che in Germania e soprattutto in Austria-Ungheria diede una grande estensione alle loro applicazioni, costruì numerosi ed importanti lavori, e procedette a diverse esperienze destinate a far risaltare i vantaggi del sistema.

I risultati di queste esperienze furono abbastanza soddisfacenti per decidere molti costruttori a impiegare i nuovi procedimenti, dopo avervi portate più o meno importanti modificazioni, ed all'esposizione di Parigi del 1889 figuravano lavori in cemento armato, esposti dai signori Monier, Dumesnil, Perego, Bordenave, Cottancin, Hennebique, ecc.

La Società tedesca delle costruzioni Monier, diretta dall'ing. Wayss, estendeva l'impiego dei suoi sistemi a volte di grande portata, ed eseguiva parecchie opere di notevole arditezza; ed anche in Francia e nel Belgio i lavori in cemento armato andavano prendendo larga applicazione per opera di Hennebique e di altri.

Mentre si estendeva nel campo della pratica l'impiego di questi procedimenti costruttivi, lo studio teorico non veniva negletto; e parecchi ingegneri, quali Wayss, de Mazas, Coignet, de Tedesco, Planat, Melan, ecc., hanno indicato dei procedimenti pel calcolo dei diversi lavori in ferro e cemento, e date delle formule, le quali, benchè fondate sopra ipotesi più o meno approssimate, e che quindi non hanno una esattezza rigorosa, sembrano tuttavia condurre a risultati sufficientemente in armonia coi fatti accertati.

Le strutture più semplici in cemento armato sono *lastre*, costituite da uno strato di limitato spessore di malta o calcestruzzo di cemento, nel quale trovasi una ossatura metallica alla parte inferiore. La costituzione di questa caratterizza i differenti sistemi e ha dato origine ai brevetti presi dagli inventori. Nel sistema Monier l'ossatura metallica si compone di un graticcio formato da una doppia serie di sbarre di ferro che si incontrano ad angolo retto; la distanza fra le diverse sbarre è di 5 a 10 cm. In una serie le sbarre sono di diametro variabile secondo la resistenza che deve presentare il solaio; nell'altra serie le sbarre sono generalmente più sottili (2 a 6 mm. di diametro) e servono per riportare il carico sulle prime. Per ottenere resistenze più elevate si dispongono più graticci sovrapposti.

In America si sono impiegate ossature con ferri piatti forati e pioli infilati nei buchi, oppure ferri quadri contorti secondo eliche: questa pratica, seguita allo scopo di impedire lo scorrimento del ferro nella massa di getto, sembra però affatto inutile avuto riguardo all'elevato coefficiente di aderenza che presenta il ferro col cemento, quando la presa di questo avvenga in presenza di superficie pulita e con malta sufficientemente grassa.

Nel sistema Cottancin, l'ossatura metallica è costituita da un tessuto formato da un filo continuo di mm. 4,5 di diametro, a maglie più o meno larghe.

Nel sistema Bordenave si hanno due serie di sbarre, ma invece di ferri tondi o quadri, impiegansi sezioni speciali a \square \perp Γ \perp , sbarre sagomate con piccoli spessori, per lo più in acciaio.

Da queste costruzioni elementari che costituiscono lastre impiegate per diversi scopi, si passa ai solai, sostenendoli, in generale, con travature metalliche: e si hanno anche i tipi di solai robusti, in cui le lastre sono foggiate a volta ed impostate sulle ali inferiori dei travi a Γ (1).

È stato però un notevole progresso quello con cui anche le travi sostenenti le lastre del pavimento vennero eseguite in malta o calcestruzzo di cemento, a lor volta con ossatura metallica. La struttura ha per tal modo guadagnato in omogeneità, essendo una struttura monolitica di malta o di calcestruzzo di cemento, con ossatura metallica convenientemente disposta.

A sviluppare questo concetto caratteristico ha contribuito molto l'ing. Hennebique, e nei suoi primi solai un trave a Γ era compreso nella parte inferiore di un masso di calcestruzzo di sezione rettangolare, che funzionava nel complesso da trave, mentre superiormente sosteneva il pavimento pure formato di getto, in cemento armato.

I solai Hennebique, come ora si costruiscono, sono costituiti da un lastrone orizzontale da cui aggettano inferiormente delle nervature. Considerata una di queste, con la parte del lastrone che ad essa corrisponde, si ha in sezione una trave a Γ . Nella parte inferiore della nervatura, laddove si sviluppano i maggiori sforzi di tensione, sono collocate delle sbarre di ferro, mentre la parte superiore del conglomerato, e quindi la tavola orizzontale del Γ lavora a compressione, ed al tempo stesso costituisce il pavimento. Questa tavola a sua volta ha un'ossatura metallica formata essenzialmente da sbarre disposte trasversalmente alla direzione delle nervature, e nella parte inferiore del lastrone.

Come si vede, in una simile struttura dal primo strato del soffitto all'ultimo strato del pavimento, tutto nel solaio è chiamato a resistere alle sollecitazioni esterne. È evidente che la zona delle tensioni deve essere collegata alla zona delle pressioni, e questo collegamento è fornito in parte dal conglomerato stesso che costituisce la nervatura, ed in parte, per maggior garanzia, da staffe di ferro che abbracciano le sbarre di ferro e le connettono al lastrone. Tali staffe hanno poi anche per ufficio di resistere agli sforzi di taglio.

Gli spessori dei solai in cemento armato e le dimensioni dei ferri dell'ossatura variano a seconda della luce e dei carichi che il solaio è destinato a portare. A parte le strutture con nervature principali, i solai semplici fino a quattro e anche cinque metri di portata, hanno grossezze da 10 a 12 cm. Per luci maggiori occorrono in generale strutture colle sopra indicate nervature principali.

Se le nervature che funzionano da travi principali sono sostenute anche da appoggi intermedi (oltre a quelli di estremità), avvicinandosi alle condizioni di travi continue, si hanno sugli appoggi intermedi sollecitazioni di tensione nella parte superiore, e quindi le sbarre metalliche, invece che nelle parti inferiori, devonsi, sugli appoggi, far risalire verso la parte superiore delle nervature. Questo caso si presenta, per esempio, nella costruzione testè eseguita in Roma per i passaggi di comunicazione fra i vari fabbricati del Policlinico.

La fig. 626 rappresenta con molta chiarezza un solaio Hennebique costituito con travi principali sostenute da pilastri pure formati con calcestruzzo armato, da travi secondarie e dalla *soletta* compresa fra queste ultime. Tanto nelle travi principali

(1) L'ing. Ghilardi ha fatto brevettare parecchi sistemi da lui ideati per voltine monolitiche di calcestruzzo cementizio per solai, sia di forma arcuata, sia piana, sia piene o forate oppure a nervature e contenenti dei tiranti di ferro. Il Ghilardi ha i suoi cantieri di costruzione in Milano. Anche la Ditta ing. Odorico, pure di Milano, fabbrica voltine dello stesso genere in calcestruzzo di cemento.

quanto nelle secondarie e nella soletta, si vede come sono disposti i tiranti colle relative staffe.

In causa della loro impermeabilità, incombustibilità, resistenza e leggerezza relativa, i lastroni in cemento armato vengono con vantaggio impiegati anche nella costruzione delle coperture: dapprima si sono disposte le lastre sopra le incavallature, in seguito anche le incavallature si sono costruite come parte della struttura monolitica,

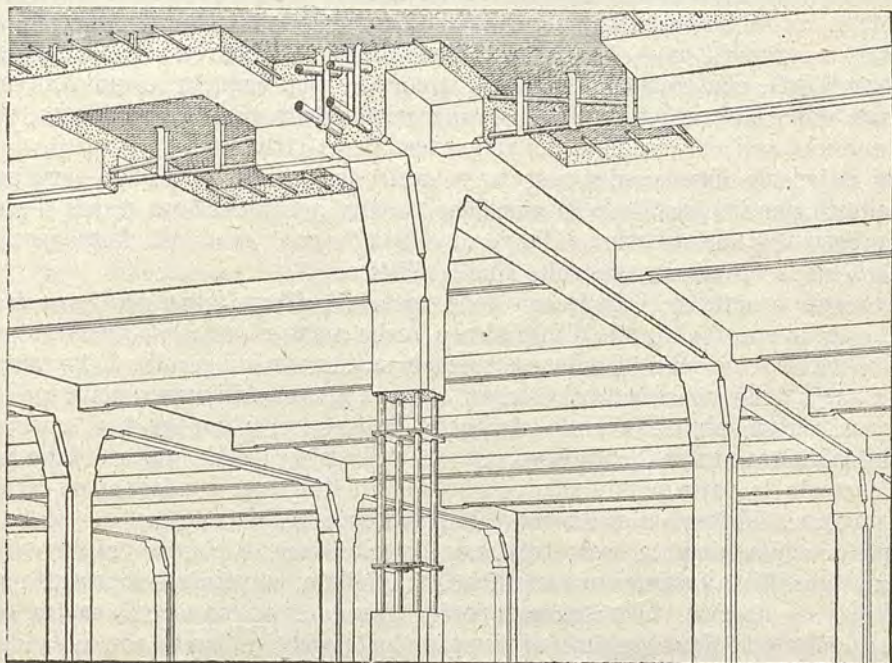


Fig. 626. — Solaio di calcestruzzo armato (sistema Hennebique) costituito da travi principali appoggiate a pilastri, e da travi secondarie.

Anche i *muri*, specialmente le *tramezze*, possono venir costruiti in cemento armato: in essi il graticcio metallico viene disposto in modo da riportare il peso della costruzione in punti opportuni, e con grossezze anche solo di 3 cm. si ottengono strutture assai resistenti. Strutture simili ancora più sottili sono impiegate per *rivestimenti*, sia per rendere impermeabili delle murature che non lo sono, sia per riparare dal fuoco parti combustibili di una costruzione, sia per altri usi.

La costruzione di *serbatoi d'acqua* è stata una delle prime applicazioni delle strutture in cemento armato: questi serbatoi sono generalmente cilindrici e le sbarre resistenti, nell'armatura, sono generalmente di forma circolare, o disposte secondo eliche: per serbatoi di pianta rettangolare occorre rinforzare le pareti con nervature. Anche il fondo di questi serbatoi e le coperture ove occorrono, sono fatti con ossatura metallica, tutto ben inteso collegato e formante monolite colla struttura delle pareti. Le dimensioni dell'ossatura e le grossezze vengono calcolate come se alle sollecitazioni di tensione cui viene assoggettata la parete del tubo o del serbatoio debba soltanto resistere l'ossatura metallica; e quanto alle grossezze della parete, praticamente adottate dal signor Wayss, esse sono di 5 ÷ 7 cm. in alto e 13 in basso per serbatoi d'acqua portanti un carico di 5 metri.

L'ossatura dei *tubi*, come quella dei serbatoi, si compone di direttrici in forma di spire, o di tanti cerchi, e di generatrici rettilinee. Le direttrici, essendo destinate a sopportare gli sforzi principali, sono poste al di fuori delle generatrici, presso l'esterno

della parete del tubo quando questo deve resistere ad una pressione interna, e sono invece disposte verso la parete interna quando il tubo deve sopportare una pressione esterna. Le ossature metalliche per tubi si calcolano in base a criteri analoghi a quelli seguiti pel calcolo dei serbatoi in cemento armato, cioè supponendo che l'ossatura metallica debba da sola resistere alle massime sollecitazioni di tensione che si presentano.

È interessante notare che questi tubi, come anche i serbatoi, non sono impermeabili subito dopo la loro fabbricazione, ma lo divengono perfettamente dopo qualche tempo che sono in servizio; pare che l'acqua filtrando traverso le pareti si carichi di calce e di differenti sali, che trasporta verso la superficie non bagnata, e quivi in seguito all'azione dell'acido carbonico ed all'evaporazione lenta dell'acqua filtrata, rimangono depositati sali che rendono poi impermeabile la struttura.

Tubi di piccole dimensioni si possono costruire in cantiere, in tronchi terminati in modo adatto per il raccordo e la giunzione, mentre per dimensioni grandi si costruiscono in posto. Di tale struttura si fanno *condotte d'acqua, fogne, ecc.*, impiegando alle volte la sezione circolare, alle volte quella ellittica.

In cemento armato si costruiscono delle *passerelle* ed anche dei *ponti per strada e per ferrovia*: si adottano forme di intradosso anche molto ribassate, e grossezze estremamente ridotte: ciò che dà alla costruzione un aspetto di grande leggerezza. La maggior parte della massa del calcestruzzo si trova allora concentrata nelle spalle che devono resistere a spinte rilevanti: impiegansi in questi casi due graticci, uno presso l'intradosso, l'altro presso l'estradosso, ciò che del resto è anche indicato dalla teoria, poichè secondo le varie parti dell'arco e secondo le differenti condizioni di carico, si possono avere sollecitazioni di tensione all'intradosso o all'estradosso.

Si nota incidentalmente come trattandosi per esempio di ponti sopra ferrovie non siano consigliabili le costruzioni metalliche ma quelle in muratura e soprattutto quelle in calcestruzzo armato, che possono superare grandi corde con piccola saetta, poichè il ferro viene assai danneggiato dal fumo delle locomotive, tanto che accadde, nel disfacimento di un calvalcavia metallico, di trovarne le travi grandemente corrose e perfino bucate.

È stato ultimamente brevettato un sistema per la costruzione di *paratie e ture*, in cui i pali di sezione quadrata o rettangolare sono in cemento armato.

Infine, va ancora notato un recente tentativo di applicazione del cemento armato alla costruzione di *barche*, fatto negli ultimi mesi a Roma nello stabilimento Gabelini; di tali strutture fu dato un cenno nel num. 9 del *Bullettino della Società degli ingegneri*.

Esecuzione e calcolo di strutture in cemento armato. — Nelle costruzioni in cemento armato, la malta deve essere sufficientemente ricca di cemento per aderire bene al ferro ed affinchè il conglomerato presenti una sufficiente compattezza e resistenza: un leggero eccesso nella proporzione del cemento nelle parti in contatto coll'ossatura metallica è sempre vantaggioso. Del resto le qualità che il conglomerato deve presentare sono quelle stesse che si richiedono quando è impiegato da solo: lo stesso dicasi delle norme che si devono seguire nella sua fabbricazione e nella messa in opera. Non si può dire nulla di assoluto sulle proporzioni che conviene adottare nei vari casi, tanto più che le varie ditte costruttrici sono in generale restie a rendere pubbliche queste notizie. Tuttavia si può dire che una proporzione spesso impiegata è quella di un volume di cemento per tre volumi di sabbia: cioè chilogrammi 400 a 450 di cemento per metro cubo di sabbia; in taluni casi questa proporzione di cemento scende sensibilmente, mentre in altri, allorchè occorra sviluppare una forte resistenza, oppure allorchè si tratta di strutture che debbono resistere alla pressione delle acque od essere assolutamente impermeabili,

la proporzione del cemento cresce di molto, e si impiegano due volumi di cemento per tre di sabbia, od anche volumi eguali. La grossezza massima dei grani di sabbia varia secondo la natura della costruzione: in certi casi si fa anche uso di calcestruzzo, impiegando Kg. 250 a 400 e più di cemento per mezzo metro cubo di sabbia e un metro cubo di breccia.

Raramente si impiegano cementi a rapida presa: sono quelli a lenta presa i più comunemente adoperati; è però opportuno che la presa non sia lentissima per evitare di tenere troppo a lungo immobilizzate le forme e le armature impiegate pel getto. La quantità d'acqua dev'essere limitata al puro necessario e, semprechè sia possibile farlo, è assai opportuno, per non dire indispensabile, pigiare e battere bene il conglomerato: nei casi in cui ciò non si può assolutamente fare per la presenza dell'ossatura, occorre impiegare malte più liquide.

* Sulla *resistenza dei cementi* armati si sono fatte numerose prove, e benchè non si sia ancora potuto arrivare a conclusioni assolute, che chiariscano il modo di comportarsi di queste strutture in tutti i casi, si sono però assodati questi due punti essenziali: 1° che l'introduzione del ferro e dell'acciaio aumenta considerevolmente la resistenza e la elasticità del conglomerato; 2° che la rottura, invece di avvenire bruscamente come nelle costruzioni in conglomerato non armato, si produce progressivamente, ed in seguito a deformazioni crescenti lentamente; spesso anche per carichi assai superiori a quelli che corrispondono alle prime lesioni, e senza che alla formazione di queste segua un brusco aumento delle deformazioni. Questo ha evidentemente molta importanza dal punto di vista della sicurezza dei lavori durante la esecuzione, e nelle costruzioni compiute.

Lo studio delle condizioni di resistenza delle strutture in cemento armato è però tuttora incompleto, ed in mancanza di una teoria che concordi esattamente coi risultati delle esperienze, bisogna accontentarsi di ipotesi più o meno approssimate. Si accennerà qui brevemente ai concetti fondamentali che vengono seguiti.

Il modo più razionale di considerare una struttura in cemento armato, sarebbe quello di servirsi dei procedimenti di calcolo che insegna la meccanica applicata per lo studio di strutture eterogenee, nelle quali le varie parti hanno differente modulo di elasticità. Senonchè il rapporto fra il modulo di elasticità del ferro e quello del conglomerato non si può stabilire con esattezza sufficiente, variando quest'ultimo grandemente secondo la composizione e secondo altre cause non facilmente apprezzabili, per modo che il rapporto fra il modulo di elasticità del conglomerato, e quello del ferro varia fra 1 : 30 ed 1 : 10. D'altra parte, mentre per sollecitazioni limitate, il ferro ed il cemento deformandosi insieme, anche quest'ultimo resiste ad una parte dello sforzo di trazione; quando invece viene superato un certo limite, pare si produca una parziale disaggregazione nel cemento, nella regione tesa, e l'ossatura metallica resiste da sola o quasi alle sollecitazioni di tensione.

In mancanza di dati precisi e di un procedimento di calcolo che si fondi sopra ipotesi universalmente accettate e riconosciute esatte, i diversi costruttori adoperano delle formole loro proprie pel calcolo pratico degli elementi dei loro lavori; e poichè in generale ammettono coefficienti di sicurezza abbastanza elevati, è assai raro che si riscontrino, nel fatto, dimensioni insufficienti.

Per dare però un'idea del modo con cui l'Hennebique procede nei suoi calcoli, si riporta dall'opuscolo del Boileau (v. *Bibliografia*) il seguente calcolo relativo ad un solaio composto da travi maestre, da travi secondarie e dalla soletta. Le prime hanno la portata di m. 7,50, sono distanti 3,80 da asse ad asse, e da una parte appoggiano sopra pilastri Hennebique: le travi secondarie sono distanti m. 1,28 da asse ad asse, e la soletta è grossa 8 cm. (fig. 627). Il calcolatore considera successivamente le tre parti costituenti il solaio, e cioè:

- 1° Un tratto di soletta di 1 metro di larghezza, compreso fra le travi secondarie;
- 2° Una trave maestra;
- 3° Una trave secondaria.

Soletta. — Essendo la grossezza adottata *a priori* di cm. 8, e considerando il tratto di soletta come una trave di portata $L = m. 1,20$ e della sezione $h \times l = 0,08 \times 1$ si comincia a calcolarne il peso proprio P e il sovraccarico P' in ragione di Kg. 400 al m^2 . Il peso specifico del calcestruzzo essendo di Kg. 2500 si ha:

$$\begin{aligned} \text{Peso proprio } P &= 1,00 \times 1,20 \times 0,08 \times 2500 = \text{Kg. } 240 \\ \text{Sovraccarico } P' &= 1,00 \times 1,20 \times 400 = \dots = > 480 \end{aligned}$$

$$P + P' = \text{Kg. } 720$$

Per calcolare il momento flettente M_f , si tiene conto del fatto che la soletta forma colle travi secondarie un tutto unico, onde il tratto di soletta considerato si può ritenere come trave incastrata alle estremità; per maggior sicurezza però non si adotta la formola corrispondente a questo caso, ma una formola intermedia fra questa e quella relativa ad una trave semplicemente appoggiata alle estremità, ossia si prende:

$$M_f = \frac{(P + P') \times L}{10} \text{ e perciò } M_f = \frac{720 \times 1,20}{10} = 86,4 \text{ chilogrammetri.}$$

Nella soletta la parte di calcestruzzo che trovasi sopra la fibra neutra lavorerà alla compressione e quella sottostante alla trazione. Per potere razionalmente comporre la massa costituita dal ferro e dal cemento, riesce quindi necessario di determinare l'altezza della porzione che lavora a

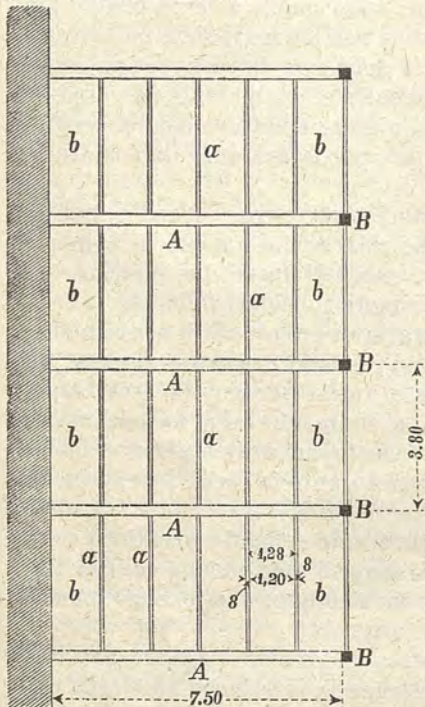


Fig. 627. — Solaio Hennebique.

A, travi maestre; B, pilastri;
a, travi secondarie; b, soletta.

compressione e la posizione dell'asse neutro. Ferro e cemento devono poi sopportare metà per ciascuno il momento flettente M_f .

Riguardo al calcestruzzo sottoposto a compressione, se si chiama (fig. 628) $2H$ l'altezza della sezione che si sa avere larghezza $l = 1,00$, R il coefficiente di resistenza



Fig. 628. — Soletta.

alla compressione per cm^2 (25 Kg.) e H la distanza del centro di compressione alla fibra neutra, ossia il braccio di leva che moltiplica la resistenza della sezione, si ha:

$$2H \times lH \times R = \frac{M_f}{2},$$

onde:

$$(2H)^2 = \frac{M_f}{l \times R} = \frac{86,4}{1,00 \times 250\,000} = 0,000\,346,$$

e infine

$$2H = \sqrt{0,000\,346} = 19 \text{ millimetri.}$$

L'altezza della sezione necessaria pel calcestruzzo compresso è dunque di mm. 19 ed è immediatamente al disotto che si trova la fibra neutra.

Riguardo alla sezione dei ferri cementati a trazione, ossia dei tiranti, si chiami S la loro sezione, H' la distanza del centro delle trazioni alla fibra neutra (fig. 628), supposto che tal centro sia l'asse dei tiranti, ossia dicasi H' il braccio di leva che moltiplica la resistenza della sezione dei tiranti, e R' il coefficiente di resistenza alla trazione per mm^2 (10 Kg.) del ferro, si dovrà avere:

$$S = \frac{M_f}{2 \times H' \times 10\,000\,000} = \frac{86,4}{0,72 \times 10\,000\,000} = \text{mm. } 120,$$

sezione che sarà largamente ottenuta se si collocano tre ferri tondi di 8 mm. di diametro sulla lunghezza di 1 metro del tratto di soletta considerato.

Si potrebbe ora domandare se la grossezza di cm. 8 adottata *a priori*, sia quella più conveniente. Se si prendesse, ad esempio, 0,10 si aggiungerebbe un peso notevole di cemento senza perciò riuscire a ridurre sensibilmente i ferri, e d'altra parte se la grossezza di cm. 6, che costringerebbe ad aumentare un poco la sezione dei ferri, sarebbe teoricamente eccellente, sarebbe meno facile, in pratica, di ottenere un buon legamento fra le due materie. Si è per questo che la sezione di cm. 8 risponde bene a tutte le condizioni del problema.

Trave maestra. — È qui specialmente che appare l'originalità del sistema del calcestruzzo armato. Nei solai a ossatura di legno o di ferro le travi maestre devono da sole sopportare tutto il carico che loro incombe e la flessione che ne consegue, mentre invece nei solai di cemento armato la soletta, che è intimamente legata colle travi e forma con esse un tutto indissolubile, arreca un notevole aiuto alla loro resistenza. La trave considerata non consiste dunque soltanto nella parte visibile sotto al soffitto, ossia sotto la soletta, ma bensì nell'insieme di quella e della porzione di soletta che la trave dovrebbe sorreggere, vale a dire che la sua sezione affetta la forma di un T semplice, la cui flangia o tavola sarebbe immensamente larga. Le travi secondarie per loro conto vengono poi ad aumentare la resistenza della soletta e per conseguenza quella delle travi maestre, ma nel calcolo non è tenuto conto di tale aumento di forza come neppure delle masse di cemento che stanno al disotto della fibra neutra e che lavorano a trazione. Sebbene tali masse abbiano una parte importante nella resistenza totale, pure nei calcoli si ammette come principio che esse non servano che come materiale di collegamento, ossia ad inviluppare i tiranti e le loro staffe in modo da incorporarli energicamente nella massa generale.

Dalla fig. 629 si vede come la parte di trave sotto la soletta presenti una sezione di $0,35 \times 0,27$, e la tavola sia larga m. 3,80 e grossa m. 0,08: i rinforzi o travi secondarie, sono poi 5 mezzi per parte e lunghi m. 1,765 con sezione di $0,12 \times 0,08$.

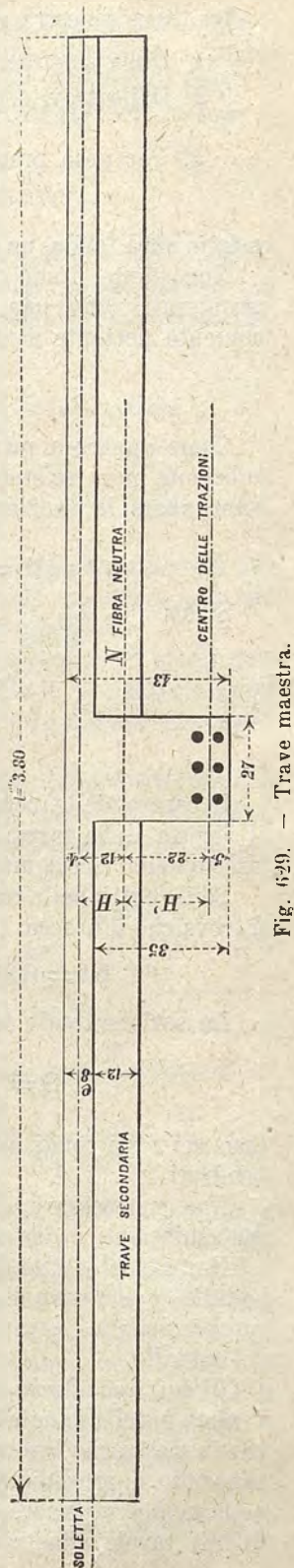


Fig. 629. - Trave maestra.

La trave maestra riceve quindi il carico seguente:

- 1° Dalla soletta: $7,50 \times 3,80 (400 + 0,08 \times 2500) = \text{Kg. } 17\ 000$
 2° Dalle travi secondarie:
 $10 \times 1,765 \times 0,12 \times 0,08 \times 2500 = > 423,60$
 3° Per peso proprio: $7,50 \times 0,35 \times 0,27 \times 2500 = > 1\ 771,87$
 onde $P + P'$ è uguale a Kg. $19\ 295,47$

ossia in cifra tonda, un carico uniformemente ripartito di Kg. 19 296.

Nonostante il suo collegamento intimo coi sostegni verticali la trave maestra è considerata come una trave liberamente appoggiata alle sue estremità per cui il momento flettente sarà:

$$M_f = \frac{19\ 296 \times 7,50}{8} = 18\ 090.$$

Come appare a prima vista dalla sezione la tavola superiore della trave è più che sufficiente per resistere allo sforzo di compressione che deve sopportare. Resta a determinarsi la posizione della fibra neutra, ciò che si ottiene mediante la formola:

$$2H = \frac{M_f}{l \times e \times R} \text{ dedotta come precedentemente.}$$

Si ha:

$$2H = \frac{18\ 090}{3,80 \times 0,08 \times 250\ 000} = 0,238$$

onde:

$$H = \frac{0,238}{2} = 12 \text{ centimetri.}$$

Il centro delle compressioni è naturalmente sull'asse della tavola, cioè a 4 cm. al disotto della faccia superiore; la fibra neutra sarà dunque a $4 + 12 = 16$ cm. al disotto della faccia medesima.

Se il centro delle trazioni è collocato a 5 cm. sopra la faccia inferiore della trave, si trova che il braccio di leva H' , ossia la distanza tra la fibra neutra e il detto centro è:

$$H' = 0,35 + 0,08 - (0,04 + 0,12 + 0,05) = 22 \text{ centimetri.}$$

La sezione totale dei ferri, calcolati come precedentemente è dunque:

$$S = \frac{18\ 090}{2 \times 0,220 \times 10\ 000\ 000} = 4111 \text{ mm. quadrati,}$$

ossia sei ferri tondi di 20 mm. di diametro, la cui sezione totale è di 4236 millimetri quadrati.

Non è necessario di aumentare la larghezza della trave, poichè tre ferri tondi sono sufficienti e con una larghezza di m. 0,27 vengono avviluppati convenientemente.

Non sarebbe utile diminuire l'altezza, poichè ciò condurrebbe all'impiego di troppo metallo, e neppure di aumentarla, poichè questo mentre renderebbe esteticamente sproporzionata la trave, non darebbe luogo ad una sensibile diminuzione nel peso del metallo.

Travi secondarie. — Ogni trave secondaria è composta come la trave maestra dell'anima e della flangia o tavola superiore (fig. 630), ma le sue proporzioni dimostrano che la massa che lavora a compressione è veramente eccessiva. Difatti la fibra neutra, seguendo il procedimento di calcolo impiegato per la trave principale, passerebbe nella tavola superiore, ciò che avrebbe per effetto, facendo lavorare la parte inferiore di tale tavola alla trazione e aumentando perciò l'altezza del braccio di leva delle

trazioni, di diminuire di molto la sezione dei ferri. Il costruttore, sapendo che il cemento lavora male alla trazione, onde darebbe luogo a fessure, colloca *a priori* la fibra neutra a 1 cm. sotto la faccia inferiore della tavola e quindi calcola i ferri.

Trovando $P + P' = 2788$ Kg., $L = 3,60$, $M_f = 1004$ chilogrammetri e $H' = 0,20 - 0,14 = 0,06$, si ha:

$$S = \frac{1004}{2 \times 0,06 \times 10\,000\,000} = 836 \text{ mm. quadrati,}$$

ossia due ferri di 24 mm. di diametro, aventi una sezione totale di 904 mm². Questo ultimo calcolo proverebbe forse che le ali sono relativamente un po' larghe per l'anima, ossia in altri termini che sarebbe forse stato conveniente diminuire la portata

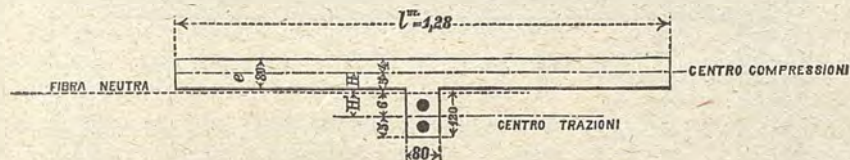


Fig. 630. — Trave secondaria.

della tavola, aumentando il numero delle travi secondarie. Ma è giusto osservare che ciò facendo bisognerebbe diminuire la grossezza della tavola, ciò che darebbe luogo ad una difficoltà pratica di esecuzione, la quale riuscirebbe meno perfetta.

L'Hennebique dice che per determinare le resistenze da opporsi agli sforzi flettenti, non tien conto della differenza di elasticità del calcestruzzo di cemento e del ferro: suppone la porzione di solaio esaminata giunta allo stato d'equilibrio sotto l'azione del carico e a quella delle reazioni.

Il calcestruzzo nei solai del sistema Hennebique, sviluppando delle resistenze che sono tre o quattro volte superiori a quelle che offre sotto gli apparecchi di prova, non subisce per compressione che un accorciamento insignificante fino a carichi che si possono valutare da 100 a 150 Kg. per centimetro quadrato.

Bisogna riconoscere in questo fatto la ragione della grande rigidità dei solai Hennebique sotto a carichi di prova che sembrano straordinari. Difatti con dei coefficienti di lavoro calcolati di 10 Kg. per mm² per il ferro e di 25 Kg. per cm² per il cemento, i detti solai, sovraccaricati con una volta e mezzo il carico stabilito per la prova, non si inflettono più di 1:1500 a 1:1200 della portata.

Si esamini la proiezione della sezione di una trave, quale risulta dai calcoli (fig. 631): T è il centro di gravità delle trazioni; C quello delle compressioni, N l'asse delle fibre neutre, sul quale gira la coppia degli sforzi uguali ed opposti di trazione e di compressione. Si comprende che, se per raggiungere i coefficienti di lavoro calcolati, una delle due corde si allunga mentre l'altra si accorcia quasi niente, l'asse N si avvicina alla corda meno elastica, aumentando così il braccio di leva della resistenza del ferro a spese del calcestruzzo. Si è in precedenza previsto il fatto adottando per il ferro un coefficiente di lavoro uguale a $\frac{10}{33}$ della sua resistenza alla rottura, mentre per il calcestruzzo si è preso il $\frac{25}{300}$ della sua resistenza alla rottura sotto la macchina e i $\frac{25}{900}$ della sua resistenza alla rottura nel lavoro delle travi Hennebique.

Tali formole e tali coefficienti, che una pratica già lunga e importanti lavori eseguiti hanno confermato, permettono di utilizzare, aumentandole, tutte le resistenze delle due materie messe in opera.

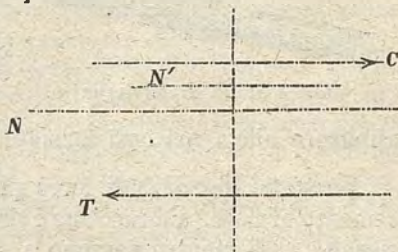


Fig. 631.

Che si compongano delle travi-pareti di una grossezza di 10 ÷ 15 cm. con altezza maggiore della portata, come nei silos da grano e nei serbatoi, ove i carichi sono considerevoli, o che si applichino le nostre formole, dice l'Hennebique, a solai senza travi, la cui grossezza non oltrepassa $l^{1/30}$ della portata, i risultati sono sempre identici.

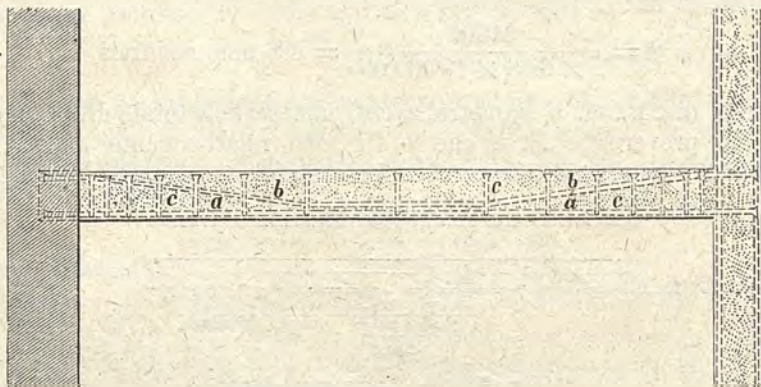


Fig. 632. — Disposizione dei ferri nelle travi Hennebique.
a, tirante orizzontale; b, tirante ripiegato; c, staffe.

Nelle travi e sovente anche nelle solette l'Hennebique dispone i tiranti nel modo indicato dalla fig. 632, ove si vedono pure le staffe (fig. 633) di ferro che hanno per ufficio di resistere agli sforzi di taglio. Riguardo a questa disposizione dei ferri, l'Hennebique dice:

L'ufficio dei tiranti ripiegati è doppio:

a) Essi formano coi tiranti orizzontali e le staffe un triangolo indeformabile la cui resistenza allo sforzo di taglio cresce avvicinandosi all'appoggio, dove tale sforzo è massimo;

b) Essi seguono l'andamento dello sforzo flettente di una trave continua a più travate.

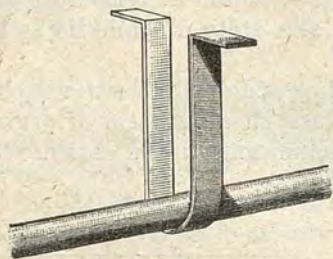


Fig. 633. — Staffa di ferro piatto.

È la disposizione di tali tiranti che permette di applicare alle travi così formate la formola del semincastramento $\frac{pl^2}{10}$.

Le staffe (fig. 633) di ferro piatto, ossia di lama, sono disposte verticalmente nel cemento armato, abbracciano i tiranti orizzontali e terminano superiormente con due risvolti: esse mentre servono a stabilire fra le due materie una solidarietà completa sopportano gli sforzi di taglio. Esse poi dagli appoggi al mezzo della trave o della soletta vanno sempre più scostandosi le une dalle altre, appunto perchè gli sforzi di taglio vanno aumentando dal mezzo agli appoggi.

I pilastri lavorano solamente alla compressione e sono armati di ferri tondi verticali (fig. 634) simili ai tiranti del solaio collegati di 50 in 50 cm. da piastre di ferro entro le quali sono infilati. Per il calcolo basta calcolare i centimetri della sezione del cemento in ragione di 25 Kg. di resistenza per cm^2 e i millimetri di sezione dei ferri in ragione di 10 Kg. di resistenza per mm^2 . La resistenza totale così ottenuta dev'essere uguale al peso di cui il pilastro sarà caricato.

L'aderenza del calcestruzzo che involuppa i ferri è tale che questi non possono aumentare di sezione accorciandosi.

Hennebique aggiunge poi ancora che delle esperienze fatte sul calcestruzzo armato spinte fino alla rottura, hanno dimostrato l'impossibilità di una rottura brusca ed immediata.

Quando, egli dice, il limite di elasticità del sistema è raggiunto, delle fessure appaiono nel calcestruzzo: in tale momento si è appena alla metà della resistenza totale del pezzo. Se si continua il carico, le fenditure si accentuano e dei pezzi di calcestruzzo si staccano dalla massa quando la rottura non è ancora imminente (1).

In seguito allo sviluppo preso dalle costruzioni in cemento armato, parecchi si occuparono della questione relativa al loro calcolo: fra essi sono principalmente a notarsi il Planat nella *Construction moderne*, e il Lefort negli *Annales de la construction*. Non essendo qui il caso di addentrarci nella questione, se ne è voluto dare soltanto un'idea sommaria, tanto più che per costruire dei solai in cemento armato è necessario ricorrere ai concessionari del brevetto Hennebique e quindi nè all'architetto, nè al costruttore di un edificio spetta di farne uno studio speciale, tanto più che la responsabilità della loro costruzione spetta al concessionario. L'architetto o il costruttore dovrà però fare le prove di resistenza con tutte quelle precauzioni che valgano a garantirsi sull'assoluta bontà della costruzione eseguita.

Si passeranno brevemente in rivista i *vantaggi* e gli *inconvenienti* che offrono le strutture in cemento armato.

Una delle cause essenziali della resistenza e della durata delle costruzioni in cemento armato è la forte aderenza del cemento contro il ferro, aderenza che da esperienze risulterebbe di 40 e più chilogrammi per cm^2 : e come si disse, è assai utile di impiegare almeno in vicinanza dell'ossatura metallica delle malte sufficientemente ricche affinchè le sbarre di ferro si trovino completamente immerse nel cemento,

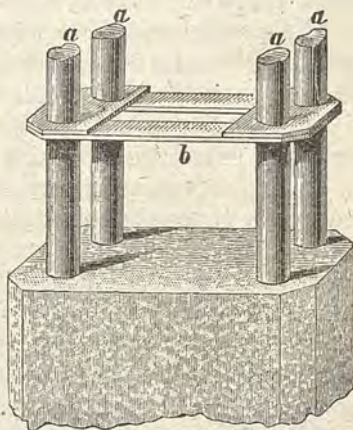


Fig. 634. — Pilastrì Hennebique.

a, ferri tondi; b, piastra di collegamento in ferro.

(1) Molti mettono in dubbio questo fatto e lo stesso Boileau nel riportare le parole dell'Hennebique non nasconde il suo dubbio. Ma io posso assicurare che la cosa è verissima poichè mi accadde di provarla due volte. La prima volta si trattava di quattro grosse travi da tetto, che caddero da un'altezza di 5 m. circa sopra un solaio di m. $6,90 \times 8,60$, senza produrre il minimo guasto; la seconda si trattava della caduta, dall'altezza di m. 4,60, di circa 8 m^2 di una vólta di quarto che si stava demolendo sopra un solaio di m. 4×7 : per il gran colpo il calcestruzzo si screpolò presentando dalla parte ove aveva ricevuto il colpo massimo una inflessione notevole: ma il guasto non fu tale da obbligare al rifacimento del solaio, il quale, nuovamente livellato superiormente mediante un impasto di cemento, sabbia e ghiaietta, presentò una resistenza più che sufficiente allo scopo per cui era fatto. È a notarsi poi che tale solaio era ultimato da sette settimane soltanto, onde il calcestruzzo non aveva ancora acquistata tutta la sua resistenza, la quale non si può dire completa se non dopo un anno dal getto.

Ove poi è possibile riesce convenientissimo di costruire i vari piani di solaio prima di elevare i muri del piano successivo, e ciò per estendere il solaio anche sopra tutti i muri del piano sottostante. Si viene così a formare ad ogni piano come una gran platea generale, che mentre contribuisce a legare tutti i muri, pei quali più non occorrono radiciamenti o altro, impartisce ai solai una resistenza maggiore, perchè allora questi si possono considerare veramente come incastrati negli appoggi. E che ciò sia vero mi fu dimostrato dal fatto più sopra esposto della caduta della vólta: il solaio che soltanto da due parti passava sopra i muri, poichè da una parte appoggiava sopra un muro esistente e dall'altra sopra un muro di facciata già innalzato sopra il piano del solaio prima del getto di questo, si staccò dalla parete precisamente dalla parte del muro esistente, in cui l'incastro od appoggio era di soli 15 cm., e da quella stessa parte presentò le maggiori screpolature e la massima inflessione. Invece verso il muro opposto, sotto il quale passava andando a collegarsi col solaio vicino, non presentò che leggere screpolature in prossimità del muro e pochissima inflessione.

D. D.

ed in particolar modo venga evitata in quelle regioni la presenza di calcestruzzo magro, che avrebbe ben pochi punti di contatto col ferro.

L'eguaglianza delle dilatazioni termiche del calcestruzzo e del ferro (0,000 013 e 0,000 014) assicura una costante aderenza fra questi due elementi anche per le maggiori variazioni di temperatura.

Un'altra causa dell'aumento di resistenza e di sicurezza è la solidarietà che la presenza dell'ossatura metallica assicura a tutta la massa di una costruzione. In un edificio le diverse parti di una di tali strutture, come muri, tramezzi, solai, coperture, possono venir collegate da un reticolato continuo, in modo che tutte le parti sieno chiamate a resistere ai vari sforzi a cui la costruzione viene assoggettata.

Simili collegamenti permettono in certi casi di economizzare nelle fondazioni, assicurano le coperture contro l'azione dei venti violenti, mentre con essi si ovvia, in certa misura, alla dislocazione proveniente dai cedimenti del terreno, e dai terremoti. Vi è però l'inconveniente della difficoltà che s'incontra nel portare poi delle modificazioni alla costruzione eseguita.

Il rilevante aumento di resistenza, dovuto alle diverse cause rammentate, per cui il cemento armato può sopportare sforzi di trazione assai superiori a quelli che produrrebbero la rottura dei conglomerati ordinari e delle pietre, pur presentando maggior rigidità di strutture equivalenti intieramente metalliche, permette in tutti i casi comuni, nei quali non è necessaria una resistenza eccezionale, di ridurre notevolmente le dimensioni delle diverse parti di una costruzione. Ne risulta un guadagno di spazio utile, una diminuzione nel volume dei movimenti di terra per le fondazioni ed in quello dei materiali da approvvigionare e da mettere in opera, nonchè una maggiore leggerezza della costruzione: vantaggi tutti che portano di conseguenza una diminuzione di spesa, tanto per l'acquisto dei materiali, quanto per la loro messa in opera.

Un inconveniente di queste costruzioni, come si è veduto, è la mancanza di regole rigorose che indichino in ogni caso particolare le dimensioni e le dosi che si possono adottare con tutta sicurezza e senza spesa inutile.

La sezione delle sbarre costituenti l'ossatura, che viene calcolata in base ai criteri cui si è accennato, è generalmente circolare: sembra anzi opportuno non allontanarsi da questa forma, poichè con le sezioni quadrate, rettangolari od altre a spigoli, possono dagli spigoli originarsi più facilmente lesioni e distacchi che danneggiano la continuità della struttura. Ferri piatti ed a nastro si impiegano soltanto nei legami fra due diverse parti, o strati, della struttura.

La facilità con la quale l'ossatura metallica si presta a tutte le foggie di costruzione, permette di ottenere abbastanza agevolmente le forme più complicate.

L'ossatura metallica non aumenta per suo conto l'impermeabilità del conglomerato, impermeabilità che abbiamo già detto essere rilevante; per altro a questo riguardo la efficacia dell'ossatura metallica si manifesta per la compattezza che conferisce ai rivestimenti ed intonaci.

L'aderenza del cemento al ferro preserva questo in modo completo dall'ossidazione ulteriore, come si può facilmente accertare col rompere delle strutture in ferro-cemento di una certa stagionatura; in tal caso si riscontra come il cemento aderisca con gran forza alle sbarre metalliche, e come le superficie di queste non solo non sieno alterate, ma invece perfettamente conservate.

Il cemento essendo fra i materiali che meglio resistono al fuoco, ed essendo al tempo stesso cattivo conduttore del calore, l'ossatura metallica che esso involupa non raggiunge negli incendi nè temperature troppe elevate, nè dilatazioni e deformazioni esagerate: diverse esperienze hanno del resto mostrato come, sottoposte all'azione violenta del fuoco, delle strutture in ferro-cemento non hanno subito che alterazioni insignificanti; fra le altre alcune importantissime esperienze fatte recentemente al

Cairo, in seguito alle quali venne deciso l'impiego di solai in cemento armato su larga scala. Per contro, le travature ed i pilastri metallici senza intonaco si riscaldano rapidamente, si dilatano e si deformano, contribuendo per questo fatto, ed in modo grave, alla rovina della costruzione.

Questo della sicurezza negli incendi è un fatto da tenersi in grandissimo conto. Difatti se si ha la certezza che i solai non rovinano, si può anche esser certi che l'incendio rimarrà limitato o si svilupperà lentamente, dando così tempo di prendere

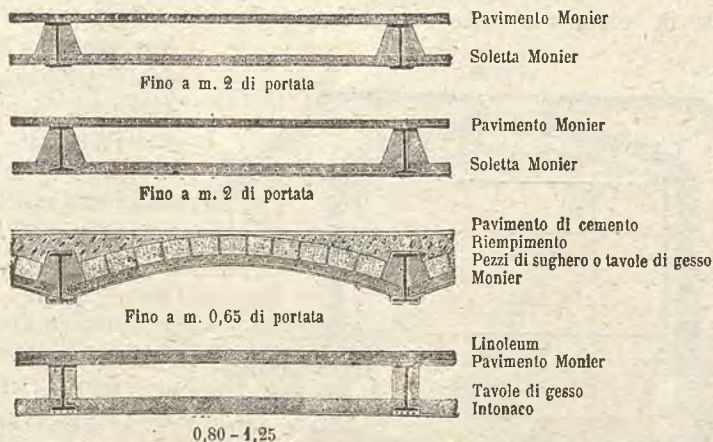


Fig 635 a 638. — Solai di sistema Monier.

i necessari provvedimenti: e se anche progredisse con violenza i pompieri potranno restare impunemente sopra i solai e attendere così senza pericolo ai salvataggi e all'opera di spegnimento.

Il fatto poi di non crollare ha grandissima importanza durante la costruzione, riguardo alla sicurezza degli operai e quindi alla responsabilità del costruttore e dell'ingegnere direttore dei lavori.

Infine, il cemento armato resiste meglio alle intemperie ed al tempo di altri materiali che sostituisce in diverse strutture, quali il ferro che si ossida, ed il legno che è combustibile, si infracidisce ed è attaccato dagli animali roditori e dagli insetti.

Oltre ciò, i solai di cemento armato presentano dei grandissimi vantaggi igienici, perchè formando una massa unica, impediscono che vi si annidino insetti o microorganismi, nè che questi possano svilupparsi. Gli igienisti che condannano, ed a ragione, i solai di legno o quelli il cui riempimento viene fatto con calcinacci od altre materie di ignota provenienza, perchè possono essere causa di malattie di infezione sia per microorganismi importati all'atto della costruzione del solaio, sia per microorganismi penetrativi in seguito, sono concordi nel riconoscere che le costruzioni di cemento armato sono le migliori sotto l'aspetto igienico.

In quanto ai vantaggi economici, essi sono pure rilevanti. Il vantaggio economico si può dividere in due: in vantaggio presente e futuro. Il presente, cioè quello che si risente all'atto della costruzione, e senza considerare i vantaggi della maggior resistenza e della durata indefinita, quelli igienici, ecc., i quali si risolvono sempre in altrettanti vantaggi economici, comincia ad aver luogo quando le portate sono di 6 metri. Quanto più aumentano la portata e il sovraccarico, tanto maggiormente cresce il vantaggio economico. Con portate di 10, 12 e 15 metri e con sovraccarichi di 1000 e 2000 Kg. per metro quadrato si ottiene una economia che va dal 30 al 50 per

cento. Oltre i 25 metri di portata il vantaggio economico andrebbe diminuendo gradatamente, se si volesse conservare alla struttura la forma piana: dandole invece forma curva, e disponendo nella massa i tiranti e le staffe in determinato modo, si vengono a formare archi e volte armate che danno nuovamente luogo all'economia.

In quanto all'economia futura essa risulta dalle particolarità del sistema a cui si è già accennato: e cioè durata indefinita; impermeabilità; incombustibilità (le Società di assicurazione contro l'incendio ribassano il premio per quegli edifici costruiti totalmente in cemento armato o aventi solai di tale sistema); grossezza minima, il

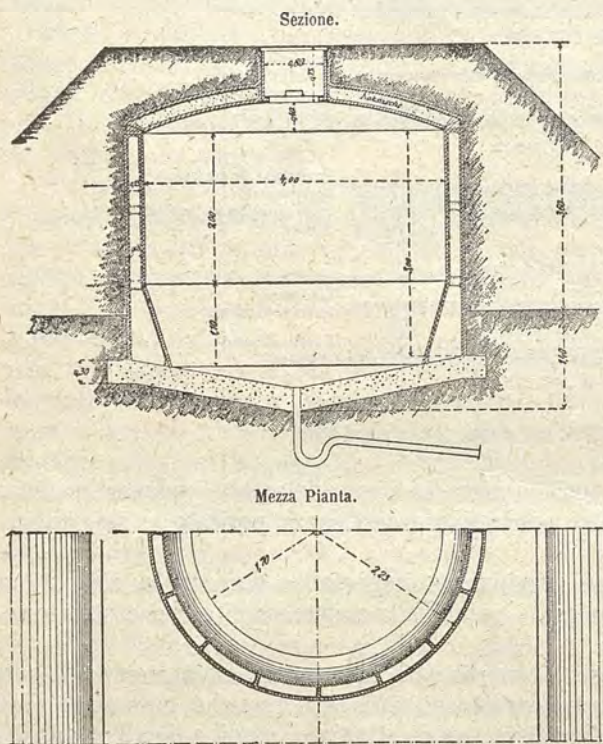


Fig. 639-640. -- Ghiacciaia fatta col sistema Monier.

Le fig. 635 a 638 mostrano diverse disposizioni di soffitti formati con travi in ferro, con calcestruzzo di cemento armato col sistema Monier, tavole di gesso, ecc. In tutti questi solai le travi di ferro sono rivestite col calcestruzzo per sicurezza contro il fuoco.

Le fig. 639-640 rappresentano una ghiacciaia interrata per m. 1,40, avente 4 metri di diametro e 36 metri cubi di capacità, con 16 nervature e doppia parete, eretta sopra un suolo di smalto battuto.

(1) I concessionari per l'Italia del sistema Hennebique sono i signori: Ing. Giovanni Antonio Porcheddu (Torino, Piazza Cavour, 2) per l'Italia settentrionale; l'Ing. Attilio Muggia (Bologna) per l'Emilia; l'Ing. Italo Chiera (Roma) pel Lazio; gli Ingegneri Edoardo Züblin e Pietro Martorelli (Napoli) per le provincie meridionali.

L'Ing. Porcheddu ha, da pochi anni a oggi (1898), eseguito più di 110 lavori, specialmente a Genova, ed è veramente da augurarsi che il sistema, per i vantaggi che presenta, assuma in Italia un largo sviluppo.

che porta un'altezza minore in tutto il fabbricato, la qual cosa torna di non poco vantaggio nelle città in cui i regolamenti edilizi stabiliscono le altezze dei fabbricati e dei piani, perchè in una data altezza si può ottenere un piano di più; resistenza massima, che va aumentando col tempo; manutenzione nulla. Questa economia futura è da tenersi in gran conto, anzi essa dovrebbe far decidere in favore del sistema anche quando non vi è l'economia presente, la quale però, se si tien conto delle economie secondarie a cui il sistema può dar luogo nella fabbrica, è difficile che non si verifichi (1).

Si crede utile di dare qualche esempio anche delle costruzioni del sistema Monier, che, come si disse, fu se non il primo, tra i primi ad occuparsi dell'argomento e ottenere risultati pratici.

Le fig. 641 e 642 riproducono il disegno dello stabilimento municipale di doccie nella Ohlmüller-Strasse a Monaco, con 22 camerini: la fondazione è in calcestruzzo battuto, le volte, le pareti e il tetto sono a doppia parete e costruiti alla Monier, come pure i grandi e i piccoli serbatoi d'acqua nella parte interna del fabbricato.

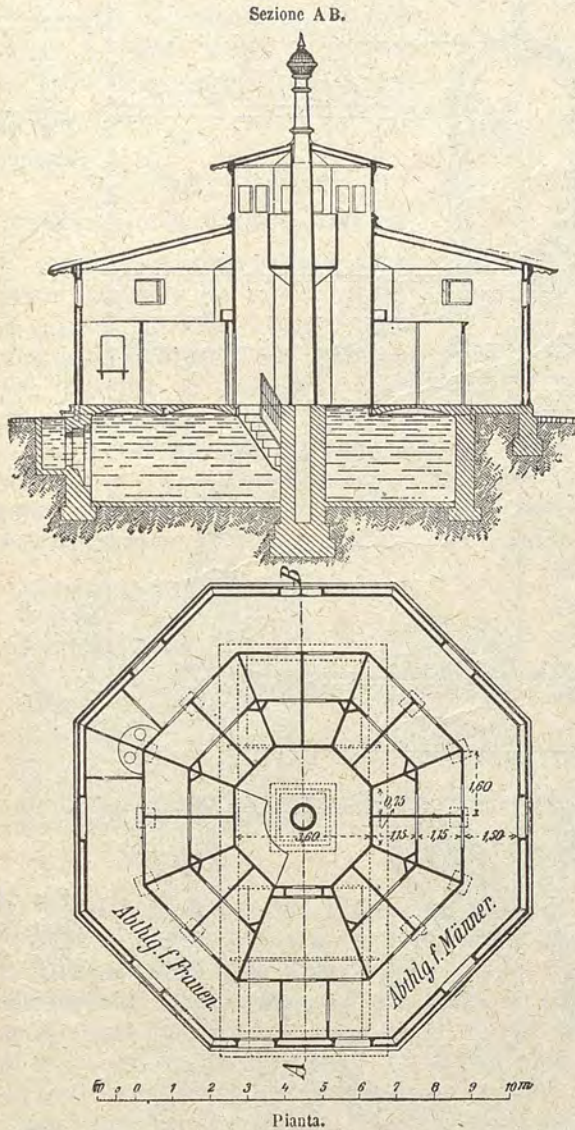


Fig. 641-642. — Stabilimento per bagni a doccia, costruito col sistema Monier.

Abtlg. f. Frauen, sezione femminile; *Abtlg. f. Männer*, sezione maschile.

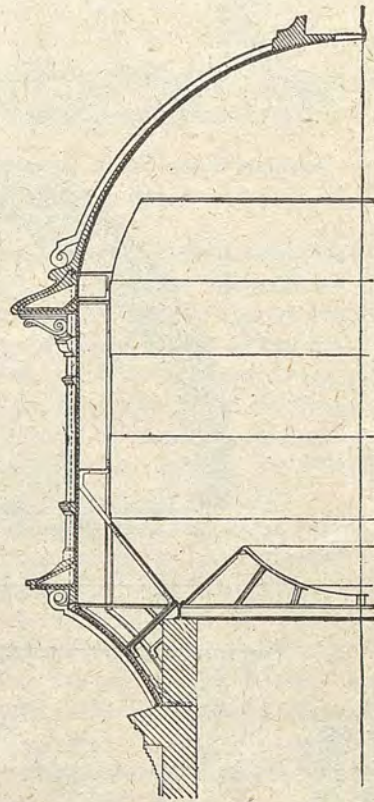


Fig. 643. — Serbatoio d'acqua della città di Emmerich, costruito col sistema Monier.

La fig. 643 rappresenta il rivestimento del serbatoio per la distribuzione d'acqua di Emmerich sul Reno. Il rivestimento riposa in parte su di un massiccio basamento e in parte sopra mensole che sono immediatamente collegate col recipiente dell'acqua; la parte sporgente sopporta la cupola formata con una parete semplice del sistema Monier. Le modanature architettoniche sono formate con intonaco di cemento.

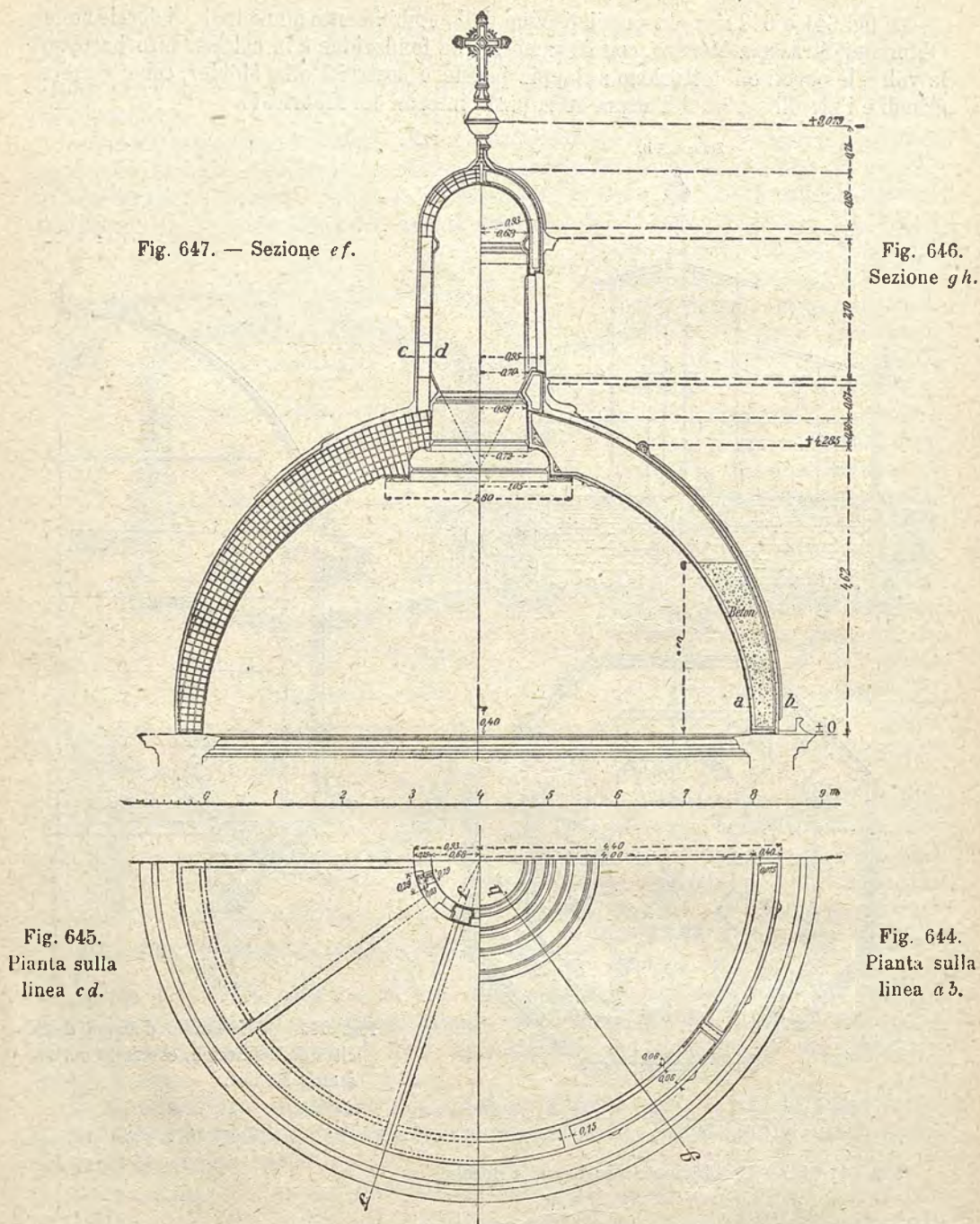


Fig. 644-647. — Cupola del mausoleo dell'Imperatore Federico a Potsdam, costruita col sistema Monier.

Le fig. 644-647 rappresentano la cupola del mausoleo dell'imperatore Federico a Potsdam: essa è a doppia parete, con 10 nervature e rivestita dentro e fuori con pietra arenaria. Gli spazi vuoti tra le 10 nervature sono riempiti fino a m. 1,50 con calcestruzzo; anche il lanternino è costruito col sistema Monier.

Come ultimo esempio si riporta quello relativo alla costruzione di un canale sotterraneo, che potrebbe anche accadere di dover costruire sopra terra, per esempio per condotti di riscaldamento ad aria od a vapore: il suolo del canale (fig. 648) riposa su di uno strato di calcestruzzo battuto. È interessante il modo col quale è risparmiata la costruzione dei piedritti. A questo scopo le ossature in ferro delle pareti laterali sono unite a coda.

V. — RIVESTIMENTI

APPLICATI ALLA MURATURA GIÀ ESEGUITA.

Ogni rivestimento (o paramento) tanto in pietra da taglio, quanto in mattoni, dovrebbe venir eseguito contemporaneamente alla muratura per impedire lo stacco che può determinarsi tra l'uno e l'altra a motivo dell'ineguale assettamento: sfortunatamente o per riguardo all'incolumità del paramento o per difettosa disposizione di lavoro, non si bada a questa regola. È quindi necessario rimediare all'inconveniente sopra ricordato colla strettezza delle commessure e coll'impiego di una malta che si contragga meno. Se si deve applicare un rivestimento ad una fabbrica, la quale sia già

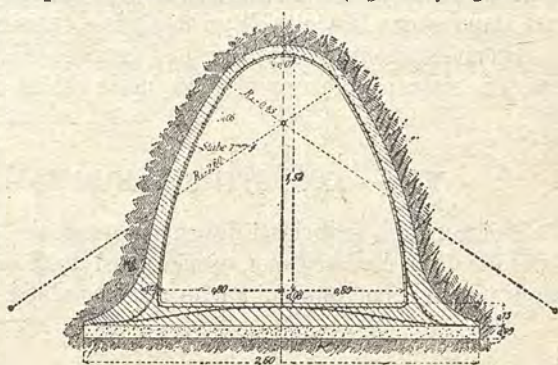


Fig. 648. — Sezione di un canale costruito col sistema Monier.

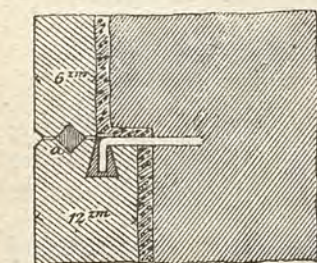


Fig. 649.



Fig. 650.

da tempo coperta da intonaco, si devono usare metodi speciali di costruzione, segnatamente se vogliono conservare le modanature architettoniche. In una sala da spettacoli in Berlino, già intonacata, si doveva applicare un rivestimento in pietra arenaria, per il che si procedette nel modo seguente: si adoperarono in generale delle lastre di 6 cm., ma agli angoli e dove era necessario avere maggiore resistenza se ne adoperarono di più grosse, dai 12 ai 18 cm. e i muri vennero ritagliati a seconda di queste grossezze (fig. 649). Negli angoli, corrispondentemente alla precedente ripartizione delle commessure, si applicarono pezzi di vivo più grandi; i più piccoli piedritti furono ricostruiti con lastre di vivo. Le cornici ebbero le dimensioni determinate dal profilo. Il piano superiore e l'inferiore di ogni pietra vennero provvisti di una scanalatura, di solo cm. 1,5 di larghezza, per il mastice o malta di sigillatura; verticalmente invece tali commessure si tennero più larghe. La faccia posteriore delle pietre venne lasciata greggia, come proveniva dalla cava, e le singole lastre si posavano l'una sull'altra a secco coll'interposizione di lastre di piombo ed erano collegate colla muratura mediante arpioni di sezione quadrata con 4 mm. di lato e lunghe circa 10 a 12 cm. Per ogni metro lineare di lunghezza si adoperavano 2 o 3 arpioni, in modo però che ogni pezzo di pietra ne avesse almeno due. Negli angoli i pezzi vennero direttamente riuniti con arpioni di bronzo fuso nelle commessure verticali (fig. 650). A motivo della piccola grossezza del rivestimento non si poteva impiegare ferro zincato, perchè non sarebbe stato escluso il pericolo di arrugginimento. Gli arpioni vennero ingessati nella muratura e impiombati nella pietra arenaria. Per sigillare le commessure si adoperò malta di calce idraulica, escludendo il cemento, la calce grassa ed il gesso.

Gli spazi vuoti che eventualmente possono verificarsi nel ritagliare il muro dietro il rivestimento, si devono accuratamente riempire con piccoli pezzi di mattoni spezzati e malta. In un rivestimento di piccola grossezza eseguito su muro esistente ha particolare importanza la scelta di un materiale resistente agli agenti atmosferici.

Un rivestimento in mattoni su di un muro già intonacato venne eseguito, per ottenere una più ricca profilatura esterna, nella chiesa di Gerusalemme a Berlino nel 1878-79.

VI. — CONDOTTI NELLE MURATURE, CAMINI ISOLATI, ECC.

Nei muri dei fabbricati devono in generale trovar posto i condotti per eliminare i prodotti della combustione, ossia le così dette *gole da camino* o *condotti del fumo*. In molti edifici occorrono poi anche altri condotti, come quelli per il trasporto dell'aria

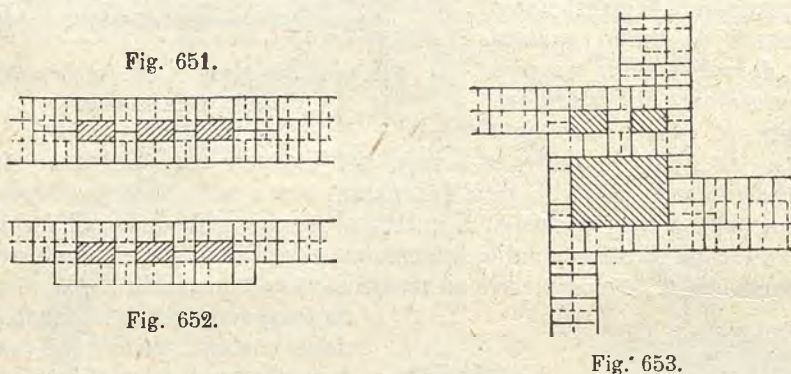


Fig. 651-653. — Disposizione dei mattoni nella costruzione delle canne entro muri.

calda o fredda o per il richiamo dell'aria viziata, cioè le canne a calore e di aerazione, quelli per eliminare gas e vapori, ossia i condotti di esalazione od esalatori, e infine quelli per le immondizie o per altri usi, come per contenere tubi di acqua, di gas, pluviali e simili.

La disposizione dei condotti del fumo, di aerazione e di esalazione è perfettamente la stessa, solo che quella dei primi è disciplinata in generale da speciali norme contenute nei locali regolamenti di edilizia o per estinzione incendi, oppure da circolari prefettizie. A tali norme sarebbe però conveniente attenersi anche nella disposizione degli altri condotti, che per una ragione qualsiasi potrebbero un giorno diventare condotti per fumo.

a) Condotti per il fumo e fumaioi (1).

Tra i condotti del fumo si distinguono le larghe gole da camino praticabili con una sezione rettangolare di 42 a 47 cm. di luce (se più grandi devono avere dei ferri di appoggio per salirvi) e gole o canne da stufa con una sezione di 16 a 21 centimetri.

In quasi tutti i paesi le dimensioni trasversali dei condotti del fumo risultano dai locali regolamenti di polizia edilizia.

Le pareti o spalle dei condotti del fumo è bene che abbiano almeno una testa di grossezza: qualche volta si usa farle anche di quarto: il muro di divisione tra due gole sarà di 12 cm. di grossezza. Le fig. 651, 652 e 653 mostrano chiaramente la disposizione dei mattoni.

Le canne da camino devono essere nascoste nei muri, cosicchè questi risulteranno della grossezza di almeno due teste, più la larghezza della gola: ciò che è possibile

(1) Vedi a questo riguardo anche il Vol. II, parte I, pag. 19 e seguenti.

con muri di mattoni della grossezza di tre teste, o con muri di pietrame grossi 0,45. I muri più sottili in corrispondenza della gola ricevono un ingrossamento (fig. 652). Bisogna avere l'avvertenza che le commessure fra i mattoni siano bene spalmate e riempite convenientemente di malta adoperando malta di calce o di argilla, e che le canne siano bene spianate internamente. Specialmente pei condotti circolari si usano

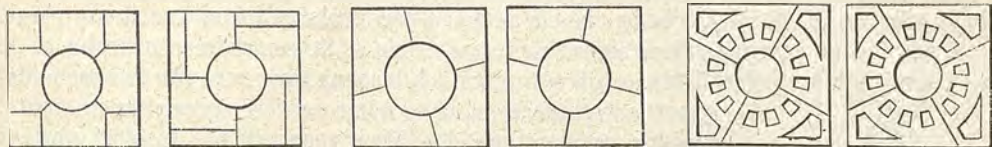


Fig. 654.

Fig. 655.

Fig. 658. — Condotto formato con mattoni speciali vuoti.

Tipi di mattoni speciali per condotti nei muri.

con mattoni speciali vuoti.

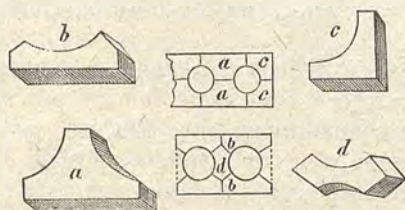
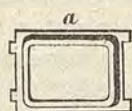
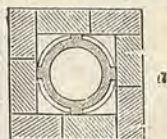
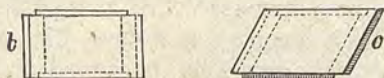
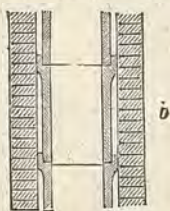


Fig. 656. — Mattoni Gourlier per camini.

a, chapeau du commissaire; b, plat à barbe; c, equerre; d, violon.



a, b, pianta e alzato di un Wagon per condotto verticale; c, alzato di un Wagon per condotto inclinato.

Fig. 659. — Condotto formato con tubi di terra cotta.

Fig. 657. — Mattoni detti Wagons per camini.

mattoni speciali oppure tubi di terra cotta. Si è già vista la forma dei mattoni per camini a sezione circolare (fig. 505, pag. 285): in altri paesi si usano mattoni della forma indicata nelle fig. 654, 655. Quelli detti *gourlier*, usati in Francia (fig. 656, a, b, c, d), hanno diverse forme a seconda della posizione che occupano nel muro. In Francia si usano pure i così detti *wagons* (fig. 657, a, b, c), ossia mattoni vuoti che sono dritti per i condotti verticali e inclinati pei condotti deviati. I *wagons* s'imboccano gli uni negli altri sia verticalmente, sia lateralmente.

Neila fig. 658 è rappresentato un condotto formato con mattoni vuoti, che servono per impedire la trasmissione del calore.

La fig. 659, a, b, indica in pianta e sezione un condotto formato con tubi di terra cotta, internamente verniciati, onde assai agevole ne risulta la pulitura. Col sistema della fig. 659 non solo si impediscono gli effetti della *liscivia fuliginosa*, la quale può dar luogo a macchie gialle nelle pareti dei muri, ma guarentisce una maggior sicurezza contro lo scoppio dei tubi.

Si usa pure di fare i condotti circolari ed anche rettangoli mediante forme che si collocano nel muro a misura che questo si costruisce. Si fa il muro tutto all'ingiro della forma lasciando intorno a questa un vano che vien riempito con calcestruzzo:

facendo scorrere la forma si lisciano le pareti interne della canna e quando il calcestruzzo ha fatto abbastanza presa si innalza la forma, per fare il tratto successivo di condotto, avendo però cura di chiudere con una tavola il foro del tratto già eseguito onde le sue pareti non vengano imbrattate durante la costruzione della parte superiore.

Come si dice anche nel Vol. II, alle pagine citate, se è necessario che un sol condotto serva a più focolai, è bene che ciò avvenga per focolai posti ad uno stesso piano, non per focolai sovrapposti. L'aspirazione nella gola si fa generalmente anche se la gola serve a più focolari di uno o diversi piani, ma bisogna aver cura che le bocche del

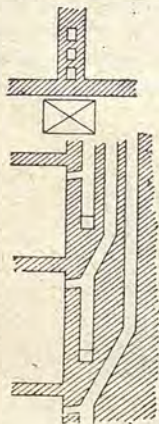


Fig. 660. — Deviazione nelle gole dei camini.

fumo siano poste in modo da non recarsi reciproco impedimento. Bisogna però notare che l'immissione di più focolari posti a diversi piani in un sol condotto, viene a stabilire una comunicazione fra i diversi locali, onde il fumo proveniente dal focolare di una stanza inferiore può introdursi nella stanza superiore: in ogni caso poi ciò dà luogo ad una forte trasmissione di suoni.

Per l'aspirazione più difficile che hanno in generale le così dette cucine economiche, è arrischiato servirsi per esse di un condotto nel quale s'immetta un altro focolare; per la cucina si dovrà regolarmente avere un condotto speciale. Il servirsi di condotti del fumo anche come esalatori non è da raccomandarsi, perchè facilmente si può avere un ritorno di fumo nella cucina: inoltre dalla mescolanza di fumo coi vapori si forma una fuliggine grassa, che rende più difficile la pulitura. Dei modi di aerare le cucine si dice nel Vol. II, parte I, pag. 69.

Poichè per una stufa occorre una sezione di condotto del fumo di 80 cm. quadrati, in una gola da camino di 250 centimetri quadrati si potranno immettere al massimo i condotti di 3 stufe, meglio soltanto di 2. Una cucina o un apparecchio per lavare valgono come 3 stufe da camera. Ogni condotto del fumo dovrebbe avere per la pulitura la sua porta in ferro che chiuda bene a doppia battuta. Talora di tali porte se ne praticano anche nel sottotetto per i fumaiuoli, ma sono pericolose per l'incendio ed in alcuni luoghi, come a Berlino, sono proibite.

Quando si hanno parecchi condotti vicini l'uno all'altro, bisogna man mano deviarli (fig. 660). Tale deviazione non deve però superare i 45°, e quando la deviazione raggiunge od è prossima a questo limite bisogna applicare alla estremità inferiore del condotto una porta per la ripulitura.

La fuliggine può essere polverosa o lisciviosa. Quest'ultima specialmente nei muri umidi o freddi si appiccica fortemente alle pareti come una crosta, e, come già si disse, si manifesta all'esterno con macchie brune, esalando anche cattivo odore. Per rimediarevi bisogna scrostare l'intonaco e raschiare a fondo le commessure, quindi intonacare di nuovo con malta di cemento non troppo magra. Per questo motivo è raccomandabile per le cucine che abbiano gole ristrette di disporre anche uno speciale condotto esalatore per eliminare quell'umidità che faciliterebbe la formazione della liscivia fuligginea. Questi condotti esalatori sono opportunamente collocati in mezzo a due gole da fumo strette (canne da stufa) cosicchè hanno le pareti riscaldate ed in conseguenza presentano una migliore aspirazione. Essi hanno ordinariamente le stesse dimensioni dei condotti del fumo.

Riguardo alle precauzioni da adottarsi nella costruzione dei condotti del fumo, si rimanda ai regolamenti locali di polizia edilizia: ma d'altra parte è ovvio che le opere di legname prossime ad essi siano convenientemente riparate, con intonachi protettori

o con rivestimenti di amianto, e quelle non protette siano abbastanza lontane da non dar luogo a possibilità di incendio.

Quando i condotti del fumo sono di lamiera metallica, questa dovrà essere tenuta lontana dalle pareti in legname, o dai tramezzi fatti con ossatura di legname, benchè intonacati, e dove attraversa un solaio di legno dovrà essere contenuta entro un altro condotto pure di lamiera o di terra cotta o di grès, sì che fra l'uno e l'altro circoli dell'aria e sia così evitato il contatto diretto del condotto in cui circola il fumo col legname.

Le porte per pulitura devono essere lontane almeno un metro da ogni opera in legno e non mai collocate sotto a scale di legno.

Per poter prolungare sopra il tetto parecchie gole di una sola cassa da fumaiolo, si collocano volentieri raggruppate e se è possibile si dispongono tra due correnti del tetto come nella fig. 661, colla qual cosa si evita uno spostamento dei correnti.

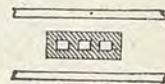


Fig. 661.

Non è utile intonacare internamente i condotti del fumo perchè colla pulitura l'intonaco verrebbe facilmente danneggiato. È meglio tirar ben lisce nell'interno le commessure della muratura. Se malgrado la difficoltà si vuol applicare un intonaco resistente, si dovrà preparare una sagoma costituita da una cassetta di legno lunga da



Fig. 662.

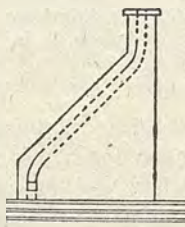


Fig. 663. — Canna deviata o inclinata.

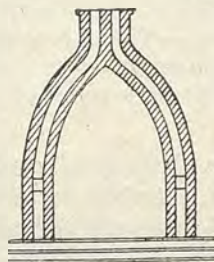


Fig. 664. — Canne addossate l'una all'altra nella bocca.

50 cent. a un metro, che abbia la forma della sezione del condotto e farla poi scorrere su e giù sul rinzaffo di malta, rendendolo così liscio, ed impedendo anche che la parte eccedente caschi nella parte di condotto già finita.

Il muro contenente le varie canne deve essere esternamente intonacato per il tratto attraversante il tetto onde impedire che da commessure non perfettamente sigillate esca il calore od anche delle scintille che potrebbero cagionare incendi.

Al già detto nel Vol. II si deve aggiungere che la posizione dei condotti del fumo richiede speciale attenzione fino da quando si progetta la pianta del fabbricato. Non si dovranno collocare vicino alle porte, perchè le stufe si troverebbero sul passaggio. È sempre inopportuno praticarli nei muri esterni, perchè in questo caso i prodotti della combustione si raffreddano rapidamente e l'aspirazione è stentata, e si creano imbarazzi per i canali di gronda. Se non si può evitare questa posizione si procurerà di impedire il raffreddamento lasciando nel muro una cassa d'aria (fig. 662).

Ogni camino deve poggiare su fondamento in muratura non mai su sporgenze del muro o su costruzioni in legno. I gomiti nelle canne devono farsi con curve di almeno un metro di raggio, affine di diminuire la resistenza alla salita dei gas e per facilitare la pulitura. A questo secondo scopo si prateranno nei gomiti delle porte (fig. 663).

Se due camini sono dirimpetto si possono appoggiare l'uno contro l'altro (fig. 664); tuttavia i condotti non devono riunirsi in un solo, ma rimanere separati da una divisione. Se non è possibile unirli nè a gomito nè ad arco bisogna cercare nella pianta un altro posto adatto.

Secondo alcuni regolamenti ogni fumaiolo deve sorpassare la falda del tetto in cui si trova di almeno 30 cm.; è però consigliabile di innalzarlo d'altrettanto sopra il colmo del tetto o sopra qualche alto comignolo vicino. Questa maggiore o minore sopraelevazione dei fumaioli dipende non solo dalla posizione del fumaiolo rispetto al colmo, ma anche dalla sua posizione rispetto ai venti, dal minore o maggiore movimento d'aria che si può verificare intorno al fumaiolo, e dalla maggiore o minore inclinazione delle falde del tetto.



Fig. 665. — Tipi di fumaioli in terra cotta.



Fig. 666. — Fumaiolo in muratura.

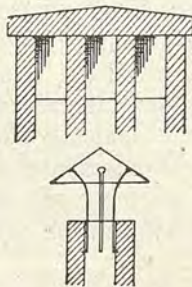


Fig. 667. — Fumaiolo con cappello in lamiera.

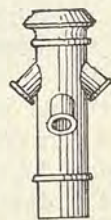


Fig. 668. — Fumaiolo in terra cotta.

L'altezza libera di tali condotti, che all'esterno del muro non abbiano più di 60 cm. di larghezza, non deve eccedere i 4 metri: per due o più condotti accostati, non deve sorpassare 5 metri. Se sorpassano la superficie del tetto di più di m. 1,25, debbono avere le pareti dello spessore di due teste, oppure essere assicurati con tiranti a chiave, ciò che è sempre necessario qualora quest'altezza superi m. 2,50.

I fumaioli o torrette dei camini in muratura, sia isolati, sia a gruppi hanno in altri tempi formato oggetto di motivi di decorazione, ed anche oggi molti architetti non tralasciano di servirsi dei fumaioli come mezzo decorativo del coperto.

La sopraelevazione dei fumaioli si ottiene facilmente e in modo sicuro coll'applicazione di appendici (mitre, cappelli, deviatori, mangiafumo, ecc.), eseguiti in materiale laterizio, o in lamiera di ferro o di zinco, che devono però essere fatte in modo da non impedire la pulitura del condotto, per la qual cosa possono avere delle aperture laterali, ecc. Perchè sieno stabili devono essere ben immurate e assicurate con chiavi.

Quasi tutte le fabbriche di laterizi possiedono vari tipi di fumaioli, di cui nella fig. 665 se ne presentano due abbastanza comuni.

Le torrette ed i cappelli servono anche per impedire che l'uscita del fumo sia ostacolata dai raggi solari che cadono sul camino o dall'introdursi della neve e della pioggia, e oltre ad impedire l'effetto di dannose correnti d'aria, a renderle anzi favorevoli alla uscita del fumo, ossia ad attivare l'aspirazione. Un tempo si cercava di ottenere tale risultato col far chiusa in alto la testa del camino e praticarvi lateralmente le aperture d'uscita (fig. 666): ma queste costruzioni erano più spesso dannose che utili.

Ora si adottano più volentieri delle mitre, cappelli di ghisa, di lamiera zincata, o meglio spalmata con asfalto (fig. 667). La figura 668 mostra uno dei più conosciuti fumaioli di cotto, le cui braccia rivolte in basso permettono l'uscita al fumo in qualunque circostanza, anche con forte vento.

Queste appendici non si devono considerare come mezzi di ripiego per camini mal collocati, ma solo addatti in generale a migliorare l'aspirazione.

Nelle fig. 669 a 676 sono rappresentati parecchi tipi di mitre fisse e mobili. La fig. 669 è fissa e semplicissima: consiste in una lastra metallica incurvata, disposta con uno dei fianchi dalla parte da cui soffiano i venti dominanti e più forti. Le due estremità aperte sono munite ciascuna d'una lastra verticale, e le due lastre sono tenute a distanza per lasciare il passaggio al fumo. Analoga è la mitra della fig. 670. La mitra fissa che dà ottimi risultati è quella Wolpert, rappresentata nella fig. 671, *a, b*.

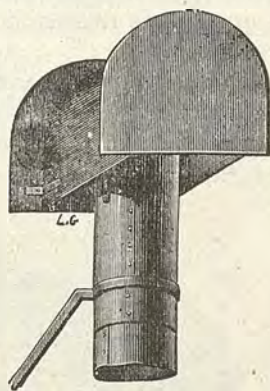


Fig. 669.

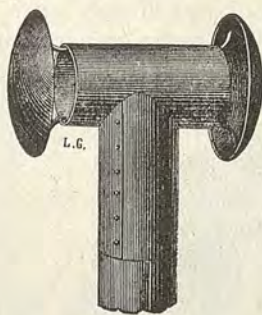


Fig. 670.

Fig. 669-670. — Mitre fisse per canne da camino.

Alla torretta del camino è unito un tubo di lamiera collegato colla mitra propriamente detta. Questa è una cassa metallica a forma di solido di rivoluzione, limitato da una superficie di tale curvatura, che qualunque sia la direzione del vento che la colpisce, questo scorrendo lungo essa non solo non può mai penetrare nella canna, ma ne aspira il fumo. Un largo cappello che la sormonta impedisce alla pioggia di cadere nella canna del camino e concorre colla cassa principale a favorire l'uscita del fumo. Pel suo modo di funzionare la mitra Wolpert si può chiamare un aspiratore del fumo.

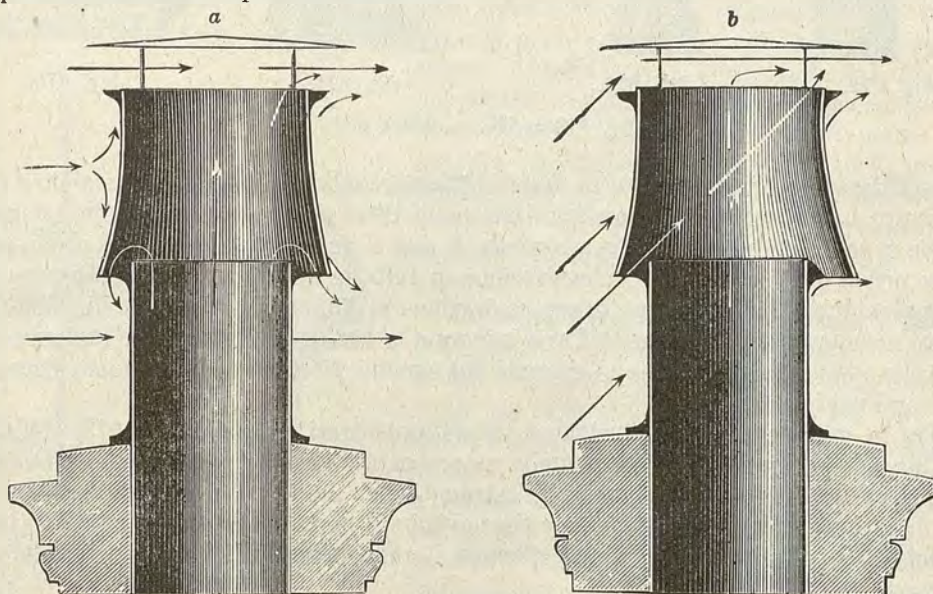


Fig. 671. — Mitra fissa Wolpert.

Se il vento è orizzontale, passando fra il cappello e la bocca della mitra produce ivi una rarefazione dell'aria circostante in grazia della quale ne è aspirato il gaz interno; il vento poi che urta contro la parete esterna della cassa si divide in due correnti che ne lambiscono la superficie curva e chiamano a loro le particelle gaseose che si trovano in vicinanza degli orli della cassa.

In molto analogo agisce un vento obliquo diretto dal basso all'alto, come indica la fig. 671 *b*. Se poi il vento è diretto all'ingiù sia mentre abbandona il coperchio,

sia scorrendo lungo la parete della cassa produce sempre un'aspirazione sul gas interno.

Anche senza adattare alla torretta una mitra si può talvolta accrescere l'aspirazione semplicemente col prolungare la canna con un tubo di diametro minore. Aumenta così la velocità di esso, e questa può riuscire in ogni caso maggiore della componente verticale discendente del vento.

L'uso di una mitra Wolpert o il semplice prolungamento della canna con un tubo di diametro minore, può bastare a impedire il ritorno in basso del fumo anche se ciò dipendesse dall'azione dei raggi solari sulla torretta, in causa della quale diminuisce, per la differenza di temperatura fra l'interno e l'esterno, la tirata del camino. L'aria

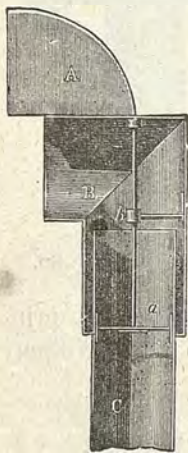


Fig. 672.

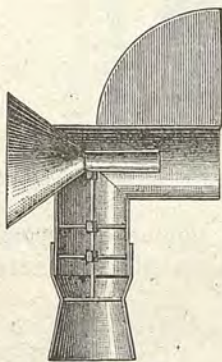


Fig. 673.

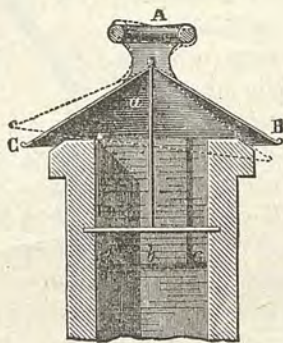


Fig. 674.

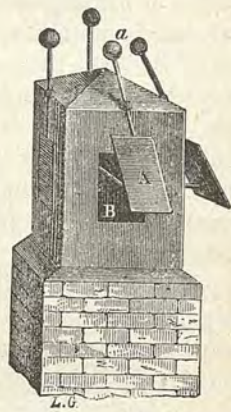


Fig. 675.

Fig. 672 a 675. — Mitre mobili.

poi scaldatasi a contatto del tetto colpito dai raggi solari sale lungo il fumaiolo e può costituire un ostacolo al libero effluire del fumo. Oltre a ciò i muri degli edifici esposti al sole si scaldano per modo che a contatto di essi si genera una corrente di aria ascendente per la quale si produce un'aspirazione su tutte le aperture. Se il camino non ha una presa di aria apposita, ma la sua aspirazione si fa per gli spiragli delle finestre, questi manderanno una quantità d'aria minore e la tirata diminuirà. Può inoltre accadere che l'aspirazione esterna si eserciti sul camino, sicchè per esso il fumo discenda e si versi nel locale.

Tra le mitre mobili si ricordano i tipi rappresentati nelle fig. 672, 673, 674, 675.

Una delle forme più frequenti è quella rappresentata nella fig. 672. Un tubo di lamiera B ripiegato ad angolo retto avvolge l'estremità del tubo C del camino; un'asta *a b* mobile attorno ad un asse verticale e fissa al tubo B porta alla sua estremità una banderuola che quando soffia il vento dispone il tubo orizzontale colla bocca nella sua direzione.

Più efficace della precedente è quella rappresentata nella fig. 673. Il tubo orizzontale girevole attorno all'asse verticale è aperto alle due estremità: quella più vicina all'asse porta un imbuto la cui bocca è rivolta all'esterno ed il cui cannello si prolunga secondo l'asse del tubo orizzontale fino oltre alla bocca del condotto verticale del fumo. Soffiando il vento contro la bocca dell'imbuto, per comunicazione laterale del movimento, si esercita un'aspirazione nel tubo verticale che aumenta la velocità di esito del fumo.

In modo analogo funziona la così detta mitra cinese. Un'asta metallica *ab* verticale (fig. 674) impiantata sopra una spranga orizzontale *cd* sostiene in bilico un cappello

conico. Fra l'orlo del cappello e la bocca CB del camino vi è uno spazio sufficiente allo sfogo del fumo. Sotto l'azione del vento il cappello s'inclina per modo da impedirne l'ingresso nella canna e da lasciare adito al fumo nella direzione di quello.

Non meno ingegnosa è la disposizione rappresentata nella fig. 675. La torretta del camino si prolunga in una cassa parallelepipedica chiusa in alto. Ciascuna delle faccie laterali ha una finestra B sulla quale può disporsi una lastra A portata da un'asta che può girare in una cerniera orizzontale sostenuta dallo spigolo della cassa. Un bottone *a* all'estremità dell'asta fa da contrappeso alla lastra A. Le lastre delle faccie opposte sono collegate fra loro per modo che quando una di esse s'appoggia contro la propria finestra, l'opposta apre la sua.

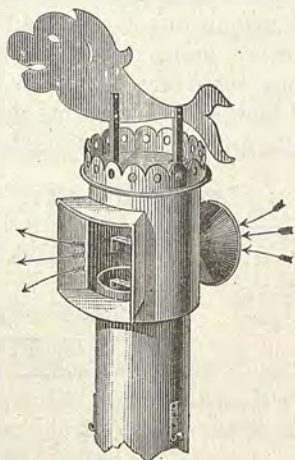


Fig. 676. — Mitra eolia.

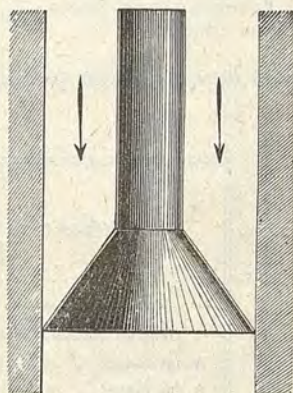


Fig. 677.

Altri modelli di mitre mobili si sono immaginati fra cui la *mitra eolia* (fig. 676), e altre con palette a spirale che percosse dall'aria mettono in movimento la mitra e producono l'aspirazione, ma tutte però, quale più quale meno, non diedero nella pratica i risultati che se ne ripromettevano i costruttori. L'ossidazione del metallo e il deposito della fuliggine le rendono col tempo poco sensibili, sicchè il loro movimento non avviene che difficilmente, oppure non avviene affatto, ciò che le rende allora pressochè inutili. Si vedranno altri tipi di aspiratori nel capitolo che tratta del riscaldamento e della aerazione.

Prima di decidere sull'applicazione di uno di tali apparecchi bisogna specialmente ricercare se devesi rimediare a qualche difetto della canna e quale sia l'effetto che si desidera. Un caso nel quale è sempre necessario l'impiego di questi mezzi si è quando la combustione deve essere di frequente interrotta, giacchè quando la canna si raffredda il camino quasi sempre fuma: si può agevolare l'aspirazione cominciando il fuoco col l'accendere materie rapidamente divampanti come paglia, carta, ecc.

Prima di decidere sull'applicazione di uno di tali apparecchi bisogna specialmente ricercare se devesi rimediare a qualche difetto della canna e quale sia l'effetto che si desidera. Un caso nel quale è sempre necessario l'impiego di questi mezzi si è quando la combustione deve essere di frequente interrotta, giacchè quando la canna si raffredda il camino quasi sempre fuma: si può agevolare l'aspirazione cominciando il fuoco col l'accendere materie rapidamente divampanti come paglia, carta, ecc.

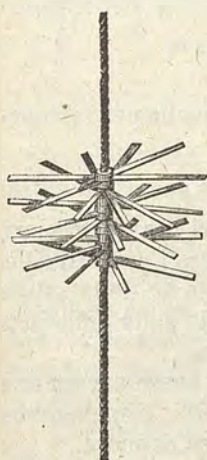


Fig. 678.



Fig. 679.

Fig. 678-679. — Spazzola metallica e sfera per pulitura delle gole da camino.

In generale si evita il rigurgito del fumo col restringere in alto o in basso la canna del camino. Ponendo nell'arteria di esso un imbuto sormontato da un tubo per lo sfogo del fumo (fig. 677) viene impedita l'azione delle correnti discendenti che si producono nella canna.

Come si dice anche nel Vol. II, luogo già citato, la pulitura delle canne larghe viene fatta per mezzo di spazzacamini e quella delle strette mediante spazzole metalliche (fig. 678) oppure con sfere metalliche o con borse di cuoio gonfie d'aria, munite di punte (fig. 679), che si fanno scorrere mediante una corda lungo la gola del camino.

Per terminare poi la pulitura e staccare il pulviscolo basterà adoperare una scopa costituita da un paio di liste di stuoie legate strettamente fra loro.

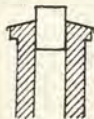


Fig. 680. — Riparo in lamiera per la bocca dei fumaioi.

La malta allo sbocco dei camini viene presto distrutta dalle influenze atmosferiche combinate col calore del fumo che esce e coll'azione dissolvante dell'acido solforoso. Si deve sempre adoperare malta di cemento e proteggere l'imboccatura altresì con una copertura in lamiera (fig. 680).

Il materiale occorrente per ogni metro lineare di condotto non incassato, con pareti della grossezza di una testa, si rileva dalla seguente tabella.

Tabella LVII.

NUMERO DI MATTONI per	CONDOTTO LIBERO			OSSERVAZIONI	
	da tutte le parti	da 3 lati	da 2 lati		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
<i>Gole da camino accessibili di 38 × 45 cent.</i>					
A una canna	120	78	52	In <i>b</i> e in <i>c</i> si suppone che il condotto sia appoggiato al muro.	
A due canne	190	130	104		
A tre canne	286	182	156		
A quattro canne	351	284	208		
<i>Canne da stufa di 13 × 20 cent.</i>					
A un solo condotto	60	40	30		
A due condotti	100	70	55		
A tre condotti	140	100	80		
A quattro condotti	180	120	105		

Per 1000 mattoni si richiedono 350 ÷ 375 litri di calce, compresa quella per l'intonatura interna della canna.

b) Camini isolati da opifici (o industriali).

I camini industriali oltre allo scopo di ottenere l'aspirazione dei grandi focolari, hanno anche quello di condurre in regione piuttosto alta dell'atmosfera i prodotti della combustione, dove possano disperdersi senza danno della vegetazione nè della salute delle persone. La velocità della corrente che sale nel camino dipende dalla differenza di peso delle due colonne aeree separate dall'involucro del camino.

All'estremità superiore del camino i gas che ne sfuggono devono avere ancora una certa quantità di calore. Se si volesse invece che i gas uscissero freddi, bisognerebbe rialzare il camino, ma invece di fare cosa utile si farebbe piuttosto cosa dannosa.

Secondo Reiche l'altezza della bocca del camino sopra la griglia del focolare è data, in metri, dalla formola:

$$h = 0,00277 \left(\frac{B}{R} \right)^2 + 6d$$

dove d è il diametro in metri della bocca stessa, R la superficie in metri quadrati della griglia del focolare, B la quantità di combustibile in chilogr. che viene consumata in una ora: inoltre

$$d = 0,1 \left(\frac{B}{R} \right)^{0,4} = 0,1 B^{0,4}$$

Il diametro netto inferiore d_1 è poi

$$d_1 = d + \frac{1}{50} h.$$

Ma lo si prenderà anche più grande, se lo richiede la stabilità. In piccoli impianti si può tenere la sezione superiore del camino da $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{6}$ della superficie della griglia se si usa lignite e da $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{10}$ se si adopera carbone fossile (litantrace). La sezione inferiore si calcola come sopra.

I grandi camini hanno per lo più una sezione quadrata o circolare, di rado poligonale perchè di difficile esecuzione riescono gli angoli a meno che si adoperino materiali di forme speciali. La sezione più opportuna è la circolare, perchè con essa la pressione del vento non impedisce il giro del fumo, e si riducono a un minimo la resistenza d'attrito, la perdita di calore ed anche la quantità di materiale occorrente: la sezione quadrata è meno raccomandabile. Il camino deve poter resistere a una pressione del vento $p = 300$ chilogr. per ogni metro quadrato di superficie perpendicolare alla direzione del vento.

Questa pressione parrebbe elevata, ma se si tien conto che dalla parte opposta al vento si verifica contro il camino una rarefazione d'aria, si vede che il valore sopra indicato non è eccessivo. È inoltre da osservarsi che la direzione media del vento è inclinata verso il basso di circa 10 gradi sull'orizzontale.

Se r indica il raggio in metri di una sezione qualunque del camino, G il peso della massa di muro (in Kg.) che vi sovraincombe, F la proiezione verticale della sezione stessa (in m. quadrati), s la distanza in metri del centro di gravità di tal proiezione dalla sezione considerata, per la sicurezza della stabilità devono verificarsi le seguenti condizioni:

per un camino a sezione quadrata . . .	$G r \geq p F s$
» » ottagonale . . .	$G r \geq 0,83 p F s$
» » circolare . . .	$G r \geq 0,78 p F s$

nelle quali, come si vede, viene trascurata la resistenza della muratura alla trazione, ottenendosi con ciò tanta maggiore sicurezza.

I camini industriali si elevano per lo più liberi, isolati, e si collegano col fabbricato della caldaia solo mediante il condotto del fumo. Se un camino deve essere costruito nell'interno di detto fabbricato od anche in unione colla muratura del focolare, si deve eseguirlo prima, perchè, a motivo del diverso assettarsi della muratura, si produrrebbero delle screpolature. Anche quando il camino è isolato, il condotto del fumo deve eseguirsi dopo la costruzione tanto del camino, quanto della muratura della caldaia; se lo si fabbricasse contemporaneamente non bisogna ad ogni modo collegarlo con dentature.

La larghezza della base di fondazione del camino si fa da $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{7}$ della intera altezza, così che il buon terreno di fondazione venga caricato solo con Kg. 0,75 a Kg. 1,50 per centimetro quadrato. Se il terreno di fondazione è difettoso, bisogna adottare uno strato di calcestruzzo di m. 0,75 a m. 1,25 gettato fra palancate di tavole, oppure costruire una palafitta. Entrambi questi modi di fondazione esigono la maggiore accuratezza: le riseghe di fondazione a (fig. 681) devono essere assai piccole. Le fondazioni in pietre calcari si devono tener lontane dal passaggio dei prodotti gassosi della combustione, per modo che non possa verificarsi una lenta cottura della pietra calcarea e non vengano intaccate dall'acido solforoso che si trova in detti prodotti. Il fondo del camino deve essere m. 0,60 ÷ 0,80 più basso della soglia del condotto del fumo, per servire da camera di raccolta della cenere; si deve poter ripulire per mezzo di un'apertura laterale nel basamento del camino di almeno 60 cm. di larghezza, da murarsi nuovamente dopo fatta la pulitura (fig. 682). Se sboccano da due parti condotti del fumo

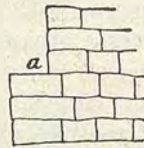


Fig. 681.

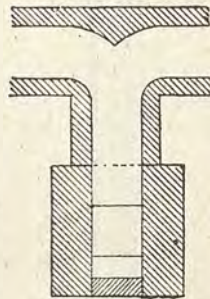


Fig. 682.

nel camino non si deve collocare una parete di divisione trasversalmente alle imboccature, ma diagonalmente, onde diminuire l'urto del fumo; anche gli angoli dei canali di sbocco devono essere arrotondati.

Il basamento si fa generalmente quadrato con lati della lunghezza $d + 1$ metro ed un'altezza non maggiore di quella strettamente necessaria, a meno che il camino sia costruito anche con concetti architettonici, nel qual caso tale altezza dipenderà da quelli.

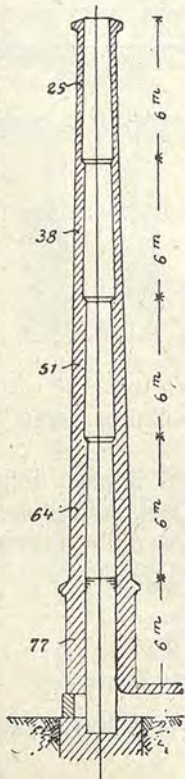


Fig. 683.

Camino industriale.

La grossezza delle pareti alla bocca dei camini circolari od ottagonali si fissa ordinariamente di 12 centimetri se il diametro è inferiore ad 1 metro, di 25 centimetri se il diametro è maggiore o se il camino è quadrato (adoperando materiali speciali si può tenere di 15 centimetri se $d > m. 1$, di 20 cent. se $d > m. 1,50$). Queste grossezze di parete nei camini circolari fatti con materiali speciali aumentano di 5 centimetri ogni 5 metri; in quelli fatti con mattoni ordinari di 12 centimetri (cioè di una testa) ogni 6 a 10 metri. Si prende tanto minore l'altezza dei singoli tronchi quanto più alta è la temperatura dei gas nel camino. Da questi dati risulta l'inclinazione esterna delle pareti del camino.

La costruzione di un camino comune (fig. 683) avviene nel modo seguente: si divide l'altezza del

camino, considerata come una retta verticale (nell'esempio m. 30), in tronchi di circa m. 6 ciascuno; si porta a destra e a sinistra della suddetta linea di mezzzeria la metà della luce netta del camino, e si comincia dall'estremità superiore con una grossezza di una testa o di due teste: ad ogni tronco si accresce lo spessore di una testa e così si ottiene il tracciato del camino. Il passaggio dalla forma quadrata del basamento a quella circolare della parte superiore si fa colla smussatura degli angoli (fig. 684) *a* e *b*.

La sporgenza del basamento nel passaggio dal quadrato al circolo viene formata a pendenza, perchè l'acqua vi sfugga (fig. 684 *b*) e viene coperta o con un corso di pietre speciali (fig. 685), o con lastre d'ardesia, che si sovrappongano l'una all'altra. Per la muratura devono adoperarsi solo mattoni ben cotti. Perchè sia più rapido l'indurimento della malta, vi si aggiungerà del cemento ed anche polvere tufacea. Il sole e il vento secco favoriscono l'indurimento della malta dalla parte esposta verso di essi, mentre dalla parte opposta rimane più a lungo molle; perciò facilmente il camino può riescire un po' inclinato. Siccome possono risultare delle disuguaglianze anche per il sistema di lavorare proprio ad ogni muratore, le quali condurrebbero ad un'inclinazione del camino, si deve, quando alla costruzione del camino attendono parecchi muratori, cambiarli spesso di posto.

Perchè il camino sia praticabile si immurano nell'interno dei ferri di appoggio a distanza di 50 centimetri circa (fig. 686 *a, b, c*). Nei camini molto alti questi ferri si fanno in forma di semicerchio e grandi abbastanza perchè un operaio appoggiato colle spalle alla parete possa sicuramente alzarsi dentro i medesimi. Invece di questi ferri; si applicano talvolta delle chiavi passanti da una parte all'altra il camino, ma ciò è

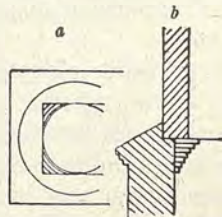


Fig. 684.



Fig. 685.

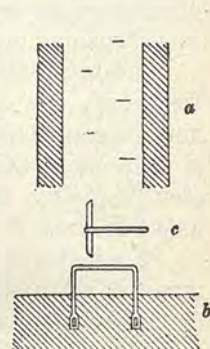


Fig. 686.

pericoloso per l'allungamento che il ferro subisce sotto l'azione del calore. Se si vogliono adottare delle chiavi, queste devono essere esterne e consistere di singoli anelli che abbraccino delle verghe verticali collocate di fuori: solo in questa maniera il ferro può dilatarsi senza scomporre la muratura. I camini circolari di piccolo diametro possono eseguirsi solo con pezzi di forma speciale, quelli più grandi anche con mattoni ordinari collocati di punta; per quelli ottagonali occorrono pezzi speciali solo per gli angoli, pezzi che si possono adoperare da 2 parti (fig. 687). Per il miglior

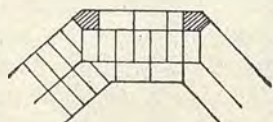


Fig. 687.

aspetto del camino la sua bocca viene generalmente decorata mediante cornici in muratura o di pietre da taglio (granito o arenaria) unite da arpioni di rame: questa bocca non deve però pesar molto, perchè altrimenti favorirebbe le oscillazioni del camino durante gli uragani. Poichè le commessure rivolte all'alto presto vengono guastate dall'azione delle intemperie, è necessario coprire la bocca del camino con piastre di ghisa sovrapposte ed avvitate insieme; le commessure vengono sigillate con mastice di limatura di ferro: più spesso si adopera anche un coperchio vuoto, pesante, di ghisa, formato da vari pezzi riuniti: nei camini più piccoli si adotta anche una copertura in diversi pezzi di arenaria, che riesce però troppo pesante.

La bocca si smussa con un angolo di 30° e vi si applica un pezzo di tubo cilindrico di m. 0,50 d'altezza, che deve impedire al vento di ricacciare il fumo nella bocca stessa. Anche nell'interno questi camini non vengono intonacati.

Se i gas che escono dal camino sono di temperatura molto elevata, si formano facilmente delle fenditure per la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno. Astraendo da un rivestimento in materiale refrattario, è da raccomandarsi in questi casi l'impiego di pareti doppie sottili, con interposto strato d'aria (fig. 688). Il cuscino d'aria impedisce in pari tempo un troppo rapido raffreddamento dei prodotti della combustione. Può servire come esempio anche il camino da fornace circolare Hoffmann, che ha un doppio involucro, in massima parte

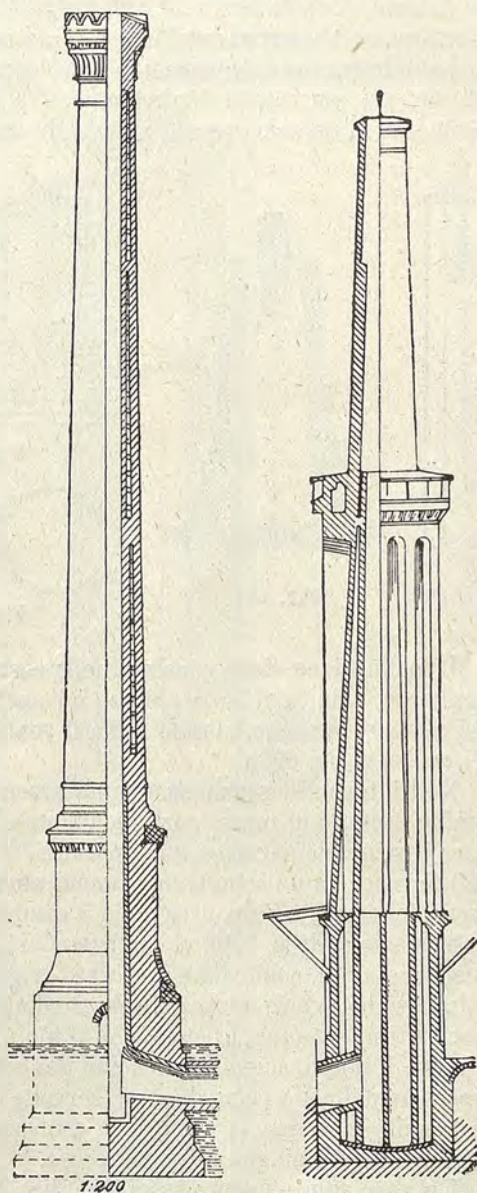


Fig. 688. — Camino della stazione Friedrichstrasse a Berlino.

Fig. 689. — Camino di fornace Hoffmann.

fatto colla grossezza di una testa soltanto; l'esterno è rinforzato da nervature verticali. L'interno, parimenti di $\frac{1}{2}$ testa di grossezza, a seconda della temperatura che regna nel camino, si eleva fino a 10 o 20 metri: siccome è esposto ad un forte calore, così lo si costruisce perfettamente libero onde non impedirne le dilatazioni (V. fig. 689).

La muratura si eseguisce fino all'altezza di 15 a 18 metri con un'ordinaria armatura esterna, poi, per camini di almeno m. 0,60 di diametro, si eseguisce dall'interno anche per mezzo di un solo operaio aiutato da uno o 2 manovali (1).

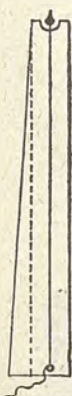


Fig. 690.

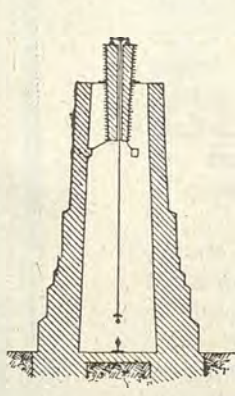


Fig. 691.

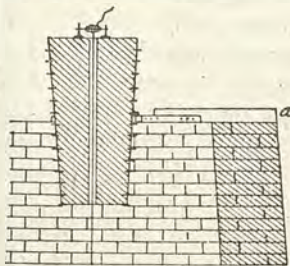


Fig. 692.

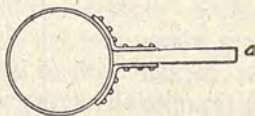


Fig. 693.

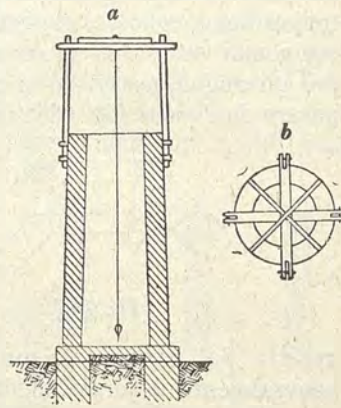


Fig. 694.

L'inclinazione viene regolata nella costruzione con una sagoma di m. 2 a m. 2,50 di lunghezza, munita di filo a piombo od anche solo di livella a bolla d'aria, la quale si può adoperare anche quando soffia il vento: sulla tavola viene segnata anche l'altezza dei corsi (V. fig. 690).

Nell'interno si segna su di una croce (in legno) fissata stabilmente al suolo del camino il punto di mezzo corrispondente al piede del filo a piombo calato da un'altra croce assicurata all'estremità superiore. Si può adoperare un'altra sagoma (fig. 691 e 692) formata da un cono tronco, la cui altezza ed i cui diametri sieno proporzionali a quelli del camino. Se per esempio il camino deve avere un'altezza di 40 metri, con una rastremazione di m. 0,80, vi corrisponderà per un cono di 2 metri una rastremazione di 4 centimetri. Il cono viene perforato esattamente secondo il suo asse e lo si assicura colla base maggiore verso il basso mediante tre puntelli che si appoggiano a mattoni sporgenti nel camino, in modo che il filo a piombo passante traverso il foro raggiunga il punto di mezzo segnato sul fondo del camino. Delle punte di ferro che indicano sulla superficie del cono i singoli corsi, servono di appoggio a un'alidada (fig. 693), che coll'estremità *a* segna la superficie esterna del camino e dà la direzione radiale delle commessure dei singoli pezzi nel corso.

Un altro procedimento assai semplice è il seguente: le estremità inferiori di 4 regoli vengono per mezzo di arpioni assicurate verticalmente nella muratura appena eseguita, così che le estremità superiori sopravanzino a questa di circa m. 1,50: a queste estremità i regoli vengono uniti a due a due con una croce di listelli, spaccati nelle teste: nelle forcelle così risultanti, munite di fori corrispondenti alle varie altezze a cui devono essere portati i regoli, vengono fissati i regoli stessi per mezzo di spine. Nel punto d'intersezione dei listelli è stabilito un filo a piombo per collocare il tutto a posto.

(1) Ricordasi il ponte di servizio per alti camini di cui si è parlato a pag. 154, trattando dei lavori provvisionali.

Sopra questa croce di listelli ve ne ha un'altra girevole intorno all'asse, colla quale, e mediante l'aiuto di 4 corde che ne pendono, si può determinare esattamente in ogni punto la superficie del camino (fig. 694 *a* e *b*).

Ancor più semplice può riuscire la disposizione, collocando una croce girevole di listelli con funi pendenti, sopra un tubo da gas in ferro assicurato in posizione verticale: si deve collocarlo sull'asse del camino con un filo a piombo assicurato in alto e passante pel tubo.

Si deve respingere il procedimento di lavoro consistente nel sollevare con un ponte sporgente esterno i materiali, dapprima perchè viene così facilmente spruzzata la superficie esterna del camino con malta che si deve poi levare a fatica con un ponte di servizio, ma soprattutto perchè si può produrre facilmente un'inclinazione del camino verso la parte caricata. È meglio far salire i materiali dall'interno col mezzo di una taglia o carrucola collocata su di un cavalletto appoggiato al ponte superiore e di un argano o verricello in basso (fig. 695). I singoli ripiani del ponte di servizio nell'interno sono riuniti mediante i ferri d'appoggio già descritti.

Tutti i camini devono essere muniti di parafulmine da collegare anche coi generatori di vapore collocati in vicinanza.

Quando un camino siasi inclinato da un lato, si può raddrizzarlo in tre maniere diverse: 1° coll'escavazione del terreno sotto la fondazione dalla parte opposta a quella verso cui avvenne l'inclinazione; 2° col ritagliar alcuni corsi di mattoni o alcune commessure in malta dalla parte convessa; 3° col ritagliare in parte la muratura per inserirvi uno strato di minor grossezza.

L'abbassamento del terreno di fondazione (trattandosi di fondazione circolare) si ottiene col mezzo della trivella rappresentata nella fig. 696, colla quale dopo avere scavato il terreno circostante, si praticano sotto al fondamento dei fori orizzontali e diretti radialmente, a maggiore o minor vicinanza tra loro secondo il bisogno.

Il secondo mezzo di raddrizzamento, cioè quello consistente nel ritagliare corsi di mattoni od almeno la malta delle commessure, viene eseguito colle seghe comuni da tagliapietra in acciaio, se i mattoni non sono troppo duri o la malta non indurita completamente. Si deve praticare un foro nella parete del camino per introdurvi la sega e dall'apertura poter ritagliare egualmente verso destra e sinistra a differente altezza, finchè il camino abbia ripreso la sua posizione verticale.

Se la malta è già indurita e il materiale laterizio è pure molto duro si deve esporre parzialmente un corso e sostituirlo con un altro di grossezza gradatamente variabile dal mezzo alle parti laterali.

Si deve anche aver cura di osservare mediante cunei di legno il graduale ritorno del camino nella sua posizione verticale.

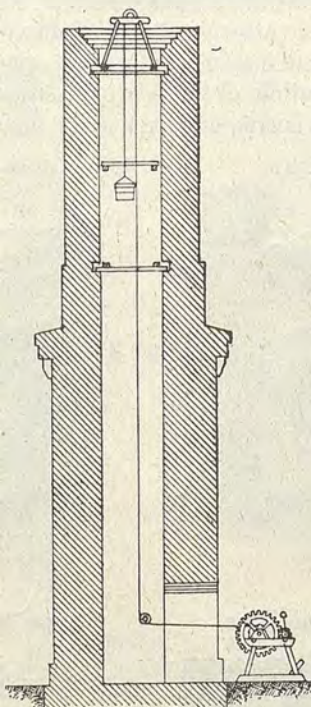


Fig. 695. — Innalzamento dei materiali per la costruzione di un camino.



Fig. 696. Trivella.

VII. — SOTTERRANEI (*cantine*).

a) Finestre delle cantine.

Se il cielo della cantina è abbastanza alto sul piano della strada, la collocazione delle finestre non offre alcuna difficoltà. Nelle figg. 697 e 698 sono rappresentati due casi corrispondenti a sotterranei coperti da vòlte a botte con generatrici normali al muro perimetrale in cui è aperta la finestra, oppure da vòlta a padiglione o da vòlta a botte con generatrici parallele al muro in cui è situata la finestra (fig. 698). In tal caso si costruirà una lunetta in corrispondenza della finestra, lunetta che potrà avere le generatrici

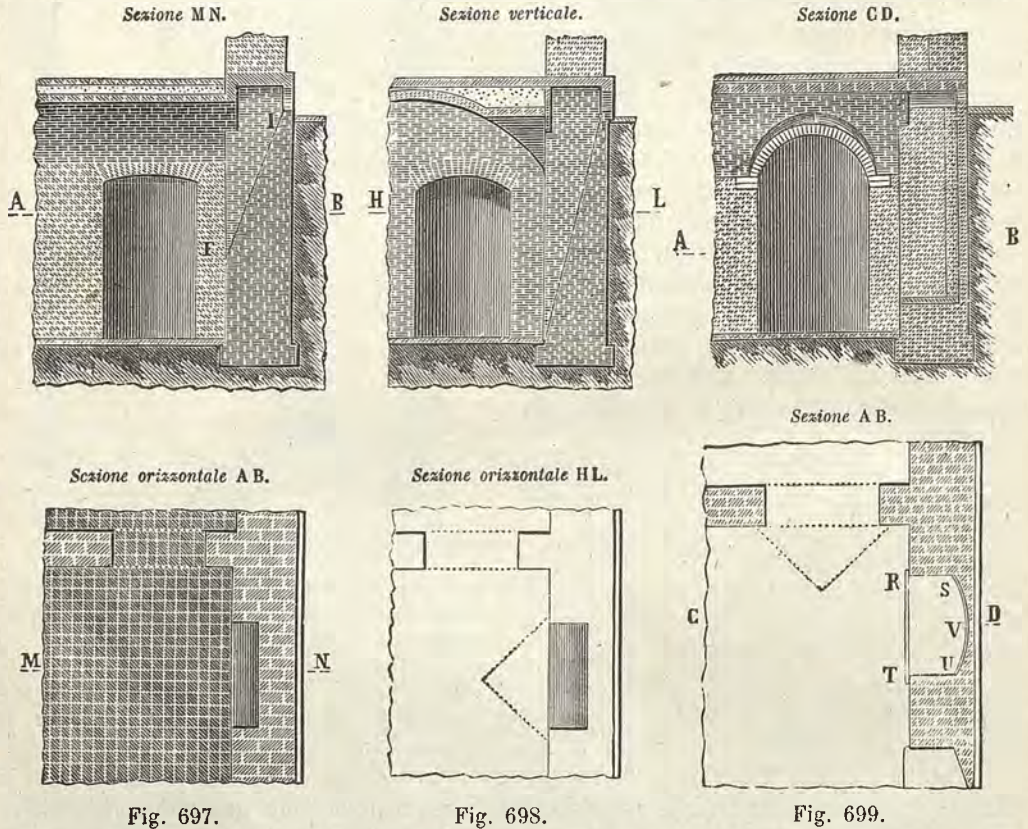


Fig. 697.

Fig. 698.

Fig. 699.

orizzontali oppure inclinate verso l'interno del sotterraneo. Nella figura 699 è indicato un altro sistema per formare l'apertura o tromba di luce nel muro del sotterraneo. La grossezza in V non sarà minore di cm. 12. Il muriccio S U può anche tenersi alquanto sporgente sul profilo esterno del muro perimetrale assegnandogli una grossezza costante di 12 o 24 cm. per modo che formi come un voltino contro terra. La sua grossezza sarà maggiore quanto maggiore sarà la larghezza della finestra.

La dimensione orizzontale della finestra varia da 70 cm. a 1 metro, e la verticale dipende dall'altezza dello zoccolo e dal livello interno del pavimento relativamente a quella del suolo esterno.

Nel fissare il livello del pavimento del pianterreno quando il suolo che circonda il fabbricato è in pendenza bisogna aver riguardo anche all'illuminazione dei diversi scompartimenti dei sotterranei e procurare, se è possibile, che ciascun scompartimento riceva luce almeno da una finestra.

Quando il pavimento del pianterreno si trova ad un'altezza eguale od inferiore a quella del muro esterno si deve ricorrere a fosse, trombe, o anche ad intercapedini che sulla strada sono circondate da una balaustrata o sono ricoperte con grate di ferro o di ghisa, con lastroni di vetro, ecc.

Per poter scolare l'acqua piovana che vi entra, si fanno inclinati tanto il davanzale della finestra quanto il fondo della fossa e traverso il muro contro terra, fatto generalmente ad arco, si dispongono uno o più tubi di cotto, la cui bocca viene circondata da pietrisco o da ghiaia onde facilitare la dispersione dell'acqua piovana nel terreno (fig. 700, *a* e *b*). Poichè il terreno in prossimità dei muri d'ambito a motivo degli escavi di fondazione è molto smosso e le fosse vengono sovente costruite dopo che è ultimata la costruzione in rustico dei muri, così la muratura che le chiude nell'assetarsi si staccerebbe dai muri del fabbricato, se non si avesse l'avvertenza di assegnare alla muratura stessa una fondazione abbastanza solida. Per evitar questo si possono durante la costruzione far appoggiare sopra la risega di fondazione e ai due lati della finestra due mensole e riunirle con un archetto (munito di chiave) sopra la quale si può con sicurezza edificare la fossa (fig. 701, *a* e *b*).

La bocca della tromba si ricopre sul piano stradale, o con una pietra forata oppure con una griglia metallica, la quale deve avere le maglie o i vuoti abbastanza stretti da non compromettere la sicurezza delle persone che transitano sulla strada.

Nella figura 699 è rappresentata una finestra a raso suolo per un sotterraneo posto sotto un androne carraio: la figura 702 rappresenta invece una finestra a raso suolo per una cantina ordinaria posta verso via o verso cortile. Se è verso cortile, allora non essendovi regolamenti che impediscano di tenere grande quanto si vuole l'apertura nel suolo, il vano R T si fa sovente anche maggiore dei 2 metri, e all'arco U V S si dà saetta maggiore di $\frac{1}{7}$ della corda, oppure lo si fa a pieno centro dandogli qualche volta anche un po' di piedritto. In corrispondenza delle porte munite di uno o più gradini si adotterà una disposizione analoga a quella rappresentata nella figura 703 ove gli scalini sono supposti di lastra di pietra: se invece sono massicci a tutta alzata, allora si apre un foro, in generale oblungo, nell'alzata dello scalino.

Pei lucernari o finestre di sotterranei destinati a deposito di materie combustibili, siano esse aperte negli zoccoli o nei marciapiedi, dovranno munirsi di graticole di filo metallico, con maglie aventi non più di 1 cm² di vuoto.

Per introdurre speditamente nei sotterranei legna, carbone, ed anche le botti, talune volte la inferriata della finestra del sotterraneo si fa apribile, munendola di serratura, o di lucchetto o di ordigno che ne impedisca l'apertura dall'esterno.

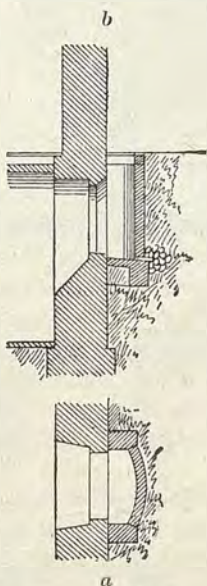


Fig. 700. — Tipo di finestra per cantina nel caso in cui il pavimento del pianterreno è a livello del suolo esterno.

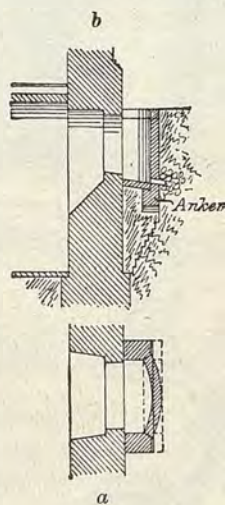


Fig. 701. — Modo di sostenere la tromba di luce di una finestra da sotterraneo.

Anker, chiave.

Quando poi i sotterranei sono destinati a cucine, dispense, magazzini, laboratori, lavanderie, ecc., le loro finestre si muniscono oltrechè di inferriate, di vetrate fatte in modo che facile ne riesca la manovra di apertura e chiusura.

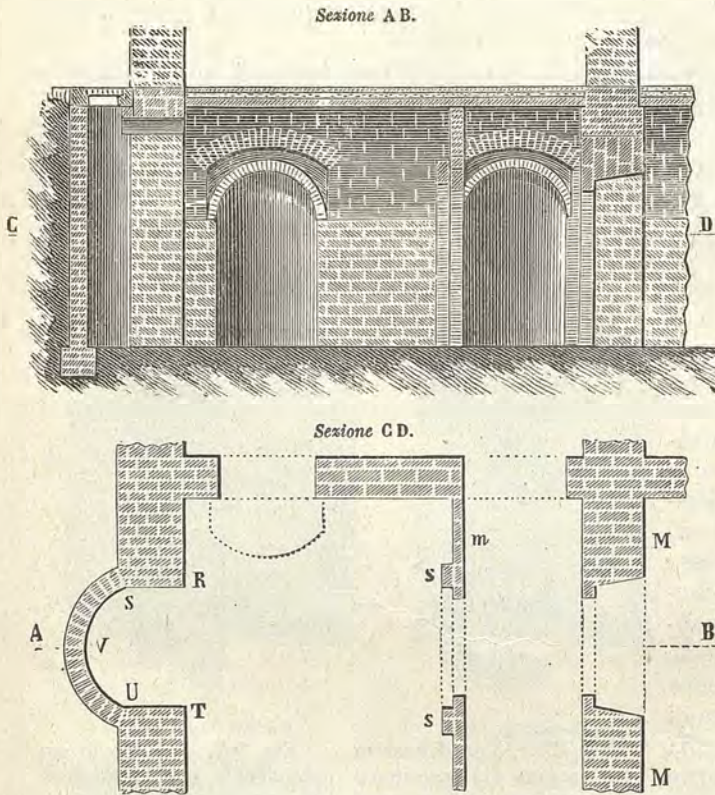


Fig. 702. — Sotterraneo con finestre a raso suolo.

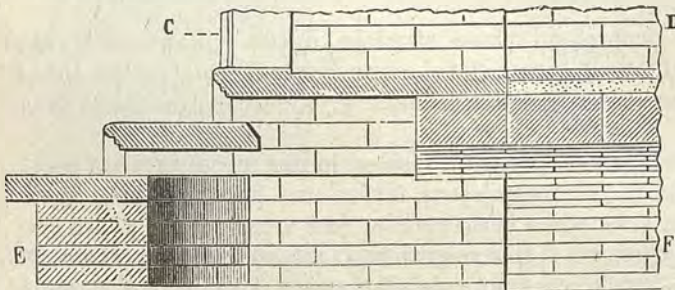


Fig. 703. — Finestra da sotterraneo sotto una porta esterna.

spazio, devono essere per lo più molto ripide, con un'alzata dei gradini di 20 a 22 cm. L'altezza libera dell'ingresso deve, nel punto più basso, raggiungere almeno m. 1,50 (fig. 704, a e b). Verso corte la sporgenza sopra l'ingresso non è limitata, perciò qui l'altezza minima si prenderà di almeno 1,75. Le porte si aprono sempre verso l'interno. Similmente agli ingressi esterni sono da farsi anche quelli dall'interno del fabbricato, che per es. dal vestibolo o dall'androne carraio conducono all'abitazione del portinaio.

Nel volume II, parlando dei vari generi di scale si dice quali avvertenze si debbono avere per impedire che l'acqua di pioggia penetri dalla scala nella cantina quando la

b) Accesso alle cantine.

Gli ingressi delle cantine si proteggono contro la neve o l'acqua che potrebbe

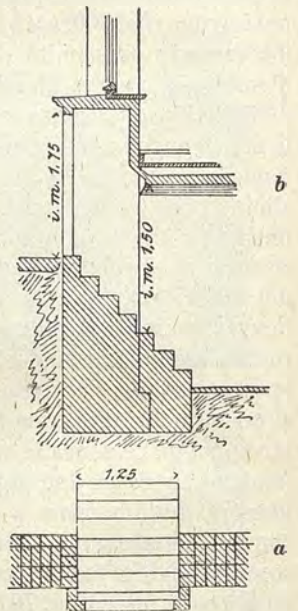


Fig. 704. — Tipo di accesso esterno a un sotterraneo.

introdurvisi per mezzo di costruzioni speciali, che secondo la maggior parte dei regolamenti edilizi non potrebbero sporgere che di poco dal filo della fabbrica. Le scale delle cantine, a motivo della ristrettezza di

scala è completamente esterna od ha solo all'esterno qualche scalino. Nel caso della fig. 704 bisogna che il primo gradino superiore sia di alquanto più elevato sul livello del suolo esterno.

e) Protezione contro l'umidità del sottosuolo.

Ancorchè un fabbricato non sia cantinato, pure tutti i muri devono essere protetti contro l'umidità del terreno.

Lo scopo si ottiene nella maggior parte dei casi, mediante lo stendimento sui muri di fondazione di uno strato di asfalto fuso di almeno un centimetro di grossezza, formato da una miscela di 5 parti in peso di asfalto, di $\frac{1}{2}$ parte a una di catrame e da 2 parti di sabbia. Questa massa non deve essere troppo molle, perchè dopo caricata troppo dura perchè nell'essicarsi si screpolerebbe lasciando quindi delle discontinuità dalle quali l'umidità potrebbe risalire nella muratura superiore: il primo inconveniente si verifica anche quando lo strato di asfalto fosse immediatamente esposto ai raggi solari. In questi ultimi tempi si adottano spesso e volentieri anche delle piastre isolanti di grosso feltro imbevuto di preparati di catrame, che hanno fatta buona prova ed hanno sull'asfalto il vantaggio di una maggiore uniformità e di non essere soggette come l'asfalto alle influenze atmosferiche.

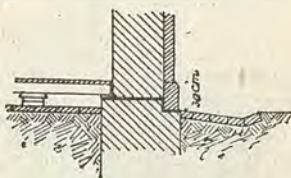


Fig. 705. — Riparo contro l'umidità risalente dal suolo.

Viene anche suggerito come mezzo di isolamento uno strato di malta grassa di cemento, oppure di collocare sui muri di fondazione due corsi di tegole piane ben cotte murate con malta grassa di cemento: però sull'effetto di questi mezzi non si può ancora dir nulla di certo.

Si possono inoltre adottare con buoni risultati il cartone isolante incatramato (o asfaltato), o parecchi strati di carton-pietra o di feltro da tetto, oppure del vetro grosso da 3 a 6 mm. posto in un letto di malta di calce (fatta con sabbia crivellata) e sigillato con mastice, oppure ancora lamiere di piombo, sovrappoventisi almeno per 8 centimetri, ecc.

Lo strato isolante, se non vi è pavimento massiccio, si dispone all'altezza dello spigolo inferiore dei legnami di sostegno del pavimento e se la fabbrica non è cantinata 1 o 2 corsi di mattoni sopra il piano del terreno circostante; se vi è pavimento massiccio sopra lo spigolo superiore di questo. Se i muri di fondazione sono di pietrame si deve prima uguagliare la superficie superiore mediante due corsi di mattoni con malta allungata, sui quali poi si stende lo strato d'asfalto. Perchè l'acqua spiovente dalle cornici non abbia ad inzuppare il terreno in vicinanza alla muratura rendendo questa ancor più umida, si consiglia l'applicazione di lastre di pietra, che circondano tutto in giro il fabbricato per una larghezza da 0,65 a 1 m. e che mandano l'acqua in un canaletto coperto o tombino: le commessure di queste lastre devono venir sigillate con malta di cemento o con asfalto.

La figura 705 mostra come si abbia a provvedere all'isolamento nel caso di un fabbricato senza sotterranei e con basamento in granito.

Il muro presso il suolo si preserva contro l'umidità proveniente dal rimbalzo dell'acqua cadente sul suolo rivestendolo o di buoni mattoni ricotti o con lastre di pietra, oppure con intonaco colorito poi anche con colori ad olio; non sono adatte a formare tali zoccoli le pietre molto porose; come ad esempio la maggior parte delle arenarie. Per fermare le lastre da zoccolo contro il muro si usano grappe di ferro, le quali devono essere nascoste e stagnate onde non diano origine a macchie di ruggine. Dalla parte del terreno che è ricoperta dal fabbricato va accuratamente tolta la

terra vegetale che produrrebbe la così detta carie dei muri, come anche la *merula*, od almeno favorirebbe la diffusione di questi malanni delle fabbriche. Alla terra vegetale asportata si sostituirà terra sabbiosa od argillosa. Questi riempimenti devono venir coperti con uno strato piano di malta comune o con un battuto di pezzi di mattone con malta o meglio ancora con uno strato di smalto di cemento.

Per sostenere i legnami del pavimento servono per lo più dei piccoli pilastrini in muratura di mattoni ricoperti con cartone incatramato per impedire il contatto del

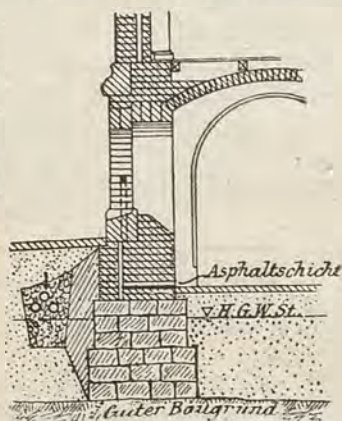


Fig. 706. — Protezione dei muri da cantina contro l'umidità.

H. G. W. St., massimo livello della falda acquea sotterranea; *Asphaltschicht*, strato di asfalto; *Guter Baugrund*, terreno sodo.

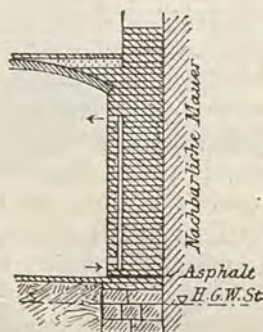


Fig. 707. — Protezione dei muri da cantina contro l'umidità.

H. G. W. St., livello massimo della falda acqua sotterr.; *Asphalt*, asfalto; *Nachbarliche Mauer*, muro divisorio.

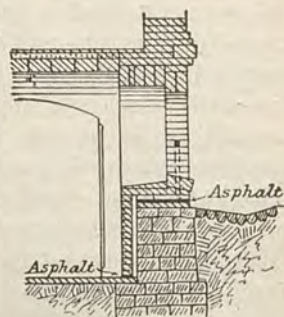


Fig. 708. — Protezione dei muri da cantina contro l'umidità.

Asphalt, asfalto.

legno colla muratura. Lo spazio vuoto sotto l'assito del pavimento è bene venga posto in comunicazione con una gola da camino o con un tubo di ghisa (di 10 cm. circa di diametro) immurato verticalmente in una stufa di cotto, aprendo per la circolazione dell'aria delle piccole aperture (protette da lamiera forata) verso l'esterno od anche nel pavimento; l'aprirle nel pavimento è meno raccomandabile, perchè con ciò si introduce nel sottosuolo dell'aria più calda che raffreddandosi, vi abbandona una parte della sua umidità. È conveniente imbevare di olio di creosoto o di carbolineum i legnami che sostengono il pavimento e la superficie inferiore di esso. Le teste dei legnami si devono tener lontane dalla muratura almeno di cm. 2,5 e i lati di almeno 5 cm.

Le disposizioni sono le stesse di quelle ora descritte se il pavimento in legno invece di essere appoggiato su pilastrini lo è sopra vòlte.

Si devono proteggere nello stesso modo anche le banchine dei tavolati dall'umidità che risale dal suolo.

Quando un fabbricato è cantinato può accadere di dover proteggere solamente i muri d'ambito contro l'invasione laterale dell'umidità oppure tutto lo spazio occupato dalle cantine contro l'acqua del sottosuolo che risale. Il primo scopo si raggiunge nel modo più sicuro col praticare nei muri degli interstizi (o strati d'aria) verticali di 4 o 5 cm. di larghezza, che dal piano dello strato d'asfalto salgano almeno fino al piano del terreno circostante. Quando il muro d'ambito è fabbricato con mattoni, questi interstizi si praticano dalla parte esterna in modo che rimanga verso il terreno solo una grossezza di una testa o di due teste se l'umidità è molto forte, eseguendosi questa parte di muro con mattoni ricotti e con malta di cemento allungata (fig. 706). Se invece i muri d'ambito del sotterraneo sono in pietrame, si forma lo strato d'aria con una parete di divisione di una testa posta innanzi alla parete del muro verso l'interno (fig. 708) ciò che si farà pure quando il muro sia di mattoni e divisorio (fig. 707). In ogni

caso questi interstizi sono da disporsi in maniera che non siano in corrispondenza del filo verticale del muro superiore del piano terreno. I muri di divisione si collegano a quelli d'ambito con mattoni (o pietre) di testa, imbevute di catrame, e murate con malta di cemento. La superficie esterna dei muri di cantina che deve rimanere contro il terreno, deve avere le connessure sigillate a liscio e poi, dopo che la muratura sia bene asciutta, essere intonacata a due riprese con catrame (*goudron*) a caldo: non si ottiene però una protezione così sicura come con un intonaco di cemento. Se il terreno è molto acquitrinoso è raccomandabile anche di ammassare dietro il muro uno strato di creta grassa di 30 a 40 cm. di grossezza e con tubi di drenaggio scaricare l'acqua che vi si raduna, conducendola a qualche cisterna, pozzo, canale, ecc. (fig. 706). Poichè malgrado tutte le precauzioni usate nella formazione degli interstizi vuoti nella muratura, facilmente vi cade dentro della malta, che trasmette poi l'umidità esterna ai muri della cantina e poichè inoltre una certa quantità dell'acqua di condensazione o di quella trasudante dai muri può sgocciolare lungo le pareti dell'interstizio e raccogliersi sul fondo di questo, così è bene che gli spazi vuoti abbiano origine alquanto più in basso dello strato di asfalto e siano provvisti anche lateralmente di piccoli canali immettenti in tubi di drenaggio esterno sempre quando non vi sia pericolo che abbia per tal modo a introdursi negli interstizi dell'acqua di rigurgito, proveniente dal sottosuolo (fig. 709). Inoltre gli interstizi stessi si metteranno in comunicazione da una parte colla cantina mediante piccoli canali muniti di griglia (anche con chiusura se danno in locali abitati) e dall'altra parte coll'aria esterna mediante consimili canali, che terminano per lo più negli squarci delle finestre con bocca munita di graticola. Producendosi in tal modo una corrente d'aria si facilita l'essiccamento della muratura del sotterraneo (v. fig. 706, 707, 708 e 709).

Il suolo delle cantine protetto contro l'ascendere dell'umidità mediante uno smalto di cemento od uno strato di asfalto, deve essere situato almeno 30 cm. al di sopra del più alto livello conosciuto della falda acquea sotterranea. Si osserva inoltre che i contorni delle finestre aventi una grossezza minore di 38 cm. devono essere provvisti sempre di strato d'aria, perchè altrimenti in tale contorno penetrerebbe l'umidità macchiando le pareti interne (fig. 706).

Il rivestimento dei muri con mattoni concavi o forati è poco adatto allo scopo di mantenere asciutte le pareti. È piuttosto da raccomandarsi un isolamento con cartonghia come venne adottato negli edifici degli istituti universitari di Halle, colla spesa relativamente piccola di lire 1,60 circa per metro quadrato. Sulla risega di fondazione si distesero dalla parte interna delle strisce di 18 cm. di larghezza di cartone sopra lo strato di asfalto di 15 mm. di grossezza, formante pavimento (fig. 710). Indi si innalzò il muro di fondazione in pietrame fino allo zoccolo tenendolo di 13 cm. più sottile dello spessore fissato e se ne eguagliò alquanto la faccia interna con intonaco di malta di cemento. Dopo che questo strato fu asciutto nella faccia esterna lo si incatramò e quindi vi si applicarono le liste verticali di cartone incatramato sovrapponendole di un palmo l'una sull'altra. Queste liste in alto si ripiegarono sulla muratura sopra la quale si distese poi uno strato di asfalto in modo da passar sopra anche alla parte ripiegata del cartone. Si sigillarono bene le commessure del cartone con cemento di legno

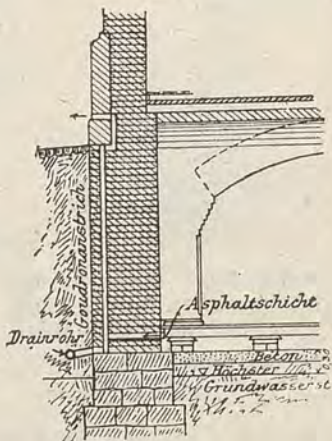


Fig. 709. — Protezione dei muri da cantina contro l'umidità.

Höchster Grundwasserst., massimo livello della falda acquea sotterranea; Asphaltschicht, strato di asfalto; Drainrohr, tubo di drenaggio; Goudronanstrich, intonaco di catrame.

(*Holzement*) e striscie di carta e poi si completò il tutto con un muro di rivestimento verso l'interno della grossezza di una testa di mattone in modo da ottenere la grossezza totale del muro superiore.

Un più sicuro isolamento si otterrebbe con uno strato verticale di asfalto di 1 cm. di grossezza: ma è assai difficile applicare tale strato verticalmente soprattutto su muri ancor freschi ed umidi.

Grandi difficoltà presenta l'essiccamento di vecchi muri da sotterraneo e da pian terreno, male isolati e nei quali l'umidità sia già penetrata; sono raccomandati in

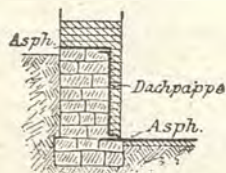


Fig. 710. — Riparo contro l'umidità dei muri degli edifici univers. di Halle.

Asph., asfalto; Dachpappe, cartone incatramato.

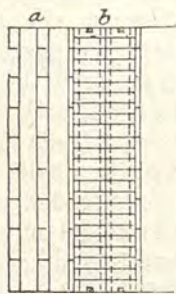


Fig. 711. — Protezione mediante rivestimento di tegole piane dei muri già umidi.

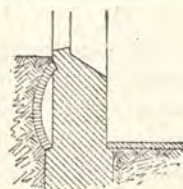


Fig. 712. — Voltine di isolamento per muri a contatto di terreni umidi.

questo caso diversi mezzi; così una dipintura con colofonia a caldo o con diversi preparati di catrame, dopo un essiccamento superficiale del muro; oppure lo scrostamento dell'intonaco, e il successivo rivestimento con lamine di piombo, o con spalmature di silicati, ecc. Ma questi procedimenti sono tutti costosi e di effetto assai dubbio. Agiscono efficacemente solo i mezzi che verranno ora indicati e dei quali sarà a scegliersi il più opportuno secondo ogni caso particolare.

Se si tratta di una parete umida, se ne toglie l'intonaco, o se non importa restringere un poco di più lo spazio, si raschiano solo le commessure. La parete viene poi asciugata il meglio possibile con apposito apparecchio e quindi dipinta con catrame. Mediante malta di cemento si applicano allora delle file verticali di tegole piane distanti fra loro in modo che da mezzo a mezzo vi stia una tegola piana posta in lunghezza (fig. 711, a). Sopra le tegole così disposte si collocano le tegole piane in lunghezza, le quali formeranno una superficie piana che viene poi sigillata e intonacata con malta di cemento allungata (fig. 711, b). Tra le file verticali di tegole vengono così a risultare degli spazi vuoti, interstizi d'aria, nei quali per mezzo di piccole aperture in alto e in basso, munite di griglia, si verifica una corrente d'aria che mantiene asciutto lo strato di tegole esterno. Se non si può permettere un restringimento del locale si ritaglierà di circa 4 cm. la muratura umida. Invece delle tegole si possono adoperare anche lastre di vetro, ma il costo sarebbe in tal caso molto più elevato.

Se sono affatto umidi tanto la muratura quanto il terreno, si deve anzitutto cercare di togliere il contatto immediato del terreno stesso coi muri dei sotterranei, praticandovi degli spazi vuoti tutto all'ingiro della fabbrica. Ciò si può ottenere come è indicato nella fig. 712, con voltine continue, oppure come nella fig. 713, a e b, mediante tante fosse simili a quelle delle finestre da cantina, oppure come nella fig. 714, ove si vede praticata una completa fossa d'isolamento, col suo muro da terrapieno. Lo spazio vuoto della fig. 712 si deve naturalmente mettere in comunicazione coll'aria esterna per mezzo di canali, ciò che nelle disposizioni delle fig. 713, a e b, e 714 si ottiene più facilmente con inferriate di copertura. Si capisce finalmente che il collegamento degli

archi (fig. 712, 713) colla vecchia muratura deve farsi con tutte le precauzioni già descritte. Nella muratura stessa si praticeranno delle aperture *c* (fig. 714) in rottura, per facilitare l'asciugamento, al quale scopo si terranno anche aperte il più che sia possibile porte e finestre. Il terreno umido del sottosuolo verrà esportato, sostituendovi un riempimento di ghiaia sul quale si costruirà il lastricato. Si intonacheranno poi le pareti umide, avendone prima ben raschiate le commessure. La lastricatura intorno alla casa se è alquanto danneggiata deve essere sostituita con altra solida, curando un perfetto e rapido scolo dell'acqua piovana, sia liberamente cadente, sia proveniente dalle grondaie. Finalmente nel pavimento delle cantine si disporrà una rete di tubi di drenaggio colla maggior possibile pendenza (almeno del 2 ‰); tali tubi si metteranno, ove occorra, anche all'ingiro del fabbricato, a circa 45 cm. sotto il piano superiore del pavimento e a distanza di circa cm. 25 ÷ 30 l'uno dall'altro. Si prenderanno a tal uopo tubi di 4 cm. di diametro, e si faranno immettere in collettori di 8 cm., che conducano tutte le acque in qualche cisterna, pozzo o canale.

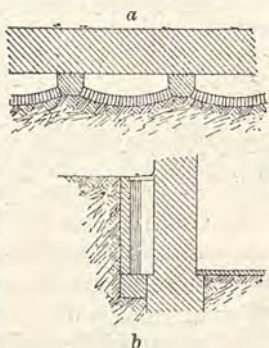


Fig. 713, *a*, *b*. — Isolamento dei muri contro l'umidità del terreno.

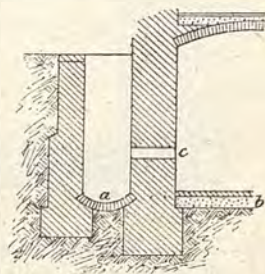


Fig. 714. — Intercapedine d'isolamento contro l'umidità del terreno.

a, voltino di fondo; *b*, strato di ghiaia e materie leggere; *c*, foro per la circolazione dell'aria.

Tali tubi di drenaggio sono tuttavia soggetti facilmente ad ostruzioni, principalmente in vicinanza della muratura fresca per caduta di calce carbonata, o in vicinanza di alberi e arbusti per le radici che vi si introducono fino a riempirli. L'esperienza insegna che si otturano più facilmente i tubi larghi che quelli stretti, perchè in questi la maggior velocità di deflusso delle acque serve a liberare il tubo dalle ostruzioni. È poi molto conveniente di assicurarsi se lo scolo funziona bene mediante delle fosse di visita opportunamente distribuite lungo i tubi di drenaggio. Se alla profondità alla quale questi tubi sono collocati si trova terreno grasso, poco permeabile, si raccomanda, per ottenere una sufficiente dispersione, di formare sotto ai tubi stessi un letto di rottami di pietra, che serve pure al drenaggio. In questo caso occorre una minor pendenza di scolo di quella già accennata.

a) Protezione contro l'acqua del sottosuolo.

Non è facile ottenere una efficace protezione contro l'invasione dell'acqua del sottosuolo: somma cura bisogna avere nel lavoro preparatorio. Anzitutto i muri d'ambito devono poter trattenerne lateralmente l'acqua. Si costruiranno perciò coi materiali meno igroscopici, quindi meglio con mattoni ricotti ben duri e malta di cemento, curando principalmente che sieno ben sigillate le commessure. Sarà vantaggioso un riempimento posteriore al muro con uno strato di 30 ÷ 50 cm. di argilla grassa. Inoltre si può, come è rappresentato nella fig. 715, applicare uno strato verticale di asfalto e mascherarlo poi verso l'interno con un paramento di mattoni ricotti e malta di cemento, per impedire all'asfalto di distaccarsi dalla muratura di fondazione. L'asfalto si può anche sostituire con una doppia serie di tegole in malta grassa di cemento. Finalmente si raccomanda anche di praticare nella muratura degli interstizi di circa 5 cm. di grossezza, riempiendoli poi con malta di cemento; ma questo mezzo non sembra molto sicuro, perchè la sabbia e il cemento facilmente si separano, onde la sabbia, cadendo in basso lascia degli spazi vuoti nei quali l'umidità penetra e si trasmette poi all'interno.

Riguardo ai muri interni si deve provvedere soltanto a difenderli contro l'umidità risalente dal sottosuolo, e ciò si impedisce coll'introdurre uno strato orizzontale isolante alla altezza del pavimento del sotterraneo. Se si ha una platea generale di calcestruzzo allora si può fare sopra di essa un generale pavimento di asfalto, e su questo costruire i muri interni, Bisogna però badare che la grossezza dello strato di asfalto sia sufficiente, perchè non abbia a verificarsi, per ineguaglianza di carico, qualche rottura nello strato stesso, ciò che annullerebbe l'effetto ripromessosi. L'uniformità nello strato di smalto è

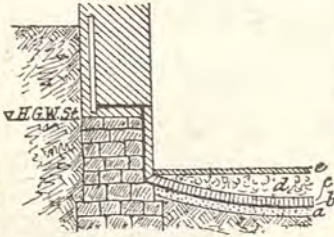


Fig. 715. — Protezione contro la invasione dell'acqua sotterranea.

H. G. W. St., livello massimo dell'acqua sotterranea; *a*, strato di calcestruzzo; *b*, strato di cemento o di asfalto; *c*, volta in mattoni; *d*, riempimento di calcinacci; *e*, pavimento di cemento.

condizione essenziale pel buon successo; lo stabilire in singoli spazi del sotterraneo un suolo in smalto anche assai grosso non presenta alcuna sicurezza contro l'invasione dell'acqua del sottosuolo, perchè questa si fa strada facilmente dalle congiunzioni non mai abbastanza impenetrabili fra i muri d'ambito e quelli di divisione.

Se si può lavorare all'asciutto quando si deve costruire un pavimento impermeabile di sotterraneo, si devono anzitutto collegare l'un l'altro i pilastri del sotterraneo con archi rovesci. In seguito con un suolo di smalto (di circa 12 cm. di grossezza) o con uno di tegole piane, si forma la sagoma per una volta rovescia a guisa di volta a lunetta od a cupola ribassata e sopra vi si distende (includendo anche un tratto verti-

cale del muro di ambito) uno strato di asfalto fuso di circa cm. 1,5 di grossezza. Perchè poi sotto la spinta dell'acqua agente dal basso all'alto, lo smalto e l'asfalto non abbiano a rompersi e screpolarsi, si costruisce una volta della grossezza di una testa in mattoni ordinari e malta di cemento, la cui concavità viene riempita con rottami di fabbrica, ecc., per potervi infine disporre sopra un suolo orizzontale in lastricato od in massiciata di cemento o di calce ordinaria (fig. 715).

Quando la pressione dell'acqua è molto forte, ossia il pavimento del sotterraneo dev'essere molto al disotto del livello massimo delle acque sotterranee, bisogna calcolare la freccia della volta rovescia sotto il pavimento e la grossezza dei muri contro cui si appoggia in base alla pressione dell'acqua (1000 Kg. per m² e per ogni metro di altezza d'acqua) sulla volta e alla spinta da questa esercitata sui muri d'imposta. Per impedire poi che l'acqua in pressione, trapelando dal muro esterno, prema contro lo strato impermeabile verticale e possa colla sua spinta smuovere il muretto interno di rivestimento, provocando così qualche movimento anche nello strato impermeabile e una conseguente rottura, da cui l'acqua poi penetrerebbe, conviene fare in curva anche tale muro di rivestimento, in modo che la spinta dell'acqua contro lo strato impermeabile ad esso aderente, venga trasmessa ai muri laterali.

Riesce meno costoso il sistema di ottenere l'impermeabilità con smalto e malta di cemento come venne eseguito nella divisione IV del Mercato di Berlino, in cui il pavimento del sotterraneo sta 94 cm. al disotto del livello più alto dell'acqua del sottosuolo. La superficie del pavimento (3500 m²) venne divisa in singole campate di volta con archi *c* di 1,14 di corda (fig. 716). Contro questi si appoggiarono le voltine *a* che consistevano (come gli archi) in calcestruzzo di cemento disposto a strati e battuto, con una saetta di 12 a 35 cm. Queste volte vennero coperte con uno strato *b* di cemento di cm. 2,5 di grossezza che venne poi eguagliato e lisciato con cemento puro (1) per chiudere tutti i pori. Le concavità delle volte vennero riempite con calci-

(1) Questo eguagliamento bisogna eseguirlo con pressione moderata per non compromettere il risultato.

naccio e rottami di mattone, e sopra questo riempimento si costruì il pavimento e consistente in uno strato di calcestruzzo di cemento di 6 cm. di grossezza ed uno strato in malta di cemento grosso 2 cm. Il piccolo fondamento *g*, che si vede nella figura, ha lo scopo di impedire un cedimento o una rottura della vòlta nel caso in cui abbassandosi il livello dell'acqua sotterranea possa venire a mancare o essere inferiore l'appoggio della vòlta sul terreno. Sulle pareti del sotterraneo fino a 1 m. d'altezza si applicò un intonaco di cemento di 2 cm. di grossezza.

Nel piano sotterraneo della fabbrica di macchine Nagel e Kaemp in Amburgo venne nell'anno 1884 eseguito un simile pavimento impenetrabile in calcestruzzo, che non solo doveva opporre resistenza alla spinta dell'acqua, ma doveva anche presentare una grande resistenza al carico dovendo servire da pavimento a pesanti pezzi di macchine. Si applicarono tra gli archi non delle vòlte rovescie ma delle vòlte con nervature di rinforzo: il calcestruzzo (smalto) consisteva di 1 parte di cemento Portland, 6 parti di sabbia e

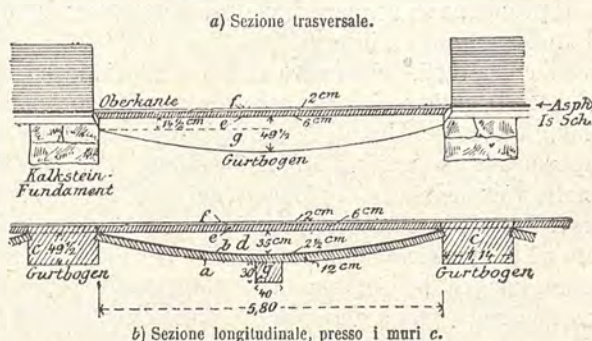


Fig. 716. — Sistema adottato per rendere impermeabili i sotterranei del mercato di Berlino.

Kalkstein Fundament, muro di fondazione in pietra calcare; Gurtbogen, fascione ad arco rovescio; Oberkante, spigolo superiore del pavimento; Asp. Is. Sch., strato isolante di asfalto.

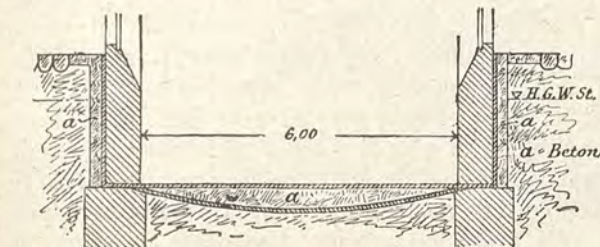


Fig. 717. — Strati impermeabili col sistema Monier.
a, beton, calcestruzzo; H. G. W. St., livello massimo dell'acqua sotterranea.

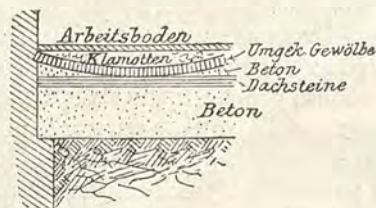


Fig. 718. — Mezzo per ottenere l'impermeabilità.

Beton, smalto di cemento; Dachsteine, tegole; Umgek. Gewölbe, volta rovescia; Klamotten, materie leggere; Arbeitsboden, pavimento.

ghiaia, ed 8 parti di rottami di sassi; il ricoprimento invece era formato con una parte di cemento Portland per $1\frac{1}{2}$ di sabbia. Il risultato fu completo malgrado il sottosuolo fosse assai poco resistente.

Secondo il sistema di costruzione alla Monier, invece delle volte rovescie di calcestruzzo (fig. 717), si addotta uno strato di cemento arcuato, impermeabile ed assai più sottile, con armatura in ferro, adoperando una malta di 1 parte di cemento con 1 di sabbia. Le concavità vengono riempite con una malta di minima mescolanza, su cui si pone di nuovo uno strato di cemento per formare il pavimento. I muri d'ambito sono garantiti contro l'introdursi lateralmente dell'acqua del sottosuolo da uno strato di calcestruzzo di 20 ÷ 25 cm. di grossezza.

Quando la costruzione si debba fare in acqua, è raccomandabile di gettare una massa di calcestruzzo di 0,75 ÷ 1 m. di grossezza ed anche più, se l'acquitrinio è molto alto, la qual massa in un corpo solo forma una platea generale sotto tutta la superficie fabbricata. Lateralmente a questa platea può costruirsi una tura in calcestruzzo, che si protrae in altezza fin sopra il massimo livello dell'acqua del sottosuolo e che può eventualmente essere utilizzata come parte del muro di fondazione. Se non

si fa ciò, le fondazioni verranno eseguite con speciale grossezza ed a tenuta fino all'accennata altezza. La tenuta od impermeabilità si può in tal caso ottenere com'è indicato nella fig. 718, con un doppio o triplo strato di tegole in malta grassa di cemento, che deve venir protetto contro la spinta dal basso in alto prodotta dall'acqua mediante una volta rovescia.

Il problema di rendere impermeabile un sotterraneo, il cui fondo sia costantemente od anche soltanto a intervalli sotto il livello della falda acquea sotterranea, è un problema che a tutta prima pare di facile soluzione, ma che presenta nella pratica difficoltà abbastanza serie e che per essere sormontate richiedono talvolta operazioni delicate, lunghe e costose. Una delle condizioni principali da soddisfarsi si è quella che lo strato impermeabile non sia rigido, ma elastico, onde avvenendo anche un piccolo cedimento o nella volta rovescia del fondo o nei muri perimetrali o trasversali del sotterraneo, lo strato impermeabile, che trovasi interposto, come si è visto, fra due muri, non si screpoli, nè si fenda, nel qual caso, anche per piccola e impercettibile possa essere la fenditura, l'acqua del sottosuolo indubbiamente penetrerà nel sotterraneo e andrà man mano salendo, fino a portarsi allo stesso livello della falda acquea sotterranea. E questo fatto avverrà tanto più facilmente quanto maggiore sarà la pressione dell'acqua, ossia quanto maggiore sarà la differenza di livello tra il fondo del sotterraneo e il pelo della falda acquea. Epperò si ritiene più conveniente l'uso di strati costituiti da composti bituminosi, che non quelli formati con cemento, a meno che questo sia fino ad un certo punto reso elastico coll'interposizione di reticolati metallici.

È certo che quando l'operazione è condotta colle dovute cure, lo strato formato con cartoni incatramati a tre o quattro ridoppi, collegati fra loro da *mastice* detto *bituminoso*, dà i migliori risultati. Si suggerisce anzi di fare così. Preparato che sia il fondo, fatto con calcestruzzo e colla faccia superiore concava corrispondente alla curvatura della volta rovescia, che dovrà costruirsi in seguito e capace di resistere alla spinta dell'acqua; preparati che siano i muri di contorno del sotterraneo, capaci di sopportare la spinta della volta, e nei quali ad ogni 90 centimetri da asse ad asse siano stati incastrati verticalmente dei listelli di legno tagliati a coda di rondine, si intonacano fondo e pareti con intonaco di cemento e quando questo sia asciutto nella parte interna (lo si può asciugare anche artificialmente con getti d'aria calda) si spalma tutto il sotterraneo con catrame caldo. Naturalmente si avrà avuto l'avvertenza di mettere un segno in corrispondenza di ogni listello di legno. Se l'operazione della impermeabilità la si eseguisce durante la costruzione dell'edificio, allora basta arrestarsi coi muri del sotterraneo a 20 o 30 centimetri sopra il livello massimo della falda acquea; se invece si eseguisce in un fabbricato esistente, allora a tale altezza e in tutti i muri del sotterraneo, che dovranno essere ricoperti dallo strato impermeabile, bisognerà fare una scanalatura profonda almeno 10 centimetri.

Fatta la spalmatura di catrame, si incominciano a stendere i cartoni nello stesso modo con cui si fanno i tetti piani e sovrapponendoli in maniera che tutti i giunti siano sfalsati. Il primo cartone viene chiodato sui listelli di legno e fermato superiormente entro la scanalatura suddetta o sopra il muro, sul quale, ed anche nella scanalatura, sarebbe bene avere incastrato dei cunei di legno per chiodarvi il labbro risvoltato del cartone.

Anche tutti i cartoni successivi si inchiodano nel labbro risvoltato man mano che si vanno posando e incatramando col catrame speciale simile all'*Holzement*. Finita la posa dei cartoni, si dà una spalmatura generale di catrame, quindi si costruisce il fondo a volta rovescia colla saetta e grossezza già dapprima stabilita e dopo naturalmente aver steso sul catrame un buon strato di sabbia: indi si costruiscono i muretti, pure in curva contro le pareti verticali del sotterraneo. Ciò fatto si continua la costruzione dei muri del fabbricato sopra il sotterraneo, muri che naturalmente avranno la grossezza

dei muri contro terra, più quella dei muretti interni contro lo strato impermeabile. Se l'operazione si sarà dovuta eseguire in sotterraneo esistente, tali muretti verranno naturalmente a restringere il locale. In questo caso si dovrà poi provvedere o a farli più grossi o con curvatura maggiore o a legarli superiormente nella muratura esistente, perchè non ricevendo nessun peso di muratura superiore non abbiano a fare qualche movimento sotto la spinta dell'acqua che sale dietro lo strato impermeabile.

È necessario che il primo cartone sia chiodato e i successivi fermati sul labbro superiore, onde non avvengano movimenti, i quali potrebbero compromettere la continuità dello strato.

Se l'operazione si fa in tempo di magra e quando la falda acquee è molto bassa ed inferiore al fondo del sotterraneo, il lavoro non presenta grandi difficoltà, ma richiede soltanto molta accuratezza; se invece la si deve eseguire quando la falda acquee è ad un livello superiore del fondo, allora bisogna provvedere ad un continuo prosciugamento dello scavo in cui si deve costruire il sotterraneo; ciò che si ottiene mediante pompe funzionanti continuamente.

Riguardo alle operazioni di prosciugamento ed alle avvertenze che si debbono avere anche per non compromettere le costruzioni vicine, si rimanda al capitolo in cui si tratta delle fondazioni.

Difficilmente si possono rendere impermeabili singoli tratti di muri o di pavimenti, anche se la pressione dell'acqua è limitata. Applicazioni di intonachi di cemento, rivestimenti con tegole piane e malta di cemento, ritagli delle parti di muro penetrabili e sostituzione di esse in modo inappuntabile, sono ripieghi dai quali si può aspettarsi qualche effetto solo allorchè durante la loro esecuzione non si verifichi pressione d'acqua.

Se i muri trasudano soltanto, si può renderli impenetrabili ponendo a 2 o 3 centimetri di distanza da essi una parete di tavole parallela ai medesimi, riempiendo l'intervallo con puro cemento secco e costipando questo col mezzo di un'assicella. Alcuni giorni dopo si può levare la parete di tavole, spazzolar via la polvere di cemento che non abbia ancora fatto presa ed intonacare poi a liscio.

Nelle grandi cantine è opportuno dare al pavimento un'inclinazione verso un dato suo punto, dove si pratica un pozzetto o una vasca di raccoglimento, per poter prosciugare l'acqua che fosse penetrata dai punti non impermeabili.

VIII. — CORNICIONI E CORNICI

A. — Cornicioni.

I cornicioni massicci si fanno: 1° in mattoni: a) a faccia vista o a paramento, b) intonacati; 2° in terracotta con laterizi formati espressamente; 3° in pietra da taglio.

Si ricordano quelli di pietra artificiale, le cui singole modanature poco caricate possono essere fatte cave, come si fa anche per le cornici di terracotta.

I cornicioni vengono ordinariamente posti in opera dopo eseguita l'ossatura del tetto, perchè oltre ad essere di ostacolo al sollevamento di legnami lunghi e pesanti, potrebbero anche venir facilmente guastati.

a) Cornicioni ordinari in laterizi.

Le singole membrature degli ordinari cornicioni in laterizi vengono murate in guisa che nessun mattone sporga mai più di 12 centimetri, perchè altrimenti si avrebbe un appoggio insufficiente: non sono quindi adottabili membrature piane molto sporgenti. Con mensole a gradini, con corsi a dentature od a mattoni a spina, sia di piatto, che di coltello, con listelli sporgenti continui per lungo, con campate rientranti dietro l'allineamento del muro, con piccoli archi gettati tra le mensole, infine coll'applicazione di

materiali diversamente colorati, si possono comporre simili cornicioni con grandissima varietà e con molto effetto, solo attenendosi alle regole già riportate sul collegamento dei pezzi (1). La fig. 719 ne offre un esempio: ma è da osservarsi che simili grandi cornicioni non si possono sviluppare su ogni lato della fabbrica, se non quando questa è isolata ed ha un tetto a padiglione.

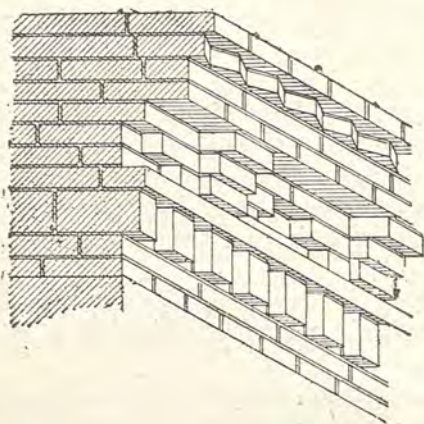


Fig. 719. — Cornice di laterizi ordinari a faccia vista.

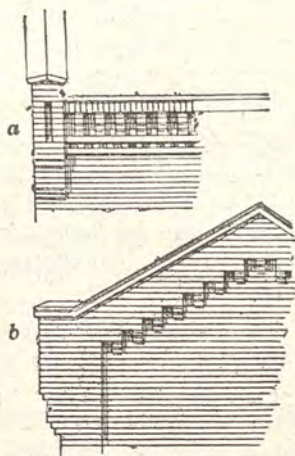


Fig. 720. — Cornice di laterizi per fabbricato con tetto a due falde o a capanna.

Coi tetti a due piovanti ordinari si possono far appoggiare simili cornici contro pilastri sporgenti d'angolo, portati da mensole, oppure risalenti dal suolo (fig. 720 a), mentre il frontispizio (frontone) viene decorato con cornici rampanti a gradini (fig. 720 b).

b) Cornicioni intonacati.

Quando la sporgenza del cornicione, o anche di una cornice, è di $40 \div 50$ centimetri, cosicchè non basti l'ordinaria lunghezza dei mattoni per ottenere la sporgenza, si formano le membrature, e specialmente i gocciolatoi, con tegole piane ordinarie, che hanno una lunghezza di $36 \div 40$ centimetri (fig. 721), oppure con tavelloni. Prima di caricare la parte sporgente fatta con tali laterizi, si devono costruire alcuni corsi sulla parte posteriore delle medesime, per evitare che strapiombino.

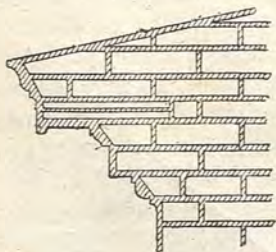


Fig. 721. — Gocciolatoio formato con tegole piane.

Quando si tratta di cornici, il loro piovante superiore si copre con lamiera zincata, per difenderle dalle influenze atmosferiche; sgraziatamente la calce caustica fresca guasta tosto anche le più forti lamiere zincate; è perciò consigliabile di spalmare prima la superficie da coprire con catrame di carbone di legna, perchè la lamiera non venga in contatto immediato colla calce. Anche la malta di cemento intacca la lamiera di zinco, ma offre alle influenze atmosferiche una resistenza maggiore che quella di calce.

Se la sporgenza è maggiore dei 50 centimetri, bisogna ricorrere a lastre di pietra, oppure in mancanza di queste a sostegni di ferro. Ricorrendo a questo secondo mezzo, la maniera più semplice consiste nel far sporgere dei piccoli ferri a T a distanza di 26 o 27 centimetri da mezzo a mezzo, e introdurre fra di essi i mattoni, in modo che trovino sicuro appoggio sulle ali orizzontali del ferro. Si semplifica sostanzialmente la

(1) Vedi per la parte decorativa delle cornici nel Vol. II, parte II.

costruzione adoperando (fig. 722 *a* e *b*) in luogo di mattoni ordinari delle tavelle o tavelloni.

Se il muro di gronda non ha grossezza sufficiente per dare un fermo appoggio ai ferri a \perp , si può nel modo più semplice ancorare il ferro a guisa di chiave nella stessa

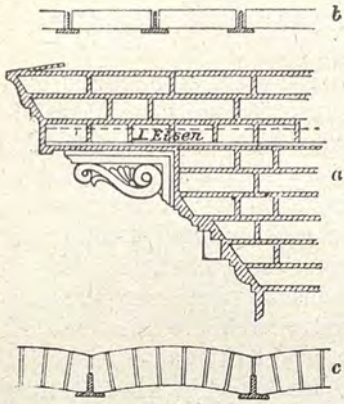


Fig. 722. — Cornicione col gocciolatoio formato per mezzo di ferri a \perp .

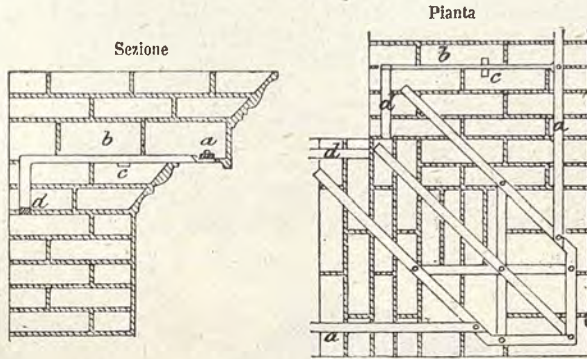


Fig. 723. — Gocciolatoio sostenuto con lame di ferro poste in coltello.

maniera che si vedrà poi per le cornici in vivo. La faccia inferiore delle ali del ferro a \perp viene intonacata. Sarà però sempre meglio far uso dei mattoni d'imposta, detti anche *copriferro*, come si usa per la costruzione delle voltine (vedi fig. 625), onde evitare gli inconvenienti che derivano dalla ruggine. Per cornicioni di sporgenza maggiore si possono anche gettare delle voltine piatte (piattabande) tra i ferri a \perp collocati ad opportuna distanza (fig. 722 *c*).

Frequentemente si fa portare il gocciolatoio da una verga piatta *a* (fig. 723) larga circa 30 ÷ 36 mill. e grossa circa 7, la quale alla sua volta è portata da consimili verghe *b*. Il gocciolatoio si fa in questo caso con mattoni posti in coltello e le verghe portanti *b*

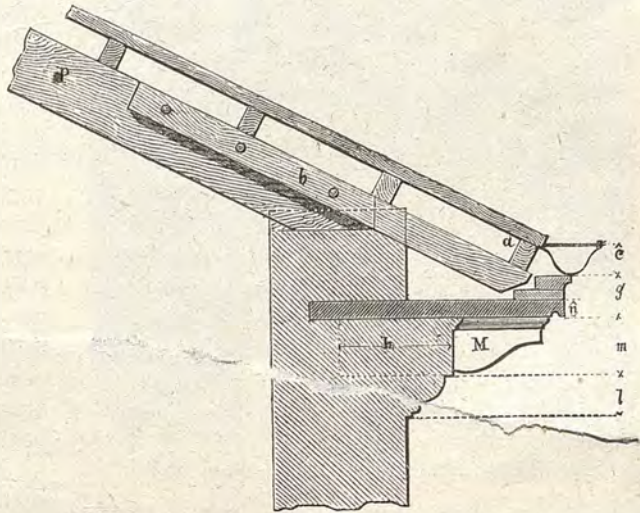


Fig. 724. — Cornicione con gocciolatoio di lastra di pietra.

sono collocate pure in costa nella commessura di due mattoni; sulla testa anteriore sono risvoltate in piatto per dare appoggio al ferro piatto *a*, che vi viene inchiodato; posteriormente si ripiegano ad angolo retto in modo da abbracciare 2 o 3 filari di mattoni e quindi ripiegati ancora ad angolo retto in modo che l'estremità *d* risultante orizzontale, venga caricata dal peso della muratura soprastante. Presso il punto centrale di appoggio si colloca un piccolo pezzo di ferro piatto *c* per dare al tirante un appoggio ben sicuro. Poichè negli angoli i tiranti non potrebbero venir collocati di costa, se ne forma un completo reticolato, che sostiene con sicurezza tutti i mattoni. Bisogna evitare



Fig. 725. — Cornicione con modiglioni ornati.

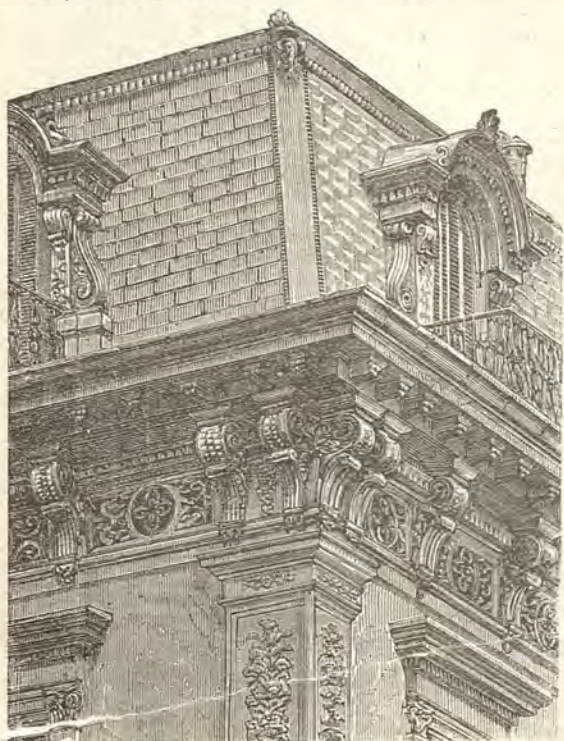


Fig. 726. — Cornicione con modiglioni ornati.

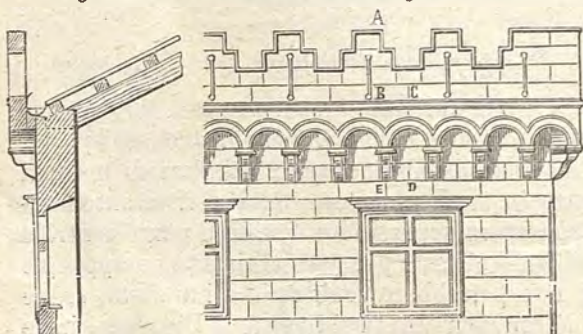


Fig. 727. — Cornicione con merlatura.

di fermare i tiranti della cornice alle travi dell'armatura in legno del coperto, perchè: 1° le teste delle travi, in causa di permeabilità del coperto o di qualche inavvertenza costruttiva vanno soggette ad essere bagnate, e ad imputridire; 2° il legname si ritira fortemente producendo una tensione non calcolabile nelle chiavi della cornice, nella quale si possono facilmente manifestare delle fenditure; 3° nei forti venti, e specialmente durante il tempo della costruzione, l'armatura del tetto può subire sensibili scosse, che per mezzo dei tiranti verrebbero trasmesse alla cornice, con effetto dannoso, specialmente quando non è ancora del tutto indurita la malta; 4° finalmente in caso di incendio e di abbruciamento delle travi, verrebbe a mancare ai tiranti il punto di appoggio e la cornice precipiterebbe.

Nella fig. 724 è rappresentato il sistema di costruzione dei cornicioni abitualmente usato in Piemonte, o dove si possono facilmente avere lastre sottili di pietra resistente. Il gocciolatoio, cioè quello che occupa l'altezza *g*, si compone di una parte verticale detta *frontalino*, e di una orizzontale detta *sottograndio*. Nei cornicioni modesti il frontalino è costituito da una fascia sormontata da un guscio e da un listello (fig. 724); in quelli più ricchi dalla fascia anche ornata, sormontata da svariate membrature lisce, oppure ornate a ovoli, perle, ecc.

Nel sottograndio si pratica una scanalatura, detta propriamente gocciolatoio, che serve ad arrestare e a far sgocciolare le acque che per caso venissero a traboccare dalla doccia e a colare lungo il frontalino. Anzi ad impedire sempre maggiormente che le gocce d'acqua possano camminare lungo la superficie inferiore del sottograndio e colare poi sulle membrature ad esso sottostanti e quindi sulla facciata, tale superficie non si



Fig. 728. — Palazzo Venezia a Roma.

tiene perfettamente orizzontale, ma un po' inclinata sul dinnanzi. Negli edifici di riguardo frontalino e sottograndio si fanno in un sol pezzo di pietra; nelle fabbriche ordinarie il sottograndio è costituito da una lastra di pietra (fig. 724) grossa da 4 ÷ 8 centimetri ed incastrata nel muro per tutta la grossezza di esso o per la quantità di cui essa sporge. Il frontalino si forma ordinariamente con mattoni o tavelle sagomate (fig. 505, pag. 285), oppure con mattoni ordinari arricciati poi a sagoma: in questo caso sarà bene che l'arricciatura sia fatta con cemento oppure con calce idraulica. È buona pratica di non tenere perfettamente verticale la fascia del frontalino ma inclinata all'indietro, in modo che colla superficie inferiore del sottograndio formi un angolo acuto, e ciò sempre in vista di meglio tagliare le acque che potessero colare lungo il frontalino. I gocciolatoi si possono anche formare con mattoni sagomati (fig. 505, pag. 285) da arricciarsi o non. Si aggiunge ricchezza al cornicione lavorandone il sottograndio a cassettoni, a bassorilievi, o applicandovi dei rosoni muniti di perno a vite, che permettono, introducendoli in fori praticati nella lastra del sottograndio, di fissarli al disopra mediante chiocciola.

I cornicioni si fanno sovente con modiglioni per sostegno reale o finto del gocciolatoio e tali modiglioni sono di pietra o di cemento o di terra cotta. Essi si introducono colla coda *h* (fig. 724) nei fori appositamente lasciati nella costruzione del muro, e se sono di cemento o di terra cotta si fanno vuoti onde renderli meno pesanti.

I modiglioni sono semplici od ornati come mostrano le figure 724, 725 e 726.

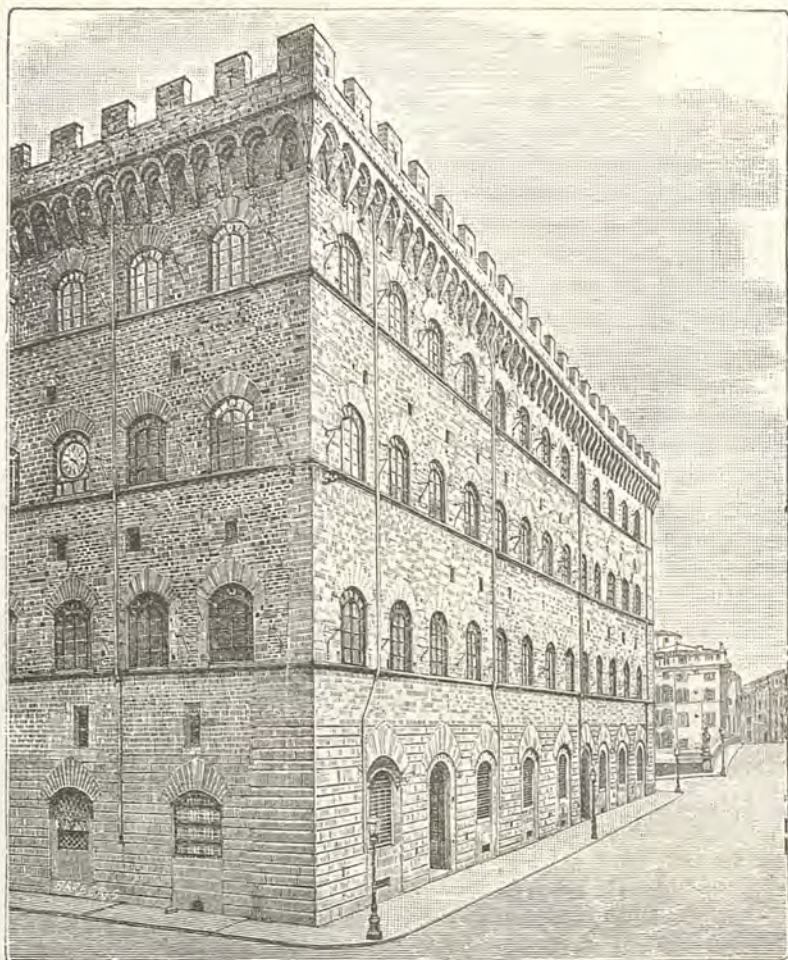


Fig. 729. — Palazzo Ferroni già Spini a Firenze.

Nelle costruzioni che arieggiano stili antichi, o l'architettura militare, assai spesso i cornicioni si fanno ad archetti e con merlature (fig. 727), ed allora la doccia si colloca dietro la merlatura. Esempi notevoli si hanno nel palazzo Venezia a Roma (fig. 728) e nei palazzi della Signoria, del Podestà e Ferroni (fig. 729) a Firenze.

Per dare ai cornicioni molta sporgenza si usò anche dare al gocciolatoio la forma di una grande guscia munita di lunette (v. fig. 730), guscia che si faceva di muratura e che oggi giorno viene imitata, ma facendola quasi sempre finta. Anche il portale d'ingresso della Certosa di Pavia ha un cornicione simile a quello della fig. 730.

e) Cornicioni di laterizi modellati, o di terracotta.

I singoli pezzi componenti il cornicione si fanno di solito non più larghi di 50 centimetri perchè altrimenti durante la cottura avverrebbero delle deformazioni troppo sensibili. Alle pareti dei pezzi vuoti si dà una grossezza di 2,5 ÷ 3 cent. onde riescano assai leggeri. Le mensole portano gocciolatoio e frontale e si addentrano profondamente nel muro (fig. 731). Murando delle tegole nel vuoto delle modanature inferiori, si può ottenere una maggiore sporgenza ed una maggiore resistenza della cornice. Nella superficie obliqua del pezzo superiore della cornice si lasciano dei fori che servono ad

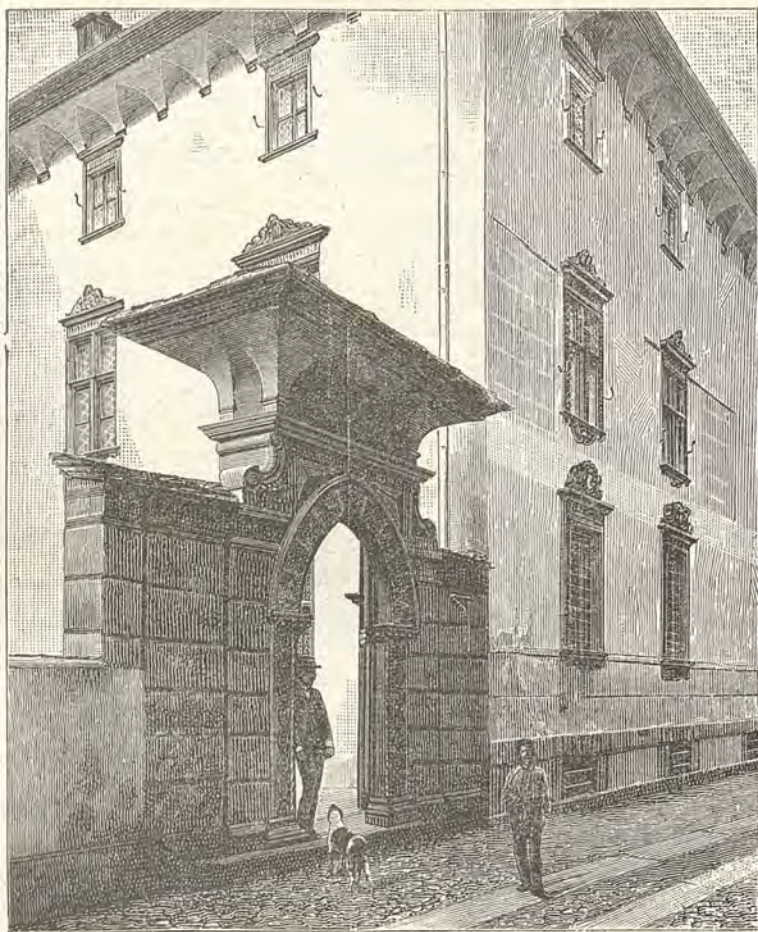


Fig. 730. — Palazzo Silva ora Museo, in Domodossola.

assicurare con filo di ferro zincato la copertura in lamiera zincata, che nel caso della figura copre la parte sporgente del cornicione oltre la doccia, che trovasi più in dentro.

Per la muratura posteriore della cornice, nel tratto che sporge all'infuori dallo spigolo del muro di gronda, si adoperano materiali possibilmente molto leggieri, come mattoni forati, o mattoni porosi, ed invece materiali comuni sulla parte di muro corrispondente al muro di gronda. Se questo non è sufficientemente robusto per assicurare che il cornicione non abbia a rovesciarsi, si può fino ad un certo punto controbilanciarne il peso col far sporgere dal muro i mattoni nella parte interna compresa fra soffitto e tetto. Riesce però più efficace il munire le mensole di tiranti o chiavi.

Come si possa formare un cornicione di terracotta assai ricco si può vedere dalle fig. 732 *a, b, c* che rappresentano il cornicione del Museo d'arte a Berlino. Esso è però formato in terracotta solo nella parte superiore, essendo invece le modanature inferiori di arenaria,

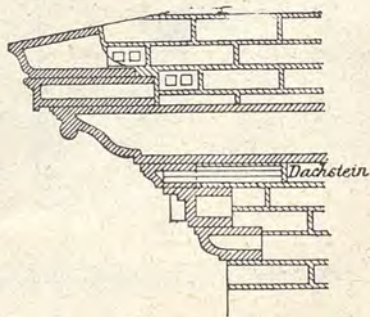


Fig. 731. — Cornicione in terracotta.
Dachstein, tegole.

Apparterrebbe quindi alla categoria dei cornicioni misti. I modiglioni portano la ricca cassettonatura a rosoni e il frontalino, ma sono anche sospesi anteriormente a travi a Γ che si prolungano nel muro verso l'interno e vi sono solidamente ancorati.

Il peso della sopraelevazione è assai diminuito per mezzo di due piccole voltine di scarico longitudinali, che poggiano sopra due ferri a \perp assicurati ad ognuna delle travi

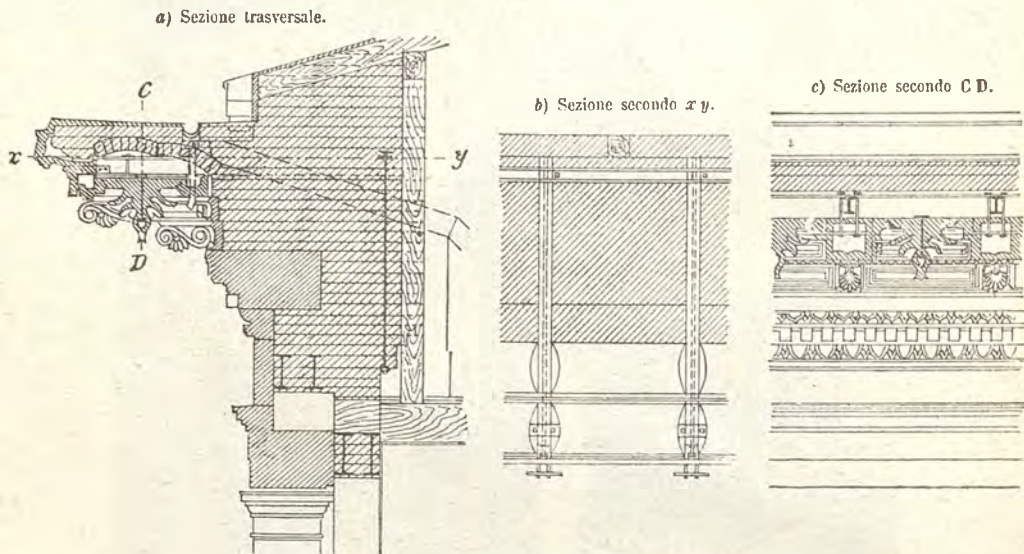


Fig. 732. — Cornicione in terra cotta del Museo d'Arte Industriale a Berlino.

a Γ . Un piccolo canale riceve l'acqua che si raccoglie sulla cornice molto sporgente e la conduce alle docce di scarico nell'interno.

Conosciutissimi sono i cornicioni e le cornici in terracotta di Bologna: si rimanda per essi al vol. II, parte 2^a, di quest'opera, e alle pubblicazioni speciali (v. Bibliografie).

d) Cornicioni in pietra da taglio.

Anche la costruzione dei cornicioni in pietra da taglio è assai semplice, specialmente quando i pezzi formanti gocciolatoio si fanno abbastanza lunghi e si possono incastrare profondamente nella muratura. Se invece l'incastro non si potesse ottenere, oppure la

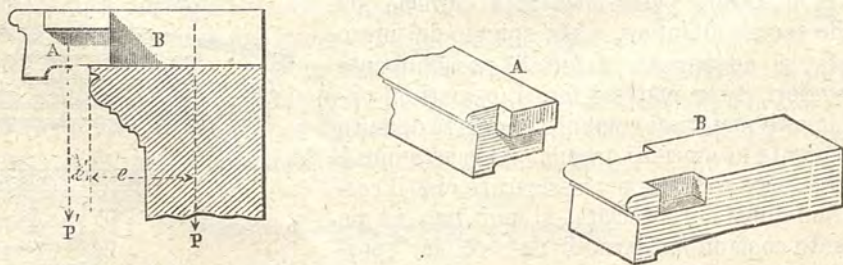


Fig. 733. — Gocciolatoio di cornice formato con pezzi posti in chiave ed in grossezza.

sporgenza del gocciolatoio fosse tale da poter causare il suo ribaltamento allora bisogna ricorrere a tiranti o chiavi solidamente ancorati nella muratura. Il gocciolatoio anziché di pezzi lunghi si può economicamente comporre di pezzi disposti alternativamente in chiave ed in grossezza (fig. 733). I pezzi in grossezza A appoggiano solo col loro spigolo posteriore ed inferiore sulla sottostante parte del cornicione ed ai capi sono fissati

a dente nei pezzi in chiave B. Affinchè il gocciolatoio una volta caricato dell'ultima membratura del cornicione sia stabile, occorre che il momento $P e$ sia maggiore del momento $P' e'$, chiamando P il peso della parte di legamento che riposa sul muro, P' il peso della parte libera del pezzo in chiave aumentato del peso del pezzo in grossezza e del peso dell'ultima membratura, ed e ed e' le distanze, dal centro dei momenti, delle verticali passanti pei rispettivi centri di gravità dei pesi. Risulta

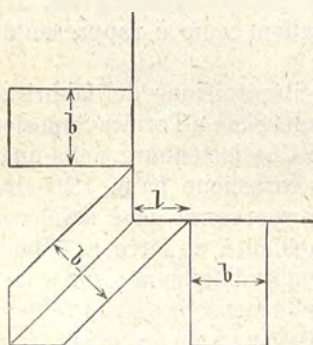


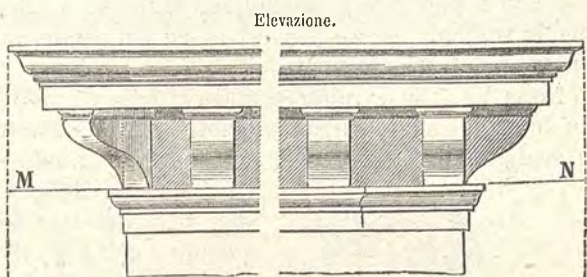
Fig. 737.

quindi assai opportuno di caricare quanto sia possibile, mediante massiccio di muro, la parte di legamento.

La parte sottostante al gocciolatoio, quando sia fatta in pietra, non presenta nessuna difficoltà, sia che il gocciolatoio venga sostenuto direttamente da mensole, oppure indirettamente mediante membrature portate o non da mensole.

Un sistema di cornicione che si vede adottato in molti edifici è quello rappresentato nelle figure 734, 735, 736, 737 e 738, ove sono indicate le varie soluzioni per la mensola o modiglione d'angolo. Questo genere di cornicione è detto Bramantesco perchè dal Bramante ideato ed applicato in parecchi edifici, fra i quali quello graziosissimo in via del Governo a Roma.

Nella fig. 734 si rappresenta il caso più semplice, cioè quello in cui i modiglioni normali, prossimi allo spigolo, hanno dal medesimo tale distanza da essere necessario un modiglione d'angolo e da rendere possibile l'incastramento della sua coda.



Sezione M N.

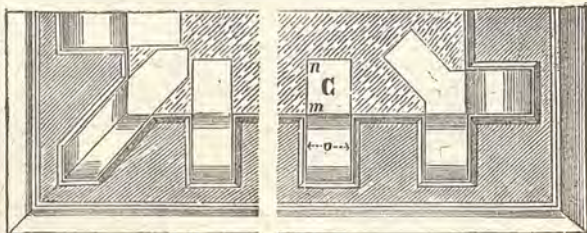
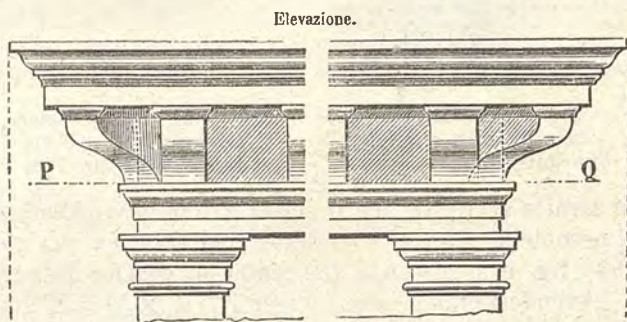


Fig. 734.

Fig. 735.



Sezione P Q.

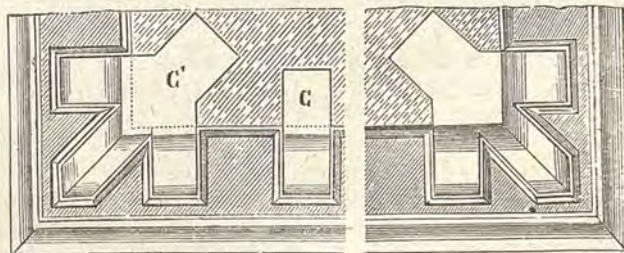


Fig. 736.

Fig. 738.

Fig. 734-738. — Disposizioni varie dei modiglioni d'angolo nei cornicioni.

Nella fig. 735 si ha il caso in cui i due modiglioni normali estremi contigui sono così disposti da incontrarsi con due delle faccie laterali sullo spigolo del fabbricato. In questo caso non è possibile il modiglione d'angolo e i due modiglioni normali prossimi allo spigolo vogliono essere ricavati in un sol pezzo, in modo cioè da presentare una coda comune per l'incastramento.

Nella fig. 736 è rappresentato il caso di modiglioni normali prossimi all'angolo e che debbono cadere sull'asse di sottostanti paraste o lesene: siccome in tal caso occorre un modiglione d'angolo per sostenere il grande quadrato di gocciolatoio risultante fra i due modiglioni normali, e siccome la larghezza b (fig. 737) dei tre modiglioni deve essere uguale, così quando $l < b\sqrt{2}$, il modiglione d'angolo verrebbe alla base ad inserirsi nei modiglioni contigui, presentando la difettosa disposizione della fig. 738. Si ovvia a tale inconveniente facendo aggettare sufficientemente dal vivo del muro la base dei modiglioni come è rappresentato nella fig. 736.

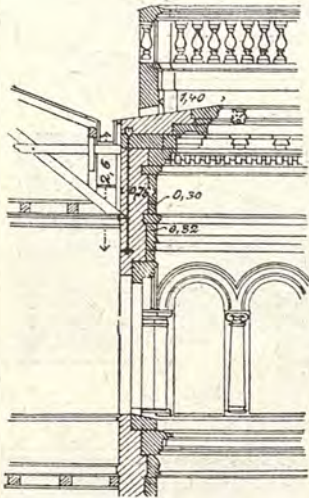


Fig. 739. — Cornicione della Scuola Tecnica Superiore di Charlottenburg.

La fig. 739 rappresenta il cornicione del fabbricato della Scuola Tecnica Superiore di Charlottenburg, nella quale il cornicione ha m. 1,40 circa di sporgenza ed è assicurato mediante un ferro a I posto longitudinalmente sulla coda delle mensole, e a sua volta solidamente ancorato nel muro.

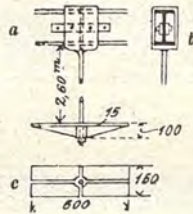


Fig. 740. — Particolari dell'ancoraggio del cornicione della fig. 739.

Per il calcolo di tale incastramento si determinò dapprima il peso di 1 m. corrente di cornice (1710 Kg.) ed il suo centro di gravità cadente circa a 51 cm. verso l'esterno. Il peso della muratura posteriore alla cornice per metro corrente venne stabilito in 1830 Kg. e la distanza dal centro di gravità dallo spigolo esterno del muro a 37 cm.

Avendosi quindi i due momenti $1710 \times 51 = 87210$ e $1830 \times 37 = 67710$ ne veniva che il momento da controbilanciare col tirante era 19500: essendo il tirante a 70 cm. di distanza dallo spigolo esterno del muro, sussisteva l'equazione $70 \cdot x = 19500$ donde si ricavò $x = 279$.

Se la trave viene amarrata a distanze successive di m. 1,80, il peso su tale lunghezza è $279 \times 1,8 = 500$ Kg. (in cifra tonda); quindi:

$$W = \frac{500 \times 1800}{8 \times 8,5} = 13235,$$

nella quale formola 8,5 Kg. è lo sforzo a cui è sottoposto il ferro per 1 mm² di sezione.

Fu scelto perciò un ferro a I delle dimensioni di $\frac{80 \times 40}{7 \times 4}$ per il quale $W = 21104 \frac{7}{40}$ e il peso al m. l. è di Kg. 6,5. La lunghezza minima del tirante si ottenne dall'equazione

$$19500 = 1600 \times 0,48 \times 54 \times x \quad x = \text{m. } 0,47$$

essendo 1600 il peso in chilogrammi di 1 metro cubo di muratura, m. 0,48 la grossezza della muratura fino alla commessura di divisione del fregio in pietra arenaria, e cm. $54 = 30 + \frac{48}{2}$ il braccio di leva dalla mezzaria della massa di muratura portata dal tirante fino allo spigolo esterno del muro

La grossezza del tirante è proporzionata al peso di questa massa di muro che deve far equilibrio alla cornice. In riguardo però anche al suo irrugginarsi si è scelto un ferro tondo di 18 mm. di diametro con una sezione di 255 mm². I tiranti terminano in alto con scatole (fig. 740 *a, b e c*) che abbracciano il ferro a Γ : l'estremità inferiore, filettata a vite, passa attraverso al foro di una piastra di ghisa, ed una madrevite permise di

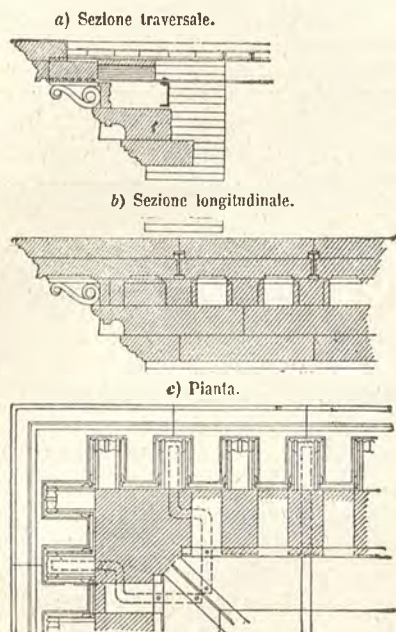


Fig. 741. — Cornicioni in pietra artificiale della Banca Imperiale a Chemnitz e a Lipsia.

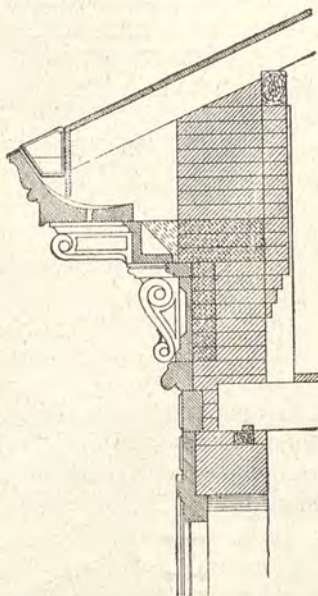


Fig. 742. — Cornicione in pietra artificiale di una casa a Berlino.

tirare fortemente il tirante tostochè furono a posto in alto le mensole e le travi di ferro. Per provvedere a questa operazione si lasciarono nella parte interna del muro delle aperture che vennero poi murate. Ai tiranti si assegnò una lunghezza di m. 2,60, quindi molto superiore a quella data dal calcolo, prevenendosi così tutti gli accidenti che potessero sorgere nella costruzione. Questi accidenti, come colpi di vento, scosse casuali per carico di materiali od anche imprevidenze degli operai, sono quasi sempre la causa delle frequenti cadute di cornici durante la costruzione di una fabbrica, mentre assai di rado avvengono a fabbrica compiuta.

Per piccoli cornicioni invece di travi a doppio Γ si possono adoperare ferri quadrati, ad L , a Γ semplice, ed anche ferri piatti e invece delle piastre di ghisa pei tiranti una semplice chiavetta: bisogna però sempre aver riguardo a ciò che il tirante venga ben messo in tensione colla vite e che, se si avvita in alto facendo passare il tirante in un foro del ferro piatto o del ferro a L , il tirante sia esattamente collocato nel muro in corrispondenza del foro, in modo che non debba poi venire alquanto piegato in alto per poter passare dal foro stesso, giacchè tale piegamento potrebbe causare uno scompaginamento nella muratura e quindi compromettere la stabilità della cornice.

Essendosi utilizzate le travi in ferro a Γ del tetto piano (in *Holzceement*) nelle cornici dei palazzi della Banca Imperiale a Chemnitz e a Lipsia si diede ad esse una sporgenza di 1,20 e 1,50 (fig. 741 *a, b e c*). I pezzi del gocciolatoio sono inseriti fra le teste anteriori delle travi a Γ , dalle cui ali inferiori sono sostenuti. Come contrappeso servono, anzitutto il peso del tetto, poi la parte sopravvanzante verso l'interno delle travi (circa

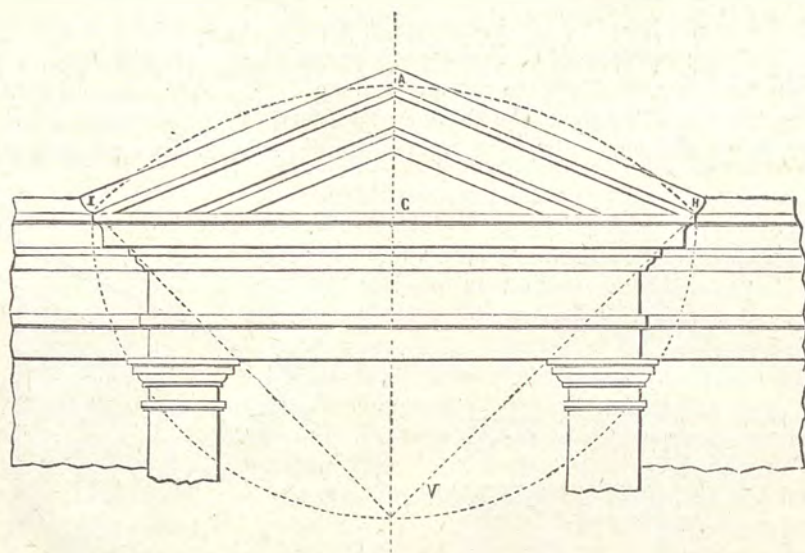


Fig. 743. — Determinazione dell'altezza dei frontispizi.

6 metri), finalmente i loro sostegni (travi a Γ avvitatevi a circa m. 5,50 di distanza) che il cornicione, per rovesciarsi, dovrebbe sollevare.

Come supporto delle travi del tetto è collocato allo spigolo posteriore della pietra a dentelli un ferro a \sqsupset , che riporta su di essa la pressione del tetto, del gocciolatoio e

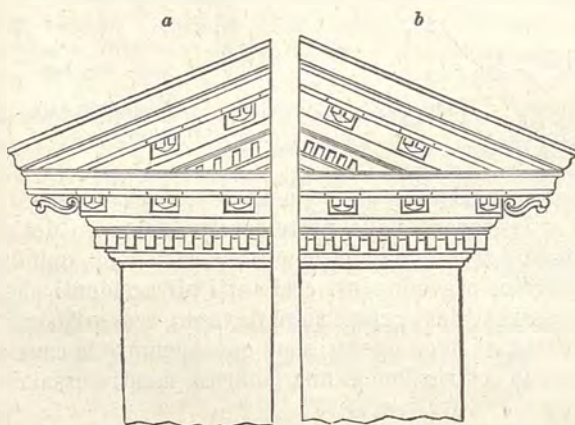


Fig. 744. — Frontispizi in modiglioni inclinati e normali alle falde.

del frontale. Le mensole (o modiglioni) colla loro estremità posteriore sono introdotte nel ferro a \sqsupset e mascherano le ali inferiori della parte sporgente delle travi a Γ .

La fig. 742 mostra infine un cornicione in pietra arenaria artificiale (casa n. 8 Köpernerstr. Berlino) le cui modanature sono gettate in parte a guisa delle cornici di terracotta, in parte a guisa di quelle in vivo. Non è raccomandabile la disposizione adottata per le docce di gronda.

Nei cornicioni sono da notarsi i frontispizi rettilinei e curvi corrispondenti a corpi avanzati dalle fronti oppure alle testate di edifici, in cui le due falde, o la superficie curva del coperto, si protendono fino al cornicione della testata.

Nella fig. 743 è rappresentato un frontispizio ove la inclinazione delle due falde è ottenuta portando $CV = CI = \frac{IH}{2}$, facendo centro in V con raggio VI e descrivendo

l'arco IH, il quale taglia in A la verticale in C. Unendo A con I e H si hanno le inclinazioni delle due falde del frontispizio. Questa è una delle regole che si danno al riguardo, ma essa vale entro certi limiti di larghezza del frontispizio: ve ne sono altre che si vedranno in seguito; come pure si vedranno le forme che assumono i frontispizi nei vari generi di architettura.

I frontispizi decorati con modiglioni presentano pure i modiglioni nelle cornici inclinate del timpano. Questi modiglioni alcuni li dispongono colla superficie dei fianchi verticali (fig. 744 a): altri colla superficie stessa normale alla superficie del gocciolatoio (fig. 744 b), cioè con disposizione assai più logica ed anche più conveniente nei riguardi della esecuzione dei modiglioni e del cornicione.

B. — Cornici esterne.

Col nome generico di cornici esterne si comprendono tutte quelle parti di una costruzione le quali, per ragioni costruttive o decorative, servono a interrompere e a scompartire le pareti dei muri, a proteggerli, a renderne più robuste le parti maggiormente esposte all'azione degli agenti atmosferici, o dell'uomo, o che per necessità d'uso andrebbero facilmente soggette a guasti od a consumo. Appartengono quindi alle cornici gli *zoccoli* e i *basamenti*, le *fascie*, gli *stipiti* e gli *architravi*, ossia le *incorniciature* delle aperture in genere. A rigore, anche i *cornicioni* appartenerebbero alle cornici, ma formando essi costruttivamente un elemento indispensabile, strettamente collegato col tetto, e che, salvo casi rarissimi, si ritrova sempre in qualsiasi fabbricato, mentre si trovano fabbricati privi di cornici, così si è creduto di farne argomento speciale.

Nella trattazione dei cornicioni si è già potuto vedere come la forma decorativa debba assoggettarsi, accordandovisi, alla forma voluta dalla ragione costruttiva, ossia al determinato scopo che vuolsi ottenere col cornicione: lo stesso deve dirsi delle cornici: ond'è che esse vanno studiate contemporaneamente e dal lato costruttivo e dal lato decorativo. Siccome però nella maggior parte dei casi il lato decorativo può predominare, senza compromettere lo scopo della cornice, e in questo manuale tutto ciò che fa parte della decorazione viene particolarmente trattato nell'ultimo volume, così a quello si rimanda per ciò che riguarda la forma decorativa delle cornici e dei cornicioni, tanto più che la costruzione materiale delle cornici non presenta difficoltà speciali, e in altri capitoli questo argomento viene pure incidentalmente toccato, come, ad esempio, nel capitolo relativo alle porte e alle finestre.

Si dirà soltanto dello scopo materiale che hanno alcune cornici e di qualche loro particolarità costruttiva.

Lo *zoccolo* e il *basamento*, quando occupa tutta la grossezza del muro, ha lo scopo di dare alla fabbrica un solido appoggio e si tiene quasi sempre più grosso della grossezza dei muri che sorregge. In generale però lo *zoccolo* o *basamento* non è che un rivestimento con materiale resistente e poco poroso della parete esterna del muro, e che, mentre esteticamente simula lo scopo di cui sopra, serve a preservare la base del muro dalla umidità del suolo e da quella prodotta dall'acqua di pioggia rimbalzante dal suolo. Si è già detto a pag. 419 come si debba procedere per impedire che l'umidità del suolo risalga sui muri e come si fermino le lastre degli *zoccoli*, e a pag. 364 si è esposto un esempio di *basamento* formato da un rivestimento di pietre da taglio e composto della *base* o *zoccolo*, del *dado* e della *cimasa*.

Nelle fabbriche ordinarie come, ad esempio, scuole, ospedali, case d'abitazione e simili, il *basamento* è alto da m. 0,90 ÷ 1,20, ossia la *cimasa* è circa all'altezza del davanzale delle finestre del pianterreno: in tale altezza di *basamento* si possono aprire comodamente le finestre dei sotterranei.

Negli edifici importanti e grandiosi anche il *basamento* assume dimensioni e forme grandiose, innalzandosi spesso fino al primo piano.

Gli *zoccoli* e i *basamenti* si fanno di pietra naturale o artificiale, o di laterizi intonacati in cemento od anche di laterizi a faccia vista, nel qual caso però bisogna scegliere i più duri, i meglio cotti e cementarli con malta cementizia. Se il *basamento* è di pietra i vari conci si dispongono in corsi orizzontali dell'altezza di 12 ÷ 15 cm. pro-

filando le commessure con malta di cemento, alla quale si dà la tinta della pietra. Molto spesso il dado è lavorato a bugne. Se il basamento è formato da un rivestimento di lastre di pietra, bisogna badare che queste siano della miglior qualità, onde non si sfaldino e siano poste in opera col piano di stratificazione verticale. In generale le lastre di rivestimento si internano nel muro della fabbrica, ossia il vivo esterno del muro inferiore al basamento non corrisponde al vivo della parte di muro a cui è addossato

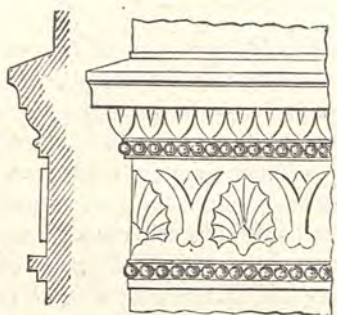


Fig. 745.

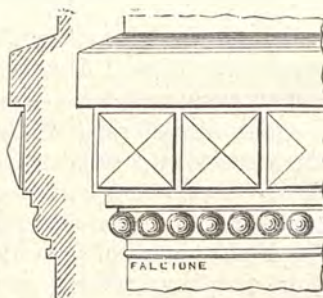


Fig. 746.

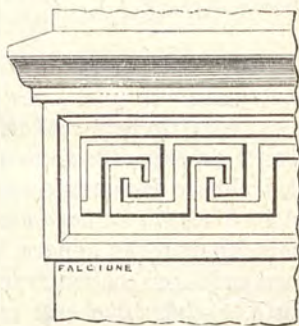


Fig. 747.

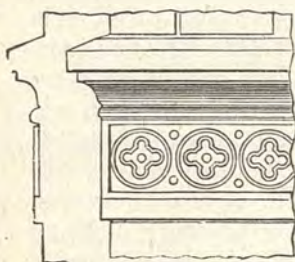


Fig. 748.

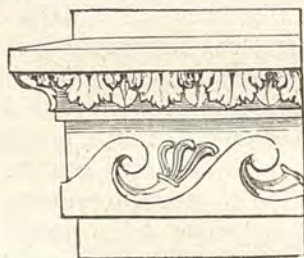


Fig. 749.

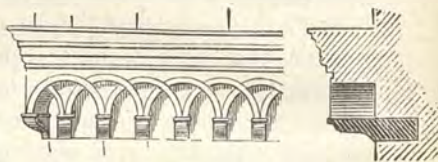


Fig. 750.

Fig. 745-750. — Esempi diversi di cornici di fascia.

il rivestimento, e ciò si fa in vista di non allargare troppo la risega di fondazione sulla quale appoggia lo zoccolo, che può però appoggiarvisi solo per una parte della sua grossezza: nelle costruzioni importanti è bene però non seguire tale economico sistema.

L'interruzione nei basamenti causata dalle aperture di porte e di finestre offre talvolta, oltre a difficoltà estetiche, anche difficoltà costruttive, in riguardo specialmente ai giunti. Converterà in tal caso, quando si tratti di costruzione in pietra, studiare dei pezzi speciali.

Le *cornici di fascia* sono orizzontali e mentre alcune si collocano all'altezza degli orizzontamenti interni, ossia dei pavimenti dei vari piani, altre invece si collocano in corrispondenza dei davanzali delle finestre, oppure delle imposte di archi, ecc., ed oltre al loro ufficio estetico in relazione allo stile architettonico del fabbricato o dei compartimenti che dipendono dalla speciale decorazione di quest'ultimo, hanno lo scopo di scaricare l'acqua piovana che può scorrere lungo la facciata, essendo quasi sempre provviste di un piano inclinato e di un gocciolatoio che vale a proteggere la parete ad esse sottostante. La fascia più semplice consiste in un listello più o meno alto, sporgente dal muro, che deve però presentare superiormente un piano inclinato. Le cornici composte da membrature si compongono della *sovrafascia* o *cimasa*, del *fregio* e della *sottofascia*. Nelle figg. 745, 746, 747, 748, 749, 750 sono rappresentate diverse fascie, la prima delle quali ha il fregio ornato con palmette in rilievo, la seconda con punte di

diamante e la terza, la quarta e la quinta mancano di sottofascia, ed hanno il fregio, ossia la fascia propriamente detta, diversamente ornata. L'ultima manca del fregio, essendo la sovrascia sostenuta direttamente da archetti intrecciati.

Nei fabbricati più modesti le cornici e le fascie semplici si fanno in malta di calce o cementizia applicate a piccole sporgenze laterizie; in quelli di maggiore importanza si fanno di pietra viva o di pietra artificiale cementizia o di terra cotta. Molto spesso le cornici si fanno miste, ossia il piano superiore inclinato a cui corrisponde la prima, o le prime membrature della sovrascia, si fa in lastre di pietra, e il fregio e la sottofascia si fanno o di cemento o di mattoni intonacati, o a faccia vista, oppure di terracotta. La malta comune però dovrebbe essere proscritta laddove vi sono ornati delicati, come fogliami, greche o figure, perchè essi, esposti alle intemperie, si sgretolano, e, ciò che dovrebbe formare ornamento alla facciata si trasforma presto in una vera sconcezza. Così pure, invece di tirare le cornici a sagoma sul posto con malta cementizia, è assai più conveniente di comporre la cornice con pezzi cementizi gettati a stampo, ossia di pietra artificiale cementizia, la quale non ha il grave difetto di macchiarsi, nè di rifiutare le tinte specialmente ad olio, come l'intonaco di cemento.

Sia che la cornice intiera si faccia di pietra, sia che di pietra si faccia solamente la copertura, ne risultano naturalmente tanti giunti, entro i quali l'acqua piovana e l'umidità si insinuano dando luogo a macchie di cattivissimo aspetto, e danneggiando la cornice, specialmente quando nei rigori del freddo invernale quell'acqua si congela entro gli interstizi in cui è penetrata. Si ovvia ai colamenti lungo la facciata sfalsando i giunti delle lastre del copertino o dei pezzi formanti sovrascia con quelli delle parti sottostanti della cornice; ma con ciò non vengono evitati gli altri inconvenienti. Si ottiene un risultato certamente migliore inserendo sotto alle commessure dei canaletti di ferro zincato o di zinco o di rame che raccolgono e smaltiscono all'esterno della cornice l'acqua penetrata dalla commessura. Il sistema però è assai costoso

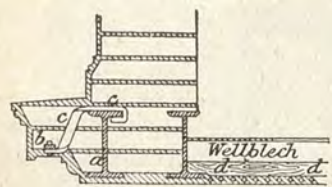


Fig. 752. — Costruzione di cornice in corrispondenza di una grande apertura.

Wellblech, lamiera ondulata.

onde si crede più conveniente sotto tutti gli aspetti, quello di rivestire la superficie piana superiore ed inclinata della cornice, specialmente se fatta in malta, con una lamiera di ferro zincata, di zinco o di piombo, come è indicato nella fig. 751, col quale sistema, si ha pure il vantaggio di impedire che l'acqua piovana o l'umidità penetrino nella fessura *a* danneggiando il muro posteriore alla cornice e facendo scrostare l'intonaco della facciata in corrispondenza della fessura stessa. Ciò si ottiene o risvoltando le lamiere ad angolo e a dente entro il muro come si vede in *A*, e coprendo la parte risvoltata mediante l'intonaco, oppure risvoltando la lamiera e ricoprendo il risvolto con altro lamierino incastrato nel muro come è disegnato in *B*. Non bisogna però che la parte risvoltata sul muro sia molto alta, perchè altrimenti l'intonaco si staccerebbe con facilità. Quando la facciata non è intonacata in cemento è buona pratica di fare sopra la fascia e per tutto il suo sviluppo uno zoccolino *ab* di cemento. Bisogna poi ricordarsi che in ogni cornice vi dev'essere una membratura che faccia da gocciolatoio.

Si accennerà infine al modo di formare le cornici di fascia in corrispondenza di travi di ferro che, per esempio, si incontrano negli architravi delle grandi aperture.

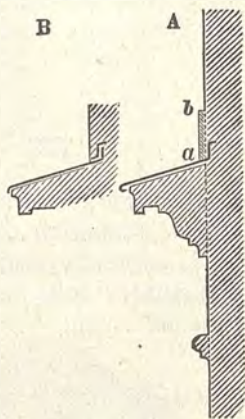


Fig. 751. — Copertura delle cornici con lamiera metallica.

Il corso che forma la membratura inferiore (fig. 752) si colloca in malta di cemento sull'ala inferiore del ferro a Γ esterno. I corsi superiori mentre appoggiano nel detto corso vengono anche sostenuti da un ferro piatto b , a sua volta sorretto a distanze massime di 50 cm. da verghe c ripiegate tre volte. Queste abbracciano l'ala superiore del ferro a Γ esterno a modo di uncino, perchè troppo difficile riuscirebbe l'avvitarvele. In d sono indicati dei listelli di legno fissati sulla lamiera ondulata con cui è formato il solaio, e destinati a reggere l'incannucciato della soffittatura.

IX. — APERTURE DI PORTE E FINESTRE.

La grandezza e la forma delle aperture per le porte e le finestre di un edificio dipendono dalla destinazione di esso, dal suo uso, dal suo stile architettonico, dall'altezza dei piani e da altre circostanze speciali, come è detto nel volume II trattando delle varie specie di edifici e della decorazione architettonica. Ad ogni modo però si daranno qui le dimensioni usuali.

a) Porte.

Le porte si distinguono principalmente in esterne ed interne: fra le prime si comprendono le porte carraie e le pedonali che danno accesso a cortili, androni, androncini, ecc., sia di palazzi pubblici e privati che di case di abitazione, di edifici rurali, di rimesse, scuderie, ecc., e le porte di bottega; fra le seconde tutte le porte che mettono in comunicazione fra di loro gli interni locali di un edificio.

Alle porte esterne ed interne si danno in generale le seguenti dimensioni:

Porte esterne.		
	Larghezza metri	Altezza metri
Porte carraie per carri (carrettiere)	2,95 ÷ 3,25	3,50 ÷ 4,50
> maestre e per carrozze . . .	2,50 ÷ 3,20	3,50 ÷ 4,50 (2,80 almeno)
> pedonali o portoncini . . .	1,30 ÷ 1,80	2,50 ÷ 3,50 (per quelle alte adottate in gener. un fregio fisso sup.)
Aperture da bottega	non meno di 1,80	(ve ne sono anche di larghe fino a 7 metri e di altezza 4,50)
Porte da granai	3,20 ÷ 4,50	2,80 almeno
> da rimesse	2,20 ÷ 3,20	2,75 ÷ 3,80
> da scuderia	1,25 ÷ 1,50	2,40
> per stalle da bovini	1,25 ÷ 1,55	2,20
> > di cavalli da lavoro	1,25	2,05
> > di ovili	1 ÷ 1,25	2,00
> per pollai	0,70	1,80
> per porcili	0,65	
Porte interne.		
	Larghezza metri	Altezza metri
A 2 battenti	1,30 ÷ 1,45 ÷ 1,65	2,27 ÷ 2,60 ÷ 2,95
A 1 battente	0,70 ÷ 0,80 ÷ 0,90	1,80 ÷ 2,00 ÷ 2,45
Porte a raso muro	0,60 ÷ 0,70	1,80

Le aperture di porte esterne hanno tutto all'ingiro una battuta di almeno 12 centimetri di larghezza per assicurarvi l'intelaiatura della chiusura (fig. 753). Le spalle o *mazzette* che così ne risultano sono fatte o in muratura o di pietra, costituendo l'incorniciatura dell'apertura. La larghezza di tali spalle è, in generale, di cm. 25.

Pei portoni carrai, ed anche pei portoncini, la mazzetta, se è di mattoni, deve avere larghezza *po* (fig. 754 e 755) di almeno 25 centimetri, e se è in pietra può essere anche di 16 centimetri. Il *battente mo* deve essere di almeno 12 o 15 centimetri. Sulla soglia,

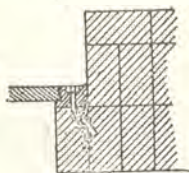


Fig. 753. — Modo di murare il telaio delle porte contro la mazzetta.

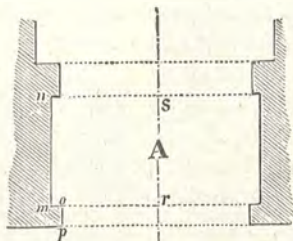


Fig. 754.

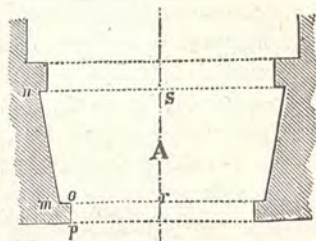


Fig. 755.

ed in corrispondenza della mazzetta o contro la medesima, è sempre conveniente di collocare i così detti *scansaruote*, siano di pietra o di ferro (possibilmente evitare la ghisa), onde impedire che le sporgenze delle sale dei veicoli abbiano a danneggiare



Fig. 756. — Portone del palazzo Ceriana in Torino.

la mazzetta. I scansaruote di pietra sono talvolta foggiate a tronco di cono, tal'altra cilindrici o piramidali con altezza di circa 60 centimetri, tal'altra ancora hanno forma di sfera con diametro di 40 a 60 centimetri. I scansaruote di metallo possono avere forme svariatissime: si usano anche sferici di ferro fuso. Il loro aggetto varia ordinariamente fra i 30 e i 40 centimetri e l'altezza fra i 50 e i 60 centimetri.

Dal portone si passa in generale in un primo scompartimento A (fig. 754, 755), i cui muri laterali presentano delle incassature, nelle quali si adattano le imposte della porta quando questa è aperta. Il fondo mn di tale incassatura è normale od obliquo al muro frontale, costituendo il così detto *squancio* o *strombatura*. Se il portone è a due battenti, la lunghezza mn dovrà essere di qualche centimetro maggiore di mr , perchè possa ricevere il battente aperto. Quando i battenti sono composti a libro, cioè in più parti ripiegantisi l'una sull'altra, allora mr sarà lunga quanto è larga una di tali parti più la sporgenza della ferramenta e quella dovuta alle battute

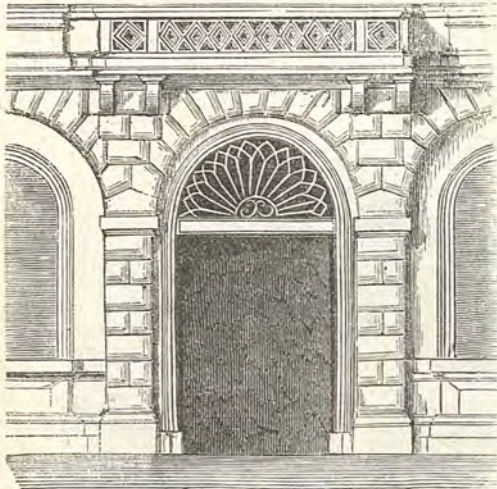


Fig. 757.

delle singole parti del battente ed al sistema di loro congiungimento. Siccome in questo caso i battenti riescono di grossezza considerevole, così sarà conveniente di tenere il battente mo da 15 a 20 centimetri e praticare la strombatura con piani molto divergenti, in modo cioè che la larghezza ns sia uguale a quella mr aumentata di tante volte 6 centimetri quante sono le ali che costituiscono il battente dell'imposta che vengono ad adagiarsi sul fondo mn .

La decorazione del portone è sovente molto ricca, formando talvolta il motivo ornamentale principale della facciata. Tanto per darne un'idea si riproducono nelle fig. 756, 757 i disegni di un portone assai decorato in stile barocco, e di uno semplice; e nella fig. 758 la porta della Chiesa di S. Francesco in Ancona riccamente decorata con ornamenti e sculture. Sovente le porte sono bifore, ciò che è frequentemente usato nelle Chiese (fig. 759) e assai spesso sono provviste di un portale (fig. 760). Nella costruzione del vólto di un portone arcuato bisogna fare in modo che riesca possibile l'apertura completa delle imposte, e ciò si ottiene coll'adottare una piattabanda per soffitto della strombatura, oppure la disposizione speciale (fig. 766, pag. 447) di cui si dirà in appresso parlando degli archi e dei vólto. Questa avvertenza non è necessaria quando si

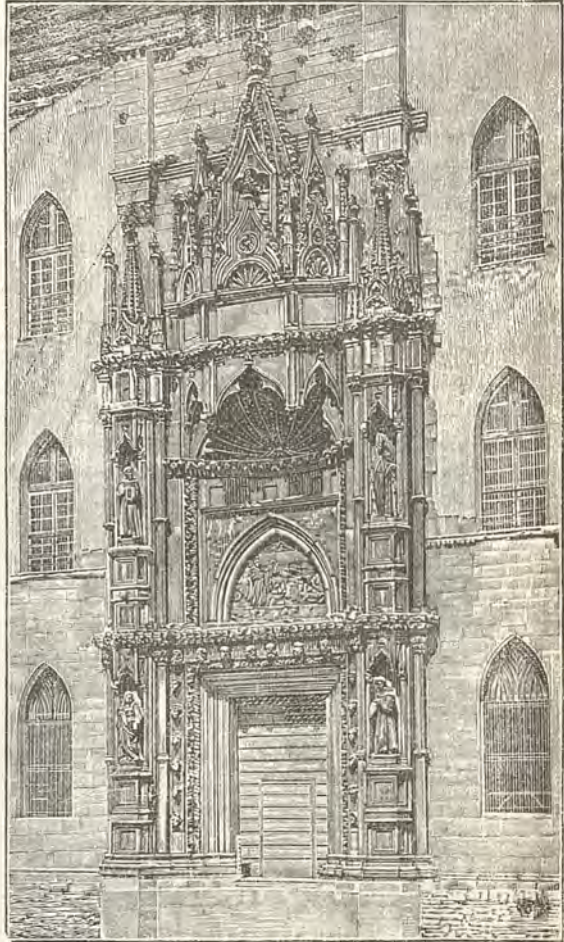


Fig. 758. — Porta della Chiesa di S. Francesco in Ancona.

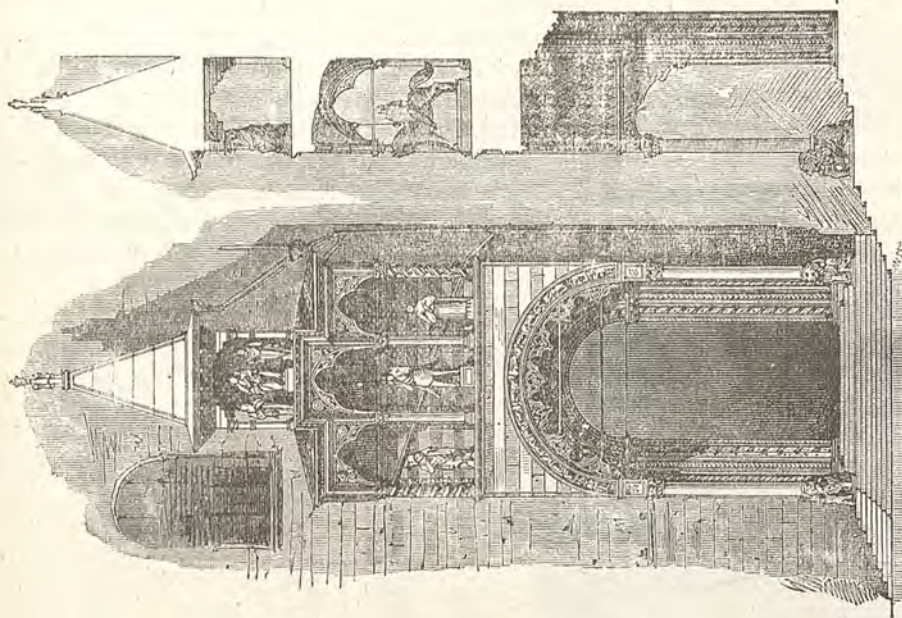


Fig. 760. — Porta principale di Santa Maria Maggiore a Bergamo.

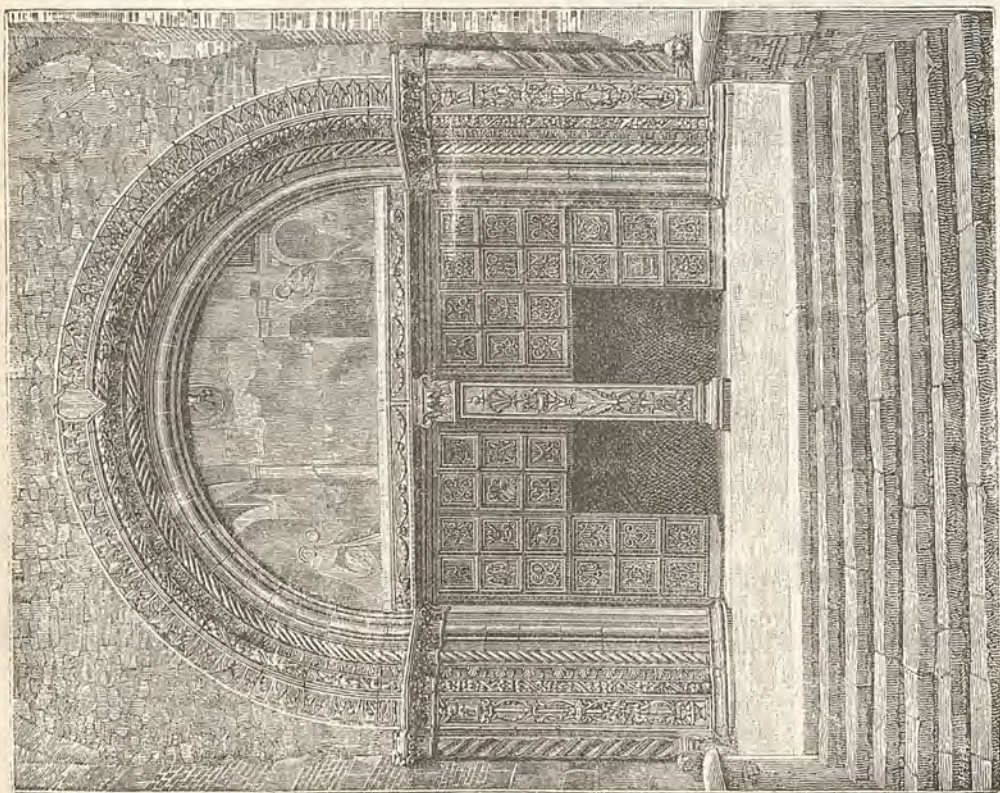


Fig. 759. — Porta della Chiesa del Carmine a Brescia.

vuole che l'imposta occupi la sola parte rettangolare. In tal caso la lunula si provvede di inferriata (vedi fig. 756 e 757) o di chiusura fissa.

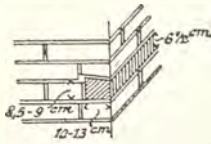


Fig. 762. — Cunei di legno nelle spalle delle porte.

Anche le aperture di porte comuni, da cantina, da stalla, ecc., le cui chiusure sono soltanto assicurate per mezzo di arpioni e gangheri, hanno quasi sempre spallette di cm. 13 di larghezza e di profondità, mentre le porte interne hanno uno stipite di pietra (fig. 761), di legno o di ferro a seconda della qualità della chiusura, oppure portano murati nelle spalle dei cunei che servono a fissare la ferramenta della porta ed anche le tavole del rivestimento delle spalle e gli stipiti (fig. 762 e 763). Sopra queste aperture si fa un archivolto di 2 a 3 teste di grossezza accuratamente eseguito. L'interstizio tra

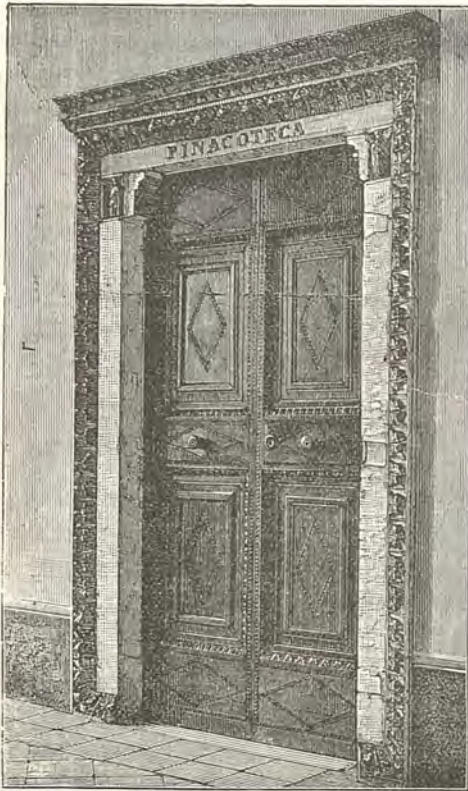


Fig. 761. — Porta della Pinacoteca a Cava dei Tirreni.

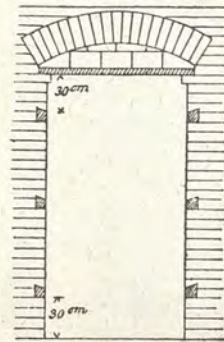


Fig. 763.

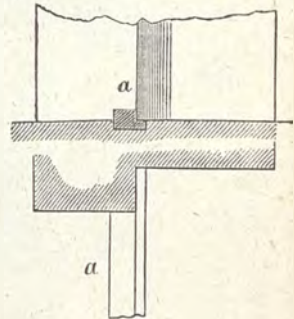


Fig. 764. — Soglia di legno di una porta.

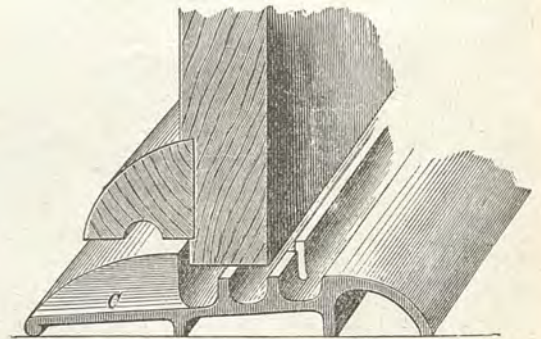


Fig. 765. — Apparecchio Bertrand per lo scolo dell'acqua all'esterno

questo voltino ed il cappello di legname della porta viene chiuso da ciascuna parte del muro con mattoni in costa (fig. 763) e non durante la costruzione dei muri, ma al momento di dare l'intonaco.

La battuta *a* della soglia della porta si fa sovente di legno duro (fig. 764) perchè tale battuta, qualunque sia il materiale con cui è fatta la soglia, coll'uso si consuma, e quindi se è di legno si può facilmente cambiare. È bene però che essa non sia murata contemporaneamente al resto, ma sia lasciata libera sostenendola soltanto con qualche mattone, finchè siano bene prosciugate le murature. Questa precauzione è necessaria, perchè le soglie immurate non possono essiccare e perciò facilmente imputridiscono. È bene non adoperare il legno e ricorrere piuttosto a ferri a L. Le aperture per le porte interne si devono fare di 10 cm. più larghe e di 5 più alte di quello che porterebbero le misure

della luce libera effettiva, a motivo dell'intelaiatura. Le porte di strada, d'ingresso, hanno una soglia in vivo o in accolltellato di mattoni, inclinata verso l'esterno e munita di battuta onde impedire all'acqua di pioggia di penetrare nell'interno.

Per impedire appunto tale fatto si immaginarono molti sistemi di soglie, anche di ferro, di cui nella fig. 765 si rappresenta quello in ferro ideato dall'ing. Bertrand, nel quale si vedono tre scanalature, disposte secondo un piano inclinato allo esterno e più elevato del pavimento, comunicanti fra loro per mezzo di aperture alternate. L'acqua esce dalla scanalatura C: questa però, non avendo nessun riparo, non impedisce al vento di ricacciare l'acqua verso l'interno e impedirne il deflusso all'esterno. Qui si è voluto solo accennare a questi sistemi: se ne riparlerà a luogo più opportuno.

b) Finestre.

La minima larghezza di un'apertura da finestra, lasciando a parte le feritoie, è di m. 0,30. La larghezza delle finestre a 2 battenti per case di abitazione suole essere di m. $0,90 \div 1,50$: le finestre più larghe si fanno ripartite in tre o più parti (1). L'altezza

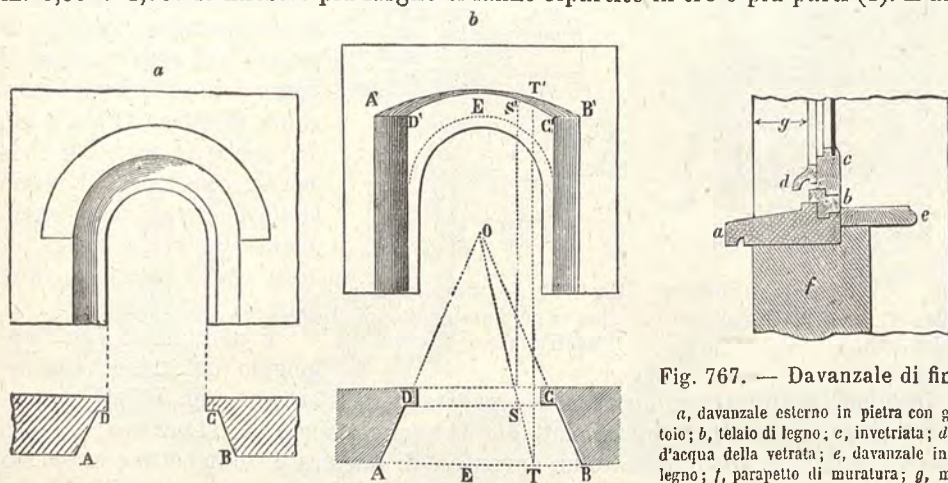


Fig. 766. — Strombature e archivolti di finestre.

Fig. 767. — Davanzale di finestra.

a, davanzale esterno in pietra con gocciolatoio; b, telaio di legno; c, invetriata; d, rigetto d'acqua della vetrata; e, davanzale interno di legno; f, parapetto di muratura; g, mazzetta.

di una finestra a due battenti si fa spesso eguale a 2 volte o due volte e mezzo la sua larghezza; oppure eguale alla diagonale del rettangolo avente per lati la larghezza ed il doppio della larghezza della finestra.

Il clima naturalmente influisce sulle dimensioni delle finestre, poichè nei paesi nordici, ad esempio, ove difetta il sole e predominano le nebbie e i tempi nuvolosi, per dare passaggio a luce sufficiente occorrono finestre assai più grandi che non nei paesi meridionali. Indipendentemente dalla influenza del clima, le proporzioni delle finestre dipendono poi dal sistema di costruzione, dallo stile ed anche dall'altezza dei piani. Infatti l'altezza necessaria per l'archivolto deve essere di almeno m. 0,25 sotto al soffitto, mentre il parapetto, dal pavimento fino allo spigolo superiore del davanzale, deve misurare m. $0,75 \div 0,90$, onde resta disponibile per l'altezza della finestra la parte di altezza di piano compresa fra il davanzale e l'intradosso dell'archivolto, ossia la superficie inferiore del cappello della finestra.

Anche le finestre hanno una mazzetta di almeno 12 cm. di grossezza e di larghezza variabile fra i cm. 7 e i 15.

La strombatura della finestra si può determinare in modo (fig. 766 a) che la larghezza AB sia uguale alla larghezza CD aumentata di circa $\frac{1}{3}$ della distanza

(1) Vedi vol. II, parte I, cap. I.

fra le rette A B e C D; del resto a questo riguardo non vi sono regole, dipendendo l'inclinazione dei fianchi della finestra dalla posizione della finestra, dalle condizioni di luce, dalla disposizione della decorazione interna, ecc. Quando la finestra si presenta esternamente arcuata e la strombatura interna segue la forma esterna (fig. 766 a) allora bisogna che la chiusura sia provvista superiormente o di una parte fissa o di uno sportello che si apra a ribalta, cioè che giri intorno ad un asse orizzontale. Se invece gli sportelli della chiusura sono interi fino alla sommità della finestra, allora, perchè si aprano, devesi adottare per la strombatura la disposizione indicata nella fig. 766 b.

I parapetti delle finestre sono generalmente coperti dal così detto *davanzale*, che in certi casi è fatto mediante un semplice accoltellato di mattoni sporgente alcuni centimetri dal muro, ma che in generale è di pietra. Il davanzale ha non solo lo scopo di servire di appoggio al telaio della chiusura, ma di riparare colla sua sporgenza

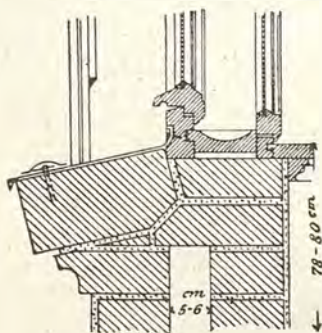


Fig. 768. — Davanzale di finestra a doppia invetriata, ricoperto con lamiera.

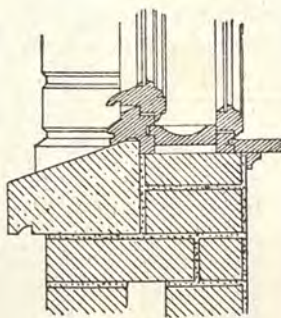


Fig. 769. — Davanzale in pietra per finestre a doppia invetriata.

la parete sottostante dai guasti che vi cagionerebbe l'acqua piovana, la quale cadendo nel vano della finestra colerebbe lungo il muro, in corrispondenza della finestra. Oltre a ciò ha anche lo scopo di concorrere, insieme col telaio della finestra convenientemente costruito, ad impedire che l'acqua piovana penetri nell'interno.

È per questo che l'appoggio del telaio anzichè presentare una battuta verso l'interno, la presenta verso l'esterno (fig. 767). Il davanzale dev'essere poi munito del gocciolatoio *a* ed avere la superficie superiore inclinata all'esterno. Nella fig. 768 è indicato un davanzale di finestra fatto in cotto e ricoperto da una lamiera metallica, la quale è risvoltata nel lembo superiore contro il telaio in legno della finestra, e fermata nel davanzale con chiodi i quali però lasciano la lamiera libera di dilatarsi e perciò hanno la capocchia ricoperta con un disco di lamiera stagnata.

Nella fig. 769 il davanzale è invece di pietra, ha la superficie superiore inclinata all'esterno ed è provvisto di gocciolatoio. In ambedue le figure la vetrata è supposta doppia, cioè formata da vetrata interna e da invetriata esterna, la quale è provvista nella parte inferiore di apposito gocciolatoio, che chiamasi *rigetto d'acqua*. L'acqua di condensazione fra le due invetriate è raccolta da una cunetta fatta nel davanzale di legno, dalla quale mediante un tubetto viene scaricata all'esterno. Moltissime sono le disposizioni immaginate per impedire che l'acqua penetri nell'interno dal davanzale; ma siccome non è facile impedire tale inconveniente così si sono immaginate anche molte disposizioni per raccogliere quest'acqua e condurla all'esterno, provvedendo anche in tal modo a raccogliere l'acqua che, condensandosi sulla faccia interna della vetrata, cola lungo di essa e poi lungo il muro interno del parapetto. Per darne una idea rappresentiamo nella fig. 770 il sistema Cornette, nella fig. 771 il sistema Guipet, in cui la traversa inferiore della finestra è di ghisa, nella fig. 772 il sistema Seidel e Decroix, e nelle fig. 773 e 774 due altri sistemi, nel secondo dei quali l'acqua invece di defluire all'esterno cola in una cassetta interna posta sotto il davanzale, la quale di quando in quando si estrae per vuotarla e pulirla.

Le commessure tra il legname e la pietra vengono chiuse con stoppa o canapa incatramata.

Il muro del parapetto è quasi sempre più grosso della mazzetta e se questa è di 12 cm. il parapetto lo si fa almeno di cm. 25: esso serve poi anche di appoggio al davanzale interno. Che il parapetto sia meno grosso del muro della facciata è bene poichè più comodo riesce l'affacciarsi alla finestra, ma è però anche importante che esso non sia troppo sottile onde nell'inverno non si disperda da esso troppo calore. Si è per questo che sovente si fanno i parapetti a doppia parete (fig. 768 e 769) lasciando

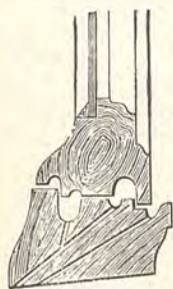


Fig. 770.

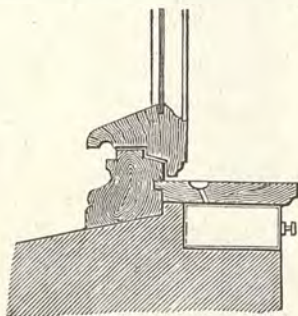


Fig. 774.

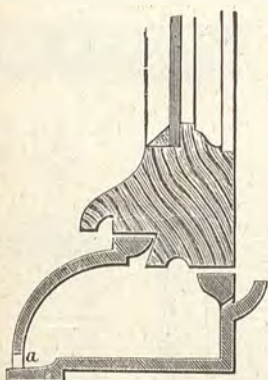


Fig. 772.

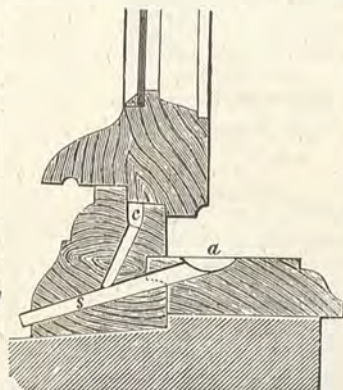


Fig. 773.

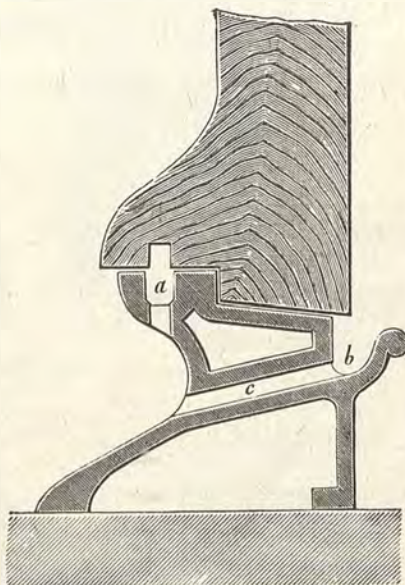


Fig. 771.

Fig. 770 a 774. — Sistemi vari per lo scolo dell'acqua all'esterno dei davanzali di finestra.

fra le due pareti un vano di 5 a 6 cm. In questo vano si può anche scaricare le acque raccolte internamente, nel caso in cui queste non siano direttamente scaricate sul davanzale, e farle poi defluire esternamente sopra la cornice di fascia, che in generale è posta in corrispondenza del pavimento.

Le spalle delle finestre formanti mazzette e l'incorniciatura della finestra sono quasi sempre di pietra. Nei muri di due teste la grossezza delle spalle si fa uguale a quella del muro benchè basterebbe una grossezza di 12 a 15 cm. Nei muri grossi le spalle non hanno tutta la grossezza del muro, avendo solamente per compito di delimitare verticalmente la luce della finestra e di offrire alla finestra stessa una solida battuta. Molti costruttori sogliono assegnare alle spalle un sesto della larghezza della finestra; ma mentre tale rapporto dà una grossezza adeguata nel caso di aperture ampie, come negli usci e nelle porte, ne dà una troppo piccola per le finestre di larghezza ordinaria, cioè da m. 1 ÷ 1,20; onde è preferibile di portare quel rapporto ad $\frac{1}{5}$, cosicchè, ad es., una finestra larga m. 1,05 ed alta m. 2,10 viene ad assumere spalle larghe cm. 21. Le spalle vengono fermate nel muro mediante grappe di ferro stagnato: ciò che si fa pure pei davanzali quando sono formati da una lastra sottile di pietra o di marmo molto inclinata.

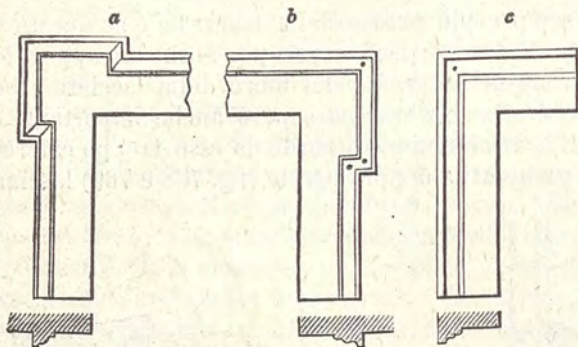


Fig. 775. — Stipiti semplici per finestra.

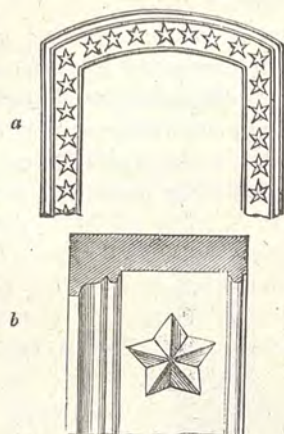
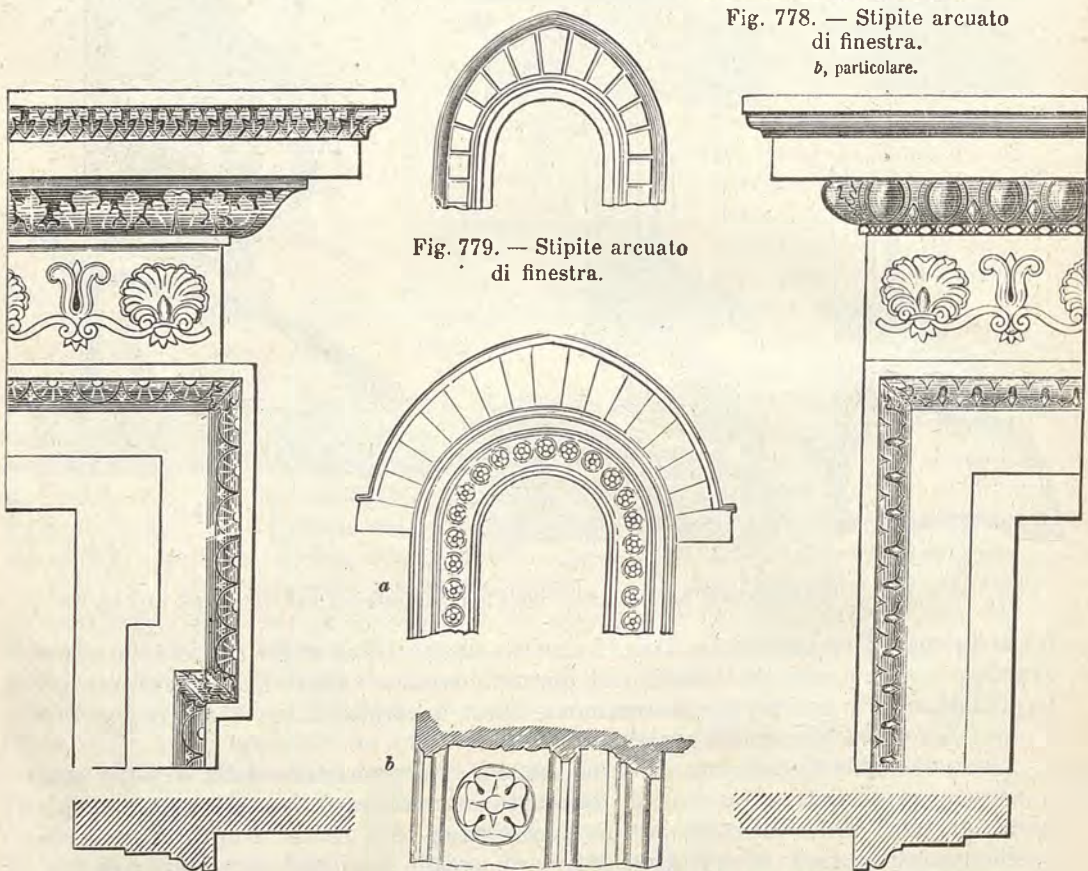
Fig. 778. — Stipite arcuato di finestra.
b, particolare.

Fig. 779. — Stipite arcuato di finestra.

Fig. 776. — Stipite di finestra con risvolto ad orecchia, fregio e cornice, o *cappello*, decorati.Fig. 780. — Stipite arcuato di finestra.
b, particolare.

Fig. 777. — Stipite di finestra con fregio e cornice decorati.

Lo stipite o incorniciatura della finestra viene generalmente decorato con membrature, ornamenti, ecc. Nella fig. 775 *a, b, c*, sono indicati tre stipiti semplici. L'architrave della finestra è spesso sormontato da fregio o cornice, che occupano ciascuno l'altezza di circa $\frac{1}{4}$ od $\frac{1}{5}$ della larghezza della luce (fig. 776 e 777). Nelle finestre arcuate l'archivolto segue l'andamento della curva della luce delle finestre, oppure curva diversa, come si vede nella fig. 778, 779, 780, nelle due prime delle quali

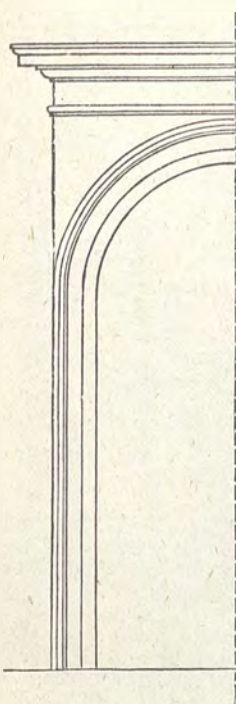


Fig. 781.

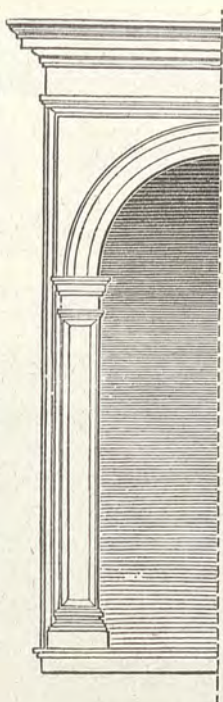


Fig. 782.

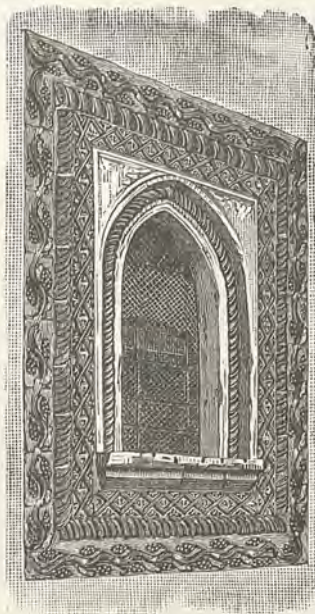
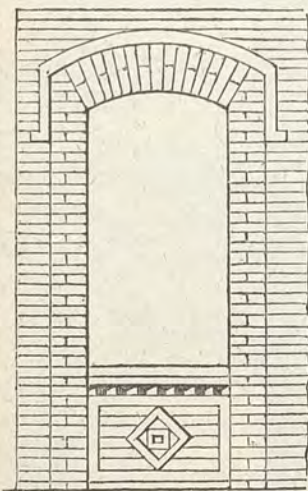
Fig. 786. — Finestra nel cascinale
S. Albino a Mortara.

Fig. 783.

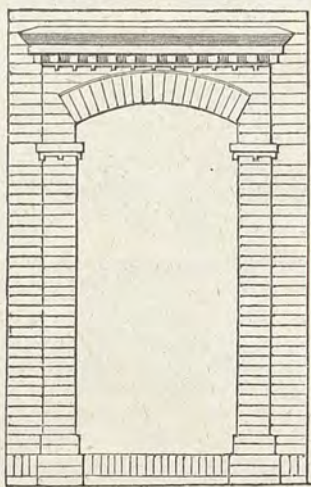


Fig. 784.

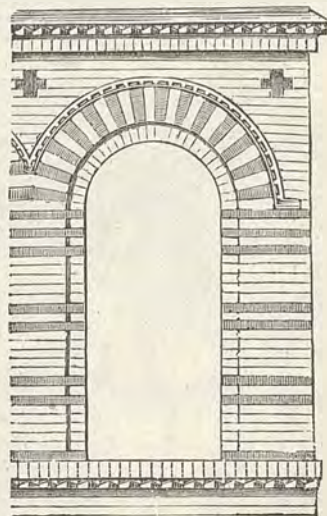


Fig. 785.

Fig. 781 a 786. — Stipiti di finestre.

vi è anche rappresentato il particolare dello stipite. La fig. 781 rappresenta una finestra decorata con stipite, archivolt, controstipite e cornice: nella fig. 782 è riprodotto il disegno di una finestra al primo piano del palazzo Giraud a Roma. Naturalmente la decorazione della finestra è studiata nello stile architettonico dell'edificio, onde le incorniciature delle finestre assumono svariatissime forme, per ottenere le quali non è sempre possibile ricorrere ad un materiale unico, ma a materiali diversi, ottenendosi così degli stipiti di struttura mista. Nelle facciate a paramento di mattoni assai spesso

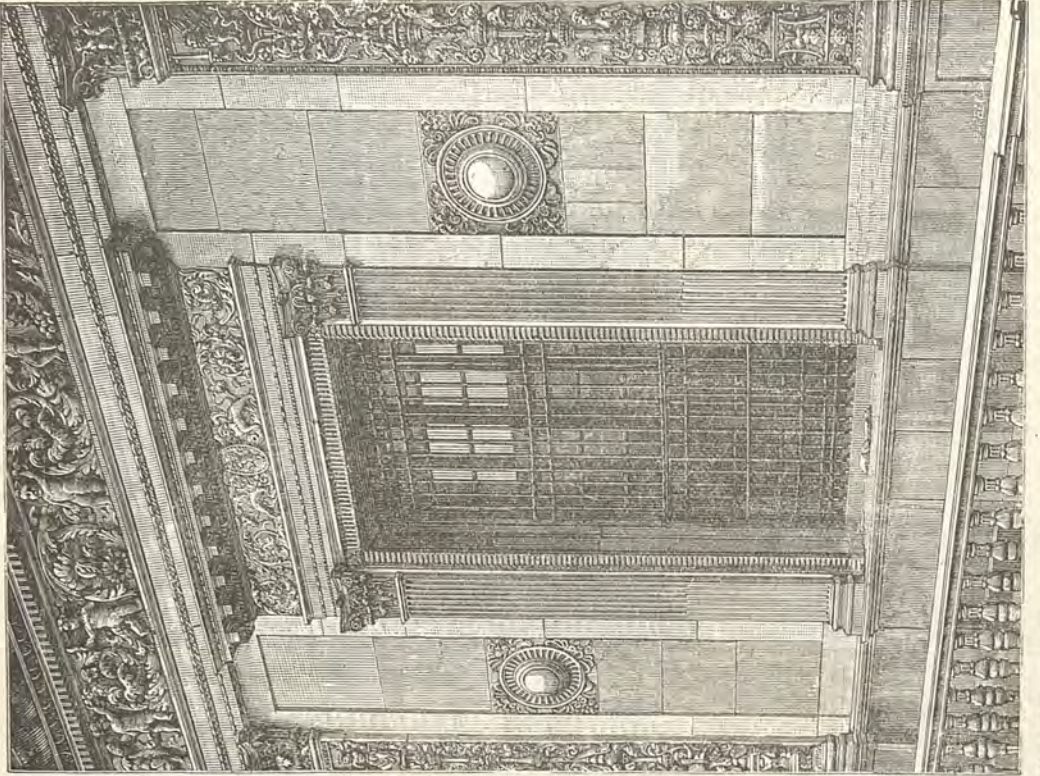


Fig. 788. — Finestra nel lato sinistro della Loggia nel Palazzo Comunale di Brescia.

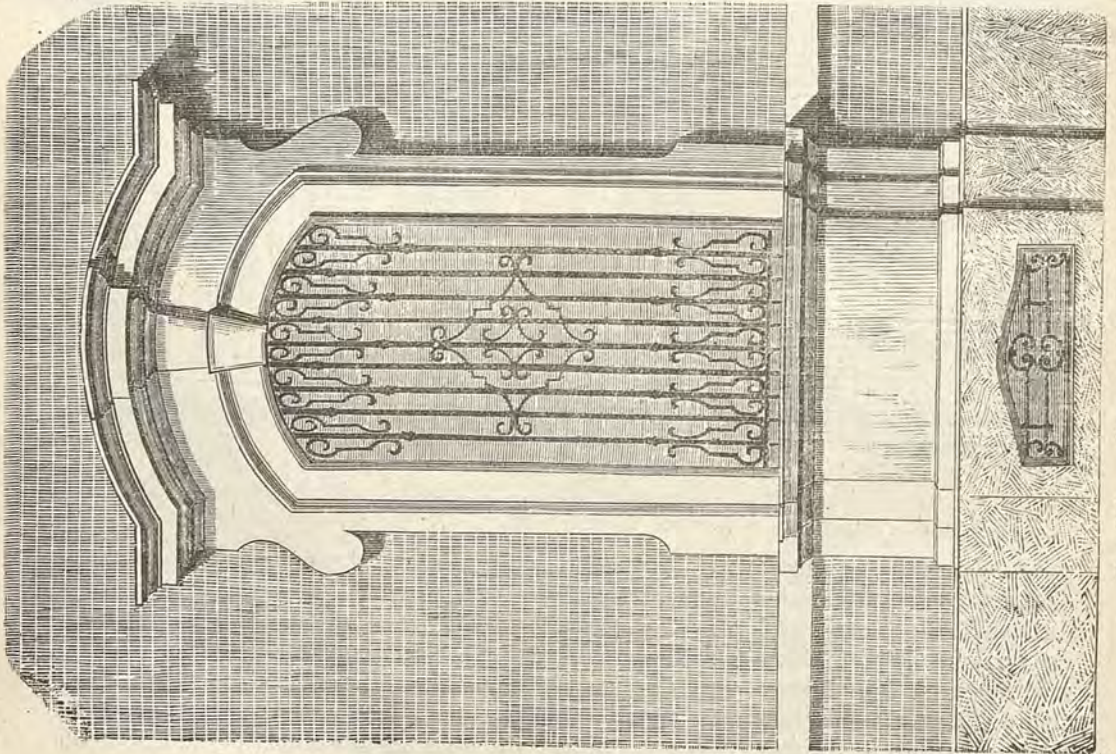


Fig. 787. — Finestra in stile barocco.

la incorniciatura delle aperture è pure formata con mattoni: se ne rappresentano tre esempi nelle fig. 783, 784, 785. In Italia si usarono moltissimo, specialmente nel medio-evo, i contorni di finestra in terra cotta, nel qual genere di decorazione gli italiani ebbero sempre il primato. Nella fig. 786 se ne dà un esempio. Altri esempi di finestre decorate si hanno nelle fig. 787 e 788, di cui la seconda rappresenta una finestra del Palazzo Comunale di Brescia, in stile del rinascimento italiano.

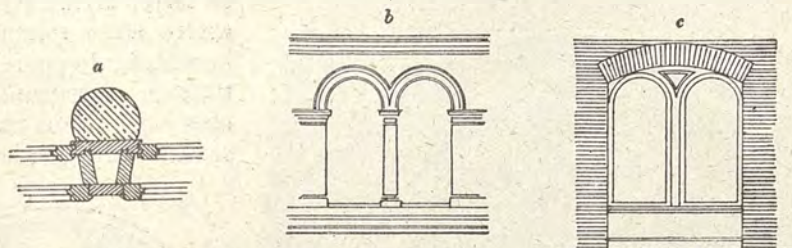


Fig. 789. — Finestra bifora.

■ telaio della chiusura contro la colonnetta; *b*, aspetto esterno della bifora; *c*, aspetto interno della bifora.



Fig. 790. — Bifora nella facciata della Certosa di Pavia.

Sovente le finestre si fanno binate o divise in vari scompartimenti, ottenendosi le così dette bifore, trifore, quadrifore, ecc., che possono essere architravate o curvilinee. Nella fig. 789 *a*, *b*, *c*, si ha l'esempio di una bifora; in *b* se ne vede l'aspetto esterno, in *c* l'interno, e in *a* il particolare del telaio della chiusura contro la colonnetta della bifora. Bisogna ricorrere a tale sistema di telaio quando la colonnetta o il pilastro non hanno larghezza sufficiente per poter offrire internamente la battuta per il telaio di ciascun foro della finestra. Così pure se il pilastro non è almeno di 25 cm. di larghezza, bisogna fare un arco unico per tutta la larghezza della finestra (fig. 789 *c*) e per tutta la grossezza del muro.

Nella fig. 790 è rappresentato un esempio di elegantissima bifora, nella fig. 791 quello di una trifora e nella fig. 792 quello di una quadrifora. Le finestre assumono

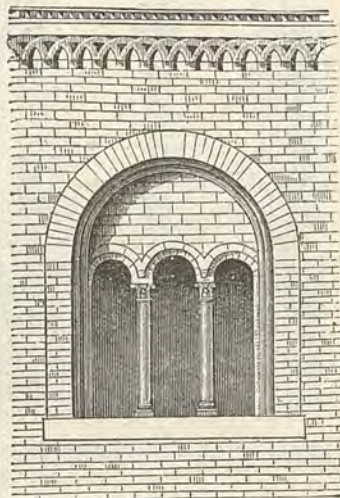


Fig. 791. — Trifora nel Palazzo della Ragione a Milano.

ancora altre forme: così si hanno finestre circolari, ovoidali, a contorno mistilineo, ecc. Le circolari suddivise in molti scompartimenti radiali, oppure lavorate a traforo (fig. 793), sono assai usitate nelle chiese.

Se la luce della finestra non è chiusa superiormente da un architrave in un sol pezzo

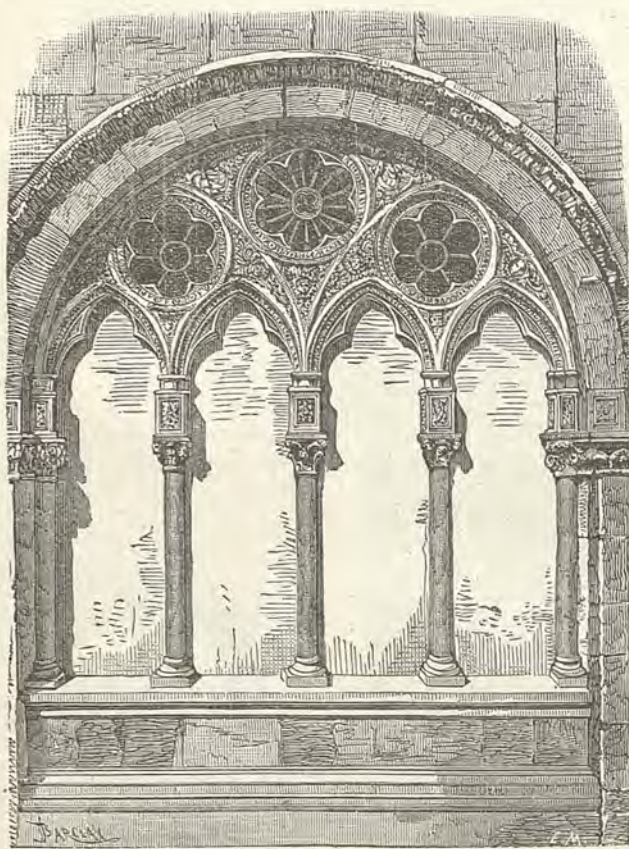


Fig. 792. — Quadrifora della Chiesa di Santa Maria della Rosa a Lucca.

salienti dal suolo al coperto, slegati uno dall'altro. Ancorchè la luce sia chiusa da architrave si suole fare in modo che questo non porti il carico del sovrastante muro, ciò che si ottiene quasi sempre mediante un arco di scarico a pien centro o a sesto ribassato, come si vedrà in appresso.

di pietra o formato con travi di ferro, architrave che può essere largo soltanto quanto la mazzetta, oppure occupare tutta la grossezza del muro, essa è chiusa da un arco che serve a sorreggere la muratura

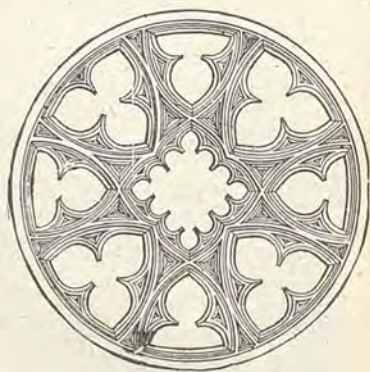


Fig. 793. — Rosone a traforo.

superiore. In generale le luci delle finestre si corrispondono in senso verticale, onde nè l'architrave, nè l'arco non hanno da sorreggere un grave peso: essi devono però servire al collegamento delle spalle risultanti, le quali altrimenti formerebbero come tanti pilastri

X. — ARCHI ED ARCADE

a) Generalità.

Prescindendo dagli archi isolati, quali gli archi trionfali, gli archi hanno per ufficio di chiudere superiormente un'apertura, sia essa o non caricata da un peso sovraincombente, tanto nel caso in cui la sua ampiezza sia tale da non poter chiudersi con un architrave rettilineo, quanto nel caso in cui l'arco sia richiesto dal genere di materiali che si hanno a disposizione, dallo stile architettonico della costruzione, o da ragioni economiche, o ancora da ragioni speciali. Se l'arco è sovraccaricato allora ha anche per

ufficio di trasmettere le pressioni sopra i suoi piedritti, ossia sopra i punti d'appoggio delle sue estremità. A seconda delle sue forme l'arco assume varie denominazioni: così vi è l'arco a piattabanda (fig. 794), l'arco a tutto sesto o a pieno centro; a sesto scemo o ribassato (fig. 795); a sesto rialzato; a sesto acuto (fig. 796); rampante o zoppo (fig. 797); ellittico, parabolico, ovale, policentrico, moresco (fig. 798 e 799); a lancia e alla Tudor (fig. 800 e 801); a dorso di mulo (fig. 802), ecc.

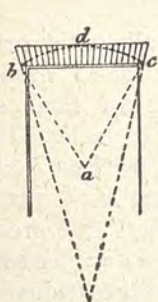


Fig. 794. — Arco a piattabanda.

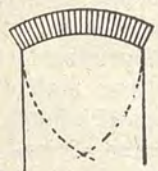


Fig. 795. — Arco ribassato.

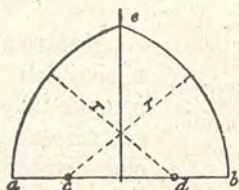


Fig. 796. — Arco a sesto acuto

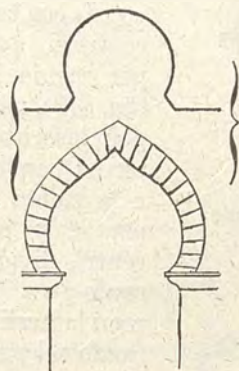


Fig. 798 e 799. — Arco moresco.

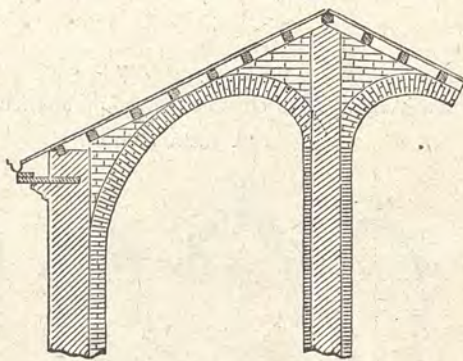


Fig. 797. — Arco rampante a collo d'oca.

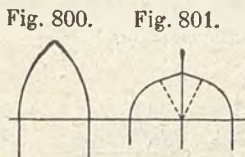


Fig. 800. Fig. 801. Arco a lancia. Arco alla Tudor.



Fig. 802. — Arco a dorso di mulo.

Gli archi si distinguono pure in diverse specie a seconda del materiale con cui sono costruiti ed altre denominazioni ricevono anche in dipendenza del loro uso. Così vi sono gli archi in *pietra concia*, in *laterizi*, di *getto*; gli archi di porte e finestre, detti generalmente *archivolti*; gli *archi di scarico*, gli *archi di fondazione*, l'*arco rovescio*, l'*arco cieco* o *da nicchie*, il quale ultimo non ha generalmente la grossezza del muro. Si chiamano *intradosso* ed *estradosso* le due superficie inferiore e superiore dell'arco, le quali possono essere parallele od avere direttrici speciali e distinte; *basi*, *imposte* o *pulvini*, le superficie su cui si appoggiano le estremità dell'arco; *chiave* o *serraglia*, l'elemento centrale contro cui le due parti laterali dell'arco vengono a serrarsi; *superficie di testa* o *di fronte* le due faccie esterne dell'arco, che possono essere o non verticali, parallele, curve, ecc. Così nell'arco della fig. 803 la superficie *abcd* *ef* è la fronte o testata (anteriore o posteriore); la superficie inferiore *bdhg* l'intradosso, quella superiore *acikfl* l'estradosso; la retta *be* è la *corda* o *luce* o *portata* od *ampiezza*; *ld* la *saetta* o *monta*, ossia la distanza compresa fra la retta passante per i punti in cui ha origine la curvatura dell'arco e il vertice *d* dell'arco; *abg*, *efh* sono le superficie *d'imposta* sovrastanti ai piedritti; *n, n* sono i *conci d'imposta*; *m* la *chiave*, a proposito della quale devesi notare che un arco non deve mai chiudersi superiormente con un giunto o commessura verticale.

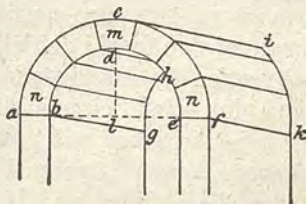


Fig. 803.

Secondo le specie delle superficie d'intradosso, gli archi si distinguono poi ancora in *cilindrici*, *conici*, *conoidici*, a *superficie elicoidale*, a *superficie rigata*, ecc. Nelle fig. 804 a 815 sono indicate le varie forme dell'arco cilindrico, colle rispettive denominazioni.

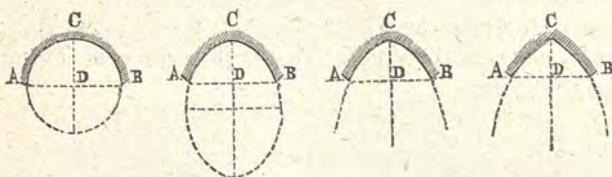


Fig. 804. Semicerchio. Fig. 805. Arco ellittico. Fig. 806. Arco parabolico. Fig. 807. Arco acuto.
(A tutta monta).

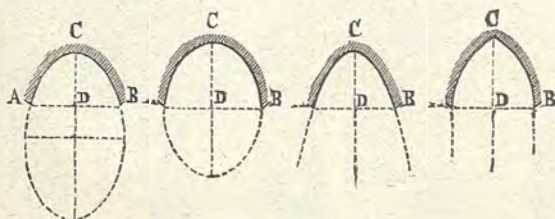


Fig. 808. Arco ellittico. Fig. 809. Semiellisse. Fig. 810. Arco parabol. Fig. 811. Arco acuto.
(A monta rialzata).

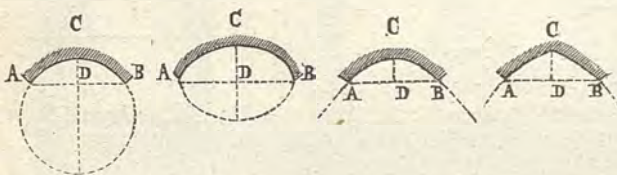


Fig. 812. Arco circolare. Fig. 813. Semiellisse. Fig. 814. Arco parabol. Fig. 815. Arco acuto.
(A monta depressa).

b) Tracciamento della direttrice di un arco.

Mentre nello stile gotico primitivo gli archi acuti erano sempre ribassati, più tardi si costruirono secondo la fig. 816, cioè dividendo la corda ab all'altezza d'imposta in 4 parti eguali e tracciando i due archi ae , be con raggio $da = cb$ e con centro in ced , oppure prendendo per raggio l'intera corda ab (fig. 817), nel qual caso il triangolo inscritto abc sarà equilatero. Quando sono date la corda e la monta di un arco a sesto acuto, si può determinarne i centri, dividendo per metà le corde ca e bc (fig. 817) dei due rami laterali dell'arco ed innalzando sul punto di mezzo d di ciascuna corda una perpendicolare fino ad incontrare la linea d'imposta; i punti d'incontro saranno i centri cercati. Molto più spesso però l'architetto si affida al proprio occhio e traccia l'arco acuto a volontà.

Il tracciamento dell'elisse si fa in molte maniere, che non è qui il caso di descrivere: il modo più semplice consiste nell'adoperare una cordicella, le cui estremità sieno assicurate ai due fuochi dell'elisse. Si trovano questi fuochi f e f_1 (fig. 818) facendo centro nel vertice d e descrivendo un circolo con raggio eguale alla metà del diametro maggiore dell'elisse, circolo che taglierà appunto l'asse maggiore ab nei punti cercati f ed f_1 . Se si colloca una punta di matita entro la cordicella lunga $fd + f_1d$ e la si fa muovere verso a e verso b in modo da tenere sempre teso il filo, la punta segnerà la mezza elisse, di cui dc è la metà dell'asse minore, ac la metà dell'asse maggiore.

Assai semplice è il metodo così detto a reticolato (fig. 819). Si divide tanto ac , raggio di un circolo eguale all'asse minore bc dell'elisse, quanto la metà dell'asse maggiore ac nello stesso numero di parti eguali e si innalzano le verticali dai punti 1, 2, 3, 4.... di divisione: conducendo le parallele ad ac dai punti d'incontro col circolo 1_1 , 2_1 , 3_1 , 4_1 di dette verticali, si ottengono i punti dell'elisse nell'incontro di tali parallele colle verticali innalzate su ac .

Si trovano pure i singoli punti dell'elisse (fig. 820) quando siano determinati i fuochi f ed f' , dividendo in qualsivoglia numero di parti, 1, 2, 3, 4.... i tratti fc e cf' ; coi raggi $a1$ e $1d$, $a2$ e $2d$, ecc. e facendo centro in f ed f' si descrivono degli archi di

circolo, i cui punti di intersezione $1', 2', 3', 4', \dots$ servono a determinare la curva della elisse. La direzione della normale (e quindi delle commessure dell'arco) in un punto qualunque e è la bisettrice dell'angolo formato da due raggi vettori, cioè dalle congiungenti il punto e coi fuochi f ed f_1 .

L'uso dell'elisse non è tanto comodo in causa della difficoltà del suo tracciamento e anche di quello delle commessure, le quali sono dirette secondo le normali alla curva ellittica, onde, per gli archi a monta depressa, che si vogliono tangenti ai piedritti, si

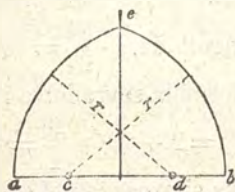


Fig. 816.

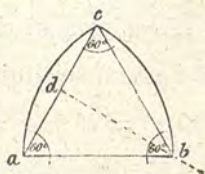


Fig. 817.

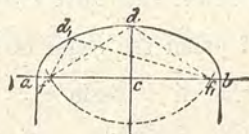


Fig. 818.

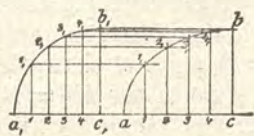


Fig. 819.

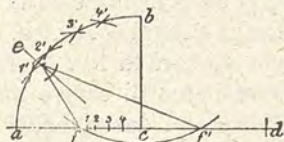


Fig. 820.

ricorre generalmente alle *semiovali*, le quali sono curve policentriche simmetriche rispetto ad un asse, composte di archi raccordati fra di loro, presentanti le tangenti nei punti estremi della corda perpendicolari ad essa e la tangente nel vertice parallela alla corda. — Il numero dei loro centri è sempre dispari.

Il problema di tracciare una semiovale con un dato numero di centri, quando sono cognite la corda e la monta, è indeterminato e bisogna assumere arbitrariamente tante condizioni quanti sono i centri della curva meno due.

Si potrebbero prendere arbitrariamente le ampiezze di tutti gli archi in modo che la loro somma faccia 180° , tenendo presente che gli archi siti alla sinistra dell'arco culminante devono avere ampiezze eguali agli archi corrispondenti posti alla destra di quell'arco centrale. Colla stessa avvertenza si potrebbero fissare arbitrariamente i raggi dei diversi archi, eccettuato l'arco culminante e quello ad esso adiacente. Però se non si procede con certi criteri nella scelta delle ampiezze degli archi e dei loro raggi, la curva riesce difettosa e poco conveniente.

Quando la monta di una semiovale è inferiore a $\frac{1}{3}$ della corda, le curve a tre centri non si raccordano bene, e se la monta è inferiore a $\frac{1}{4}$ della corda, non bastano più neppure 5 e 7 centri.

In pratica quando la monta è minore di $\frac{1}{6}$ si ricorre a un arco di cerchio, e secondochè la monta è di $\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$ o di $\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}$, le semiovali si fanno a 3 o a 5 centri per corde da 1 a 10 metri, a 5 e 7 centri per corde da 10 a 40 metri e a 7 o 9 centri per corde da 40 a 50 metri. Più in generale si riterrà: fra $\frac{1}{2}$ e $\frac{1}{3}$ tre centri; fra $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{4}$ cinque; fra $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{5}$ sette; fra $\frac{1}{5}$ e $\frac{1}{6}$ nove; fra $\frac{1}{6}$ e $\frac{1}{7}$ undici; fra $\frac{1}{7}$ e $\frac{1}{9}$ tredici.

Per avere una curva aggraziata e ben raccordata si può seguire il metodo di Michal, cioè: assegnare a tutti gli archi la stessa ampiezza, immaginare la mezza elissi avente il mezzo asse coincidente colla saetta e l'altro asse comune colla corda della semiovale da tracciarsi. — Conducendo dal centro delle rette che dividono per metà le ampiezze assunte, eccettuate la centrale e quella che la precede, queste rette incontrano la elisse in certi punti, ai quali corrispondono per l'elisse

certi raggi di curvatura: sono questi che si assumono per raggi degli archi corrispondenti dell'ovale.

Il raggio di curvatura di un'elisse che fa un certo angolo φ coll'asse maggiore è espresso da

$$c^2 m^2 \left(\frac{1 + \operatorname{tang}^2 \varphi}{c^2 + m^2 \operatorname{tang}^2 \varphi} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Si tratti ad esempio di tracciare una semiovale con corda di 30 metri, saetta di 6 metri, ed avente nove centri. — L'ampiezza di ciascun angolo sarà $\frac{180}{9} = 20^\circ$. Per avere i primi tre raggi occorrenti basterà sostituire nella formola sovradetta i valori successivi di φ ossia $\varphi' = \frac{20}{2} = 10^\circ$; $\varphi'' = 20 + \frac{20}{2} = 30^\circ$; $\varphi''' = 2 + 20 + \frac{20}{2} = 50^\circ$. Si troverà $R_1 = 2,49$, $R_2 = 3,42$, $R_3 = 6,65$. Per costruire la curva si procede nel seguente modo:

Sia (fig. 821) *ov* la monta e *oa* la semicorda. Su *oa* come raggio si descrive il semicerchio e si tirano i raggi *ob*, *oc*, *od*, *oe* in modo che gli angoli *aob*, *boc*, ecc., siano di 20 gradi: l'angolo *eog* sarà di 10° . — Indi si porta $ao' = R_1$ e da o^1 si tira la parallela a *bo* e si descrive l'arco di centro *ah* con centro o^1 : si porta poi $ho^2 = R_2$ e da o^2 si tira la parallela a *co*, descrivendo poi con centro in o^2 e raggio R_2 l'arco *hl*. Nella stessa maniera si descrive l'arco *lm*. Restano a descriversi gli archi *mn*, *nv*. A tal fine si tirano le corde *de* ed *eg*, conducendo poi *mn* parallela a *dc* e *vn* parallela ad *eg*. Queste si incontreranno nel punto *n*. Condotta da *n* la parallela ad *eo*, essa incontrerà in o^4 il prolungamento di mo^3 ed in o^5 la *ov*. Il punto o^4 sarà il centro dell'arco *mn* ed o^5 quello dell'arco *nv*.

Il Michal ha calcolato la seguente tabella che offre i valori dei primi raggi per ovali a 5, 7 e 9 centri a seconda di vari rapporti fra la corda e la monta, e nella supposizione che la corda sia uguale all'unità.

Tabella LVIII. — Dati di Michal per il tracciamento degli archi semiovali.

SEMIOVALI A 5 CENTRI		SEMIOVALI A 7 CENTRI			SEMIOVALI A 9 CENTRI			
Monta	1° Raggio	Monta	1° Raggio	2° Raggio	Monta	1° Raggio	2° Raggio	3° Raggio
0,36	0,278	0,33	0,228	0,315	0,25	0,130	0,171	0,290
0,35	0,265	0,32	0,216	0,302	0,24	0,120	0,159	0,278
0,34	0,252	0,31	0,203	0,289	0,23	0,111	0,148	0,268
0,33	0,239	0,30	0,192	0,276	0,22	0,102	0,138	0,252
0,32	0,225	0,29	0,180	0,263	0,21	0,093	0,126	0,237
0,31	0,212	0,28	0,168	0,249	0,20	0,083	0,114	0,222
0,30	0,198	0,27	0,156	0,236	—	—	—	—
—	—	0,26	0,145	0,223	—	—	—	—
—	—	0,25	0,133	0,210	—	—	—	—

Supposto ad esempio che si debba costruire una semiovale di 30 metri di corda e metri 7,20 di monta, si trova che il rapporto fra questi due elementi è 0,24 onde converrà la semiovale a 9 centri. Moltiplicando poi 30 pei valori dei raggi corrispondenti al rapporto 0,24, ossia per 0,120, 0,159, 0,278 si hanno i raggi $R_1 = m. 3,60$, $R_2 = 4,77$, $R_3 = 8,34$ coi quali si potrà descrivere l'ovale col metodo sovradetto.

Il Lerouge per costruire le ovali ha supposto sempre che i diversi raggi che passano pei punti di contatto dei vari archi facciano angoli uguali fra di loro, ma che i raggi crescano secondo una progressione aritmetica. In base a questa ipotesi egli cal-

colò la tabella seguente, nella quale la corda è supposta uguale all'unità. — Questa tabella contiene, inoltre, sempre ritenendo la corda uguale ad uno, lo sviluppo dell'arco d'intradosso, e l'altezza ridotta della luce dell'arco. Lo sviluppo moltiplicato per la corda espressa in metri dà lo sviluppo dell'arco d'intradosso, e la detta altezza moltiplicata per il quadrato della corda espressa in metri dà l'area della luce dell'arco in metri quadrati.

Tabella LIX. — Dati di Lerouge per il tracciamento e la misura degli archi semiovali.

OVALI A 3 CENTRI					OVALI A 5 CENTRI				
Monta	1° Raggio	Differenza tra i raggi successivi	Sviluppo dell'intradosso	Altezza ridotta della luce	Monta	1° Raggio	Differenza tra i raggi successivi	Sviluppo dell'intradosso	Altezza ridotta della luce
0,380	0,336 077	0,327 486	4,402 458	0,302 536	0,350	0,244 693	0,228 355	4,342 644	0,273 767
0,390	0,349 737	0,300 526	4,416 242	0,310 381	0,360	0,261 713	0,213 130	4,357 851	0,282 001
0,400	0,363 397	0,273 205	4,430 265	0,318 165	0,370	0,278 734	0,197 907	4,373 061	0,290 191
0,410	0,377 058	0,245 885	4,444 318	0,325 390	0,380	0,295 754	0,182 683	4,388 272	0,298 338
0,420	0,390 718	0,218 504	4,458 371	0,333 554	0,390	0,312 775	0,167 459	4,403 482	0,306 442
0,430	0,404 378	0,191 244	4,472 424	0,341 157	0,400	0,329 795	0,152 236	4,418 692	0,314 501
0,440	0,418 038	0,163 923	4,486 477	0,348 701	0,410	0,346 816	0,137 012	4,433 903	0,322 518
0,450	0,431 699	0,136 603	4,500 531	0,356 184	0,420	0,363 836	0,121 789	4,449 113	0,330 490
0,460	0,445 359	0,109 282	4,514 584	0,363 608	0,430	0,380 857	0,106 565	4,464 324	0,338 419
0,470	0,459 019	0,081 962	4,528 637	0,370 971	0,440	0,397 877	0,091 344	4,479 534	0,346 304
0,480	0,472 679	0,054 641	4,542 690	0,378 274	0,450	0,415 898	0,076 098	4,494 744	0,354 146
0,490	0,486 340	0,027 321	4,556 743	0,385 517	0,460	0,434 918	0,060 894	4,509 955	0,361 944
0,500	0,500 000	0,000 000	4,570 796	0,392 699	0,470	0,448 939	0,045 671	4,525 165	0,369 698
—	—	—	—	—	0,480	0,465 959	0,030 447	4,540 376	0,377 409
—	—	—	—	—	0,490	0,482 980	0,015 224	4,555 586	0,385 076
—	—	—	—	—	0,500	0,500 000	0,000 000	4,570 796	0,392 699

OVALI A 7 CENTRI					OVALI A 9 CENTRI				
Monta	1° Raggio	Differenza tra i raggi successivi	Sviluppo dell'intradosso	Altezza ridotta della luce	Monta	1° Raggio	Differenza tra i raggi successivi	Sviluppo dell'intradosso	Altezza ridotta della luce
0,330	0,183 256	0,181 310	4,318 059	0,255 621	0,320	0,147 507	0,148 144	4,290 800	0,246 432
0,340	0,201 888	0,170 644	4,323 513	0,264 004	0,330	0,167 090	0,139 914	4,306 355	0,254 886
0,350	0,220 520	0,159 979	4,338 969	0,272 348	0,340	0,186 673	0,131 684	4,321 911	0,263 303
0,360	0,239 152	0,149 314	4,354 425	0,280 651	0,350	0,206 256	0,123 453	4,337 466	0,271 680
0,370	0,257 784	0,148 649	4,369 880	0,288 914	0,360	0,225 839	0,115 223	4,353 021	0,280 019
0,380	0,276 416	0,127 983	4,385 335	0,297 137	0,370	0,245 422	0,106 993	4,368 577	0,288 319
0,390	0,295 048	0,117 318	4,400 790	0,305 321	0,380	0,265 005	0,098 763	4,384 133	0,296 580
0,400	0,313 680	0,106 653	4,416 245	0,313 464	0,390	0,284 588	0,090 532	4,399 687	0,304 803
0,410	0,332 312	0,095 987	4,431 700	0,321 567	0,400	0,304 171	0,082 302	4,415 243	0,312 987
0,420	0,350 944	0,085 322	4,447 155	0,329 631	0,410	0,323 754	0,074 072	4,430 798	0,321 133
0,430	0,369 576	0,074 657	4,462 610	0,337 654	0,420	0,343 336	0,065 842	4,446 352	0,329 239
0,440	0,388 208	0,063 992	4,478 066	0,345 638	0,430	0,362 919	0,057 612	4,461 909	0,337 307
0,450	0,406 840	0,053 326	4,493 521	0,353 581	0,440	0,382 502	0,049 381	4,477 464	0,345 336
0,460	0,425 472	0,042 661	4,508 976	0,361 485	0,450	0,402 085	0,041 151	4,493 020	0,353 327
0,470	0,444 104	0,031 996	4,524 431	0,369 348	0,460	0,421 668	0,032 921	4,508 575	0,361 279
0,480	0,462 736	0,021 331	4,539 886	0,377 172	0,470	0,441 251	0,024 691	4,524 130	0,369 192
0,490	0,481 368	0,010 665	4,555 341	0,384 955	0,480	0,460 834	0,016 460	4,539 686	0,377 066
0,500	0,500 000	0,000 000	4,570 796	0,392 699	0,490	0,480 417	0,008 230	4,555 241	0,384 902
—	—	—	—	—	0,500	0,500 000	0,000 000	4,570 796	0,392 696

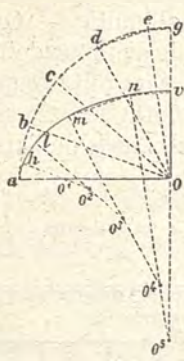


Fig. 821.

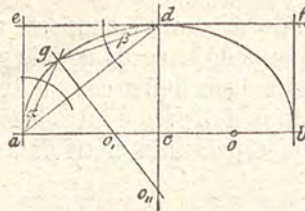


Fig. 822.

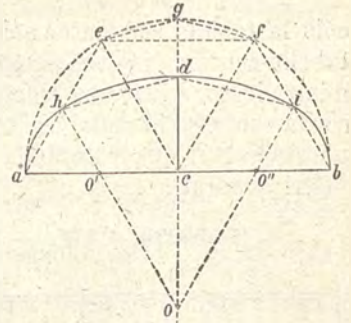


Fig. 823.

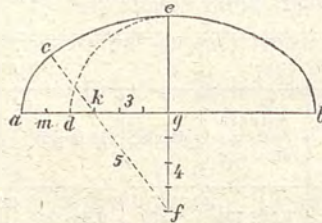


Fig. 824.

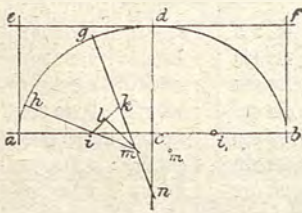


Fig. 825.

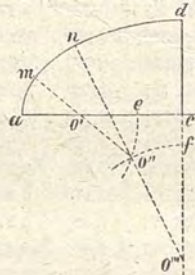


Fig. 826.

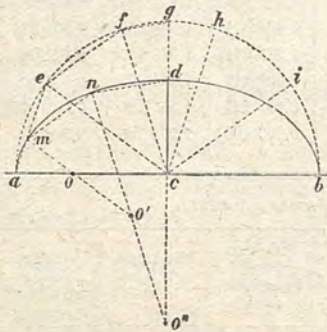


Fig. 827.

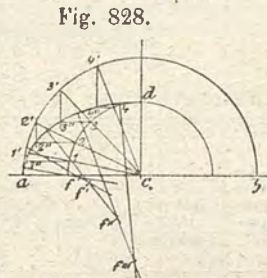


Fig. 828.

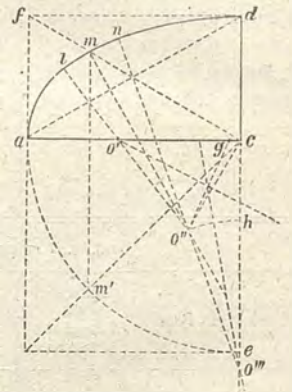


Fig. 829.

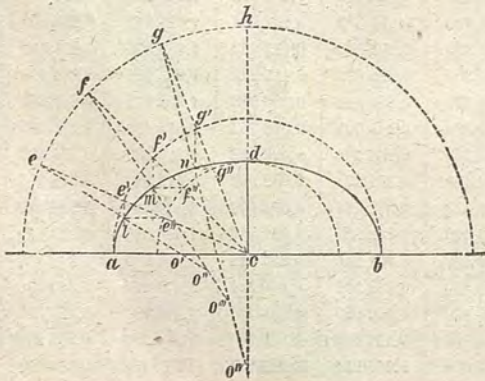


Fig. 831.

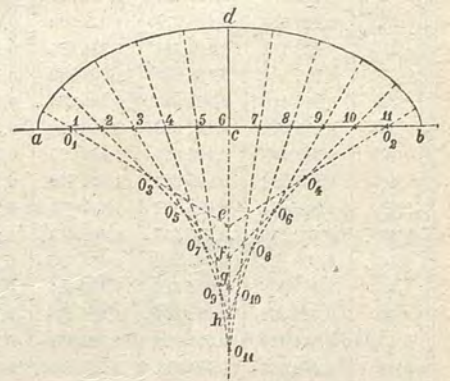


Fig. 832.

Fig. 821 a 832. — Tracciamento di curve policentriche.

Fig. 821, curva a 9 centri; fig. 822 a 824, curve a 3 centri; fig. 825 a 828, curve a 5 centri; fig. 830 a 832, curve a n centri.

Aggiungendo la differenza tra i raggi successivi al 1° raggio si avrà il secondo: aggiungendola a questo si avrà il terzo e così di seguito. — Per mezzo di tali raggi ridotti in metri moltiplicando i valori che si ottengono dalla tabella per la lunghezza della corda in metri, si disegnerà la curva nel modo indicato colla figura 821.

Per tracciare le semiovali policentriche vi sono altri metodi di cui alcuni si esporranno qui brevemente. È naturale che quanto maggiore è il numero dei centri meglio raccordati riescono i varii archi della curva e maggiore la sua approssimazione colla curva ellittica: ma si comprende anche quanto più incomodo riesce il tracciamento dell'arco, specialmente al vero, per costruirne la centina. — Ond'è che in pratica difficilmente si va oltre ai 13 centri.

1° Arco a tre centri. 1° metodo (fig. 822). — Sia ab la corda dell'arco, cd la saetta data o fissata: si conduce ef parallela ad ab ed ae parallela a cd ; poi la diagonale ad e si dividono per metà gli angoli α e β . La perpendicolare ad ad condotta pel punto g di incontro delle bisettrici trovate, taglia la ab in o_1 e la cd in o_{11} . Questi punti saranno i centri dei due archi che si raccordano in g ove avranno tangente comune.

2° metodo di Huyghens (fig. 823). — Sopra la corda ab come diametro si descriva un semicircolo dividendolo in tre parti uguali coi punti e ed f che si trovano facilmente centrando in a e b e con ampiezza di compasso uguale al raggio ca tagliando la circonferenza in e ed f . Si tirino le corde ae , eg , gf , fb e i raggi ce , cf , e da d le parallele dh e di alle corde eg e gf e infine da h e i le parallele ho ed io ad ec ed fc . I punti o' , o'' saranno i centri degli archi ah ed ib ed il punto o il centro dell'arco hi .

3° metodo (fig. 824). — Centro in g si descriva il quarto di cerchio ed di raggio ge . Si divida ad per metà in m ; si portino da g in k tre parti uguali ad am e quattro delle stesse parti da g in f . Il punto k sarà il centro dell'arco ac e il punto f quello dell'arco ce .

2° Arco a cinque centri. 1° metodo (fig. 825). — Si conduce ef parallela ad ab ed ae parallela a cd e con un raggio qualunque nd si descrive l'arco dg , unendo poi g con n . Inoltre dal punto di mezzo i di ac si descrive con raggio ai l'arco di circolo indeterminato ah ; si fa $gk = ai$; si unisce i con k e sul punto di mezzo l si eleva la perpendicolare ad ik che taglierà gn in m . I punti i , m , n , coi corrispondenti i_1 , m_1 , simmetrici rispetto a nd , saranno i centri degli archi raccordantisi nei punti h e g e formanti l'arco voluto.

2° metodo (fig. 826). — Su cd si descriva il quarto di circolo de : si divida ae in 5 parti uguali e si portino 7 di queste parti da c in f , da c in g e g in h . Si divida poi cf in 3 parti e il punto l che si ottiene lo si unisca con h : la retta hl taglierà in k la gf : i punti f , k , ed h saranno rispettivamente i centri degli archi am , mn , nd raccordantisi nei punti m , n , d .

3° metodo (fig. 827). — Su ab come diametro si descriva la semicirconferenza, che si dividerà in 5 parti uguali coi punti e , f , h , i . Si tirino le corde ae , ef , ecc., e i raggi ce , cf , ecc. Si porti ao uguale al valore che risulta dalla tabella LVIII sopra riportata e da o si tiri la parallela a ce , che taglierà la corda ae in m . Si tiri da m la parallela ad ef e da d la parallela ad fg . Queste si incontreranno nel punto n , dal quale tirando la parallela ad fc si avranno i punti o' , o'' , che saranno i centri degli archi mn , nd , mentre il punto o sarà il centro dell'arco am .

4° metodo (fig. 828). — Si prendono arbitrariamente il 1° raggio e l'ultimo, ossia quello che ha il centro sul prolungamento di cd : il raggio intermedio resta allora indeterminato. Siano m ed n i due punti di raccordo degli archi ed o' , o'' , o''' i tre primi centri. I due centri o' , o''' essendo conosciuti bisogna trovare il centro o'' , ossia determinare la posizione delle rette $m'o'o''$ o $no'o''$. Il problema ammette una infinità di soluzioni, ma ordinariamente si prende il raggio intermedio proporzionale agli altri due, onde sarà $m'o'' = \sqrt{no''' \times ao'}$. Avuto così il raggio mo'' si procede nel seguente

modo: si prendono sugli assi maggiore e minore le lunghezze $ae = mo''$ e $df = mo''$. Dai punti o' ed o''' come centri si descrivono due archi di circolo che si intersecheranno in o'' . Avuto questo punto si potranno tirare le rette $o''o'm$ e $o''o''n$, e quindi descrivere i tre archi am , mn , nd coi centri in o' , o'' , o''' .

5° metodo (fig. 829). — Su ac come raggio descrivere il quarto di cerchio inferiore e tirare la bisettrice dell'angolo ace , che sarà a 45° . Dal punto m' innalzare la verticale $m'm$ che incontrerà in m la diagonale cf del rettangolo $acdf$ costruito sui due semiassi ac e cd . Il punto m sarà un punto della elisse avente i dati semiassi. Conducendo la perpendicolare da m alla diagonale ad e da c la perpendicolare a cm si ottiene il punto o'' . Con raggio $o''m$ e centro in o'' si descriverà un arco, col quale si dovranno raccordare gli altri due archi della semiovale tangenti in a ed in d . Per trovarne i raggi e i centri si fa $ag = mo''$ e $dh = mo''$: si conducono le rette go'' ed $o''h$ e nella metà di ciascuna di esse si innalza la perpendicolare. Si otterranno i punti o' ed o''' che insieme col punto o'' saranno i centri degli archi al , ln , nd .

Per il tracciamento delle semiovali a 7, 9 centri, si procede come fu descritto precedentemente, e per quello delle curve con n centri si hanno altri metodi, di cui se ne esporranno alcuni.

Dati i semiassi ac , cd , si descrivono due circoli concentrici, aventi per diametro l'asse minore e l'asse maggiore (fig. 830); se si conducono i raggi $c11'$, $c22'$, ecc., poi da 1, 2, 3, 4..... le parallele ad ab , e così da 1', 2', 3', 4'..... le perpendicolari a queste ultime, i rispettivi punti di incontro 1'', 2'', 3'', 4''..... sono punti della curva, che si può tracciare con brevi archi di circolo, conducendo le normali ai punti di mezzo delle corde $a1''$, $1''2''$, $2''3''$ e adoperando per centri i punti di intersezione f, f', f'', f''''; questa curva però nel punto di imposta a non ha una tangente verticale, perchè il centro f sta alquanto al disotto della linea ab : questo piccolo errore si può però correggere facilmente dando all'arco un piccolo piedritto.

Sui due assi (fig. 831) si descrivono i semicerchi come sopra, e con raggio $ac + cd$, si descrive un terzo semicerchio. Supposto di dividerlo in 8 parti nei punti e, f, g , ecc., si tirano i raggi ce, ce', ce'' e dai punti e', e'', f', f'' , ecc., si tirano le verticali e le orizzontali che determineranno i punti l, m, n dell'elisse. Tirando le rette el, fm, gn , si otterranno i centri o', o'', o''', o'''' degli archi della curva raccordantisi in l, m, n .

Sia coll'uno che coll'altro metodo si avranno tanti centri quante sono le parti in cui si saranno divisi i semicerchi meno una.

Un altro metodo generale è il seguente. Supposto che la curva abbia $2n - 1$ centri si divida la corda in $2n$ parti uguali, per es. in 12 (fig. 832) coi punti 1, 2, 3..... 11 e dai punti 1 e 11 si conducano le rette 1e, 11e che facciano un angolo di $\frac{360^\circ}{2n}$ coll'orizzontale, ossia nel caso in questione che facciano un angolo di $\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$. Sulla verticale cd

si portano a partire da e le parti ef, fg, gh uguali ad $\frac{ab}{2n}$, ossia in questo caso uguali ad $\frac{ab}{12}$, ed i punti f, g, h che così si trovano si congiungono mediante rette colle divisioni 2, 3, 4..... della corda. Nelle intersezioni di queste rette si troveranno i centri degli archi successivi, componenti la curva, che nel caso considerato è a 11 centri.

Il tracciamento degli archi rialzati, che si usano però quasi soltanto nella costruzione delle volte, anzi delle cupole, riesce assai facile dopo quanto si è detto. Non si ha altro che a disporre l'asse minore orizzontale ed il maggiore verticale e procedere poi come per gli archi ribassati. Specialmente nella costruzione dei ponti si usano gli archi parabolici, che si tracciano coi metodi conosciuti relativi alla costruzione della parabola.

Gli archi rampanti o zoppi sono adoperati principalmente nell'impianto delle scale: si differenziano dagli altri in ciò che i loro punti d'imposta, e quindi i piedritti, non sono ad eguale altezza. Si determinano in modo semplice per mezzo del reticolato, quando sieno dati l'ampiezza, la saetta e l'angolo che forma coll'orizzontale la retta che unisce le due imposte. Con raggio uguale alla monta cd (fig. 833) si descrive un quarto di cerchio $b'd'$, dividendo poi il suo raggio $b'c'$ e le due metà ac e cb della linea d'imposta in uno stesso numero di parti eguali e innalzando le perpendicolari sui punti di divisione 1, 2, 3, 4..... della retta $c'b'$ e tirando le parallele a dette perpendicolari dai punti di divisione della retta ab . Proiettando poi i punti d'incontro coll'arco di cerchio $b'd'$ delle perpendicolari a $c'b'$ sulla ae e conducendo dai punti così trovati su ae le parallele ad ab ,

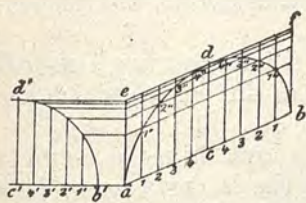


Fig. 833.

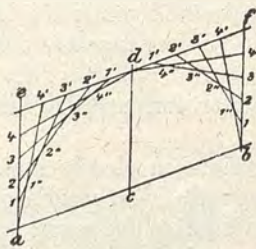


Fig. 834.

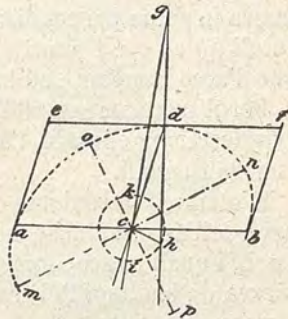


Fig. 835.

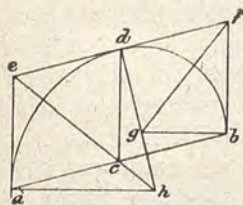


Fig. 836.

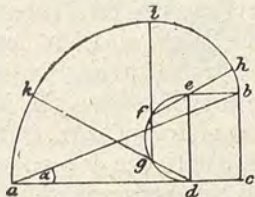


Fig. 837.

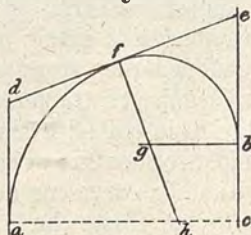


Fig. 838.

Fig. 833 a 838. — Tracciamento degli archi rampanti o zoppi.

si otterranno, nei punti d'intersezione $1'', 2'', 3'', 4''$ delle suddette parallele colle verticali dai punti di ab , altrettanti punti dell'arco rampante, che sarà un arco di elisse.

La stessa curva rampante si trova facilmente usando del metodo indicato nella fig. 834, ove tanto i lati ae, bf del parallelogramma formato dalle parallele ae, bf alla saetta cd , dalla corda ab e dalla sua parallela ef , quanto le due metà ed e df sono divise nello stesso numero di parti eguali, e le rette $a-4', 1-3', 2-2', 3-1', 4-d$ e le corrispondenti $b-4'$, ecc. danno nelle intersezioni loro i punti $1'', 2'', 3'', 4''$ dell'arco adb .

Volendo ottenere per un arco rampante una esatta curva ellittica, bisogna determinare la posizione e la lunghezza dei suoi assi, ciò che si ottiene procedendo come è indicato nella fig. 835, ove ab è la linea d'imposta, che passa pure pel centro della elissi, ef una parallela alla stessa, condotta pel vertice d , gh una perpendicolare su ef pel punto d e $dg = dh = ac$. Si uniscono g e h con c : la bisettrice dell'angolo gch sarà la direzione mn dell'asse maggiore dell'elisse e la perpendicolare op sarà quella dell'asse minore. Le lunghezze di tali assi si ottengono descrivendo con raggio ch un circolo che taglia la gc in k ed i : sarà $mn = gi$ ed $op = gk$. Determinati così gli assi, si può descrivere l'elisse nel modo indicato precedentemente.

Se invece di un arco ellittico si vuole adottare un arco rampante a più centri, il suo tracciamento è assai semplice quando la monta cd è eguale alla metà della linea di imposta ab (fig. 836). Si dividono per metà gli angoli col vertice in e ed f , prolungandone

le bisettrici fino ad incontrare in h ed in g le orizzontali condotte rispettivamente per a e per b . I punti g ed h sono i centri dei due archi formanti l'arco rampante, archi che avranno in d la tangente comune ef .

Se è data soltanto la corda ab dell'arco e l'angolo α di inclinazione della linea di imposta (fig. 837) si prende $cd = \frac{1}{2}ac - \frac{3}{4}bc$; si tira ed parallela ed eguale a bc ; si descrive il semicircolo $efgd$ con diametro ed e lo si divide in tre parti eguali, $ef = fg = gd$. I punti e, f, g e d saranno i centri degli archi di circolo raccordantisi bh, hi, ik e ka , che formano l'arco rampante.

Se sono dati invece il punto d'imposta a , la portata ac e la direzione della linea de passante pel vertice f e convergente colla linea d'imposta (fig. 838), si fa $df = fe$ e si innalza in f una perpendicolare su de , la quale taglia rispettivamente in g ed h le orizzontali bg ed ac . I punti g ed h saranno i centri dei due archi di circolo, che compongono l'arco rampante ed hanno in f il loro punto di contatto.

Per il tracciamento delle arcate alla *Tudor* (v. fig. 801) si possono usare i metodi sovradescritti, essendo l'arco *Tudor* formato dall'incontro di due semielissi o di due semiovali uguali.

È sempre conveniente di tracciare in piccola scala sulla carta in modo esatto la curva dell'arco, affinché nel disegnarla al vero non accada che la curva faccia degli angoli, i quali riescono poi assai visibili, e che si rilevano specialmente quando l'arco si osserva da lontano. Pel tracciamento di grandi curve al vero si fa uso di un tavolato formato da assi su armatura in legname, oppure di un pavimento ammattonato su cui siasi disteso uno strato di gesso o di cemento. Tanto l'uno quanto l'altro bisogna che siano abbastanza grandi per potervi segnare tutti i centri. Una volta tracciata la curva si prendono delle listerelle sottili di 1 cent. ad 1,5 in quadro, lunghe 4 ad 8 metri e si fa loro seguire esattamente la curva tracciata, mantenendole ferme col mezzo di chiodi piantati a destra ed a sinistra. Se una listerella non basta, se ne aggiunge un'altra, facendola sormontare di circa mezzo metro all'altra. Queste listerelle indicano le irregolarità della curva con dei rigonfiamenti, che devono togliersi col rimuovere i chiodi e ricollocarli. Tosto che la listerella rimane senza sforzo nella posizione datale, si ha un sicuro indizio che la curva non è difettosa. Si può anche con vantaggio sostituire la chiodatura con piccoli pesi di ferro.

c) Esecuzione degli archi e delle arcate.

a) Archi di mattoni.

Ogni arco dopo costruito si assetta, cioè si abbassa leggermente, quando la malta nelle commessure comincia ad essiccare, ma principalmente quando viene disarmato. La misura di questo cedimento non si può determinare con esattezza nè per via di calcolo, nè di esperienza: dipende dall'ampiezza dell'arco e dalla sua saetta, dal numero e dalla larghezza delle commessure e dalla qualità della malta. Perchè quindi un arco riesca quasi esattamente quale fu disegnato, bisogna che la centina abbia una sovrarelevazione, che in media varia tra $\frac{1}{200}$ e $\frac{1}{80}$ della portata dell'arco.

Piattabande. — Nelle piattabande l'assetto è inevitabile; è anche per ciò che in esse si verificano così spesso delle fenditure. Non si dovrebbe dare a questi archi piatti più di 2 metri di portata: ma anche per tale ampiezza sarebbe meglio adottare una trave di ferro anzichè un'a piattabanda. La regola generale è che le commessure sieno perpendicolari alla linea dell'arco e quindi radiali. Rigorosamente le piattabande sono segmenti di arco a intradosso rettilineo. Se i conci sono lunghi a sufficienza, si può formare l'estradosso in curva, con che si ottiene di rinforzare la piattabanda alla chiave, e di evitarne più facilmente le fenditure (fig. 839). Il piedritto deve rientrare nel muro almeno per la grossezza di un mattone ed il primo mattone dell'arco dovrebbe essere collocato in

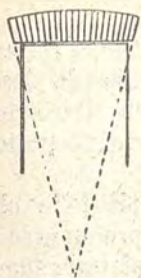


Fig. 839.

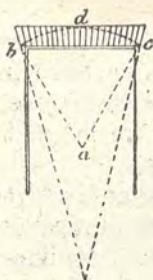


Fig. 841.

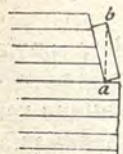


Fig. 840.

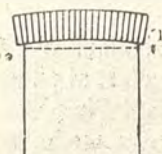


Fig. 842.

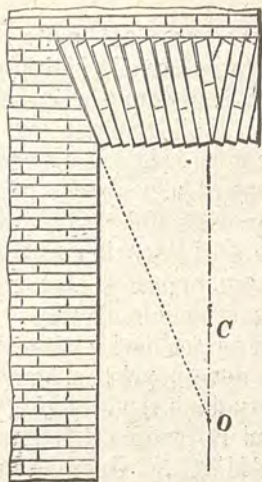


Fig. 843.

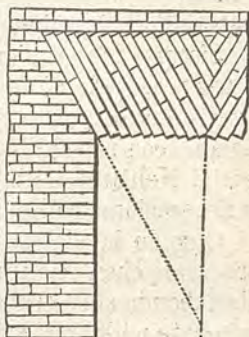


Fig. 844.

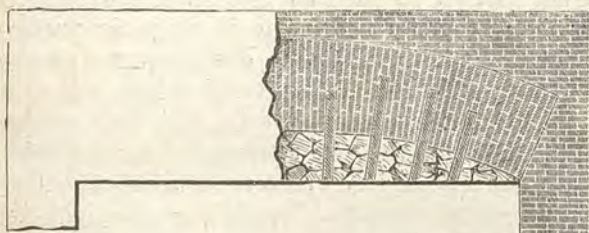


Fig. 845. — Piattabanda di luce > 5 metri.

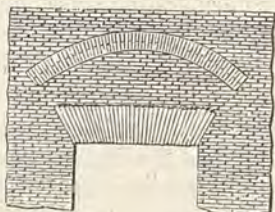


Fig. 846. — Piattabanda con sordino.

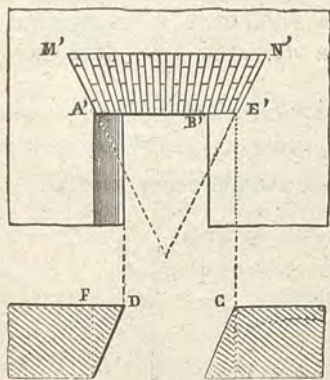


Fig. 847. — Piattabanda per apertura obliqua.

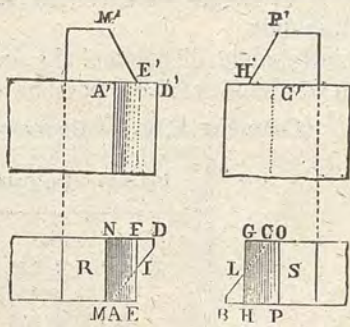


Fig. 848.

modo (fig. 840) che i due vertici diagonalmente opposti si trovino sulla stessa verticale, ciò che sfortunatamente non è sempre possibile di fare. Il centro, verso il quale si devono dirigere tutte le commessure, si trova nel punto d'intersezione dei prolungamenti delle due linee d'imposta (fig. 841).

Se le piattabande devono essere intonacate, si dà loro un po' di monta. Il piccolo voltino che ne risulta viene poi spianato nell'intradosso coll'intonaco (fig. 842). Tale monta si fa di $\frac{1}{10}$ della corda per piattabande resistenti; di $\frac{1}{12}$ per quelle che non devono presentare una grande resistenza. Nel primo caso il raggio è uguale ai $\frac{6}{5}$ della larghezza dell'apertura e nel secondo ai $\frac{20}{9}$.

Nelle fig. 843 e 844 sono rappresentate due maniere di disposizione dei mattoni nelle piattabande. I giunti non concorrono più in un sol punto, ed il punto d'incontro

dei giunti d'imposta si fa più basso del punto *a* (fig. 841). Allora i materiali restano disposti in modo assai migliore di quello indicato nella fig. 844 e la piattabanda riesce più stabile. Se la piattabanda è arcuata e la sua corda supera i 5 metri allora si ricorrerà a lastre di pietra sporgenti dall'intradosso (fig. 845) fra le quali troveranno posto i materiali di riempimento, che potranno così sorreggersi.

Siccome la piattabanda non è molto atta a portare grandi pesi, così il più delle volte si usa scaricarla di una gran parte del peso sovrastante, praticandovi sopra un arco di scarico detto *sordino* (fig. 846). Lo spazio risultante fra il sordino e la piattabanda si riempie con materiale leggero, oppure si chiude con tramezzi o con inferriata od inve-triata. Nell'architettura bizantina e lombardesca si trasse partito da questo spazio per la decorazione, collocandovi bassorilievi e mosaici.

Quando la piattabanda deve coprire un'apertura obliqua (fig. 847) allora conviene procurare che i giunti longitudinali risultino perpendicolari ai piani di fronte: perciò la piattabanda si costruisce sul rettangolo *AECF*. I piani d'imposta si proiettano verticalmente nelle due rette *A'M'*, *E'N'*. Operando in questo modo, la piattabanda può in certi casi riuscire troppo grande: conviene allora, per diminuire la portata, usare il seguente artificio (fig. 848). Elevati che siano i piedritti ad un'altezza conveniente, vi si collocheranno sopra due grosse pietre tagliate e disposte in modo da presentare: 1° due faccie inclinate *M'E'*, *MNFE*; *H'P'*, *HGOP*, che dovranno servire come piani d'imposta; 2° due parti sporgenti *AEI*, *GCL*; 3° gli spigoli *EF*, *GH* normali alle linee di fronte ed intersecanti nei loro mezzi le rette *AD*, *BC*; 4° due protondimenti parallelepipedi proiettati orizzontalmente sui rettangoli *R* ed *S* affinché, incastrandosi con essi per bene nel muro, non abbiano a muoversi per le azioni trasmesse dalla piattabanda. L'arricciatura nasconderà tale artificio. Per rendere gli spigoli dei piedritti meno fragili, si smusseranno gli angoli acuti.

Empiricamente la grossezza ed altezza delle piattabande di mattoni si ottiene costruendo sulla corda *be* (fig. 841) un triangolo equilatero e tracciando l'arco di cerchio *bcd* di raggio *be* e centro *a*. La saetta dell'arco *bdc* darà la grossezza della piattabanda.

Alle piattabande di mattoni che non devono sopportare grandi sovraccarichi e che non hanno sordini di scarico si possono assegnare le grossezze registrate nella seguente:

Tabella LX. — Grossezza delle piattabande senza sordini.

Larghezza dell'apertura	Grossezza della piattabanda
< 1 metro	m. 0,24
da m. 1,00 ÷ 1,50	» 0,37 circa
» 1,50 ÷ 2,00	» 0,50 »
» 2,00 ÷ 3,00	» 0,62 »
» 3,00 ÷ 4,00	» 0,75 »
» 4,00 ÷ 5,00	» 0,87 »

Per le piattabande rinforzate da sordini di scarico si può ricorrere alla seguente:

Tabella LXI. — Grossezza delle piattabande con sordini.

Larghezza dell'apertura	Grossezza della piattabanda	Grossezza del sordino
< 1 metro	m. 0,24	m. 0,24
da m. 1,00 ÷ 1,50	» 0,37 circa	» 0,24
» 1,50 ÷ 2,00	» 0,37 »	» 0,37 circa
» 2,00 ÷ 3,00	» 0,50 »	» 0,37 »
» 3,00 ÷ 4,00	» 0,50 »	» 0,50 »
» 4,00 ÷ 5,00	» 0,62 »	» 0,50 »

Ai sordini si assegnerà una monta maggiore di $\frac{1}{10}$ della corda. Le piattabande per aperture aventi larghezza superiore ai 4 metri, devono essere formate non solo con materiale di ottima qualità e lavorate con somma diligenza, ma devono essere rinforzate con robuste catene di ferro.

Archi cilindrici retti. — Si chiamano archi cilindrici retti quelli in cui le generatrici sono perpendicolari ai piani di fronte. In questi archi i mattoni si dispongono a raggio. Quando a raggiungere la grossezza che deve avere l'arco non sono sufficienti le dimensioni dei materiali che si hanno disponibili, si adottano diversi ordini concentrici di

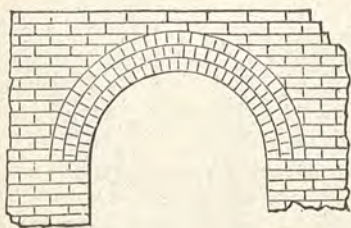


Fig. 849.

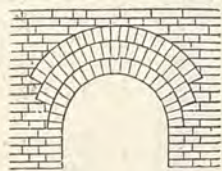


Fig. 850.

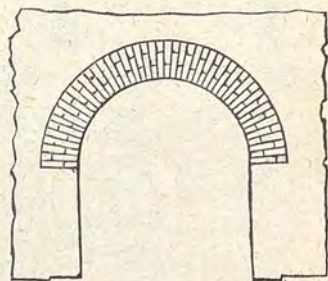


Fig. 851.

Fig. 849 a 852. — Archi cilindrici multipli.

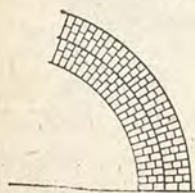


Fig. 852.

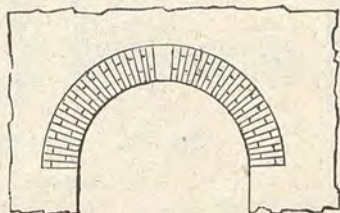


Fig. 853. — Arco di mattoni con chiave di pietra.

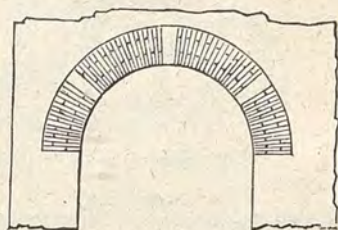


Fig. 854. — Arco di mattoni con conci di pietra alla chiave e ai reni.

archi, come risulta dalle figure 849, 850, 851, 852. La disposizione dei materiali secondo la figura 849 fu adottata fin dall'epoca di Augusto, e se ne ha un esempio nella Cloaca massima di Roma, formata con tre ordini di archi concentrici. Una variante a tale disposizione è quella rappresentata nella fig. 850 in cui le imposte dei tre archi sovrapposti non sono in uno stesso piano. Con questa disposizione l'arco risultante è però meno resistente di un arco unico di ugual grossezza, perchè i singoli archi fanno un cedimento ineguale ed uno solo viene allora a sopportare il carico. A ciò si rimedia in parte eseguendo i singoli archi con un ugual numero di commessure come è appunto rappresentato nella fig. 850.

Quasi sempre per raggiungere la voluta grossezza dell'arco i materiali si intrecciano com'è indicato nella fig. 851, colla quale disposizione il collegamento riesce assai migliore, dando all'arco maggiore resistenza. Anche in questo caso se la grossezza è rilevante si ricorre a due ordini di archi sovrapposti (fig. 852).

Gli archi piuttosto grossi si rinforzano mediante conci di pietra alla chiave (fig. 853) ed anche nei reni ed alle imposte, cioè nei punti più pericolosi (fig. 854). Spesso per ragioni di estetica o decorative, ancorchè non si adottino per tutta la larghezza della chiave conci di pietra, si fa di pietra il concio in chiave della fronte dell'arco, lavorandone la fronte a mascherone, a voluta, ecc. (fig. 855), ed arricciando poi l'arco di laterizio, sì che assuma l'aspetto di arco di pietra. Nell'architettura romana e nella classica si usarono chiavi come quella della fig. 856: una chiave d'arco soventissimo adottata è

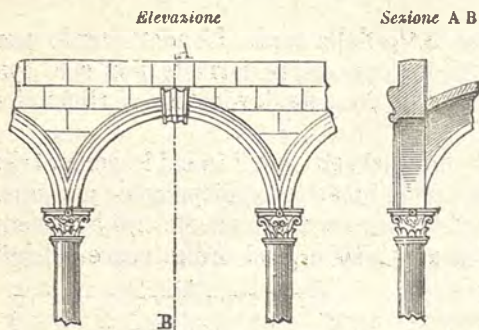


Fig. 855. — Arco cilindrico con chiave di pietra.



Fig. 856. — Chiave d'arco.

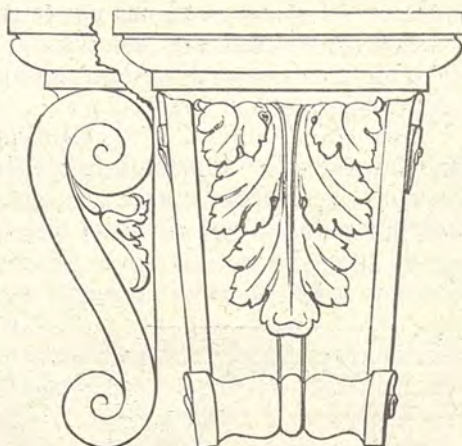


Fig. 857. — Chiave d'arco.

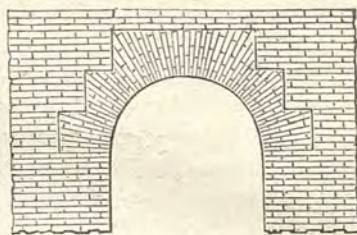


Fig. 858. — Arco estradossato a risalti.

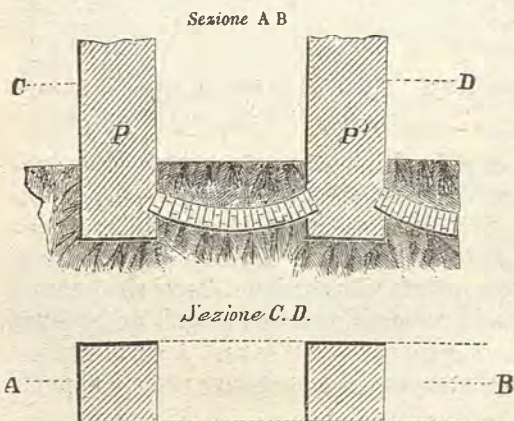


Fig. 859. — Archi rovesci.

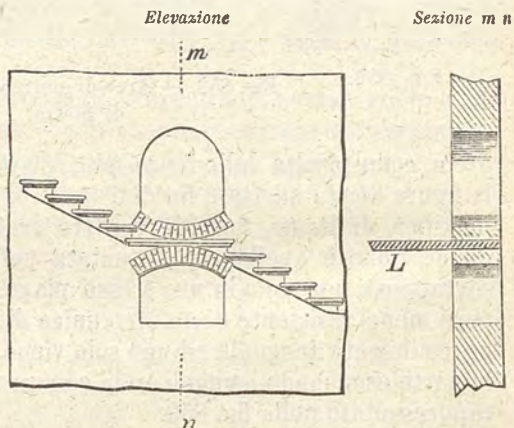


Fig. 860. — Arco e contr'arco.

quella rappresentata colla fig. 857. Non sempre l'extradosso si fa con superficie parallele a quelle d'intradosso, ma si forma a risalti come è indicato nella fig. 858.

Si dice *arco rovescio* quello che presenta la superficie d'intradosso concava all'insù. Si usa quest'arco quando occorre far fronte a spinte dirette dal basso all'alto. Se ne dà un esempio colla fig. 859, nella quale P e P' rappresentano due pilastri di un edificio fondato su terreno compressibile per grande profondità: l'arco rovescio che si vede praticato fra un pilastro e l'altro serve a ripartire su più ampia base la pressione, epperò a rendere meno sensibili i cedimenti. Si è già avuto occasione di dire dell'uso dell'arco rovescio parlando della protezione contro l'acqua del sottosuolo (fig. 423).

Qualche volta l'arco rovescio si combina vantaggiosamente coll'arco diritto per opporsi ad azioni dirette nel tempo istesso dal basso all'alto e dall'alto al basso, oppure per rinforzare i piedritti od i muri sottoposti a spinte nel senso della loro altezza. Nella fig. 860 si rappresenta un'applicazione del primo caso, ove *arco e contr'arco* servono a sostenere il lastrone L da pianerottolo, e un'applicazione del secondo caso si ha nella fig. 861, ove arco e contr'arco rinforzano il muro P' rendendolo atto a resistere alla grande spinta prodotta dal terrapieno contro cui si appoggia e che deve sostenere.

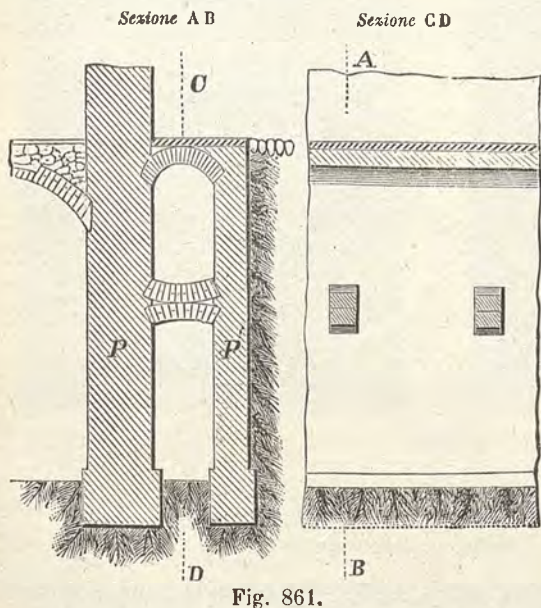


Fig. 861.

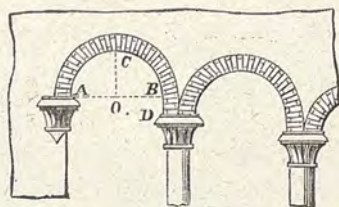


Fig. 862.

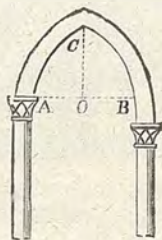


Fig. 863.

Fra gli archi cilindrici retti sono ancora da annoverarsi gli archi rampanti, o *zoppi* o a *collo d'oca* di cui si sono già indicate le maniere di tracciamento, e dei quali si è già dato un esempio nella fig. 797, ove l'arco a collo d'oca serve a sostenere la travatura del tetto.

Arco zoppo si chiama più propriamente quell'arco rampante che ammette per una sua porzione un piano verticale di simmetria, e che per la porzione rimanente giace in un piano verticale. Così è dell'arco zoppo della figura 862, in cui la porzione ACB è simmetrica rispetto alla OC. Nella fig. 863 si ha un arco zoppo a sesto acuto, in cui la porzione ACB è simmetrica rispetto ad OC.

Gli archi rampanti a collo d'oca sono assai usati nella costruzione delle scale e nell'architettura gotica. Nella fig. 864 se ne dà un esempio.

Archi cilindrici obliqui. — Si dicono archi cilindrici obliqui quelli in cui le generatrici delle superficie d'intradosso non sono perpendicolari ai piani di fronte.

Possono presentarsi tre casi:

- 1° Le generatrici sono oblique al piano di fronte ma orizzontali;
- 2° Le generatrici sono oblique al piano di fronte ma contenute in un piano verticale perpendicolare al piano di testa;
- 3° Le generatrici sono dirette comunque, cioè non sono nè contenute in un piano orizzontale, nè in un piano verticale perpendicolare al piano di testa.

Nel primo caso le linee d'imposta saranno due rette parallele contenute in un piano orizzontale. Siano (fig. 865) AD, A'D'; BC, B'C' le loro proiezioni. A determinare la superficie d'intradosso basterebbe fissarne la sua direttrice, poichè con essa facilmente si troverebbero le due linee che limitano quella superficie sui piani di testa; linee che

risulterebbero fra loro identiche. In generale però si fissano addirittura queste due linee. Suppongasi nel caso presente che tali linee siano i due archi di cerchio $A'F'B'$ e $D'H'C'$ i quali si proiettano orizzontalmente in AB e DC . L'estradosso si è supposto parallelo all'intradosso ed è limitato sui piani di testa dai due archi $M'R'N'$, $Q'S'P'$.

L'imposta di destra è determinata dal piano che passa per la linea d'imposta di destra e per l'asse della superficie cilindrica a cui appartiene l'intradosso; l'imposta

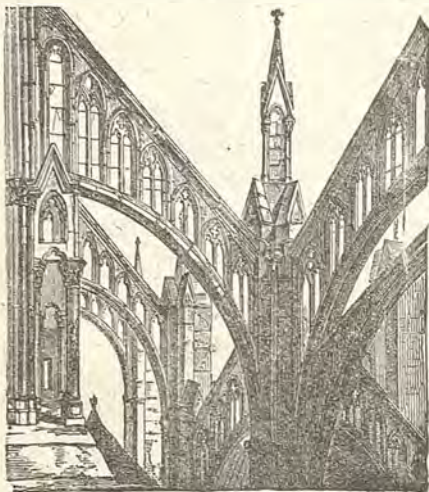


Fig. 864. — Archi rampanti del duomo d'Amiens.

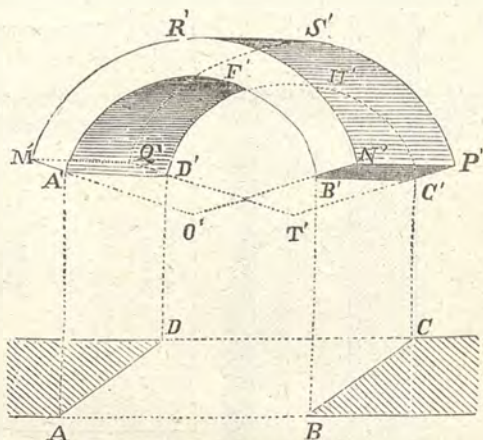


Fig. 865. — Arco cilindrico obliquo.

di sinistra è determinata dal piano passante per lo stesso asse e per la linea d'imposta di sinistra, cosicchè le intersezioni dei piani d'imposta col piano di testa anteriore sono le due rette $A'M'$, $B'N'$ concorrenti al centro O' dall'arco $A'F'B'$; le intersezioni dei piani d'imposta col piano di testa posteriore sono le rette $D'Q'$, $C'P'$ convergenti al centro T' dell'arco $D'H'C'$.

Si passi ora a vedere come convenga disporre i materiali e come si proceda per tracciare le linee dei giunti longitudinali e trasversali. A prima vista sembrerebbe naturale di disporre i materiali in guisa che le linee dei giunti longitudinali risultassero dirette secondo le generatrici del cilindro, ma se così si facesse ne nascerebbero delle spinte molto nocive alla stabilità del muro. Infatti siano (fig. 866) AB , $A'B'$ le proiezioni di una generatrice. $ABCD$, $A'B'C'D'$ il giunto passante per essa. Sia P l'azione esercitata contro il giunto $ABCD$ del vólto sovrastante. Scomponiamo la P in due, una N' normale al giunto, l'altra T parallela al medesimo. La normale $G'N'$, come retta perpendicolare al giunto sarà perpendicolare a qualunque retta condotta

nel piano del giunto pel suo piede e quindi sarà perpendicolare alla retta $\left\{ \begin{matrix} ab \\ a'b' \end{matrix} \right.$ passante pel suo piede e parallela alla generatrice; ma la $a'b'$ è orizzontale, quindi la proiezione orizzontale GN della $G'N'$ sarà perpendicolare alla ab proiezione orizzontale della $\left\{ \begin{matrix} ab \\ a'b' \end{matrix} \right.$

La GN essendo adunque perpendicolare alla ab e quindi alla AB non può essere parallela alla CB traccia orizzontale del piano di fronte (una retta parallela ad un piano verticale avrebbe la sua proiezione orizzontale parallela alla traccia orizzontale del piano); ne viene quindi che la GN , $G'N'$, non è parallela ai piani di fronte e ammetterà quindi una componente perpendicolare a questo piano, la quale produrrà una spinta nel senso della minor grossezza del muro, o, come si suol dire, vi sarà spinta al vuoto.

Per evitare questa spinta basterà adottare tali piani di giunto che le orizzontali su essi condotte risultino perpendicolari alle fronti del muro, ossia adottare giunti perpendicolari alle fronti del muro. Pel punto O, O' (centro dell'arco circolare d'intersezione coll'intradosso del piano verticale parallelo ed equidistante dalle fronti [fig. 867])

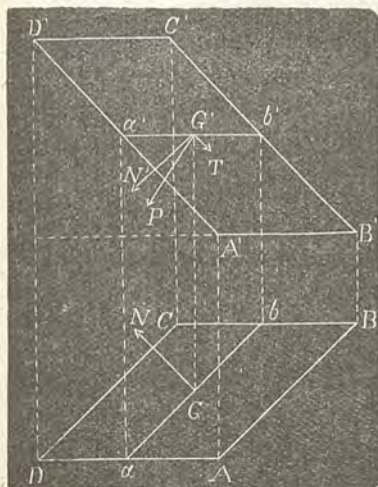


Fig. 866.

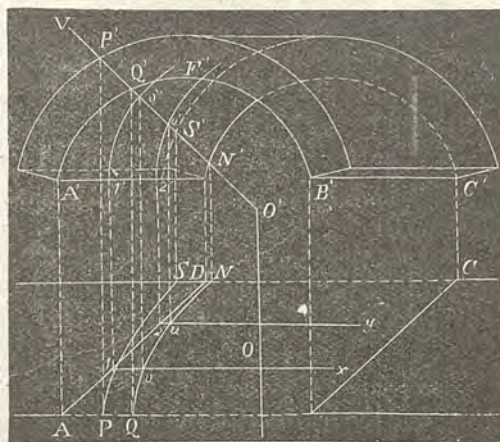


Fig. 867.

si conduca una normale ai piani di testa. I piani che passano per questa retta saranno perpendicolari alle fronti del muro, e quindi prendendo i giunti nella direzione di questi piani si soddisferà alla condizione suaccennata. Le linee dei giunti sull'intradosso saranno archi ellittici.

Si trovino ora le proiezioni di uno di questi giunti, di quello, per es., che passa pel punto Q, Q' dell'intradosso. La traccia verticale del piano che contiene questo giunto sarà la $O'V$. Questo piano taglia l'arco secondo un trapezio mistilineo che si proietta verticalmente in $N'P'$. Orizzontalmente si avrà in PQ la proiezione corrispondente a $P'Q'$, ed in SN la proiezione corrispondente alla $S'N'$. La proiezione orizzontale della linea di giunto longitudinale sull'intradosso si determinerà per punti. I due punti estremi sono P e Q . Si troveranno degli altri punti dividendo la linea d'imposta $AD, A'D'$ in un numero qualunque di parti, in 3 per esempio, e siano $1, 1', 2, 2'$ i punti di divisione. Si segnino in proiezione verticale ed orizzontale le intersezioni coll'intradosso dei piani paralleli a quelli di fronte e passanti per quei punti della linea d'imposta; le rette $1x, 2y$ saranno le proiezioni orizzontali. Le proiezioni verticali saranno archi di cerchio passanti per $1'$ e $2'$ identici all'arco $A'FB'$ ed aventi i loro centri sull'orizzontale passante per O' . Questi archi intersecheranno la proiezione verticale della linea di giunto longitudinale nei punti v', u' ; abbassando da v' e u' le perpendicolari alla linea di terra si avranno nei due punti d'incontro di queste colle rette $1x, 2y$ le proiezioni orizzontali di due punti della linea di giunto longitudinale sull'intradosso, e la linea $NuvQ$ sarà la proiezione orizzontale della linea di giunto sull'intradosso. In

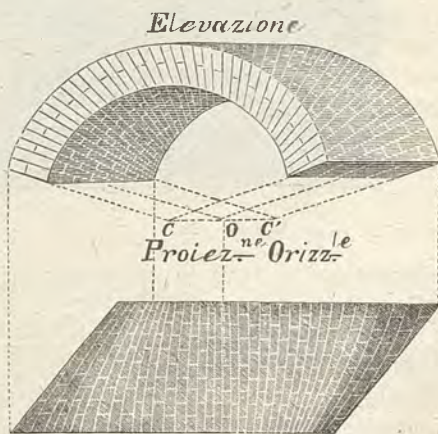


Fig. 868.

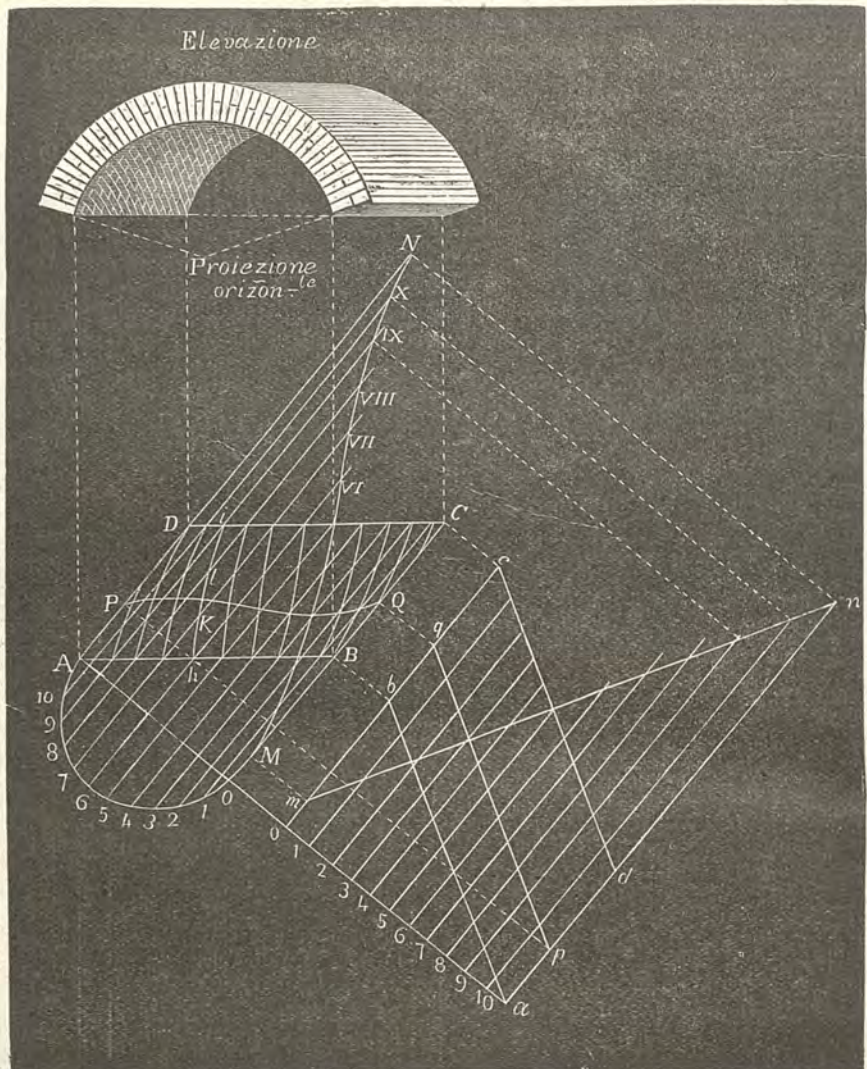


Fig. 869.

modo analogo si trova la proiezione orizzontale SP della linea di giunto longitudinale sull'estradosso.

Il giunto longitudinale nella sua vera forma si può avere col ribattere il piano $OO'V'$ facendolo rotare attorno alla sua traccia orizzontale OO' .

Nella fig. 868 si è rappresentata la struttura di un arco obliquo coi materiali disposti nel modo ultimo accennato. Da questa figura si rileva come anche questa disposizione presenti dei gravi inconvenienti. I giunti si presentano sulle fronti con direzioni sconvenientissime, per cui la fronte si presenta assai male, e di più si è portati a fuggire i materiali con angoli molto acuti.

Il miglior partito è certamente quello di tenere i giunti normali all'intradosso seguendo una disposizione (fig. 869) analoga a quella comunemente adottata per le grandi arcate oblique, cioè facendo in modo che le linee dei giunti longitudinali sull'intradosso seguano delle eliche così dirette da colpire normalmente i piani di fronte e che le linee dei giunti trasversali assecondino delle eliche dirette normalmente alle prime.

Sviluppando la superficie d'intradosso le eliche longitudinali si disporranno secondo rette perpendicolari alle corde delle sinusoidi; sviluppi delle curve di testa dell'intradosso. Quest'osservazione indica la via da seguirsi per tracciare quelle eliche. Praticamente basterà segnarne alcune e si potrà procedere a questo modo:

Sia $A B C D$ la proiezione orizzontale della superficie d'intradosso. Supposto che lo sviluppo si compia attorno alla retta d'imposta BC trasportata parallelamente in ba , si segni la ad sviluppo dell'altra linea d'imposta col prendere oa uguale allo sviluppo dell'arco ellittico $A . 10 . 9 \dots 1 . 0$, sezione retta del nostro arco. Si tirino le due rette bc, cd , che saranno le corde delle sinusoidi di testa. Una perpendicolare qualunque mn alle corde delle sinusoidi rappresenterà lo sviluppo di un'elica dell'intradosso che soddisfa alle condizioni di ferire normalmente la fronte dell'arco.

Facilmente coi metodi della geometria descrittiva si otterrà la proiezione orizzontale MN dell'elica. La MN sarà adunque una linea di guida per i giunti longitudinali. Le proiezioni orizzontali di altre curve d'intradosso si otterranno facilmente osservando che non sono altro che porzioni della stessa elica MN trasportata parallelamente a sè stessa. Così per avere la porzione passante per h basterà portare la vi h da vii in k , da $viii$ in l , da ix in i . La curva $h k l i$ sarà la proiezione orizzontale d'un'altra linea di giunto sull'intradosso.

Una retta come $p q$ parallela alle cd e ba rappresenterà lo sviluppo d'un'elica trasversale, che soddisfa alle condizioni di essere normale alle eliche longitudinali ora tracciate. Dallo sviluppo $p q$ facilmente si passerà alla proiezione orizzontale $P Q$. La $P Q$ sarà dunque una linea di guida per i giunti trasversali. Facendo un'osservazione analoga a quella fatta per passare dalla MN alla ih si potrebbero tracciare altre linee di giunti trasversali.

Dalle proiezioni orizzontali delle linee di giunti longitudinali e trasversali non vi ha nessuna difficoltà per passare alle proiezioni verticali.

Il secondo caso dell'arco cilindrico obliquo cioè quello in cui le generatrici sono oblique al piano di fronte, ma contenute in un piano verticale perpendicolare al piano di testa, si trova rappresentato nella fig. 870.

Quest'arco si presenta come un arco cilindrico retto il quale abbia subito una rotazione attorno ad un asse orizzontale parallelo alle fronti. I giunti trasversali risultano come nell'arco retto normali alle generatrici. In questo caso si ha l'inconveniente che i conci presentanti una loro superficie sui piani di testa hanno un angolo diedro acuto, e quando fosse per risultare molto acuto è bene praticare una smussatura.

Nel terzo caso cioè quando le generatrici non sono contenute nè in un piano orizzontale nè in un piano verticale perpendicolare al piano di testa, l'arco si presenta come l'arco cilindrico obliquo del secondo caso, il quale abbia subito una rotazione intorno ad un asse verticale.

In tutti i casi esaminati dell'arco cilindrico le superficie di fronte dell'arco sono piane; si dà però qualche esempio in cui queste superficie non sono piane ma bensì superficie cilindriche a generatrici verticali. Ciò si verifica, per es., negli archi lanciati fra pilastri o colonne erette sui vertici di un poligono regolare, quando questi archi devono sopportare un tamburo cilindrico sottostante ad una cupola (fig. 871).

Evidentemente gli archi così foggiate sono tanto meno resistenti quanto più la superficie di fronte si scosta dall'essere piana; bisogna perciò procurare di far nascere degli opportuni contrasti, collegando per bene quegli archi con altre parti dell'edificio.

Archi conici e conoidici. — Si dicono conici quegli archi che hanno per superficie d'intradosso una porzione di superficie conica, e che servono a coprire aree trapezie. Nella fig. 872 è rappresentato un arco conico avente per sezione retta della superficie di intradosso una semicirconferenza. Il trapezio $A B C D$ è la proiezione orizzontale della superficie d'intradosso. $A D, A' D'$; $B C, B' C'$ sono le linee d'imposta sui piedritti.

Nell'intersezione O, O' dei prolungamenti delle linee d'imposta si ha il vertice della superficie conica alla quale appartiene l'intradosso dell'arco. Questa superficie può intendersi generata da una retta la quale, avendo per posizione iniziale le $AO, A'O'$, scorre sulla semicirconferenza $DC, D'G'C'$ passando costantemente per O, O' . La superficie così generata sarà evidentemente limitata sul piano di fronte anteriore da un'altra semicirconferenza $AB, A'H'B'$. Se $D'G'C'$ fosse una mezza ellisse, anche la $AH'B'$ sarebbe una semiellisse. Anche qui per evitare la spinta nel vuoto conviene che i giunti risultino

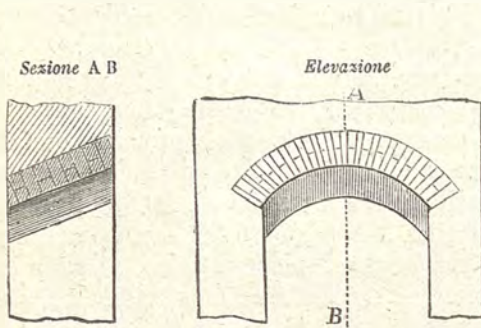


Fig. 870.

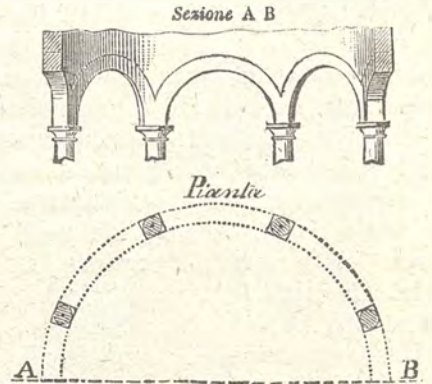


Fig. 871.

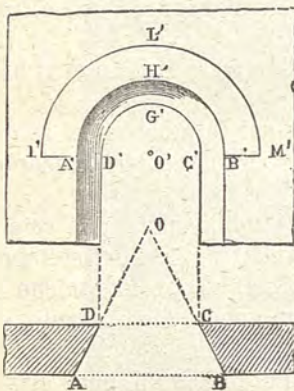


Fig. 872.

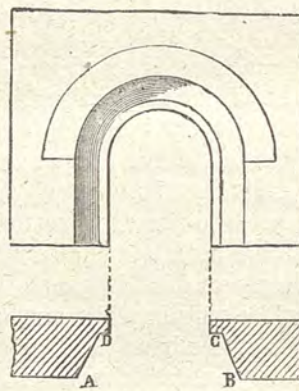


Fig. 873.

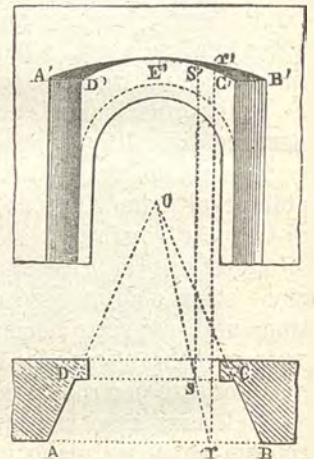


Fig. 874.

normali alle fronti, ciò che si ottiene scegliendo per linee dei giunti longitudinali, le linee d'intersezione coll'intradosso del piano passante per la perpendicolare alle fronti condotta dal vertice O, O' . L'estradosso può essere una superficie conica parallela a quella d'intradosso, oppure una superficie cilindrica proiettata verticalmente nel semicerchio $I'L'M'$.

Nella fig. 873 si è rappresentato un arco conico con mazzetta, battuta e sguancio, per una finestra o porta. Di esso si è già trattato (v. fig. 766), e si disse anzi del modo con cui deve eseguirsi il serramento di chiusura, il quale non può aprirsi per tutta l'altezza della luce girandolo su asse verticale. Per ottenere ciò bisogna ricorrere all'arco conoidico com'è rappresentato nella fig. 874 che è la stessa fig. 766 della pag. 447.

Gli archi conoidici sono quelli in cui la superficie d'intradosso è porzione delle superficie dette conoidi, le quali sono generate da una retta che si muove parallelamente ad un piano, appoggiandosi ad una perpendicolare a questo piano e ad una curva piana, il cui piano sia perpendicolare al piano fisso.

Così per coprire il trapezio ABCD (fig. 874) in modo che le imposte si possano aprire, si segnerà sul piano della battuta l'arco D'E'C' in modo che i suoi estremi D', C' siano allo stesso livello, o meglio di qualche centimetro più alto del punto culminante della battuta. Si suporrà la superficie d'intradosso generata da una retta orizzontale, avente per posizione iniziale la AD, A'D', la quale scorra sull'arco D'E'C' toccando costantemente la retta verticale proiettata orizzontalmente in O, intersezione dei due sguanci.

La curva d'intersezione dell'intradosso col piano anteriore di fronte si proietta orizzontalmente in AB: la proiezione verticale A'E'B' si trova per punti. Così per trovare la proiezione verticale di quel punto che proiettasi orizzontalmente in r basta segnare la proiezione orizzontale rO della generatrice passante per r, innalzare la verticale su s e dal punto s' d'incontro coll'arco C'D' tirare la orizzontale, la quale incontrerà sul punto cercato r' la verticale innalzata da r.

Grossezze degli archi di mattoni. — Nelle costruzioni ordinarie gli archi in mattoni che si costruiscono nei muri d'ambito e nei muri intermedi, e che non devono essere soggetti a grandi carichi, hanno in generale le seguenti grossezze:

Tabella LXII. — Grossezze ordinarie degli archi di mattoni.

CORDA	GROSSEZZA DELL'ARCO	
	a tutto sesto	a sesto ribassato
< 2 metri	m. 0,24 circa	m. 0,37 circa
m. 2,00 ÷ 3,00	» 0,37 »	» 0,50 »
» 3,00 ÷ 5,50	» 0,50 »	» 0,62 »
» 5,50 ÷ 8,00	» 0,62 »	» 0,75 »

Agli archi ribassati si dà fino a 10 metri di ampiezza, una saetta non minore di $\frac{1}{12}$ dell'ampiezza. A quelli da 10 a 20 metri di ampiezza una saetta non minore di $\frac{1}{10}$ dell'ampiezza. Gli archi ribassati che hanno la corda uguale al raggio si chiamano *archi scemi a pieno centro* (fig. 875).

Direzione dei giunti. — Si è già detto che negli archi circolari i giunti sono diretti secondo le normali alla linea d'intradosso ossia al centro dell'arco, a meno che l'arco

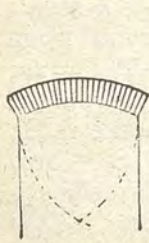


Fig. 875.

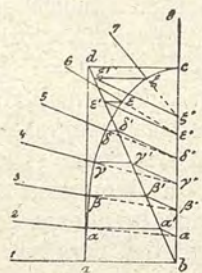


Fig. 876.

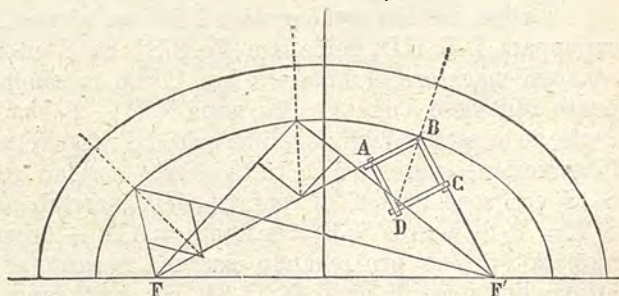


Fig. 877. — Tracciamento pratico dei giunti di un arco ellittico.

sia molto ribassato, tanto da avvicinarsi molto alla piattabanda, nel qual caso i mattoni si potranno disporre come per le piattabande. Per gli archi ellittici i giunti sono pure diretti secondo le normali alla curva, e già si disse come il relativo tracciamento procuri qualche difficoltà. L'ing. Maurizio d'Ocagne ha suggerito un metodo per semplificare tale tracciamento (v. *Annales des Ponts et chaussées*).

Si conducono (fig. 876) ad e dc parallele a bc e ab e si unisce b con d : dai punti di divisione dell'ellisse $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots$ si conducono le perpendicolari a bc che incontrano la bd in $\alpha', \beta', \gamma', \delta', \dots$. Da questi punti si conducono le perpendicolari alla diagonale ac

(non disegnata in figura) fino ad incontrare bc in $\alpha'', \beta'', \gamma'', \delta''$ Unendo α'' con α , β'' con β e così via, i prolungamenti $\alpha 1, \alpha 2, \beta 3$, ecc. saranno le direzioni dei giunti.

Un metodo semplice e pratico per segnare i giunti dell'elisse tracciato col metodo della funicella è il seguente, suggerito dall'architetto Deyris. Si costruisca (fig. 877) con quattro asticciuole un rombo $ABCD$ snodato per mezzo di quattro perni ad occhiello: e in tre occhielli si faccia passare il filo FBF' che serve a tracciare l'elisse: nel movimento del filo i due lati AB, BC del rombo si dispongono secondo le direzioni dei due rami FB, BF' del filo stesso e se si unisce il vertice B coincidente col punto B della curva, col vertice opposto D del rombo, si ha la bisettrice BD dell'angolo formato dai due rami del filo, bisettrice che dà la direzione del giunto. Un piccolo cordone elastico teso fra i vertici B e D darà la direzione del giunto in qualsiasi punto della curva ellittica.

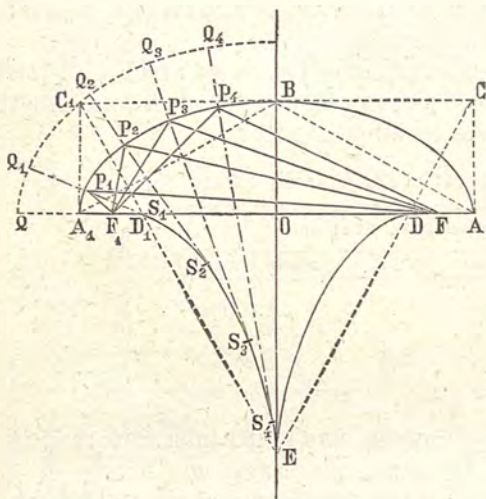


Fig. 878.

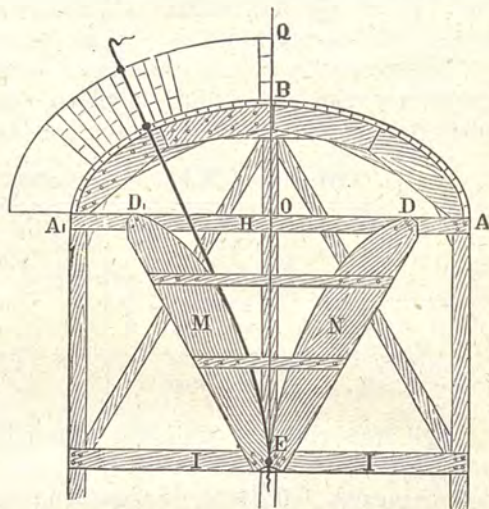


Fig. 879.

Fig. 878 e 879. — Tracciamento dei giunti per gli archi elettici secondo il metodo Morre.

Un altro metodo assai pratico è dovuto al prof. Morre ed è basato sull'uso della sviluppata DE, ED_1 dell'elisse (fig. 878). Se F ed F_1 sono i fuochi ed a e b sono i semiassi maggiore e minore si ha: 1° che la somma dei raggi vettori per qualunque punto dell'elisse è uguale a $2a$, ossia $P_1F_1 + P_1F = P_2F_1 + P_2F = P_3F_1 + P_3F = 2a$; 2° che le bisettrici degli angoli formati dai raggi vettori sono normali alla curva; 3° che l'intersezione successiva di tutte queste normali genera la sviluppata; 4° che se S_1, S_2, S_3 ecc. sono i punti di contatto delle normali colla sviluppata si ha $P_1S_1 + \text{arco } S_1E = P_2S_2 + \text{arco } S_2E = \text{costante} = AD_1 + \text{arco } D_1E$ (lunghezza totale della sviluppata); 5° che prolungando ciascuna normale di una lunghezza costante A_1Q si ottiene una serie di punti Q_1, Q_2, Q_3 , ecc. posti sopra un'elissi parallela alla primitiva; 6° che essendo $A_1D_1 = \frac{b^2}{a}$ e $BE = \frac{a^2}{b}$ i punti D_1 e E si possono facilmente determinare tirando la BA_1 e abbassando sopra di essa la perpendicolare che incontrerà l'asse maggiore in D_1 e il prolungamento BO dell'asse minore in E .

Disegnato perciò in iscala l'arco elettico e determinati i punti D_1 ed E e la sviluppata mediante parecchie normali, si costruisce la centina (fig. 879) alla quale si aggiungono i pezzi M ed N tagliati secondo la sviluppata e collocati in modo che lo spigolo curvo di ciascuna passi nei punti $E_1 D$ e D_1 previamente stabiliti sui pezzi H, I , riportandoli in grandezza vera dal disegno in iscala. In E si fissa una funicella ad un chiodo facendovi due nodi: uno in corrispondenza del punto B ed un

altro a una distanza BQ qualunque. Tenendo sempre tesa la corda e in modo che appoggi sulla curva dei pezzi M ed N la direzione della corda sarà quella dei giunti dell'arco.

Negli archi acuti i giunti sono diretti verso 2 punti: il concio che fa da chiave è bene che non sia in muratura di mattoni, perchè i mattoni dovrebbero venire troppo ritagliati: vi si sostituisce piuttosto una chiave di pietra od un pezzo speciale in terracotta (fig. 880).

Se si vuole però eseguire in mattoni anche il vertice dell'arco acuto, si procede a costruire l'arco nel modo solito (fig. 881), finchè il raggio faccia un angolo minore di 45° coll'orizzontale passante pel centro: si divide poscia la mezza ampiezza bc in

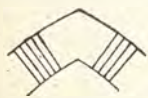


Fig. 880.
Chiave di pietra
in un arco acuto.

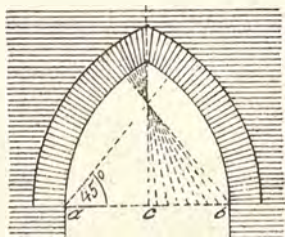


Fig. 881. — Arco acuto
con chiave in mattoni.

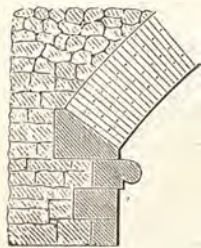


Fig. 882.

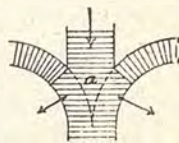


Fig. 883.

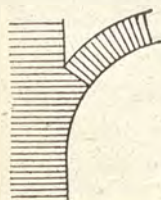


Fig. 884.

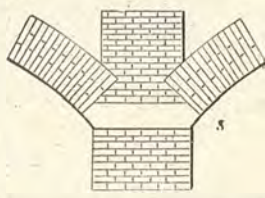


Fig. 885.

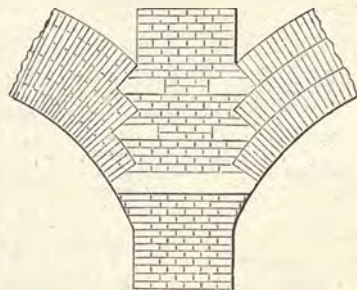


Fig. 886.

Fig. 882 a 886. — Impostatura degli archi.

un numero di parti uguale al numero delle commessure che si possono fare fino al vertice più una, e si tirano dalle divisioni le direzioni delle commessure com'è indicato nella figura.

Impostatura degli archi. — Nelle costruzioni stradali gli archi e le vòlte si impostano sui piedritti secondo un piano normale alla superficie di intradosso (fig. 882). Questa disposizione si adotta anche nelle costruzioni civili; però in molti casi, e specialmente quando si hanno due archi o vòlte opposte che si impostano sopra un unico piedritto, si ha l'inconveniente di ottenere una piccola base di appoggio per il muro sovrastante, per cui ne possono conseguire degli strapiombi dannosi e oltre ciò si è costretti di costruire gli archi o le vòlte di un piano prima di elevare i muri del piano successivo. Così, per esempio, accadrebbe quando due archi opposti si impostassero come è indicato con linea punteggiata nella fig. 883, nel qual caso poi si vede come il cuneo di muratura a tenderebbe a spingere gli archi secondo le frecce e ad allontanarli l'uno dall'altro. In tal caso l'impostatura si deve fare come nella fig. 884, colla quale disposizione si ottiene non solo il vantaggio di poter costruire i muri dei vari piani prima di fare le vòlte, ma anche quello di diminuire di alquanto la corda dell'arco o della vòlta.

Nella fig. 885 si è rappresentata un'impostatura che può convenire per gli archi di grande grossezza: il lastrone s occupa tutto il piedritto, e colle sue sporgenze viene

a formare i peducci degli archi. Quando si voglia un'eccellente impostatura per archi o vòlto di grande grossezza, conviene di adottare parecchi peducci, come risulta dalla fig. 886. Con questa disposizione i materiali costituenti il vòlto si possono intrecciare e disporre come si vede dalla parte di sinistra, oppure disporre come si trova indicato nella parte destra della figura, cioè facendo in modo che ne risultino tante arcate concentriche e fra loro indipendenti.

Chiavi in ferro. — L'arco e il vòlto esercitano sui piedritti, oltre alle pressioni verticali, delle spinte orizzontali, che sono tanto maggiori quanto maggiore è il sovraccarico nell'arco o nel vòlto e minore il rapporto fra la saetta e la corda. Queste spinte si vincono o coll'assegnare grandi dimensioni ai piedritti, oppure con chiavi di ferro convenientemente disposte e collegate ai piedritti.

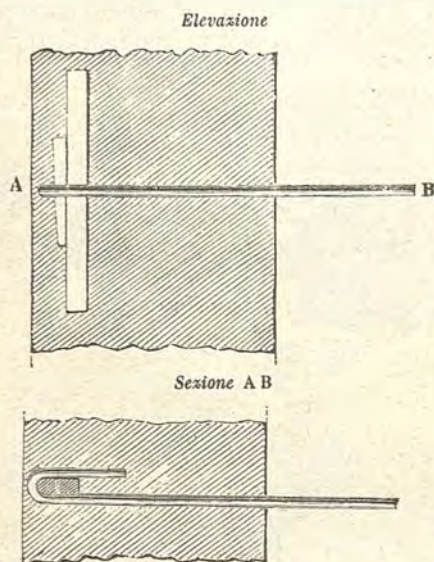


Fig. 887.

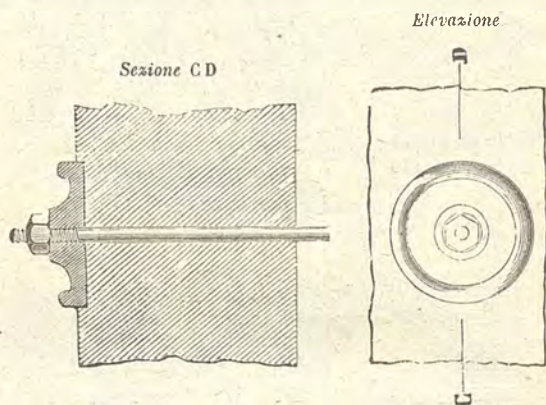


Fig. 888.

Fig. 887 e 888. — Teste di chiavi in ferro per archi.

Nelle costruzioni stradali raramente si ricorre alle chiavi preferendo rinforzare i piedritti: nelle costruzioni civili invece, tornando di solito più conveniente sia dal lato economico, sia dal lato estetico di non dare grandi dimensioni ai piedritti, si ricorre al sistema delle chiavi. Perchè da queste si ottenga il massimo effetto bisognerebbe collocarle nei punti di massima spinta, e quindi in prossimità dell'imposta. Ma siccome disponendole in tal modo non produrrebbero in generale un bell'aspetto e potrebbero anche riuscire d'ingombro, così si preferisce nasconderele nella massa del vòlto collocandole normalmente ai piedritti ed in piani orizzontali elevati di qualche centimetro sopra il punto culminante dell'intradosso.

Le chiavi apparenti si formano ordinariamente con ferri cilindrici: le loro estremità si foggiano come risulta dalle fig. 887 e 888 collegandole ai piedritti con bolzoni o zeppe (fig. 887), o con piastre in ghisa e dadi a chiocciola (fig. 888). Queste piastre sono sovente sostituite da piastre di ferro lavorate (fig. 889). Per le chiavi nascoste si scelgono ordinariamente ferri a sezione rettangolare la cui estremità è ripiegata ad occhio, nel quale si fa passare il bolzone. La chiave viene poi messa in tensione mediante biette a cuneo che si introducono a forza nell'occhio della chiave centro il bolzone. I bolzoni nel caso di chiavi nascoste diventano sempre molto lunghi, e perchè la loro azione sia veramente efficace, ossia perchè maggiore sia il solido di muro che resista alla tensione della chiave, che tende a rovesciare all'indietro la parte di muro che corrisponde al bolzone, si muniscono di controbolzone *c* (fig. 890). Nella fig. 891 si è indicata la posizione della chiave nascosta coi suoi bolzoni in un arco ribassato e



Fig. 889. — Testa lavorata per chiave d'arco.

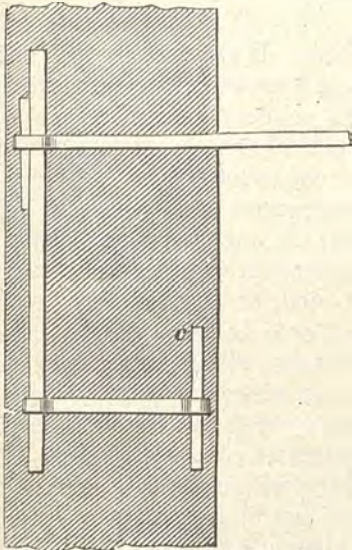


Fig. 890. — Chiave e chiavetta.

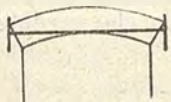


Fig. 891.

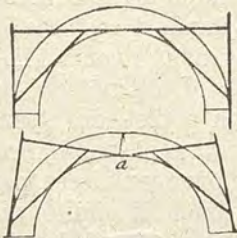


Fig. 892.

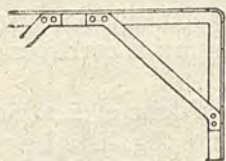


Fig. 893

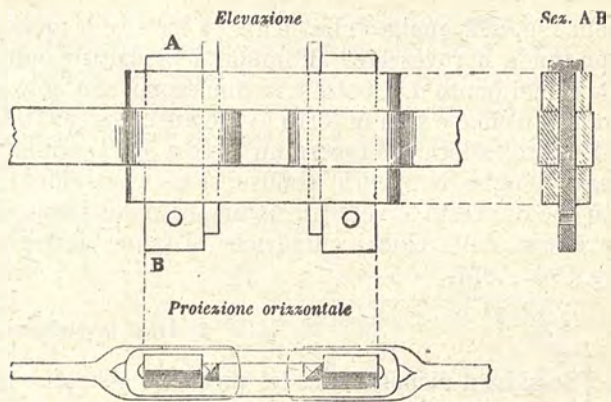


Fig. 894

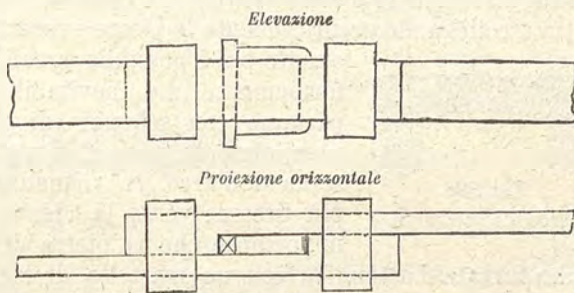


Fig. 895.

Fig. 894 e 895. — Unioni per chiavi di ferro a sezione rettangolare.

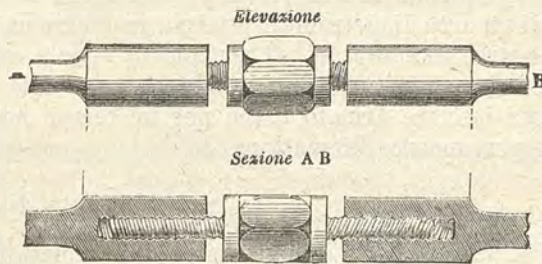


Fig. 896.

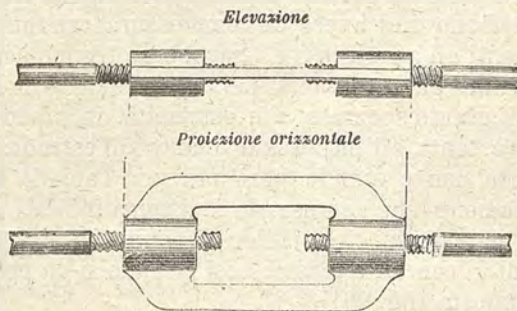


Fig. 897.

Fig. 896 e 897. — Unioni di chiavi in ferro a sezione circolare.

nella fig. 892 quella della chiave in un arco a pieno centro. Perchè la spinta dell'arco non tenda a rovesciare all'infuori i piedritti e quindi a piegare il tirante e a spezzare l'arco nel punto α , i bolzoni si riuniscono non solo alla chiave mediante saette, ma il tirante o chiave si fa di ferro a T o ad L (fig. 893). Quando l'ampiezza dell'arco è molto rilevante, allora si adopera un ferro a T. Se poi le chiavi di sezione rettangolare sono tanto lunghe da doverle riunire, si usano le unioni rappresentate nelle fig. 894 e 895, ciò che del resto si vede anche meglio nel capitolo che tratta dei lavori in ferro. Così le unioni delle chiavi cilindriche si fanno abitualmente come è rappresentato nelle fig. 896 e 897.

β) Archi in pietrame.

Se si ha a disposizione del pietrame a strati o in forma di ardesie, che sia suscettibile di facile preparazione col martello e lo scalpello, si possono anche chiudere bene con tal materiale le piccole aperture. I corsi si devono collocare normalmente all'armatura, collegando accuratamente le pietre e facendo in modo che le commessure siano



Fig. 898.

Arco di pietrame.

quanto più è possibile eguali, perchè l'arco possa assettarsi uniformemente. Le inevitabili commessure mal chiuse si inzeperanno con schegge di pietra. È anche da osservarsi che possibilmente parecchie pietre siano grosse quanta è la grossezza dell'arco. In vicinanza ai piedritti si adoperano le pietre più grosse; verso la chiave dell'arco le più piccole. È assai importante che la pietra di serraglia chiuda bene; può essere anche forzata battendola con un martello di legno. Le pietre vengono o collocate in malta durante la costruzione dell'arco, oppure stuccate con malta dopo che le pietre sono state collocate a secco. Il riempimento degli interstizi colla malta deve essere fatto molto accuratamente, perchè la sabbia più pesante facilmente si separa dall'impasto e cadendo in basso toglie l'uniformità di resistenza ai giunti.

Ad un arco di pietrame si assegna grossezza un po' maggiore di quella che si darebbe ad un arco in muratura di mattoni di eguale ampiezza. Le commessure si tengono concentriche (fig. 898). In causa della grossezza e dell'irregolarità di queste ultime, bisogna lasciare armato l'arco per un tempo maggiore di quello che sarebbe necessario per un arco di mattoni.

γ) Archi in pietra da taglio.

Piattabande. — Le commessure di una piattabanda in pietra da taglio sono meglio dirette verso tre centri (fig. 900) che verso uno (fig. 899), evitandosi così che i conci presso i piedritti abbiano a presentare angolo troppo acuto (fig. 899). I conci d'imposta non debbono mai avere la commessura orizzontale sulla linea d'imposta ab , perchè altrimenti gli angoli in a e b sarebbero troppo acuti e gli spigoli potrebbero spezzarsi. Per evitare gli angoli acuti nei conci dell'arco, a destra della figura, si sono indicate le linee di giunto spezzate alle estremità, in modo che l'ultima porzione riesce perpendicolare tanto all'intradosso quanto all'estradosso. L'ultima linea di giunto verso il piedritto non passando però più per l'angolo b , la divisione dei giunti dovrà farsi diversamente che non usando il sistema indicato a sinistra della figura, e i conci riusciranno un po' più stretti. Per diminuire la portata si fanno opportunamente sporgere alquanto i conci d'imposta: così facendo si ha però una commessura in corrispondenza dell'imposta (fig. 901).

Per collegare le pietre dell'arco si può servirsi anche di caviglie o di arpioni in forma di Z che si devono collocare normalmente al piano di giunto (fig. 900). Le piattabande vengono sovente adoperate per simulare grandi architravi ed allora i giunti non

possono più essere inclinati sulle fronti esterne, onde le commessure si fanno verticali sulle fronti, ma i loro piani non sono larghi quanto la grossezza dell'arco, bensì rientrano soltanto di 10-15 cm. e dopo il piano di giunto si cambia in piano inclinato. Nella fig. 901 *a* è rappresentata la pianta di un simile architrave e nella fig. 901 *b* uno dei conci in prospettiva. Si fanno anche architravi con conci ad orecchione o ad uncino (fig. 902 *a*): il concio di chiave non deve però mai essere ritagliato ad uncino. La

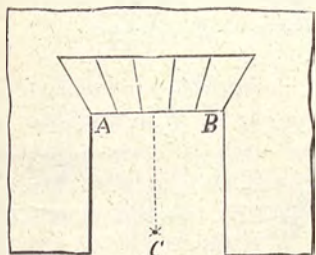


Fig. 899.

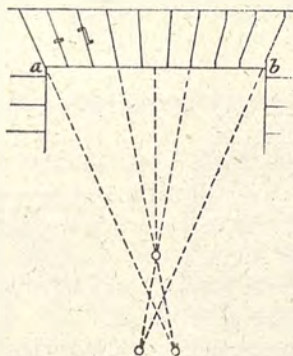


Fig. 900. — Piattabanda in pietra da taglio.

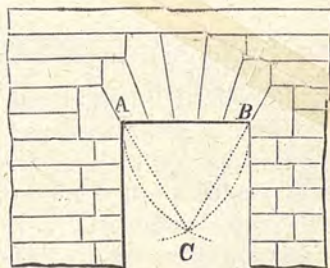


Fig. 903.

Fig. 901.

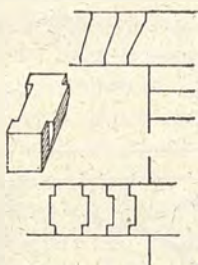


Fig. 901 a.

Fig. 902 a.

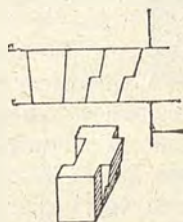


Fig. 902 b.

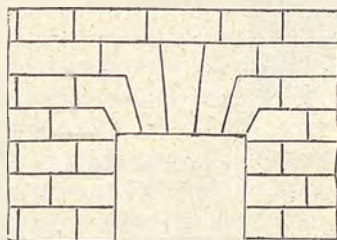


Fig. 904.

fig. 902 *b* mostra un concio con orecchio nascosto e linee di giunto nelle fronti verticali. Queste forme artificiali dei pezzi di vivo non sono da raccomandarsi, perchè il ritaglio ad orecchio ben di rado viene lavorato dagli operai con precisione sufficiente, onde l'unione dei singoli pezzi non riesce perfetta, dando così luogo a probabilità di rotture. Nelle fig. 903 e 904 si sono rappresentate due maniere di collegamento dei conci della piattabanda con quelli orizzontali della muratura nella quale è costruita la piattabanda. Il sistema della fig. 904 presenta l'inconveniente che se per avventura si verifica un piccolo cedimento nella piattabanda od anche nella muratura del piedritto, i conci della piattabanda possono fendersi in corrispondenza dell'angolo inferiore formato dalla loro parte inclinata e da quella risvoltata orizzontale.

Archi cilindrici retti ed obliqui. — Quello che si è detto relativamente alla forma e al tracciamento dei giunti per gli archi cilindrici di mattoni vale anche per quelli in pietra conca. Nella fig. 905 è rappresentato un arco cilindrico retto di pietra a pieno centro in una muratura di mattoni. In esso i conci sono tutti di uguale larghezza; qualche volta però la chiave si fa più larga e viene decorata come già si è visto per gli archi di mattoni. La fig. 905 *b* rappresenta la proiezione della superficie d'intradosso vista dal basso all'alto e serve a mostrare le intersezioni dei piani di giunto tanto normali alle fronti quanto paralleli alle fronti medesime. L'arco cilindrico è in questo caso estradossato con superficie parallela a quella d'intradosso: ma se questo si può

fare senza pregiudizio alcuno quando la muratura circostante all'arco è di cotto, non lo si può fare senza inconvenienti quando tale muratura è anche di pietra.

In antico ed anche ora, per gli archivolti (fig. 906) si usa di tenere parallele le due superficie di intradosso ed estradosso: ciò che presenta lo svantaggio di conci aventi angoli molto acuti nei conci orizzontali prossimi alla sommità dell'arco. È perciò conveniente di collegare almeno i conci dell'arco alla sommità coi conci dei filari orizzontali

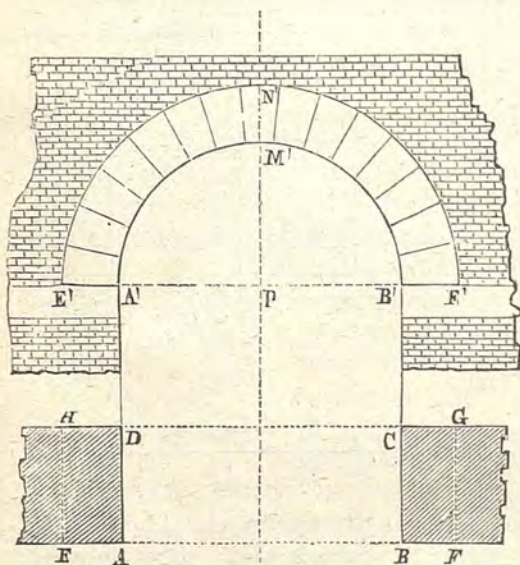


Fig. 905 a.



Fig. 905 b.

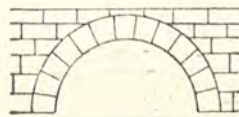


Fig. 906.

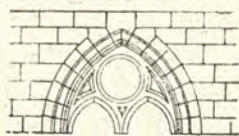


Fig. 907.

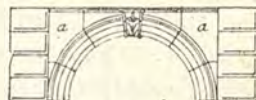


Fig. 908.



Fig. 909.

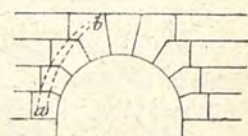


Fig. 910.

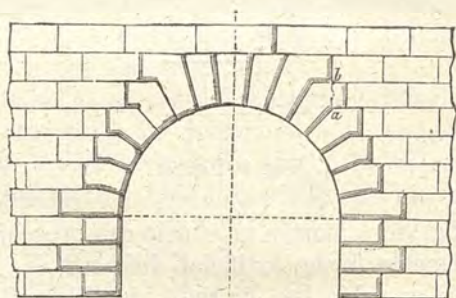


Fig. 911.

del muro (fig. 907). Negli archivolti che stanno tra due pilastri il taglio delle pietre si eseguisce come nella fig. 908, dove i conci *a* alle reni si sogliono fare solo di lastre sottili, mentre i pezzi d'angolo alle reni dell'archivolto si fanno sempre grossi quanto l'arco. Il più delle volte l'arco si estradossa a risalti addentellando tutti i pezzi dell'arco colla bugnatura del muro, ciò che presenta qualche difficoltà, perchè da una parte i filari del muro sono tutti alti egualmente e dall'altra i pezzi dell'arco devono presentare una larghezza uniforme verso l'intradosso. È condizione principale che la linea punteggiata *ab* (fig. 909), che unisce tutti i vertici degli angoli di risvolta dei pezzi, sia una curva continua od anche una retta. Se questa condizione non è soddisfatta la bugnatura non presenta un bell'aspetto. Del resto l'architetto potrà anche variare leggermente o la larghezza dei giunti o le loro risolve, in modo da ottenere un aspetto soddisfacente dal lato dell'estetica senza compromettere la solidità.

Spesso si trovano applicati anche i cosiddetti *conci ad orecchio* (fig. 910, 911), pei quali vale la regola ora detta, ma la cui applicazione si deve possibilmente evitare,

perchè se il lavoro non è esattissimo, oppure se avviene qualche cedimento, gli orecchi possono spezzarsi secondo la linea *ab* (fig. 911).

Direzione dei giunti e chiavi di ferro. — Anche riguardo a questo argomento vale quello che si è detto per gli archi di mattoni. Si aggiunge però che oltre agli arpioni di cui si è già detto per le piattabande, queste, allorchè devono sostituire o formare architravi di una certa importanza, vengono armate con tiranti di ferro e con bolzoni infissi nelle spalle dell'apertura, o nei pilastri o colonne che sostengono le successive piattabande.

δ) Chiusura superiore delle aperture di porte e finestre.

Per le porte e finestre di luce rettangolare è inevitabile applicare le piattabande; esse vanno tuttavia quasi sempre soggette a fessure, se anche si è disposto al disopra un arco di scarico, al quale la piattabanda è sospesa se la portata è un po' rilevante. Ciò si eseguisce praticamente formando la piattabanda di due parti che s'impostano nel mezzo contro una pietra, la quale è solidamente sospesa all'arco superiore di scarico mediante tirante e piastra di ghisa (fig. 912). Se la piattabanda è di una certa altezza, allora al cuneo di pietra se ne può sostituire uno di muratura a strati orizzontali. Spesso si sostiene anche in simile guisa una piattabanda unica, cioè non composta come quella rappresentata nella fig. 912 di due parti. Lo spazio intermedio fra i due archi viene poi chiuso a raso con mattoni in costa.

Ordinariamente le porte e le finestre sono provviste di mazzetta e di strombatura o sguancio. Se l'architrave è in piano orizzontale e non vi è strombatura laterale, la costruzione si presenta facilissima (fig. 913 *a* e *b*). Se invece internamente l'architrave è ad arco scemo, allora mentre esternamente l'intradosso deve tenersi orizzontale, bisogna che l'estradosso sia curvo, onde bisogna collegare i due archi, ciò che presenta qualche difficoltà (fig. 914). L'arco interno si incomincia 4 cm. sopra lo spigolo inferiore dell'arco esterno e gli si dà una monta di 11 cm., cosicchè il segmento formante battuta ha un'altezza di 15 cm. Tale altezza non si può prenderla maggiore, perchè altrimenti i mattoni di mezzo della piattabanda si incastrebbero nella volta interna meno di 10 cm. e quindi non sarebbero abbastanza collegati. Il sistema di applicare una tavola di legno come soffitto all'architrave interno della finestra, ciò che facilita il collocamento dei ganci per i cortinaggi, non si può adottare se non quando la strombatura della finestra abbia un rivestimento in legno come quello delle porte (fig. 918 *a*, *b*).

Se l'apertura è munita di sguancio, ossia le sue spalle sono divergenti, come si usa nei grossi muri di facciata e specialmente nelle finestre di sotterraneo, si richiede molto lavoro di ritaglio dei mattoni per formare le spalle.

L'esecuzione della copertura, sia a piattabanda, sia ad arco molto ribassato, richiede cura speciale, dovendo la volta essere fatta a risalti (fig. 915 *a*, *b*, *c*). Sarebbe un errore lo svasare anche l'arco verso l'interno, perchè, specialmente in prossimità dei piedritti, verrebbe ad essere costituito per la maggior parte da mattoni ritagliati.

Le finestre bifore, con un pilastro sottile nel mezzo, si scaricano facilmente con un grande arco (fig. 916). Anche adoperando pietra da taglio, gli sguanci si fanno sempre in mattoni, oppure di pietrame, quando nei paesi in cui si costruisce abbondano le pietre. Generalmente si ha un rivestimento esterno in lastre di pietra contro il quale si appoggiano gli stipiti o spalle in pietra viva, e la parete interna vien fatta in laterizi (fig. 917). Se il muro dovesse constare per tutta la sua grossezza di pietra da taglio, ciò che avviene in rari casi, si devono combinare le pareti divergenti della strombatura e gli archi dell'architrave, valendosi della stereotomia, alla quale si dovrà pure ricorrere quando la parte superiore della finestra è a volta conica o conoidica, come si è già visto per le fig. 872, 873, 874. Con costruzione mista, cioè coi contorni delle porte e

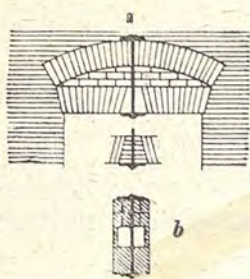


Fig. 912 a, b. — Piattabanda collegata al sordino.

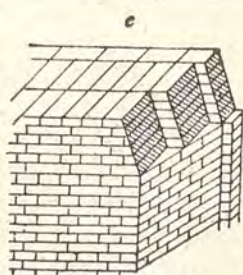
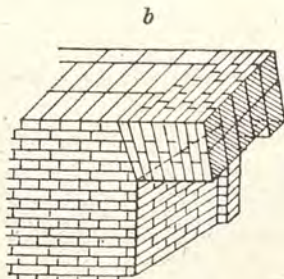
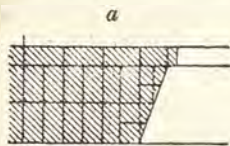


Fig. 915 a, b, c.

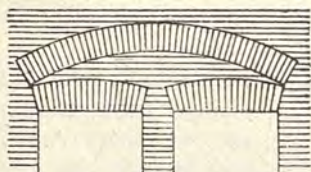


Fig. 916. — Arco di scarico per finestra bifora.

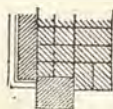


Fig. 917.



Fig. 918 a, b. — Finestra con architrave di pietra e sovrastante arco di scarico.

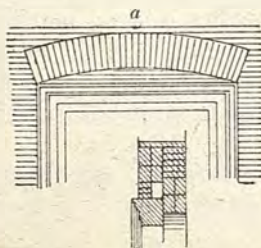


Fig. 919 a, b. — Finestra con contrarco in pietra e arco di scarico.

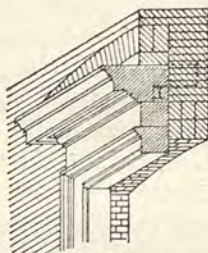


Fig. 920. — Arco di scarico per il cappello di una finestra.

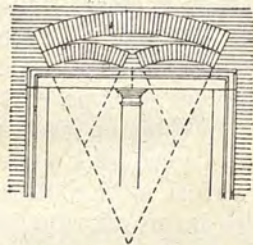


Fig. 921. — Bifora con architrave di pietra e sovrastanti archi di scarico.

finestre in pietra da taglio e pareti intonacate o a pietra viva, oppure di pietrame o di mattoni, bisogna aver molta cura di scaricare gli architravi e le cornici sovrapposte (fig. 918 a, b e 919 a, b).

Il cappello, o architrave dell'apertura, deve sempre constare di un sol pezzo. Se anche in un sol pezzo sono il fregio e la cimasa (fig. 920), si usa di scaricarlo mediante un sordino che si imposti sul vivo delle spalle della muratura in cui è ricavata l'apertura, od anche meglio alquanto più al di là di tale vivo. L'intervallo tra l'arco e la pietra da taglio si lascia vuoto più a lungo che sia possibile, onde lasciare che la muratura soprastante al sordino si assetti completamente e non dia luogo, in causa dell'assetto, a rottura dei pezzi formanti architrave e fregio. Se invece la cornice

dell'apertura consta di più pezzi, si devono, come già si è detto a pag. 369 per la fig. 579, incastrare più profondamente nel muro i pezzi della cornice e inchiettarli, ed inserire una trave in ferro sulla quale si appoggino. La commessura tra il fregio e le modanature della cornice rimane aperta.

Anche i cappelli di finestre bifore con incorniciatura in vivo (fig. 921) vengono, come per la finestra bifora rappresentata nella fig. 916, scaricati mediante un sordino. È bene però che l'architrave sia formato con due pezzi che vengono a combaciare sulla mezzaria del pilastro.

e) Collegamento delle pietre o dei mattoni negli archi.

La disposizione dei materiali negli archi corrisponde perfettamente a quella già rammentata pei pilastri. In parte venne già anche rappresentata nelle figure 912, 913, 915, 919, 920. Nella fig. 922 sono messe a confronto le disposizioni che si adottano a seconda delle diverse grossezze dei muri. La fig. 923 mostra disposizioni per archi

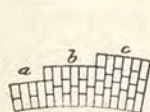


Fig. 922.

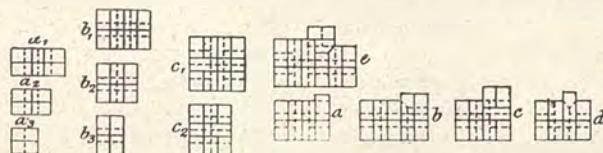


Fig. 923.



Fig. 924.

con mazzette per aperture di porte o finestre. Se nei sotterranei o nel piano terreno devono adottare muri molto grossi, si cerca di risparmiare materiale e spazio coll'uso degli archi ciechi, la cui esecuzione, come risulta dalla fig. 924, non presenta difficoltà. si costruiscono anche per motivi architettonici nelle facciate, nei vestiboli, sulle scale, ecc. come ad esempio per le nicchie.

Per le arcate circolari di piccolo diametro si devono ritagliare, come si è detto, i mattoni a cuneo, quando non si abbiano in tal forma dalla fornace. Questa forma a cuneo ha i suoi limiti: per esempio, trattandosi di mattoni del formato usuale, alla estremità più sottile dovranno avere 43 mm. di grossezza ed il raggio minimo che fornirà l'inclinazione dei lati dei conci sarà:

per un arco di 1 testa di grossezza	. . . . .	cm.	25,1
> 2 teste >	. . . . .	>	53,3
> 3 >	. . . . .	>	79,6

Le piattabande si fanno di mattoni comuni, con commessure cuneiformi. Se si prendono mm. 15 per larghezza massima e mm. 7,5 per minima, il raggio minimo dell'arco si calcola essere:

per la grossezza di 2 teste	. . . . .	m.	2,416
> 3 >	. . . . .	>	3,671
> 4 >	. . . . .	>	4,930

Però si riscontrano delle commessure assai più cuneiformi ancora di quanto si è supposto in questo calcolo. Quando però i mattoni diventano troppo sottili ad una delle estremità, si è costretti di ricorrere agli archi sovrapposti.

d) Grossezza degli archi e dei piedritti.

Molte sono le formole empiriche proposte al riguardo, specialmente per le arcate dei ponticelli e dei ponti, formole che danno risultati poco concordanti e in molte delle quali non è tenuto conto del materiale con cui è costruita l'arcata. Si trova conveniente di non riportare tali formole nè di metterle a confronto, tanto più che qui si considera il caso di arcate ordinarie di fabbricati.

Per le piattabande si è già detto quale grossezza devono avere: si può anche ricorrere alle seguenti formole:

$$g = \frac{1}{14} \left(\frac{c}{2} + 5 \right) \quad x = 3 \left[\frac{\left(\frac{c^2}{2} - s^2 \right)}{2s} \right]$$

in cui:

g = grossezza della piattabanda;

c = distanza fra i piedritti;

x = distanza del punto di concorso delle linee di giunto dall'intradosso.

In generale per gli archi ordinari di mattoni nei muri maestri ed intermedi, di corda non maggiore ai m. 9, si dà alla chiave la seguente grossezza g : (vedi anche tabella LXII).

Tabella LXIII. — Grossezza alla chiave degli archi ordinari di mattoni.

Portata c	Arco semi-circolare	Arco rialzato	Arco ribassato fino alla saetta di $\frac{1}{8}$
fino a m. 1,75	$g = 2$ teste	$g = 1$ testa	$g = 3$ teste
da m. 2 ÷ 3	$g = 3 \div 4$ teste	$g = 2$ teste	$g = 3 \div 4$ teste
da m. 3,50 ÷ 5,75	$g = 4 \div 5$ teste	$g = 3$ teste	$g = 4 \div 5$ teste
da m. 6,00 ÷ 8,50	$g = 5 \div 6$ teste	$g = 3 \div 4$ teste	$g = 5 \div 6$ teste

Si può usare anche le formole $g = 0,24 + br$ in cui r è il raggio d'intradosso alla chiave e $b = \begin{cases} 0,10 & \text{per archi a tutto sesto} \\ 0,07 & \text{per archi di apertura di } 90^\circ \\ 0,05 & \text{per archi di apertura di } 60^\circ. \end{cases}$

Per ampiezze c maggiori ai 9 metri si prende:

$$g = \frac{1}{12} c \div \frac{1}{15} c$$

e per archi semi-circolari o ad arco di circolo ribassati fino a $\frac{1}{3}$:

$$g = m.0,24 + \frac{1}{16} c \text{ per archi di mattoni ordinari}$$

$$g = m.0,24 + \frac{1}{32} c \text{ per archi di pietra concia.}$$

L'Ufficio del Genio Civile Italiano per archi di luce c maggiore di 20 metri usa invece la formola:

$$g = 0,20 + 0,025 c + \frac{c}{f} (0,02 + 0,001 c)$$

in cui f è la saetta dell'arco.

Il Rankine propone le formole:

$$g = \sqrt{0,0364 r} \quad g = \sqrt{0,0521 r}$$

in cui r è il raggio di curvatura al vertice dell'intradosso, e delle quali la prima si riferisce ad un arco circolare e la seconda ad un arco ovale a più centri e ad un'ellisse.

Ai piedritti si assegnano generalmente le seguenti grossezze:

Per archi a pieno centro $\frac{1}{4}$ della corda;

› › rialzati o a sesto acuto $\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$ della corda;

› › ribassati fino alla saetta di $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$ della corda;

› › circolari fino alla saetta di $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$ della corda;

› piattabande $\frac{2}{3}$ della corda.

Per i piedritti delle piattabande che abbiano il giunto d'imposta inclinato di 30° alla verticale si può usare la seguente formola:

$$d = \sqrt{\left(\frac{S}{h}\right)^2 \times \left(\frac{4x}{c} \cdot S\right)} - \frac{S}{h}$$

in cui d = grossezza del piedritto; h = altezza del piedritto dal piano di posa all'intradosso; x = la distanza del punto d'incontro delle linee di giunto d'imposta dall'intradosso; c = la distanza fra i piedritti; S = la superficie del trapezio formante mezza fronte della piattabanda.

Se l'intradosso dell'arco è spianato (fig. 925) si assumerà per la grossezza d dei piedritti quella data dalla seguente formola:

$$d = \frac{c}{8} \left(\frac{3c - f}{c + f} \right) + \frac{1}{6} h + m. 0,3.$$

Facendo $f = nc$ si ha:

$$d = \frac{c}{8} \left(\frac{3 - n}{n + 1} \right) + \frac{1}{6} h + m. 0,3.$$



Fig. 925.

Se il carico verticale sopra i piedritti è molto forte allora le dimensioni date da questa formola si possono sensibilmente diminuire. Ciò accade anche quando un arco è contrastato da un altro arco, ossia quando si tratta di piedritti intermedi dove la spinta di un arco è in tutto od in parte distrutta dalla spinta dell'altro.

Prima di trattare delle volte bisognerebbe dare i necessari cenni sull'armatura o centinatura degli archi e delle arcate: ma siccome essa è simile a quella delle volte, così se ne rimanda la trattazione con quella dell'armatura delle volte.

XI. — VÔLTE

A) Generalità.

Si dice *vòlta* ogni copertura arcuata di uno spazio racchiuso da muri, da arcate od anche da travi in ferro, la quale sia formata con pietre, mattoni od altri materiali, insieme cementati od in altra maniera collegati, in modo che essa si regga nella sua posizione per effetto di una pressione che si verifica tra i singoli elementi che la compongono e per effetto della contropressione eguale ed oppostamente diretta che esercitano gli appoggi, contro i quali viene trasmessa la pressione della vòlta.

Quanto più intima è l'unione della malta coi singoli pezzi tanto minore è la spinta che la vòlta esercita sui piedritti ad indurimento completo: il motivo sta in ciò che in una vòlta eseguita con malta ben indurita si verificano in minima proporzione le deformazioni in seguito al disarmo. Si deve perciò usare la massima cura nella preparazione della malta per le vòlte. Quanto minori sono le commessure in una vòlta e più sottili, tanto più ristretti sono i limiti delle variazioni che si verificano nella spinta della vòlta durante il disarmo.

Le denominazioni delle singole parti delle vòlte sono uguali a quelle corrispondenti degli archi. Si aggiungerà soltanto che *pulvinari* o *peducci* si dicono i cunei che riposano sulla faccia superiore dei piedritti, ossia sulla faccia o superficie d'imposta; *controchiavi* i cunei che racchiudono quelli di chiave o di serraglia; *fianchi* o *reni* della vòlta le parti prossime all'imposta e *rinfianchi* le murature che si aggiungono sopra l'estradosso nei fianchi o reni per caricarle in modo conveniente e controbilanciare l'effetto della spinta che la vòlta genera sui fianchi stessi. Quando i muri d'am-

bito di uno spazio coperto da vólta servono solo a racchiudere detto spazio ma non funzionano come piedritti, tali muri si dicono muri *frontali* o di testa, come si direbbero archi frontali quegli archi di muro che si trovassero in corrispondente posizione.

B) Distinzione delle vólte.

1° Secondo il *materiale* con cui sono costruite, le vólte si distinguono in:

a) *Vólte in pietra da taglio*, apparecchiate con pietre naturali lavorate accuratamente in forma di solidi cuneiformi secondo le regole della stereotomia;

b) *Vólte di pietrame*, formate con pietre naturali informi o gregge oppure semplicemente martellate all'atto medesimo della costruzione;

c) *Vólte di laterizi*, formate con materiali laterizi di qualunque forma e dimensioni;

d) *Vólte di getto*, formate da un monolito costituito per solito di calcestruzzo cementizio;

e) *Vólte miste*, formate con materiali di diversa natura. Fra queste sono da comprendersi quelle in *sidero-cemento* ossia fatte con calcestruzzo cementizio armato di ferro.

Raramente si incontrano nelle fabbriche ordinarie vólte di pietre naturali a motivo del loro grande peso. Le pietre naturali si adoperano più sovente per gli archi e per

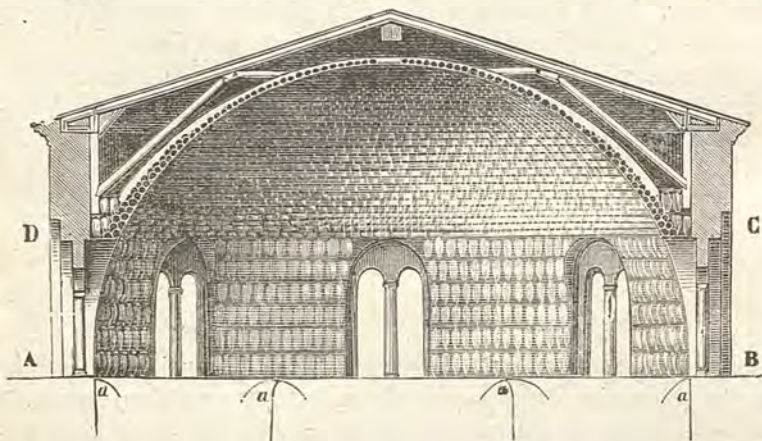


Fig. 926.



Fig. 927. Fig. 928.

le nervature nelle vólte a crociera ed a stella. Però le pietre tufacee leggere si adoperano frequentemente anche per le vólte. Appunto per ottenere la massima leggerezza nella struttura delle volte, si usano di preferenza anche per quelle laterizie i mattoni vuoti e forati, i mattoni porosi e simili. Tale concetto l'avevano anche gli antichi e se ne ha un luminoso e singolare esempio nella cupola del S. Vitale di Ravenna (fig. 926). Essa ha forma emisferica e la circonferenza di base misura ben 107 piedi di diametro. Le rientranze della base in corrispondenza degli angoli dell'ottagono determinato dai piedritti vengono sostenute da piccoli archi *aaa*. Assai singolare è la struttura di questo vólto. La sua parte inferiore, cioè quella compresa fra i due piani orizzontali AB d'imposta e DC sopra gli archi delle finestre, è formata con sei ordini di vasi di terra cotta, aventi forma di anfore, come scorgesi nella figura 927. I vasi di ciascuna fila sono disposti colla loro bocca in alto, ed entrano mediante le loro punte nelle bocche dei vasi della fila sottostante. La parte rimanente del vólto è costituita da vari ordini di vasi, aventi la forma rappresentata nella figura 928, collocati coi loro assi orizzontali, infilati l'uno nell'altro e disposti a mo' di spirale, come si vede nella proiezione orizzontale della figura 929.

Gli ordini inferiori di questa seconda parte si compongono di due file di vasi; gli ordini superiori di una sola fila. Altre file di vasi disposti coi loro assi verticali servono a rinfiancare il vólto. Tutti i detti vasi sono fra loro collegati con un cemento tenacissimo, e le strie a spirale che si osservano su di essi hanno per iscopo di offrire di questo vólto è tale che da dodici secoli non si è ancora smentita.

Con vólto di questo genere è pure coperto il battistero della cattedrale di Ravenna e la chiesa di S. Maria in Porto.

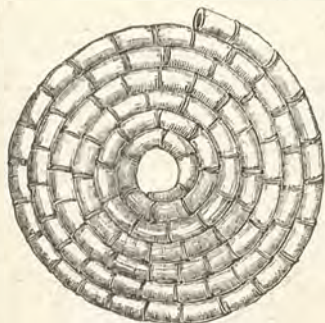


Fig. 929.

Un altro esempio dello stesso genere lo fornisce un'antica porta di Sicilia (fig. 930) la quale è coperta da un arco costituito da tre ordini concentrici di vasi inflati gli uni negli altri.

2° Secondo la loro *grossezza* le vólte si distinguono in:

a) *Vólte sottili*, la cui grossezza non supera la dimensione media del mattone (cm. 12). Queste si adoperano specialmente nelle case civili, nei fabbricati comuni. Vi appartengono le vólte di *quarto* o in *foglio*, le vólte di *mattonetti*, e in generale le vólte di *cemento armato*;

b) *Vólte grosse*, la cui grossezza supera quella media del mattone comune. Queste si usano specialmente nelle costruzioni stradali, ma vengono pure costruite nelle case civili e nei fabbricati ordinari, rurali e industriali per coprire i sotterranei sotto gli androni, o quei locali che devono sopportare grandi carichi.

3° Secondo la loro *forma* le vólte si distinguono in:

a) *Vólte semplici*, nelle quali l'intradosso è costituito da una sola superficie continua, e non presenta perciò nessuno spigolo.

Le vólte semplici si suddividono in

α) *Vólte cilindriche o a botte*, comprendenti:

le vólte *cilindriche rette* o *a botte retta*;

> *a botte rampante* (zoppe e a collo d'oca);

> *cilindriche oblique* o *a botte sbieca*;

β) *Vólte anulari-elicoidali*;

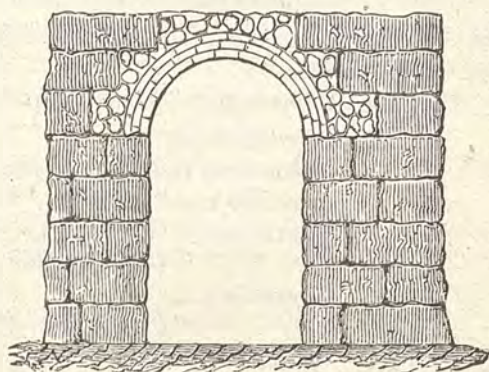
γ) > *coniche e conoidiche* (comprese le vólte *a tromba*);

δ) > *a bacino, a calotta, a cupola semplice* { su base circolare;

> ellittica;

> ovale;

ε) > *a conca*;



particolari dell' arco

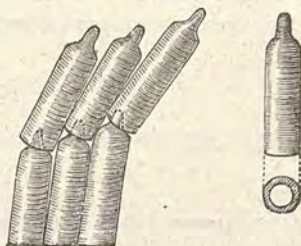


Fig. 930.

- ζ) *Vólte a vela* { sferiche;
 sferoidiche;
 anulari;
 su pianta rettangolare;
 η) > *strombate*.

b) *Vólte composte*, nelle quali l'intradosso risulta dalla combinazione di due o più superficie.

Le *vólte composte* si suddividono in:

- θ) *Vólte a padiglione*;
 ι) > *a botte con teste di padiglione*;
 κ) > *a schifo e volte a schifo con gavetta*;
 λ) > *alla romana* (per scale);
 μ) > *a crociera*.... { con unghie cilindriche;
 > cilindroidiche;
 > sferiche;
 ν) > *gotiche, stellate, reticolate, a ventaglio*;
 ξ) > *lunulate*;
 ο) > *a fascioni*;
 π) > *a cupola semplice e composta*.

a) *Vólte semplici*.

α) *Vólte cilindriche o a botte*.

1. *Generalità*.

La *vólta cilindrica* od a botte, che era conosciuta già nella remota antichità sulle rive dell'Eufrate e in Egitto e che venne adoperata dai Romani con dimensioni che meravigliano, non trova oggi nelle fabbriche ordinarie applicazione molto estesa: è in uso particolarmente per le *vólte* dei sotterranei nei paesi ricchi di cave di pietre, oppure in unione colle *vólte* a crociera e colle cupole, negli androni, nei vestiboli,

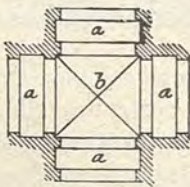


Fig. 931.

a, *Vólte a botte*; b, *Vólte a crociera*.

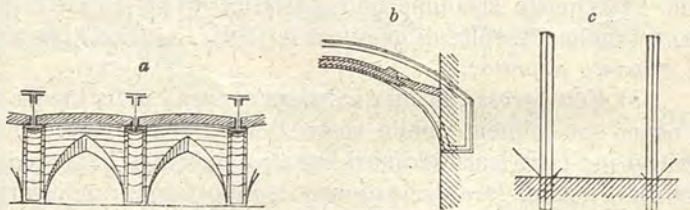


Fig. 932 a, b, c. — *Vólte a botte* gettata sopra travi di ferro composte.

nelle chiese, e così via (fig. 931). La *vólta a botte* consiste essenzialmente in un semicilindro a direttrice circolare e ad asse orizzontale; la direttrice potrebbe però essere anche un'ellisse od un ovale a più centri od un'alta curva. Nell'antica Babilonia si adottarono anche *vólte a botte* ad arco acuto, che furono poi assai usate nel medio evo, spesso coperte con reticolato di nervature. Nelle scale si trovano *vólte a botte* diritte, rampanti; nelle scale circolari ed a chiocciola si trovano rampanti a spirale e da ultimo anulari. Le *vólte a botte* oblique (o in isbieco) si applicano piuttosto di frequente nei ponti e nei passaggi: in esse l'asse non è perpendicolare alla fronte della *vólta*.

Nelle *vólte a botte* di ampiezza considerevole, specialmente quando sono divise da arcate, si usa da ambe le parti inclinare alquanto l'asse all'insù verso il mezzo, dando così un po' di montata. Si ha allora propriamente una *vólta composta* di due semi-

cilindri inclinati l'uno contro l'altro, col che si ottiene di utilizzare alquanto per sostegno anche i muri od archi frontali, scaricando un po' i muri di piedritto. Nella figura 932 *a, b e c* mostrano una vólta a botte di questa specie con lunette, formata da tante voltine gettate sopra travi di ferro composte che servono in pari tempo anche di chiavi pei due muri di piedritto. La monta delle singole voltine è di circa 5 centimetri per metro di lunghezza della vólta. Siccome le ali inferiori delle travi in ferro vengono nascoste con fascie in gesso, anche la piccola monta delle voltine riesce impercettibile, cosicchè queste formano come una sola vólta a botte ad asse orizzontale.

2. *Grossezza delle vólte a botte e dei loro piedritti.*

Rondelet propone delle formole empiriche per la grossezza *s* della vólta (alla chiave) e *w* dei piedritti. Per una vólta a botte semi-cilindrica eseguita in muratura di mattoni e

1) estradossata in piano a livello dell'estradosso della chiave (fig. 933 *a*) si ha

$$s = \frac{1}{48} l \quad w = \frac{l}{11};$$

2) rinfiancata fino a metà altezza (fig. 933 *b*):

$$s = \frac{1}{36} l \quad w = \frac{l}{9};$$

3) rinfiancata come sopra, ma con grossezza decrescente dal rinfianco alla chiave (fig. 933 *c*):

$$s = \frac{1}{48} l \text{ alla chiave} \quad s = \frac{1}{32} l \text{ all'imposta} \quad w = \frac{l}{10}.$$

Queste formole presuppongono che l'altezza dei piedritti non superi il diametro della vólta.

Per vólte in pietra da taglio Rondelet dà le seguenti regole: se si tratta di vólte circolari od ellittiche colla presupposizione che la grossezza della vólta sia all'imposta doppia di quella in chiave:

- per grandi vólte da ponti $s = 0,04 l + 0^m,32$
- per medie id. $s = 0,02 l + 0^m,16$
- per vólte non caricate $s = 0,01 l + 0^m,08$

Secondo Perronet, colla stessa presupposizione, si deve assumere:

$$s = 0,035 l + 0^m,32 \quad \text{se } l < 24 \text{ m.};$$

per portate maggiori: $s = \frac{1}{24} l.$

In generale la grossezza dei piedritti, se non sono innalzati ad altezza maggiore dell'estradosso in chiave, si fa:

- per archi semi-circolari (a tutta monta) . . = $\frac{1}{5}$ della portata
- per archi ribassati fino a $\frac{1}{4}$ della portata. . = $\frac{1}{4}$ >
- per detti con altezza minore = $\frac{2}{7}$ >

Per volte maggiori la grossezza necessaria si determina nel modo più semplice con mezzi grafici.

3. *Esecuzione delle vólte a botte.*

Alle vólte senza un carico maggiore di quello dei pavimenti delle ordinarie case di abitazione, si assegna la grossezza di una testa, fino a 4 m. di portata: per volte più grandi, ad intervalli di circa 1^m,50 fino a 2^m,50, si introducono degli archi di rin-

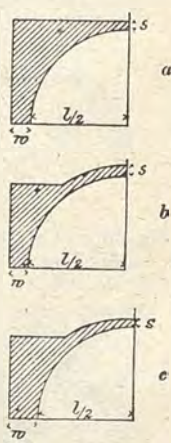


Fig. 933.

forzo od anelli, di 2 teste tanto di larghezza quanto di grossezza, cosicchè sporgono dall'estradosso per una testa (fig. 934 *a*). I legnami di sostegno del pavimento, per la più uniforme distribuzione della pressione, si dispongono parallelamente all'asse della vólta.

Alle vólte di più di 6 m. di ampiezza si dà una grossezza di 2 teste ed eventualmente si dispongono archi di rinforzo di 3 teste tanto di larghezza quanto di grossezza (fig. 934 *b*). La grossezza delle volte fortemente caricate deve determinarsi con procedimenti analitici oppure grafici. La fig. 935 mostra un esempio di detti rinforzi.

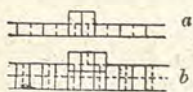


Fig. 934 *a, b*.
Fascioni di rinforzo.

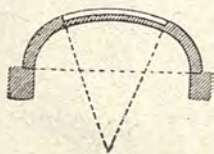


Fig. 935. — Vólta con archi
o fascioni di rinforzo.

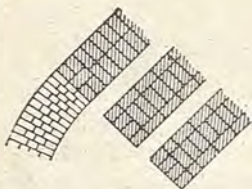


Fig. 936 *a, b, c*. — Disposi-
zioni dei mattoni nelle
fronti dei grossi archi.

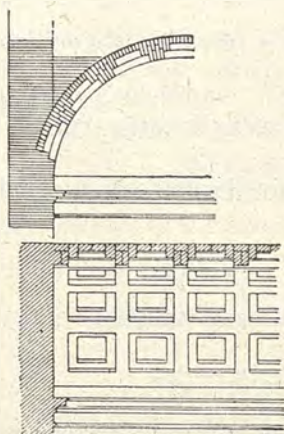


Fig. 937 *a, b*. — Vólta a botte
cassettonata.

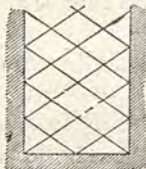


Fig. 938. — Vólta reticolare.

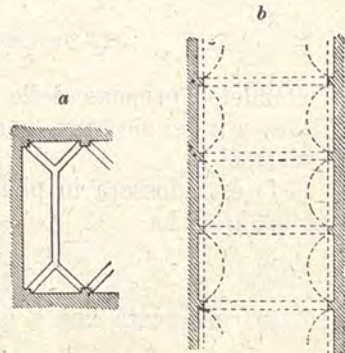


Fig. 939 *a, b*. — Vólta a botte
con lunette.

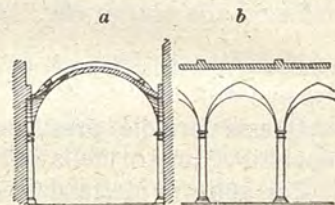


Fig. 940 *a, b*. — Vólta a botte
con lunette rampanti.

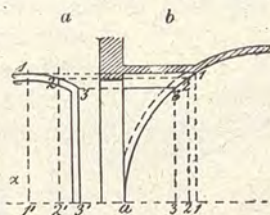
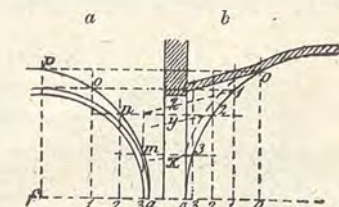
Se in grosse vólte la fronte resta visibile (come, per es., nei ponti) si deve chiuderla, come nei muri ordinari, coll'unione ordinata dei mattoni (fig. 936 *a, b* e *c*).

Se gli archi o nervature di rinforzo sono sporgenti dalla parte dell'intradosso e se ne dispongono altre parallelamente all'asse si ha una vólta a botte *cassettonata*, il qual genere di volta fu usato dai Romani, soltanto però come vólta di getto. I cassettoni vengono formati colla sporgenza di singoli mattoni (o pietre) (fig. 937 *a* e *b*), intonacati e poi decorati con modanature e rosoni in gesso. Per l'esecuzione occorre una accurata mantellatura della centina, sulla quale deve essere esattamente riportata la divisione dei cassettoni, per la cui sagoma si adoperano delle cassette di legno. In queste vólte a botte cassettonate, soltanto le nervature ad arco servono a portare; quelle assiali non fanno che pesare. Se si vuole che tutte abbiano a portare allora bisogna disporle a reticolato sotto un angolo qualsiasi rispetto all'asse, costruendo come arco circolare l'arco delle nervature; la curva della sezione normale della vólta sarà in tal modo un'ellisse; tali vólte si dicono *reticolari* (fig. 938).

Se i piedritti non sono molto robusti le vólte a botte, come gli archi, devono essere assicurate con tiranti o chiavi, nel qual caso si raccomanda di adottare le lunette, colle quali la spinta della vólta viene riportata sui singoli punti in cui si applicano i tiranti. È indifferente il disporre la pianta come nella fig. 939 *a* o come

nella fig. 939 *b*. Le vólte a botte con lunette si trovano assai di sovente applicate nei palazzi del Rinascimento italiano. Venivano così eseguite comunemente le volte degli androni e dei porticati, coi tiranti in vista all'altezza dell'imposta. Riesce difficile ottenere delle curve continue e ben tracciate per le creste (spigoli) delle lunette, sia nella costruzione greggia, sia nell'intonacatura. La linea di sommità delle lunette può essere tanto orizzontale quanto saliente (rampante) (fig. 940 *a* e *b*), nel qual caso gli spigoli sono quasi sempre rinforzati con nervature. Si hanno quindi lunette secondo superficie coniche o cilindriche, con asse orizzontale, discendente o saliente, spesso anche lunette con direttrice ad arco acuto o a segmento, più di rado a direttrice ellittica.

Per la determinazione della linea di intersezione tra vólta e lunetta, si riporti sulla sezione anzitutto l'arco circolare; p. es., nella fig. 941 *a, b, c*, che rappresenta una finestra di sotterraneo, si porti il segmento 1-3. Indi da alcuni punti del segmento si conducano dei piani orizzontali, che intersecheranno l'arco-sezione della

Fig. 941 *a, b, c*.Fig. 942 *a, b, c*.

vólta nei punti 1, 2, 3 (fig. 941 *b*). Da questi si abbassino le perpendicolari, e quindi sulla pianta si portino lungo il muro le distanze 1'-2', 2'-3', e sulle normali al muro in questi punti le distanze $a-1$, $a-2$, $a-3$. Si determinerà così anche in pianta l'arco della lunetta, la quale, in questo caso, avrà le pareti che si innalzano verticalmente fino all'incontro della vólta a botte.

Identica è la costruzione quando la lunetta è formata da una superficie cilindrica con asse saliente o discendente. Se la lunetta è a superficie conica con asse $f o$, si traccia anzitutto il cono in sezione (fig. 942 *b*), dopo di che si conducono i piani x, y, z inclinati e passanti pel vertice, i quali tagliano l'intradosso della vólta nei punti 1, 2, 3. Da questi si abbassano le perpendicolari all'asse del cono, ossia alla linea $f o$. La linea di intersezione della lunetta colla vólta nella fig. 942 *a* è data dai punti d'intersezione delle orizzontali passanti nei punti 0, 1, 2, 3 cogli archi di circolo aventi centro in f e raggi eguali alle verticali condotte da 1, 2 e 3 nella fig. 942 *b*. Nella pianta (fig. 942 *c*) si tirano le parallele al muro alle distanze $a 3, a 2, a 1$ e $a 0$ prese sulla fig. 942 *b*, ed a destra e a sinistra dall'asse si portano sopra di esse le distanze $f a, f 3, f 2, f 1$. Saranno così determinati i punti della curva intersezione nella pianta. La forma e la posizione delle lunette viene per lo più scelta a seconda della decorazione architettonica.

Nella figura 943, che rappresenta una vólta a botte a monta depressa con direttrice circolare, si vede la vólta incartata con uno sperone spianato superiormente a livello della sommità della vólta e contenente una chiave di ferro. Si ricorre a tal mezzo quando la vólta è piuttosto lunga e la corda è rilevante come in questo caso, in cui la vólta ha lunghezza di m. 8,40 e corda di m. 5,66. Di questi speroni, quando il pavimento sovrastante dev'essere di legno, se ne praticano diversi a circa tre metri di distanza l'uno dall'altro per offrire appoggio ai travicelli, sui quali deve inchiodarsi il tavolato.

Nelle abitazioni civili quando la vólta non supera i 5 metri di corda la si estradossa parallelamente alla direttrice. Per corde comprese fra 5 e 8 metri si può praticare una risega per parte. I piani che determinano queste riseghe sono quelli dei giunti longitudinali passanti per le normali all'intradosso nei punti in cui la direttrice

dell'intradosso è incontrata dall'orizzontale ab , condotta per il terzo della monta (fig. 943).

Per corde superiori ad otto metri si usa un estradosso con doppio ordine di riseghe (fig. 944). Queste sono determinate dai giunti longitudinali, le cui rette sull'estradosso giacciono nei piani orizzontali che dividono la monta in tre parti uguali.

In tutti questi vòlti, assegnata alla chiave la grossezza conveniente, le riseghe si tengono di 12 centimetri.

Nell'esecuzione delle vòlte a botte si costruiscono insieme ad esse soltanto gli archi d'appoggio delle lunette (fig. 945), le quali vengono poi eseguite dopo che la vòlta principale ha già fatto il suo assetto, o con giunti paralleli e perpendicolari all'asse della vòlta (fig. 945), o con giunti obliqui, a spina, come in y

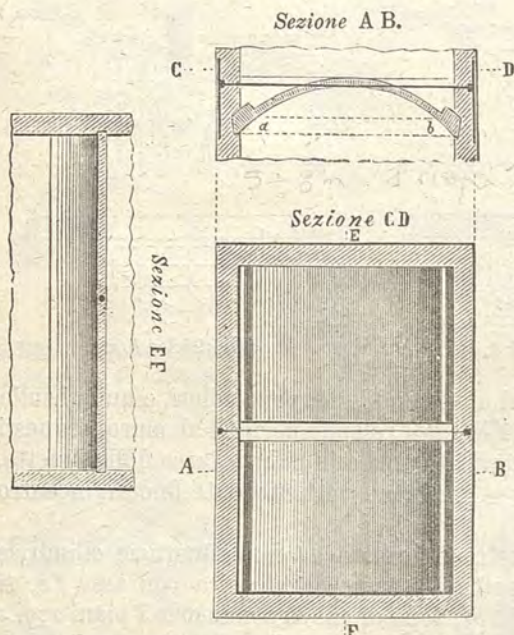


Fig. 943. — Volta a botte depressa con direttrice circolare.



Fig. 944.

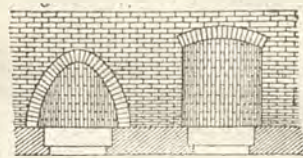


Fig. 945. — Lunette in vòlta a botte.

intrecciarsi con quelli della vòlta principale, come in z (fig. 946 a). L'attacco a ugnatura, che vi è pure indicato, non è da adottarsi. In h è segnata la muratura di riempimento ai reni, ossia il rinfianco.

La sezione (fig. 946) mostra la costruzione di una lunetta obliqua e di una orizzontale. Nella figura 947 a e b è rappresentata con tutti i particolari la disposizione di una lunetta molto discendente, come pure l'esecuzione di un'arcata di rinforzo in a .

Ordinariamente le vòlte a botte dei sotterranei si dispongono coll'asse parallelo alla fronte del fabbricato, così che servono da piedritti il muro di facciata ed il suo opposto all'interno, che sono anche più adatti a tal uopo, perchè hanno grossezza maggiore di quella dei muri trasversali. La sommità delle vòlte si dispone ad un'altezza uniforme, ed alle vòlte si dà una monta tale che anche i piedritti abbiano ad avere presso a poco un'eguale altezza, od almeno altezze che non differiscano tra loro di più di 0m,60 all'incirca.

Le vòlte a botte, come in generale tutte le vòlte nelle fabbriche comuni sopra terra, si eseguono dopo che la fabbrica è finita in rustico ed il tetto è completamente ultimato. Le arcate da parete vengono però eseguite insieme coi muri. Con questo ritardo nella costruzione delle vòlte si hanno i seguenti vantaggi: che essendosi i muri già in gran parte assettati, è diminuito il pericolo di screpolature; e che

restando così le vólte al coperto vengono riparate dalla pioggia, la quale potrebbe scavarne le commessure, raccogliersi negli spazi profondi corrispondenti ai reni e permanervi in modo da bagnare i muri sottostanti. Se si devono coprire a vólta degli spazi prima che la casa sia coperta col tetto, bisogna accuratamente ricoprire con del cartoncuojo le vólte eseguite e lasciare dei piccoli fori nei vani più profondi, permettendo così lo scolo all'acqua pluviale, che potrebbe radunarsi.

Le imposte si fanno sporgere più che sia possibile per diminuire la spinta laterale della vólta.

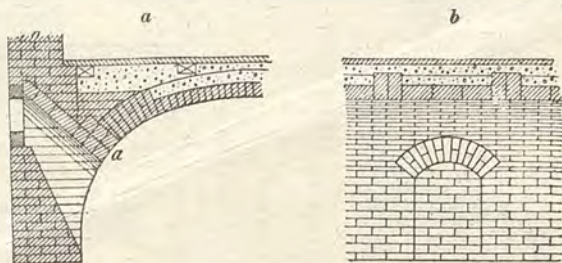
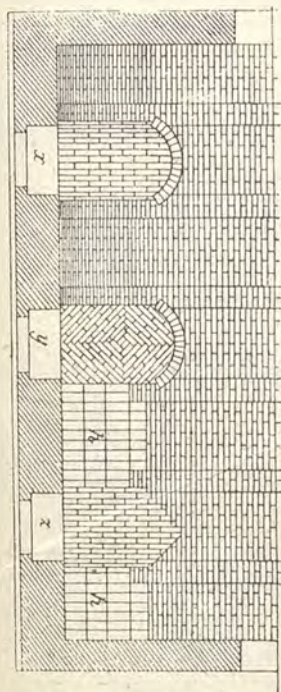


Fig. 947 a, b.

La muratura di rinfianco si eseguisce, come già si disse, a circa $\frac{2}{3}$ dell'altezza totale della vólta e, possibilmente, insieme colla vólta (fig. 948 a), od almeno fino a tanto che si possa poi facilmente completarla. Il riempimento dei reni con rottami di mattoni, su cui si versa della malta, può fino ad un certo punto sostituire la muratura di rinfianco quando trattasi di piccole vólte.

Nella costruzione dei muri d'ambito si deve fin da principio aver cura di lasciare degli addentellati per collegarvi la muratura di rinfianco. Per gettare delle vólte a botte o delle arcate tra muri preesistenti antichi, si praticano delle imposte a dentellatura (fig. 948 b).

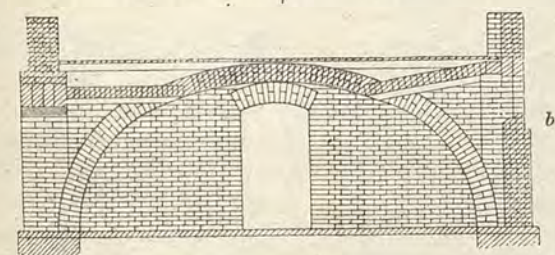


Fig. 946 a, b. — Lunette in vólta a botte con fascioni.

Le vólte a botte *inclinate* e *ram-panti* si trovano nella costruzione delle scale: un esempio sorprendente ne offre il Vaticano a Roma. La costruzione delle vólte inclinate non presenta difficoltà (figg. 949 e 950). Spesso, specialmente nelle costruzioni in vivo del medioevo, invece di vólte inclinate si adottarono delle serie di archi, colle imposte disposte l'una sopra l'altra a gradini (fig. 951 a, b e c).

La costruzione di vólte a *botte oblique* o di *sbieco*, che non si presentano quasi mai nelle fabbriche ordinarie ma spesso nei ponti, quando, p. es., una ferrovia taglia obliquamente la direzione di un corso d'acqua o di una strada, riesce specialmente difficile quando deve eseguirsi in vivo, perchè richiede un taglio di pietre complicato. Se le commessure dell'intradosso si tengono parallele ai piedritti in direzione rettilinea, manca l'appoggio alla porzione di vólta corrispondente al triangolo *xyz* (fig. 952).

Si può rimediare a questo difetto in modo semplicissimo, ma non bello, col dividere la vólta obliqua in tanti archi paralleli alla fronte, collegati tra loro con chiavi, e le cui fronti si appoggiano l'una all'altra a sghembo mentre le imposte sono successi-



Fig. 948.

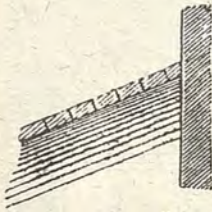
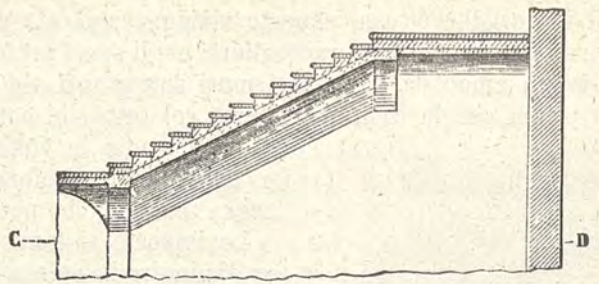


Fig. 949. — Volta a botte inclinata.



Sezione CD

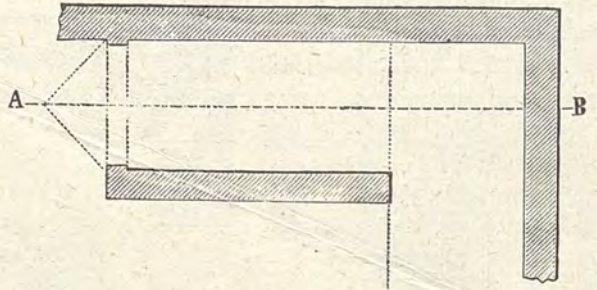


Fig. 950. — Volta a botte inclinata per branca di scala.

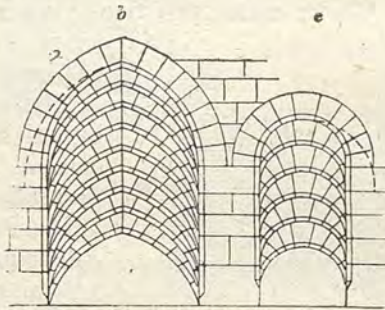
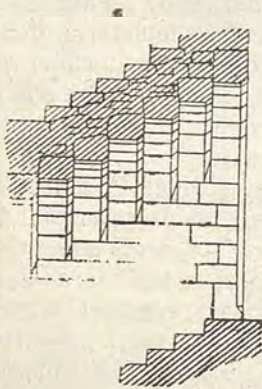


Fig. 951 a, b, c. — Volte a risalti inclinate.

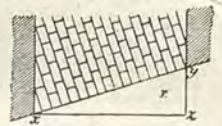


Fig. 952.

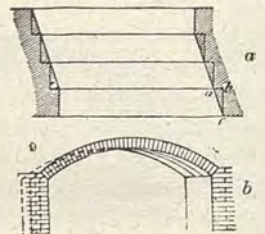


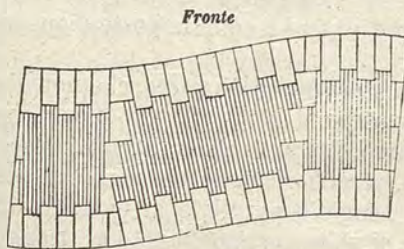
Fig. 953 a, b. — Volta a botte sbieca ad archi paralleli.



Fronte
Fig. 954.



Fig. 955.



Fronte
Fig. 956.

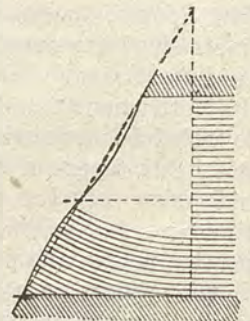


Fig. 957.

vamente spostate. L'intradosso di questa vólta non è una superficie cilindrica continua, ma è dentato in certo modo a sega coll'aspetto il più disagiata (fig. 953 *a* e *b*). Si formano anche nei piedritti i ritagli *a*, *b*, *c*. Per rimediare all'inconveniente si dispongono i giunti normali tanto alla fronte quanto ad ogni sezione della vólta parallela alla fronte e si procede come per le arcate oblique nel modo già detto (fig. 869). Nello sviluppo della vólta i giunti sono linee rette parallele (fig. 954), mentre nello spazio sono linee elicoidali.

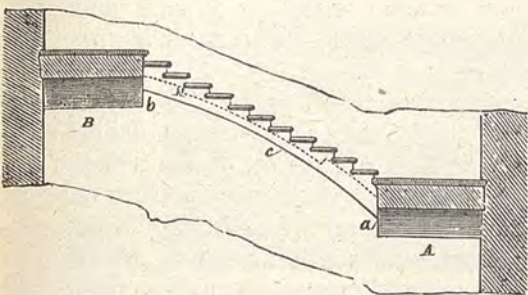


Fig. 958. — Vólta a botte rampante simmetrica.

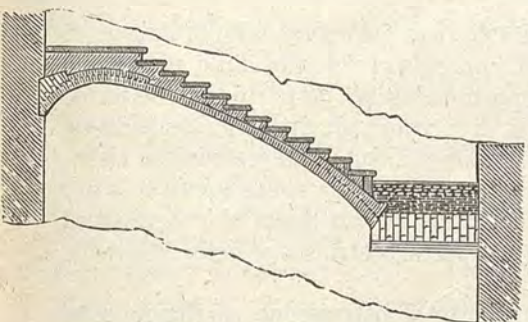


Fig. 960. — Vólta rampante a collo d'oca.

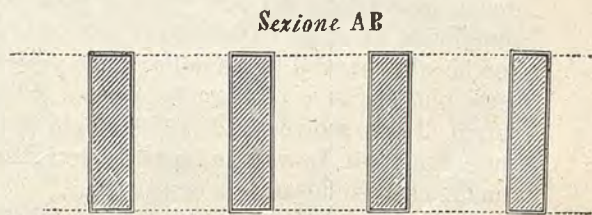
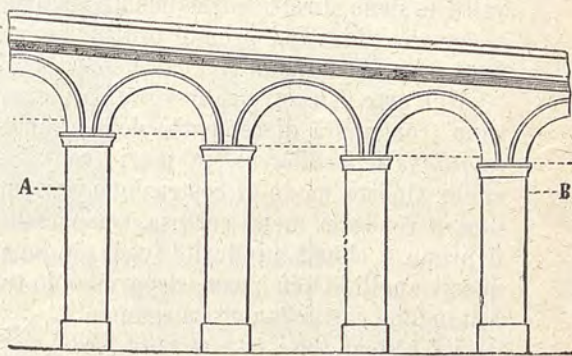


Fig. 959. — Vólte rampanti zoppe.

Nell'esecuzione di vólte a botte oblique in muratura di mattoni e in pietra da taglio, si eseguono con quest'ultima le fronti e i piedritti, e il rimanente in mattoni (fig. 955), oppure si procede come è indicato nella figura 956.

Nelle vólte oblique di grande lunghezza costruite in mattoni è opportuno eseguire la vólta parallelamente ai piedritti nel tratto di mezzo, e solo le estremità oblique e perpendicolari ai muri di fronte. Le commessure formano nello sviluppo archi di circolo concentrici, il cui centro si trova nel punto dove il prolungamento della linea di fronte incontra la linea di separazione tra la parte dritta e la parte obliqua della vólta (fig. 957). Un rivestimento delle testate in pietra da taglio, e particolarmente l'impiego di questa nei piedritti obliqui, per evitare un eccessivo ritaglio di mattoni, sarà in questo caso assai adatto.

Le vólte a botte rampante sono quelle in cui le generatrici d'imposta sono orizzontali, ma a differente livello. Nella figura 958 si ha l'esempio di una vólta rampante simmetrica gettata fra due pianerottoli di scala. La direttrice *a c b* è simmetrica rispetto alla sua normale condotta pel punto di mezzo *c*.

Vólte rampanti disimmetriche sono le vólte zoppe e le vólte a collo d'oca. Le prime hanno i piani d'imposta a differente livello e ammettono per una porzione un piano verticale di simmetria presentando una superficie piana per la rimanente porzione dell'intradosso (fig. 959); le seconde presentano i piani d'imposta a differente livello, hanno o non una porzione dell'intradosso simmetrica ad un piano passante per una generatrice, e non hanno più piana la porzione rimanente dell'intradosso (fig. 960).

La direttrice dell'intradosso può essere una curva a due centri, come si disse per gli archi a collo d'oca, oppure una curva ellittica, od anche una curva tracciata a mano libera.

Per le *vôltes a botte in pietrame* vale quanto si è già detto trattando dell'esecuzione degli archi in pietrame. È necessario digrossare alquanto le pietre greggie per dar loro faccie approssimativamente piane, in modo che le pietre di ogni corso abbiano un'uguale grossezza, i corsi corrano possibilmente in senso parallelo all'asse della vólta e sieno diretti normalmente all'armatura. Per le vólte dei sotterranei la grossezza alla chiave si prende ordinariamente da 20 a 40 centimetri. È indispensabile l'uso di malta formata con calce e cemento, o di malta di cemento.

Nell'arte di costruire le vólte in pietrame eccellono i Francesi: essi, p. es., fabbricano (con malta di cemento) delle grandi vólte da ponte con piccole pietre greggie (*moëllons* o *meulières*) tra muri frontali in pietra da taglio, formando la vólta ad anelli. Questo modo di costruzione presenta il vantaggio di semplificare molto l'armatura e renderla meno costosa, trasportandola a reggere un anello successivo quando il primo è chiuso e indurito (vedi più innanzi). Una volta i Francesi eseguivano anche questi anelli in più pezzi, risparmiando tempo e caricando uniformemente l'armatura, evitandone così i dannosi piegamenti.

Le *vóltes a botte in pietra da taglio* si trovano di rado nelle fabbriche ordinarie, di frequente invece nei ponti. In esse è di somma importanza il taglio delle pietre e la esatta lavorazione dei loro piani di posa. È opportuno lasciar da parte tutte le forme complicate di archi ed attenersi solo agli archi di circolo per direttrici delle vólte, perchè altrimenti il taglio delle pietre presenta grandi difficoltà e la costruzione riesce assai più difficile e costosa. La posa si fa sopra armature solidamente costruite e per mezzo di gru scorrevoli. Il sigillamento delle commessure con malta si eseguisce ad opera compiuta. Le vólte a botte in pietra da taglio, che si costruiscono nelle fabbriche, vengono spesso decorate a cassettoni.

Come si è visto anche dai disegni, le vólte a botte si costruiscono coi filari o corsi diretti nel senso longitudinale, secondo le linee rette che si possono tracciare sul loro imbotte, dimodochè i giunti fra i corsi risultano radiali. L'impostatura è facile e si fa come per gli archi; i filari si allineano bene con funicelle di guida o con rette segnate sul manto dell'armatura. Però qualche inconveniente può derivare da questo sistema di costruzione. Siccome la coesione tra i vari filari è dovuta soltanto al potere cementante della malta, così p. es. nelle vólte di grande curvatura, ove presso la chiave molti giunti restano in piani quasi verticali, può accadere che la tenacità della malta sia vinta dal peso e si generino delle sconessioni o fenditure assai pericolose. Questo accade specialmente in vólte molto ribassate o formate con elementi piccoli, come mattoni o piccole pietre.

Qualche vantaggio si può ottenere dando alle vólte ribassate una leggera monta in senso longitudinale, sì che le linee dei filari non risultino perfettamente rettilinee ma leggermente arcuati. Per costruire le vólte con questo sistema e senza armatura s'incomincia a disporre i mattoni sulle imposte verso le teste, addentellandoli e salendo verso la chiave in senso diagonale, e si continua il lavoro sempre diagonalmente fino a chiudere la vólta nel suo centro.

Sopra i locali rettangolari si preferisce di murare altrimenti le vólte a botte, facendo in modo che le spinte invece di trasmettersi completamente sui muri d'imposta, si trasmettano in parte anche sui muri di testa. Ciò riesce assai opportuno per vólte molto ribassate su piante prossimamente quadrate. La figura 961 *a, b*, indica due disposizioni diverse. Nella prima i filari sono tutti inclinati di 45° e tutti paralleli; nella seconda, detta a *spinapesce*, la vólta viene divisa in quattro compartimenti, in ciascuno dei quali i filari sono inclinati di 45° , ma in senso inverso alle linee d'imposta.

Affine di ottenere un buon collegamento fra le quattro porzioni della vólta si pratica un addentellato a zig-zag, come risulta dalla figura. Anche nel sistema della fig. 961 *b* la costruzione incomincia dalle imposte verso le teste e procede diagonalmente.

Un'altra disposizione è quella indicata nella figura 961 *c*, in cui i filari nei quattro scomparti sono inclinati in senso inverso a quello della disposizione precedente. Qui

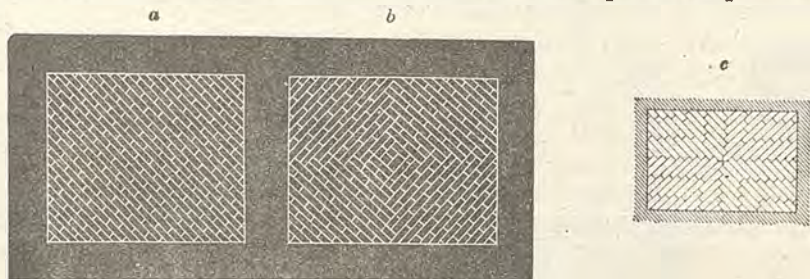


Fig. 961 *a, b, c.* — Apparecchio per vólte a botte di mattoni.

a, apparecchio sbieco o diagonale; *b*, apparecchio a spinapesc diritto; *c*, apparecchio a spinapesc inverso.

si hanno pure gli addentellati di unione lungo le due linee mediane longitudinale e trasversale della vólta. In questo sistema la costruzione si incomincia dal centro collocandovi quattro mattoni diagonali. Contro questi si collocano o mattoni interi, oppure per ogni angolo un mattone intero ed un $\frac{3}{4}$ se si vuole che la vólta riesca simmetrica. Così si procede formando la crociera composta, su ogni linea mediana della vólta, di due mattoni diagonali. Indi si chiudono i quattro scomparti risultanti mediante mattoni interi e mattoni tagliati in sbieco contro le imposte e le teste. Sebbene questa disposizione sia assai poco usata, nondimeno può preferirsi in alcuni casi alla precedente, specialmente quando si voglia ottenere molta solidità nel centro della vólta. Con queste disposizioni diagonali per vólte ribassate si evitano gli inconvenienti più sopra indicati, e si ottiene anche il vantaggio che i filari oltre risultare arcuati, ciò che li rende più solidi, sono anche assai più corti. Per maggior solidità si usa anche qui di dare una leggera curvatura alla vólta nel senso longitudinale. Naturalmente per le vólte a botte senza muri di testa queste disposizioni non convengono.

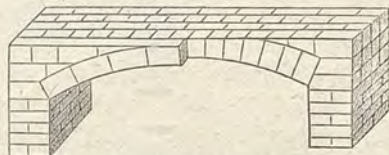


Fig. 962. — Apparecchio per vólte a botte di mattoni.

Un sistema affatto speciale per vólte ribassate consiste nel disporre i mattoni a filari trasversali, colla loro grossezza parallelamente all'asse della vólta e in modo che in un filare i mattoni riescano in lunghezza e nel successivo in altezza, ossia disponendoli in un filare col lato più lungo secondo l'intradosso, e nel filare prossimo col lato più lungo normale all'intradosso. Con tale sistema si usufruisce assai meglio della tenacità della malta, e la vólta viene a costituire come una massa unica (fig. 962).

Le vólte a botte si costruiscono anche ad anelli trasversali, sistema questo che si fa rimontare alla più alta antichità, trovandolo adottato dagli Assiri e dai Persiani. Esso si usa specialmente quando si vuol risparmiare la centinatura. Gli anelli possono essere in piani verticali coi mattoni disposti secondo una superficie conica (fig. 963 *a*), oppure inclinati coi mattoni disposti in un piano avente la inclinazione medesima (fig. 963 *b*), oppure disposti secondo superficie coniche (fig. 963 *c*).

Col sistema di costruzione ad anelli inclinati si comincia a formare il primo anello contro le teste della vólta, indi si prosegue contemporaneamente dalle teste verso il mezzo, cominciando ciascun anello dalle imposte e chiudendolo alla sommità. Nel mezzo la vólta si chiude con anelli via via più corti impostati rispettivamente tra di

loro con un addentellato, oppure, se si tratta di vòlte ribassate e di anelli poco inclinati, mediante mattoni disposti nel senso longitudinale (fig. 964). Si capisce che ogni anello servendo di appoggio al successivo e adoperando malte tenaci e a presa rapida, si può costruire la vòlta senza bisogno di nessun'armatura. I Bizantini anzi costruirono

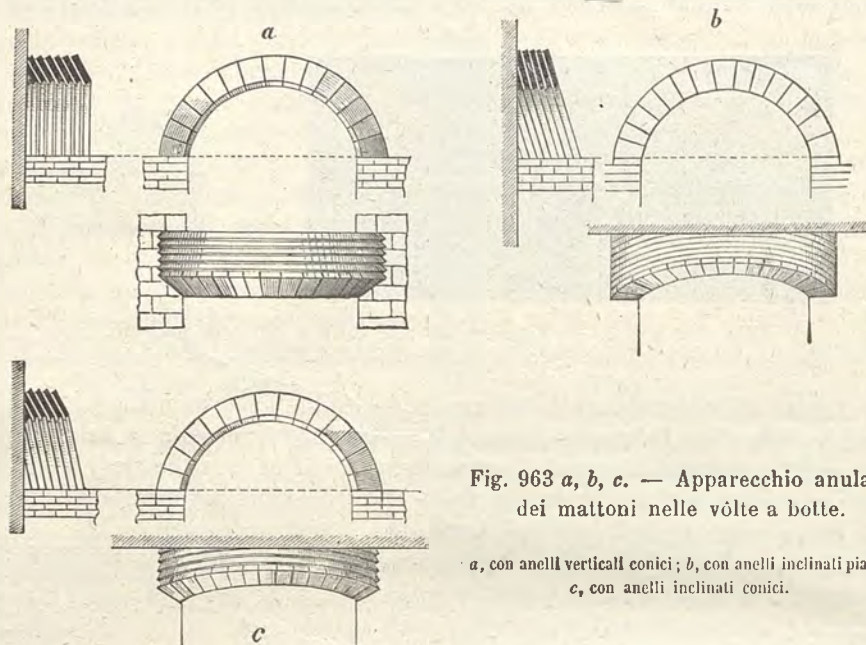


Fig. 963 a, b, c. — Apparecchio anulare dei mattoni nelle vòlte a botte.

a, con anelli verticali conici; b, con anelli inclinati piani; c, con anelli inclinati conici.

vòlte a botte con anelli verticali senza armature e valendosi semplicemente della tenacità e della presa rapida della malta che impiegavano. Anche con questo sistema si può dare una leggera curvatura nel senso longitudinale della vòlta: nel qual caso i successivi anelli presentano una saetta sempre maggiore; come pure si usa di aumentare di un poco successivamente l'inclinazione degli anelli fino ad ottenere

nei due ultimi anelli opposti verso il mezzo della vòlta, un'inclinazione di m. $0,40 \div 0,60$ sulla verticale.

Con questo apparecchio anulare i giunti continui sono diretti trasversalmente (fig. 964) da un'imposta all'altra, e i giunti discontinui nel senso longitudinale.

Questo sistema di costruzione, assai usato oggigiorno per le vòlte molto ribassate, offre i seguenti vantaggi:

1° la muratura non presenta linee di rottura continue;

2° i giunti discontinui longitudinali non presentano che il quarto dello sviluppo che hanno nella disposizione a giunti radiali: l'assetto che risulta dalla compressibilità della malta si trova quindi diminuito di altrettanto;

3° vi è una maggiore superficie di contatto nel senso della spinta: l'attrito e la aderenza della malta tendono per conseguenza a ridurre la spinta;

4° si può far a meno del manto e anche di molte centine, poichè la posa dei filari si può eseguire sopra una sola centina che si sposta a misura che la vòlta procede. La centina si fa scorrere sopra due lungarine collocate alle imposte della vòlta e sostenute da ganci di ferro;

5° la spinta sui piedritti viene alquanto diminuita, poichè, essendo i letti dei giunti trasversali leggermente convessi, una parte della spinta è trasmessa ai muri di testa.

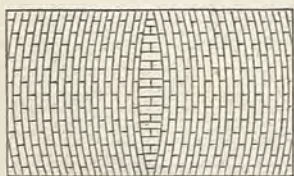


Fig. 964. — Apparecchio anulare per vòlta a botte ribassata.

Fra le vólte a botte ribassate, che sono largamente usate nelle fabbriche civili, meritano speciale considerazione quelle appartenenti al genere delle vólte sottili (vedi pag. 489), cioè le *volterrane*, le *voltine* e le *porcelle*.

Le volterrane formate con mattoni di piatto sono anche dette *vólte di piatto* o *in foglio*, ed in esse i mattoni sono congiunti con cemento idraulico, oppure con malta di gesso o con malta bastarda. Queste vólte leggerissime, che in Piemonte s'impiegano assai frequentemente per formare i sottotetti e finte vólte, sono comunissime nelle regioni centrali e meridionali d'Italia, ove s'impiegano per portare i pavimenti dei vari piani nelle case d'abitazione. La monta usuale delle volterrane è di $\frac{1}{5}$ a $\frac{1}{8}$ della corda, e il limite inferiore discende fino a $\frac{1}{10}$ e $\frac{1}{12}$. Del resto il rapporto da adottarsi per la freccia dipende, entro certe misure, dai carichi che gravitano sulla vólta. In generale per i carichi ordinari delle stanze di abitazione e per una piccola grossezza dei materiali di riempimento tra vólta e pavimento, si dà alla freccia i seguenti valori:

fino alla portata di m. 2,50	da $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{10}$
» » » » 3,00	» $\frac{1}{6}$ » $\frac{1}{8}$
» » » » 4,00	» $\frac{1}{6}$

Quando invece la portata non è che di 2 metri, o quando la vólta non sopporta sovraccarichi, come, per esempio, quando forma il soffitto di una gabbia di scala o che è sotto un solaio sorretto da travi non appoggianti sulla vólta, si può ridurre la freccia fino a $\frac{1}{12}$: ma in tal caso converrà usare le malte di cemento.

La grossezza delle volterrane risulta di 4 ÷ 7 centimetri a seconda della grossezza dei materiali che si adottano nella loro costruzione: però alle imposte presentano una grossezza di 12 cm., perchè i primi 5 o 6 filari d'imposta si fanno con mattoni posti in grossezza; anzi quando le volterrane coprono ambienti larghi più di 5 metri, è prudenza di incartarle col protendere, per certe porzioni delle medesime, la struttura di 12 cm. fino al sommo. Questi protendimenti, detti *ghiere*, si dispongono secondo le sezioni rette del vólto, hanno larghezza di 30 a 36 cm. e distano dall'una all'altra di m. 1,50 ÷ 3,00. Le ghiera ordinariamente non aggettano dall'intradosso e presentano lateralmente degli addentellati perchè si possano ben collegare col rimanente del vólto. Anzi le fornaci del Parmigiano fabbricano a tale scopo dei tambelloni speciali detti *cornette* con intaccature laterali.

Le volterrane fornite o non di ghiera si costruiscono quasi sempre a spinapesce, tanto mettendo la malta sulla testa e su un fianco del mattone che si deve collocare in opera e serrandolo poi bene contro quelli a cui deve aderire, quanto disponendo prima tutti i mattoni a secco e lasciando fra essi le commessure corrispondenti alla grossezza della malta, che viene poi colata allo stato di poltiglia sopra tutta la vólta. Questo secondo metodo è specialmente usato colle malte di gesso e colla malta bastarda; quando si adoperi malta idraulica o cemento di buona presa esso assicura un uguale ed omogeneo consolidamento nella struttura del pezzo di vólta così costruito.

Le volterrane non sempre si impostano sopra muri, e specialmente quando lo spazio da coprire è piuttosto lungo si usa di ripartirlo mediante arcate, dette *fascioni*, o travi di ferro o rotaie fuori d'uso, contro cui le successive volterrane si impostano. Questo sistema ha generato i cosiddetti *solai a voltine*, di cui già si è fatto cenno trattando del compimento e riempimento dei solai in legno (pag. 89), e dei quali si dirà più innanzi.

Con simili volterrane si usano ricoprire i sotterranei, gallerie e corridoi di fabbricati comuni, locali secondari. ecc. Bisogna però tener presente che tali vólte, della grossezza di una testa, e specialmente se appoggiate a travi di ferro, non possono considerarsi come sicure contro il fuoco.

La distanza degli archi o delle travature di ferro si tiene di m. 2,50 ÷ 3,50 da asse ad asse dando agli archi una grossezza di 3 ÷ 4 teste e la forma semicircolare ellittica, ovale, ad arco circolare ribassato. Quando i muri perimetrali non hanno grossezza sufficiente per servire da piedritti agli archi, si costruiscono in corrispondenza di questi delle lesene di 3 o 4 teste, oppure si munisce ogni arco di un tirante, la cui sezione deve accuratamente calcolarsi (fig. 965). Ove se ne presenti l'opportunità, si può servirsi pei piedritti degli archi delle riseghe delle fondamenta (fig. 966).

Fig. 965.

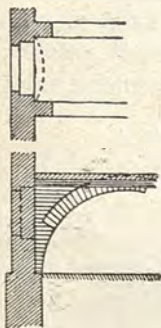


Fig. 966.

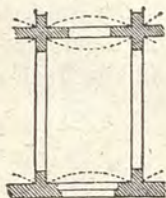


Fig. 967. — Modo di rappresentazione delle volterrane e delle voltine a botte.

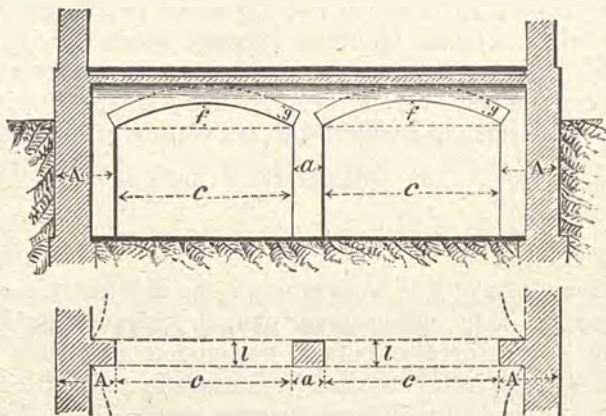


Fig. 968.

È conveniente che le arcate siano disposte sugli assi dei pilastri di fondazione e le aperture delle finestre cadano sulla mezzeria delle voltine, perchè in tal maniera si evitano le lunette in corrispondenza delle aperture medesime. Così è bene che gli appoggi delle volterrane siano tutti ad uguale altezza, e che le corde delle vòlte diversifichino poco fra di loro, affinchè non si producano spinte di valore diverso. Oltre a ciò conviene che le vòlte siano girate tutte nello stesso senso, affinchè le spinte siano opposte l'una all'altra. I legnami di sostegno dei pavimenti (di solito aventi sezione di cm. 10 × 10 o di 10 × 12) è meglio che non appoggino sulle voltine, ma sulla muratura sovrastante alle arcate o alle travature che formano imposta delle vòlte. I fascioni non devono servire di appoggio ad archi incrociantisi con essi: i punti di incrocio si sosterranno con colonne o pilastri di muratura. Come per le vòlte a botte in genere, le volterrane si indicano nelle piante mediante il ribaltamento punteggiato delle direttrici delle vòlte in corrispondenza delle testate (fig. 967).

Ben di rado si eseguono queste vòlte in pietra da taglio od in pietrame; ma qualora ciò accadesse, si useranno le norme già indicate per le ordinarie vòlte a botte. Il riempimento sui reni che si farebbe fino al giunto di rottura, si usa di ometterlo per non caricare la vòlta inutilmente. Agli archi pei fascioni si dà abitualmente la forma di arco circolare ribassato. Le loro dimensioni, come quelle dei piedritti laterali dei pilastri intermedi, si possono ricavare dalle seguenti formole.

Indicando con A (fig. 968) la grossezza dei piedritti estremi, a quelle dei pilastri intermedi, f la monta dell'arco, c la sua corda, l la sua larghezza e g la sua grossezza, si ha:

quando l'arco non sopporta che la volta:

$$f = \frac{1}{5} c \div \frac{1}{4} c \quad A = \frac{1}{5} c \div \frac{1}{4} c \quad g = 3 \text{ o } 4 \text{ teste di mattone:}$$

$$l = 3 \text{ teste} \quad a = 3 \text{ o } 4 \text{ teste;}$$

quando l'arco sopporta un muro:

$$f = \frac{1}{3} c \div \frac{1}{2} c \text{ (per arco circolare ribassato, semiovale o semicircolare);}$$

$$A = \frac{1}{3} c \quad g = 3 \text{ o } 4 \text{ teste} \quad l = 2 \text{ o } 3 \text{ teste in pi\`u della grossezza del}$$

muro sovrastante;

$a = a$ una larghezza tale che, in caso di mattoni, il pilastro non sopporti un carico maggiore di 6 Kg. per cm^2 .

Il pilastro di piedritto deve sporgere di almeno una testa dal muro perimetrale anche quando la grossezza di questo sia sufficiente per resistere alla spinta dell'arco. Se la costruzione laterizia portasse ad una grossezza troppo forte e quindi ingombrante, si potr\`a diminuire la sezione dei pilastri facendoli in pietra da taglio (nel qual caso il carico unitario sar\`a di $16 \div 30$ Kg. per cm^2 , secondo la qualit\`a della pietra), oppure sostituendoli con colonne di ghisa.

I fascioni si devono eseguire colla massima cura, perch\`e dalla loro buona esecuzione dipende in gran parte la solidit\`a del complesso delle volte.

Come gi\`a si \`e detto, in molti paesi d'Italia le volte si eseguono di quarto; in generale per\`o fino alla corda di m. 2,50 si usano fare di grossezza uguale ad 1 testa, e fino alla corda di m. 3,50 si fanno anche di 1 testa munendole per\`o di ghiera alla distanza di m. 1,50 \div 2,50. Fino alla corda di 5 metri si usa costruirle con grossezza di due teste. La saetta si tiene di $\frac{1}{12} \div \frac{1}{7}$ della corda secondoch\`e la voltina \`e caricata o non: alle voltine su travi di ferro non si d\`a mai una saetta inferiore a $\frac{1}{8}$ della portata.

Durante la costruzione delle arcate o fascioni bisogna lasciarvi lateralmente gli incavi per l'impostatura delle volte, incavi che devono stare 8 \div 10 cm. almeno sopra l'intradosso dell'arco (fig. 969), e che non devono assolutamente ricavarsi dopo eseguita l'arcata, perch\`e questa verrebbe troppo scossa sotto i colpi di scalpello e potrebbe sconnettersi.

Per la disposizione dei mattoni nelle voltine si possono adottare le maniere gi\`a indicate, cio\`e a filari longitudinali o a spinapesce o ad anelli. Nella fig. 970 *a* sono rappresentati i due primi modi di disposizione: scegliendo quello a spinapesce si realizzano i vantaggi gi\`a precedentemente esposti e bisogna fare le due imposte anche nei muri di testa. La fig. 971 rappresenta la disposizione a spinapesce inversa o a coda di rondine, e la fig. 972 *ab* quella ad anelli, ove se la corda non \`e grande e la monta piuttosto forte, si viene ad avere per la voltina una forma poligonale. Tanto per l'apparecchio a filari longitudinali, quanto per quello ad anelli si riducono di assai le spese di centinatura, poich\`e si possono adoperare centine spostabili. L'apparecchio a spinapesce inverso si usa specialmente quando la voltina non dev'essere intonacata.

Per voltine sopra ferri si usano sovente delle rotaie di scarto. Le solite rotaie di ferrovia (fig. 973) per voltine di una testa e per portata fino a m. 4,00 della trave si possono collocare a m. 1,75 l'una dall'altra. Per corde maggiori e per maggiori carichi si possono collocare, fino a m. 4 di portata della trave, due rotaie accoppiate, puntellandole nello spazio intermedio mediante mattoni (fig. 974). Per maggiori portate, fino a 6 metri, si usano due rotaie sovrapposte inchiodate od avvitate nelle ali (fig. 975). Il costo della posizione in opera di rotaie usate \`e qualche volta maggiore di quello di ferri ordinari a I adatti al caso speciale: epperci\`o, per stabilire ci\`o che convien fare, \`e bene fare qualche calcolo comparativo tanto statico quanto economico, ricordando ancora che le rotaie presentano pi\`u sovente sfaldature, fenditure o guasti interni non visibili.

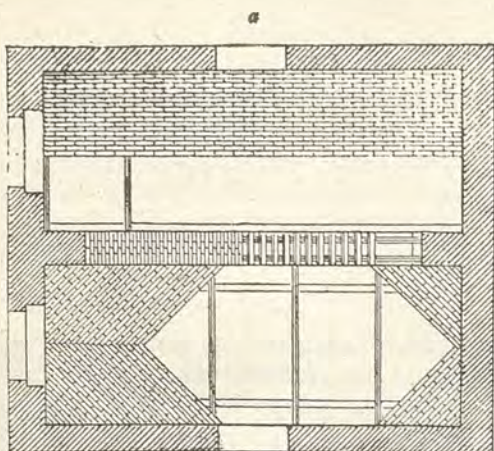


Fig. 970 *a, b*. — Volta formata con due volterrane a botte sostenute da un'arcata intermedia.



Fig. 971. — Disposizione a spinapesce inversa o a coda di rondine.

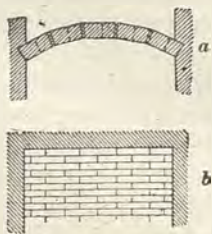


Fig. 972 *a, b*. — Disposizione ad anelli di una volterrana.



Fig. 969. — Impostatura delle volterrane.



Fig. 973. — Voltine su rotaie di ferrovia.



Fig. 974. — Voltine su rotaie sovrapposte.



Fig. 975. — Voltine su rotaie accoppiate.

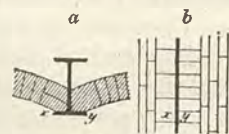


Fig. 976 *a, b*. — Disposizione dei mattoni nelle imposte.



Fig. 977. — Voltina su ferri molto alti.

Per evitare l'impiego di pezzi di mattone troppo piccoli nei filari di appoggio, si usano disposizioni come quelle indicate nella fig. 976 *a, b*, dove in *x* si vede il filare d'imposta formato con due strati di mattoni in piatto ed in *y* con mattoni in costa.

Quando si hanno da coprire spazi molto larghi o quando il carico sulle volte è considerevole, occorrono travi di ferro così alte che lo strato di riempimento di rottami o di sabbia sopra le volte risulta molto grosso, e benchè venga fatto anche con materiali leggeri, carica sempre di un peso inutile le volte e le travi. Per rimuovere tale inconveniente si appoggiano le volte sopra mattoni appositi (fig. 977), con la qual cosa non si ottiene però un'imposta molto buona e si rende più facile la rottura delle ali delle travi.

La fig. 978 rappresenta una delle disposizioni più semplici di solai a voltine su ferri a **I**. La distanza *a* da asse ad asse dei travi varia ordinariamente da m. 0,75 a 1,20.

L'altezza c del solaio sarà uguale all'altezza h aumentata della grossezza del pavimento. Se si tratta di pavimento di quadrelle comuni di cotto, questa sarà di cm. 6, compreso lo strato di malta; se invece si trattasse di piastrelle alla marsigliese sarà di circa cm. 4.

Fra le travi di ferro sono gettate le voltine di quarto, la cui monta può variare da $\frac{1}{10}$ a $\frac{1}{15}$ della corda. Per travi spaziate meno di 1 metro, alcuni costruttori assegnano anche solo 5 cm. di monta. Generalmente si procura che la superficie d'estradosso dei voltini non superi il livello della tavola superiore dei ferri, ottenendo così di ridurre al minimo l'altezza del riempimento col quale si deve fare il piano per la posa del pavimento.

Queste voltine si costruiscono per lo più senza armatura, impiegando malta cementizia di sabbia e gesso fabbricata poco alla volta nel truogolo. S'incomincia ciascuna voltina dall'imposta e si procede disponendo i mattoni come in A o come in B (fig. 978). Perchè il vólto conservi un'uniforme curvatura, il muratore si serve di una sagoma ricavata da un pezzo di tavola di legno, spostandola ad ogni filare eseguito. Quando si reputasse necessaria l'armatura col relativo

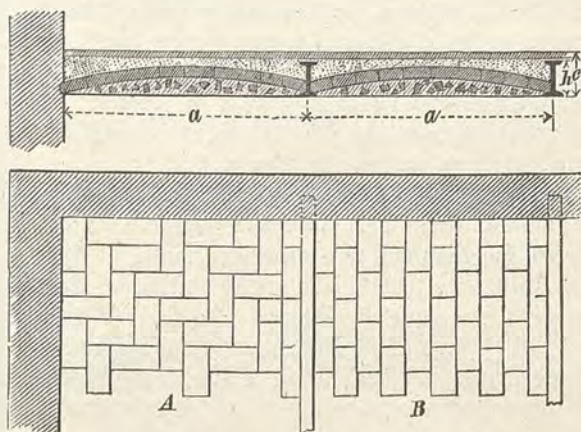


Fig. 978.

ponete di servizio, si disporranno le cose in modo che il ponte raggiunga col suo tavolato superiore il piano inferiore delle tavole dei ferri a Γ , così con alcune file di mattoni e terra convenientemente battuta e regolarizzata si potrà formare il manto su cui appoggeranno a secco i mattoni delle voltine, spaziate fra loro di circa un centimetro, disposti ed intrecciati in uno dei modi precedentemente indicati. Collocati tutti i mattoni di una voltina si versa la malta comunemente composta di gesso e sabbia o di gesso e sabbia e calce, allo stato di poltiglia. L'indurimento è così pronto che dopo un paio di giorni si può disarmare. Voltine così fatte non devono però costruirsi in luoghi umidi.

Se non fa difetto che nel locale coperto dalle voltine resti visibile la loro superficie a botte, si può applicare l'intonaco direttamente sull'intradosso: se invece il locale richiede un soffitto piano, si farà un riempimento di gesso e materiali leggeri, come schegge di laterizi, pezzi di carbone, pietra pomice, ecc. (fig. 978), si farà cioè la cosiddetta *imbottitura* per ottenere un sol piano orizzontale contro cui si applica l'intonaco, in guisa da riuscire in piano col piano delle tavole inferiori dei ferri a Γ .

Questo sistema presenta l'inconveniente che nel soffitto, dopo un certo tempo, si manifestano macchie giallastre di ruggine in corrispondenza delle tavole inferiori delle travi di ferro. Si è per questo che si ricorre a speciali mattoni d'imposta, come si vedrà in appresso, od a speciali accorgimenti nella costruzione dei soffitti, come è detto nel capitolo che tratta appunto dei soffitti.

Invece di mattoni pieni si adoperano con vantaggio mattoni vuoti a due, tre, quattro, sei fori, ecc., come quelli indicati a pag. 285, oppure di forme speciali a uno e più fori, foggiate piani inferiormente e curvi nella faccia superiore, a cuneo, a rombo, ecc.

Ogni fornace si può dire che ha adottato qualche forma particolare, nello scopo di conseguire maggiore leggerezza con maggiori corde a parità di resistenza. Rappresentare qui tutte le varietà di forme immaginate sarebbe cosa inutile, tanto più

che se ne vanno immaginando sempre di nuove. Un'idea però delle forme più comunemente usate la si ha dalla fig. 979. Il tipo *a* è assai usato nel Genovese, anzi fin dal 1870 la ditta *Razzore e Archieri* di Arenzano (Genova) fabbricava un tipo consimile. I tipi *b, c, d, e* sono quelli della fornace *Bottacchi* di Novara, in cui si vede adottato il mattone d'imposta pieno (fig. 980) o copriferro (n. 1), che serve appunto a proteggere la tavola inferiore della trave di ferro dal contatto dell'intonaco del soffitto e quindi ad impedire che si formino nel soffitto le macchie di ruggine. La ditta *Bottacchi* costruisce però altri tipi, di cui quello detto *forte elastico* formato con mattoni trapezi a quattro fori e con serraglia piena serve per ampiezze tra ferro e ferro di m. 2. I tipi *f, g, h, i, l* sono quelli della ditta *Ferrari* di Cremona; la ditta *Bosq* di Trofarello ha adottato tipi consimili, sia con mattone copriferro pieno, sia con copriferro vuoto a quattro o sei fori; anche la fornace *Villanova* di Strambino (Ivrea) ha adottato dei tipi simili a quelli *Bosq*, ossia oltre al copriferro piccolo con un sol foro, ha dei mattoni copriferri a 4 e 6 fori. Lo stesso dicasi per le fornaci *Lucchini* di Cremona, *Trevisan* di Villaverla (Vicenza) e per la fornace *Galotti* di Imola, la quale però fabbrica anche le volterrane di altezza costante, cioè orizzontali nelle faccie inferiore e superiore, simili ai tipi *o, p, r*. La ditta *Frazzi* di Cremona, oltre ai tipi suddetti, fabbrica anche volterrane del tipo *m*, valevoli per ampiezze di m. 1,50; questa poi, come la *Ferrari* e la *Trevisan*, fabbrica appositi tavelloni forati del tipo *n* che si appoggiano direttamente sui copriferri e che danno luogo a solide volterrane di costruzione facile e pronta e di ampiezze variabili da m. 0,60 ÷ 1,10. La ditta *Ferrari*, oltre ai tavelloni piani, ne fabbrica pure dei curvi sulle due faccie, a curvatura parallela. Nel tipo *o* non esiste copriferro, in quello *p* la tavola inferiore del ferro è coperta con un pezzo speciale, mentre nei tipi *q* ed *r* si hanno i mattoni copriferro; il tipo *q* viene usato nei solai molto alti e che soffittati in un piano unico darebbero luogo ad uno strato troppo grosso di riempimento: lasciando invece visibile la trave nel soffitto, appositamente decorata con cornice, si ottiene di ridurre al minimo il peso del riempimento e quindi di diminuire il peso totale del solaio con vantaggio economico. Il tipo *s* è quello *Förster* con mattoni a 6 fori, che può servire per portate fino a m. 1,60 e reggere un carico di Kg. 2000 per m²; il *Förster* fabbrica pure mattoni a due fori che si applicano con o senza copriferro. Il mattone è a faccie parallele, ma la metà superiore è inclinata rispetto alla verticale in senso opposto alla inferiore con una faccia intermedia di raccordo. Questa disposizione è tale che la metà superiore di un giunto fa cuneo con la metà inferiore del successivo, pur ottenendo un intradosso piano. Il dentello che ne risulta serve benissimo insieme alla sfalsatura dei giunti ad assicurare la stabilità della volterrana nel senso normale alle travi di ferro. La posa in opera riesce rapidissima, non occorrendo predisporre centine speciali. Una tavoletta scorrevole sulla quale trovino appoggio 5 o 6 corsi di mattoni, sostenuta con ganci o catenaccioli all'ala delle travi in ferro, è sufficiente per la posa e lo spreco del materiale riesce quasi nullo.

I mattoni e i tavelloni per voltine sono ordinariamente striati o scanalati nelle loro faccie, e specialmente nell'inferiore affinché l'intonaco faccia miglior presa.

Naturalmente il peso per m² dei laterizi da voltine varia a seconda della qualità dell'argilla, delle loro forme e delle varie grandezze che devono avere a seconda dell'ampiezza del voltino.

La fornace *Botteri (Petit-Bon)* di San Donnino (Parma) fabbrica dei mattoni vuoti per voltine che pesano 68 Kg. per m². Le volterrane a piattabanda *Förster* pesano invece Kg. 52 al m²; i tavelloni del tipo *n* danno un peso al m² di Kg. 60. I voltini della ditta *Frazzi* della portata di m. 0,70 ÷ 1,50 pesano Kg. 80 circa; quelli della ditta *Galotti* Kg. 90; della ditta *Bottacchi* Kg. 140 per ampiezze di m. 1,50; delle ditte *Lucchini* e *Bosq* Kg. 60, ecc.

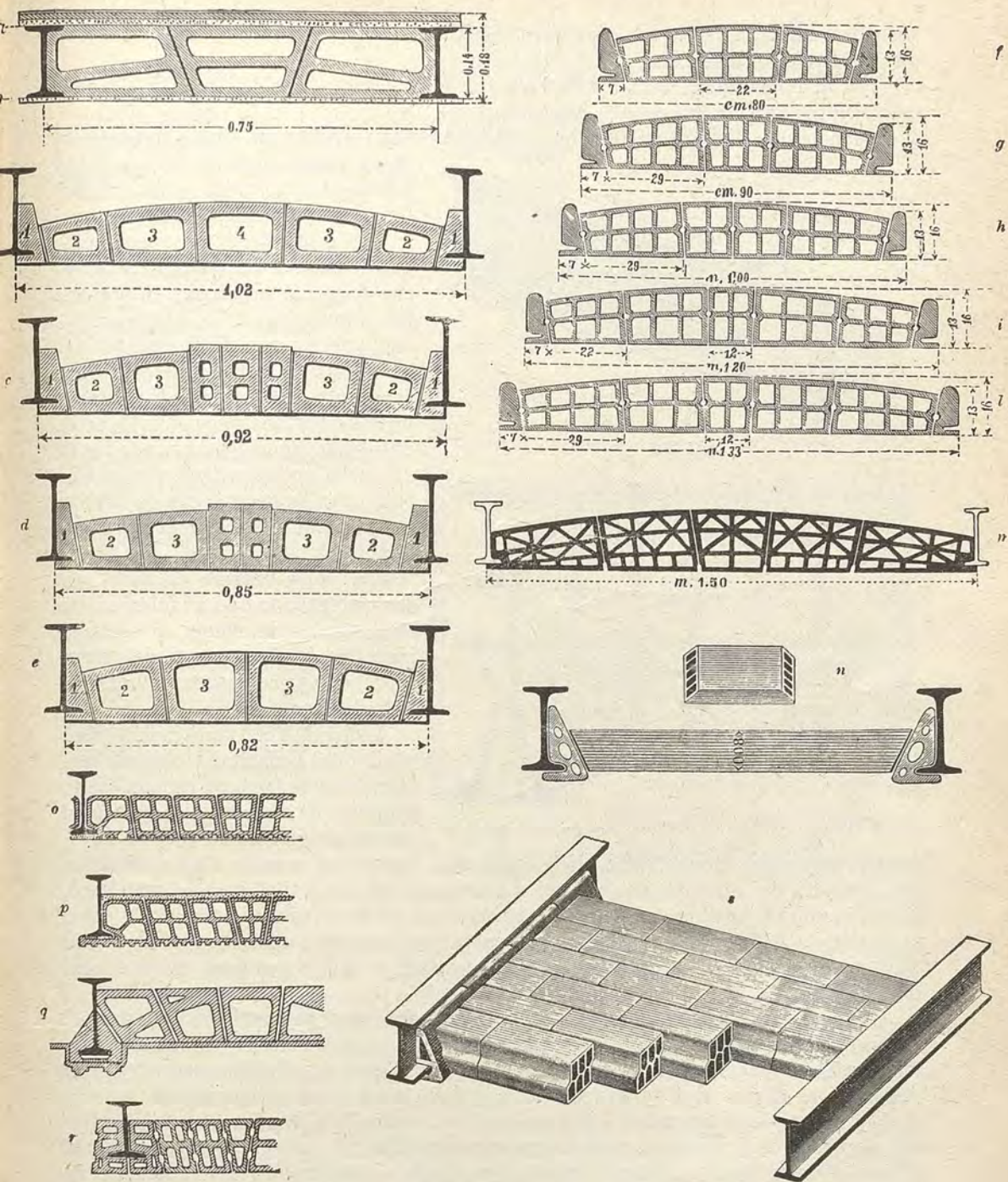


Fig. 979. — Tipi vari di volterrane con laterizi cavi.

Anche il prezzo è assai variabile, ma si può ritenere che per voltine ordinarie, i mattoni vengono a costare in media da lire 1,40 a lire 2,00 il m² nelle stazioni dei luoghi di produzione. Le volterrane della ditta Galotti in tre pezzi con copriferro unito e dell'altezza di m. 0,10 ÷ 0,20 e portata m. 0,80 costano lire 1,35 ÷ 2,70 in

fornace a Imola, e quelle con copriferro piccolo pieno o bucato costano lire 1,80 ÷ 2,25 per portate di 1,05 ÷ 0,80.

Per un'ampiezza da m. 1 ÷ 2,70 l'altezza delle voltine varia da m. 0,15 ÷ 0,30 e può raggiungere così un peso di Kg. 170 per m².

Quando nei solai sotto i tetti non si richieda

molta resistenza, si può formare un solaio assai leggero formando le voltine con mattoni cavi ordinari messi in costa (fig. 981).

Nella fig. 982 si vedono impiegate le travi di ferro cosiddette *zorès*, che hanno il vantaggio di presentare i due piani laterali coll'inclinazione voluta per l'impostatura dei primi filari di mattoni; però in Italia sono poco usate perchè meno facilmente si trovano in commercio colle dimensioni confacenti ai singoli casi, ed anche per il prezzo troppo elevato. Per impedire che la spinta delle voltine schiacci il ferro, si collocano ad ogni 50 ÷ 60 cm. di distanza delle lastrine di ferro *mn* che collegano le due ali inferiori dei ferri stessi; dei cunei di mattoni posti fra le due pareti del ferro sopra le lastrine servono a consolidare il sistema.

I solai fatti con voltine di mattoni vuoti, oltre a risultare assai più leggeri di quelli fatti con mattoni pieni, e quindi di riuscire più economici perchè occorre meno peso di ferro,

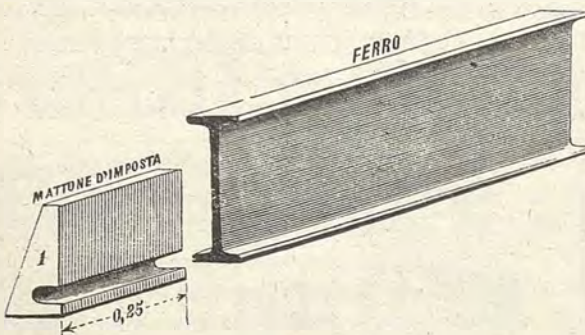


Fig. 980.

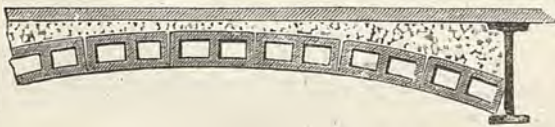


Fig. 981.

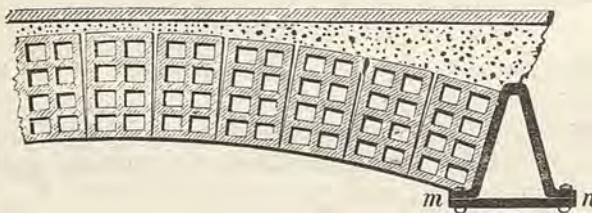


Fig. 982. — Voltina di mattoni cavi su ferri *zorès*.

presentano anche il vantaggio della insonorità, dovuta al cuscino d'aria esistente fra le cavità dei mattoni. Quando poi si adottano mattoni vuoti ad un solo gran vano, per cui i voltini vengono ad essere costituiti come da tanti tubi, si comprende come sia possibile dal sistema ricavare un altro vantaggio e cioè quello di servirsi di tali tubi come condotti di aria calda o di aria viziata, e anche per farvi passare tubi metallici, ecc.

Come già si disse, molti sono i modelli inventati, fra i quali parecchi non sono pratici, perchè, come avviene sempre in tal genere di cose, quando si vuole spingere troppo oltre un'utile invenzione, si è sovente obbligati di ritornare all'antico, essendochè la realizzazione di un nuovo vantaggio è a scapito di qualche altro già conseguito.

In quanto poi al sistema di volterrane laterizie su travi di ferro, siano esse eseguite con elementi pieni o vuoti, è certo che presenta grandissimi vantaggi sopra altri generi di solai e sopra le vòlte. Difatti con essi si può avere un'altezza dei locali maggiore di quella che si avrebbe colle vòlte, onde per una casa di determinata altezza si può avere un piano di più; si ottiene un risparmio nel tempo di costruzione e nelle armature; si ha una minore spinta sui muri dell'ambiente, od anche nessuna se si ricorre ad opportune chiavi, come si vedrà in appresso, da che un vantaggio economico nella minor grossezza necessaria dei muri e nella minor quantità di ferro per tiranti e chiavi; si ottiene una resistenza maggiore di quella relativa ad altri generi di solai,

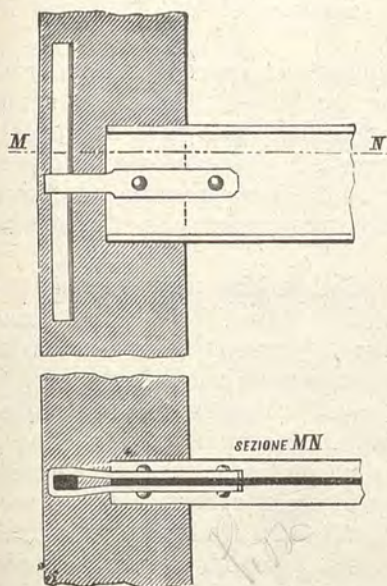


Fig. 983.

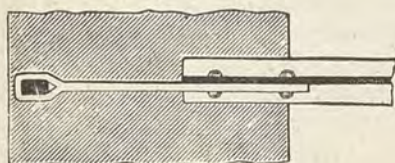


Fig. 984.

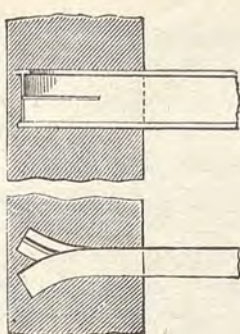


Fig. 985.

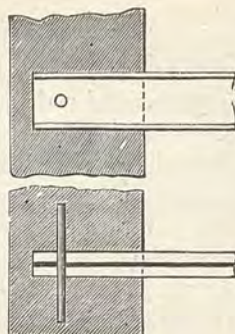
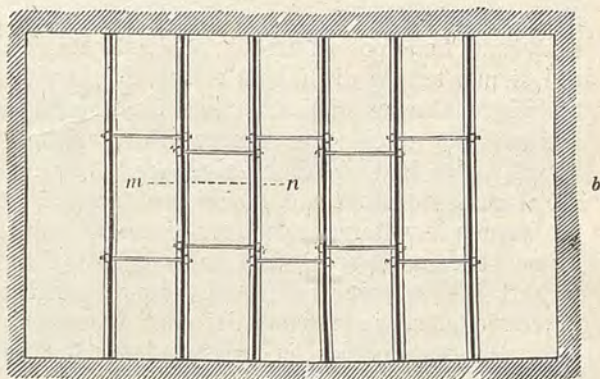
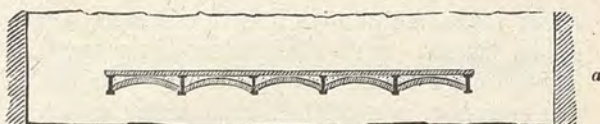


Fig. 986.



Sezione m n.



Fig. 987 a, b, c.

all'infuori però dei solai di calcestruzzo armato, di cui si è già detto. Si è trovato infatti che un solaio su ferri a I e voltini di mattoni presenta una resistenza quintupla di quella di un solaio fatto nel modo ordinario con legnami, e che i solai con mattoni vuoti sono più resistenti di quelli con mattoni pieni, poichè i primi riescono più elastici.

Le estremità delle travi di ferro si incastrano nel muro per circa 25 ÷ 30 centimetri: alcune di esse si muniscono di capichiavi con relativi bolzoni allo scopo di renderle più rigide e di collegare fra loro i muri a cui fanno capo.

Se il muro non è molto grosso si può foggare il capochiave nel modo indicato nella fig. 983, mediante uno staffone di ferro con sezione retta di circa cm. 7 per cm. 1,2 ripiegato sopra se stesso ed inchiodato al gambo del ferro a I. I bolzoni hanno comunemente la lunghezza di 60 ÷ 80 cm. e sezione retta di cm. 4,5 × 3.

Se il muro è di grossezza rilevante si adatterà la disposizione indicata in pianta nella fig. 984. Ove lo stile architettonico lo comporta i capichiavi si mettono all'esterno del muro dando loro forme ornamentali mediante lavorazione a martello.

Talvolta si reputa sufficiente per il collegamento del ferro a I col muro di praticare un taglio sul gambo del ferro e piegare in senso opposto le due parti (fig. 985), oppure

di aprire un foro del diametro di cm. $1,5 \div 2$ nel gambo del ferro e di introdurvi un'asticciuola di ferro lunga $30 \div 40$ cm. avente il diametro del foro. Trattando dei lavori in ferro si vedranno altri modi di ancoramento.

Nei solai di voltine su ferri le voltine estreme si impostano contro i muri e mentre le spinte delle voltine intermedie si elidono fra di loro quelle delle estreme vengono sopportate dai muri. Se la corda ed il carico sono rilevanti, la spinta potrà riuscir tale da non poter essere sopportata dal muro quando questo è sottile ed alto. Allora si ricorre a tiranti che collegano insieme il muro col gambo del ferro prossimo ad esso o coi gambi di più ferri, oppure si collegano i muri estremi con tiranti che attraversano tutti i gambi.

Lo stesso avviene quando manchi uno dei muri estremi o manchino ambedue, come per esempio nei pianerottoli e nelle branche di scala formati con travi di ferro verso il pozzo e con voltino gettato tra il ferro e il muro della gabbia, oppure quando nel solaio si debba lasciare un vano estendentesi per tutto o per una parte di uno scompartimento compreso fra due successive travi di ferro (fig. 987 *a, b, c*). Per opporsi a questa spinta, che potrebbe, inflettendo la trave lateralmente, cagionare la rovina del primo voltino e quindi dei successivi, si dispongono orizzontalmente dei tirantini in direzione normale ai gambi dei ferri a Γ passanti in fori praticati nei gambi stessi e filettati a vite nell'estremità onde poterli tendere mediante chiocciole. La distanza fra i successivi tirantini si può tenere di m. $1,20 \div 1,50$. Si potrebbe, come si disse sopra, usare di lunghi tiranti che attraversino tutti i gambi contemporaneamente, ma il sistema ora detto è migliore, sia perchè non sempre tutti i voltini sono ugualmente caricati e si hanno perciò spinte di valore differente sopra le pareti opposte di uno stesso ferro, sia perchè il collocamento in opera di lunghi tiranti riesce meno facile.

Quando le voltine sono molto lunghe e di corda piuttosto rilevante si può adottare il sistema rappresentato nella fig. 988. Fra una trave e l'altra sono gettati degli archetti in muratura i quali suddividono la lunghezza della voltina, che è di m. 10,043 in tre scomparti, in ciascuno dei quali è costruita una voltina a spinapesce. Le travi sono collegate da chiavi in corrispondenza degli archetti, restando così da questi ultimi nascoste.

In generale quando la larghezza del locale da coprirsi supera gli otto metri, si reputa conveniente di eseguire il solaio con doppio ordine di travi perchè in commercio, dovendo tener conto anche delle parti per l'incastamento, non si troverebbero ferri di lunghezza sufficiente e quand'anche si trovassero il costo del solaio con un solo ordine di travi riuscirebbe maggiore di quello eseguito con ordine doppio. Inoltre l'altezza delle travi sarebbe tale che superando di assai quella necessaria per le voltine, darebbe luogo ad un riempimento molto pesante, a scapito dell'economia, ed anche nel caso in cui si potesse fare a meno del riempimento l'altezza del locale riuscirebbe sempre minore di quella che si otterrebbe col doppio ordine di travi, perchè con questo la grossezza dell'intero solaio sarebbe minore, o, quanto meno, la grossezza maggiore si ridurrebbe alle porzioni occupate dalle travi principali.

Le travi maestre o principali, che costituiscono il primo ordine di travi, hanno generalmente sezione retta composta o da una parete verticale e 4 ferri d'angolo (fig. 989 *a, b*), oppure da parete verticale, 4 ferri d'angolo e tavole (fig. 990), o da parete verticale, ferri d'angolo e ferri a \square (fig. 991, 992). Può anche essere costituita da una trave tubulare presentante una delle sezioni indicate nelle fig. 993, 994 o finalmente da una parete verticale a traliccio (fig. 995, 996, 997). Trattando dei lavori in ferro se ne riparlerà.

Le travi secondarie, che comunemente sono ferri di filiera, si collegano alle principali mediante cantonali di ferro (fig. 998) e le sporgenze che le travi principali verrebbero a produrre nel soffitto si mascherano con lamiere di zinco sagomate (figura 998) oppure con casse di legno (fig. 1000, 1001) od anche con cornici di struttura muraria,

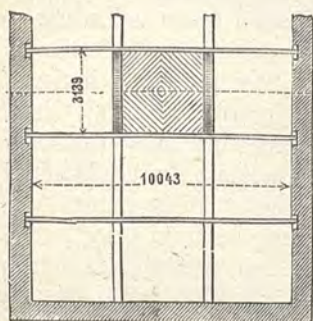


Fig. 988. — Locale coperto con voltine gettate su travi di ferro e archi di mattoni impostati sulle travi.

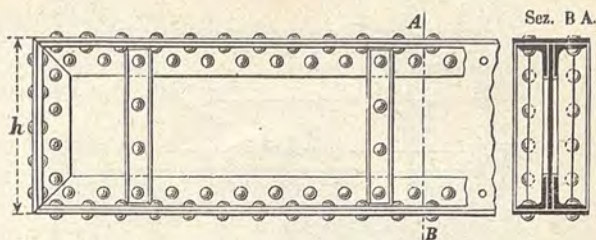


Fig. 990.

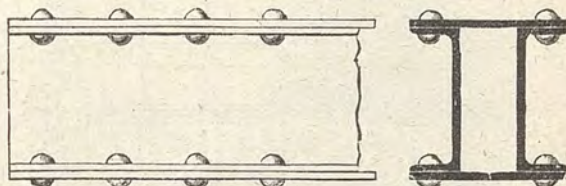


Fig. 994.



Fig. 989 a, b.

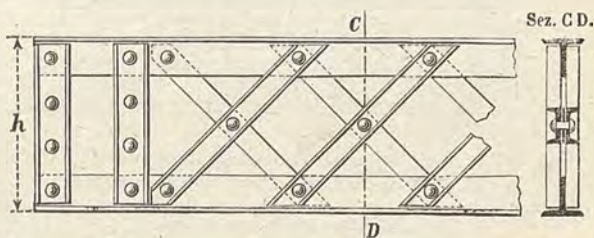


Fig. 995.

Fig. 991. Fig. 992. Fig. 993.

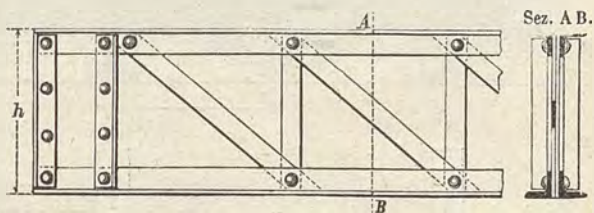


Fig. 996.

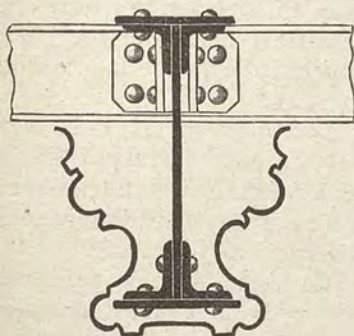


Fig. 998. — Collegamento dei ferri secondari alle travi principali.

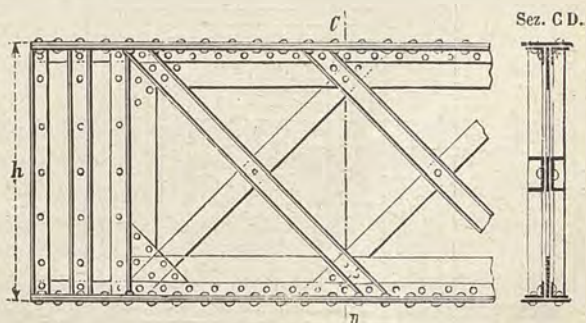


Fig. 997.

Fig. 989 a 997. — Forme diverse di travi principali per solai in ferro e voltini di muratura.

usando mattoni copriferrì, tavelle, tavelloni, mattoni forati o mattoni appositamente sagomati. Le travi secondarie vengono così a sostituire gli archetti in muratura del sistema della fig. 988, e le voltine sono costruite sugli scompartimenti che risultano fra le travi principali e secondarie, scompartimenti che si cerca sempre di ottenere

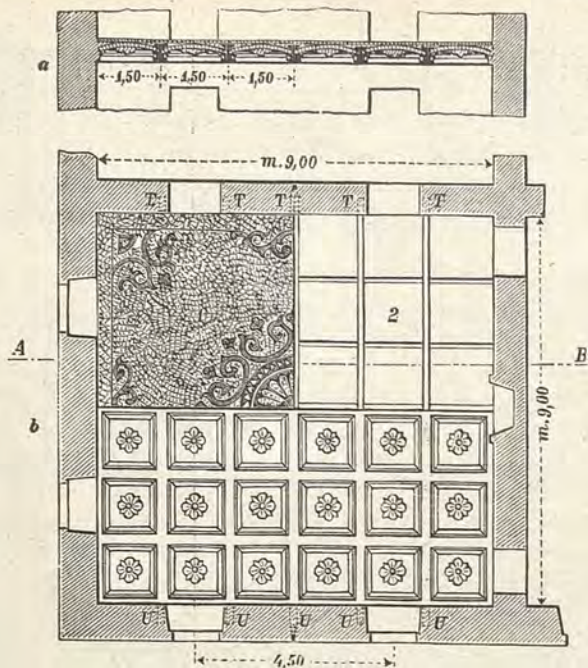


Fig. 999 *a, b.* — Solaio di voltine su doppio ordine di ferri con soffitto decorato a scomparti quadrati.

a, sezione trasversale A B; *b,* pianta di porzione del pavimento, di porzione del soffitto e delle travi di ferro.

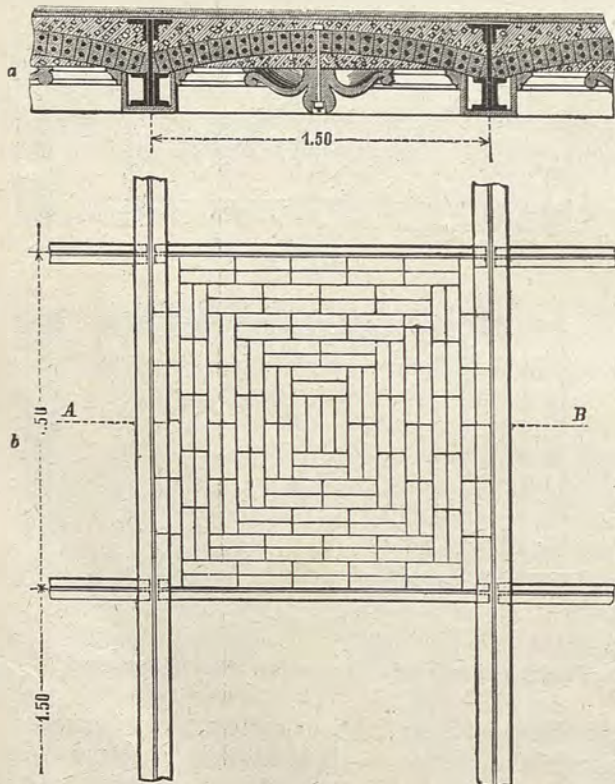


Fig. 1000 *a, b.* — Particolare del solaio della fig. 999.

a, sezione A B attraverso le travi principali; *b,* sez. orizzontale sopra la voltina.

quadrati, affinché i cassettoni a cui danno luogo nel soffitto riescano di miglior effetto. Nelle figure 999 a 1005, è indicato un solaio costruito con tale sistema, coprente una sala quadrata di metri 9 di lato. Parallelamente ad uno dei lati della pianta si sono collocate le travi principali TU, TU..... incastrate nei muri per centimetri 35 e aventi la sezione retta indicata nella fig. 1002. La loro distanza da asse ad asse è di m. 1,50. Si è così ottenuto di suddividere il locale in parti uguali e di far cadere le travi nei massicci dei muri e non sulle piattabande delle aperture. Sulle ali superiori dei ferri ad E di dette travi si sono impostate le travi secondarie a I (fig. 1000, 1001, 1003). La pianta del locale essendo quadrata, si è pure potuto collocare a distanze eguali fra loro e a quelle delle travi principali le travi secondarie, ottenendosi così scomparti perfettamente quadrati. Ognuno di questi è coperto da una voltina a padiglione di mattonetti vuoti, impostati per due lati a porzioni delle ali superiori dei ferri a E delle travi maestre e per i due altri lati alle tavole inferiori dei ferri a I.

Quando la portata delle travi maestre non superasse i cinque o sei metri, invece di travi composte converrebbe adottare semplicemente dei ferri a I.

La forma adottata per la sezione retta delle travi maestre è nel caso considerato, in cui la portata è considerevole e l'interrasse piuttosto ampio, molto più adatta per l'impostatura delle voltine, di quella di un ferro a I composto, potendosi avere una minore altezza di materiali di riempimento.

Le voltine hanno grossezza

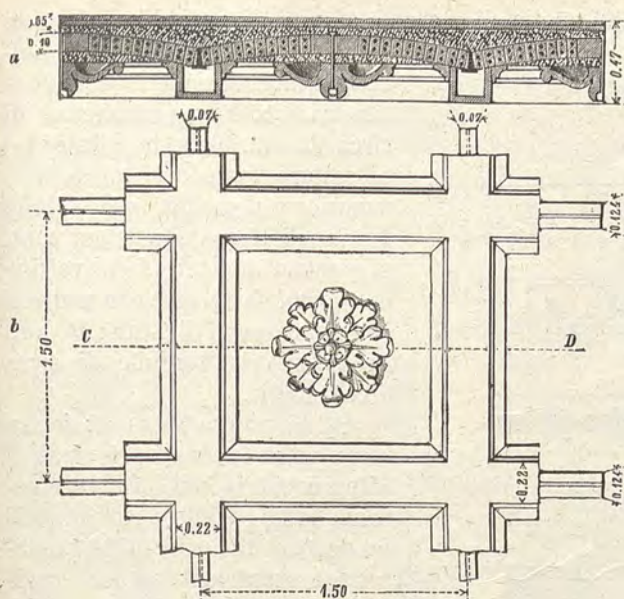


Fig. 1001 a, b. — Particolari del solaio della fig. 999.

a, sezione C D attraverso le travi secondarie; b, pianta del soffitto.

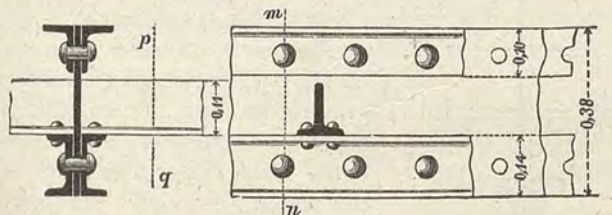


Fig. 1003. — Attacco delle travi secondarie alle principali.

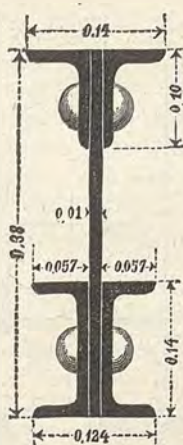


Fig. 1002. — Sezione della trave principale del solaio della fig. 999.

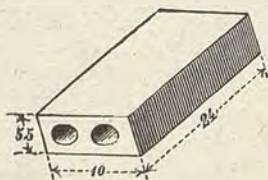


Fig. 1004.

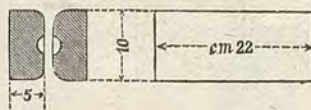


Fig. 1005.

di 10 centimetri e sono eseguite con mattoni vuoti aventi le dimensioni indicate nella figura 1004.

Nella costruzione di queste volte bisogna procurare di disporre i mattoni in modo da romperne il minor numero possibile. Nel caso considerato ove il lato è un multiplo di 25 centimetri, si è adottata tale disposizione da non romperne nessuno come si rileva dalla fig. 1000.

Sopra le volte si è fatto un riempimento di rottami, calcinacci, carbone, ecc., per ottenere un piano orizzontale su cui si è disteso circa tre centimetri di calcestruzzo per formare un resistente piano di posa del pavimento a mosaico, detto anche alla veneziana (fig. 999). Le superficie d'intradosso delle volte si sono ridotte in piano mediante imboccatura di calce, gesso e pezzi di carbone, e nel mezzo si sono fissati dei rosoni, in carta pesta o di stucco, mediante piccole chivarde di ferro che attraversano l'intera grossezza dei voltini. Le parti in vista delle travi maestre sono mascherate con casse di legno fissate a pezzi di tavola appoggiati sulle ali inferiori dei ferri a \square delle travi maestre. Questi pezzi di tavola hanno all'incirca le dimensioni indicate nella fig. 1005 e possono tenersi spazati da asse ad asse di circa 60 cm. Altre casse di legno disposte sotto le travi a T servono a formare i finti cassettoni.

Le casse sono rivestite con stuoie per potervi applicare l'arricciatura; piccole cornici girano intorno negli sfondi dei cassettoni che coi rosoni dianzi accennati completano la decorazione del soffitto.

Fra le travi T U, T U..... (fig. 999) quella di mezzo è munita di capi-chiavi foggiate nel modo indicato nella fig. 1006. Le staffe S hanno sezione retta di cm. 6×1 : il bolzone Z ha la sezione retta di centimetri $6 \times 2,5$ e lunghezza di circa 90 cm. Quando il lato dei cassettoni fosse di 1 m. o poco superiore al metro, invece delle voltine di 10 cm. di mattoni vuoti si possono adottare delle voltine di quarto, fatte cioè con mattoni comuni disposti di costa; la loro grossezza risulterebbe di circa 6 centimetri.

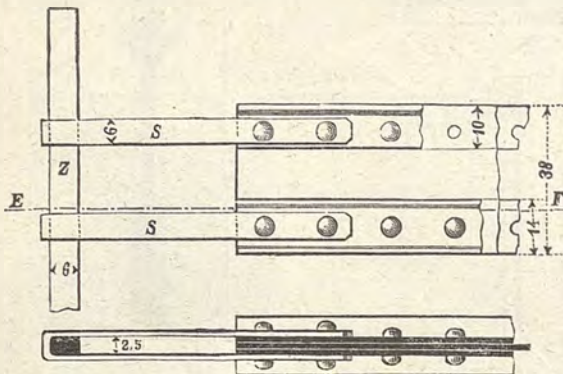


Fig. 1006. — Ancoramento nei muri delle travi principali (solaio della fig. 999).

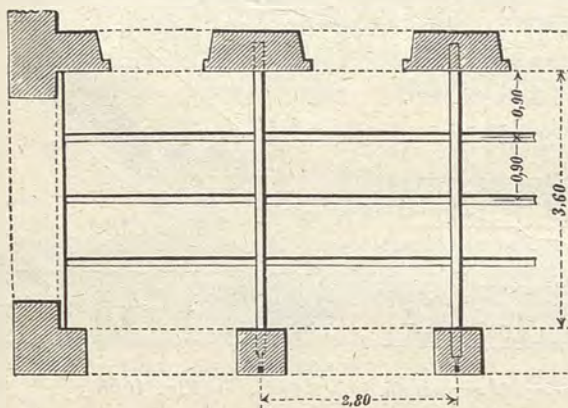


Fig. 1007. — Disposizione delle travi principali e secondarie di un solaio senza scomparti decorativi.

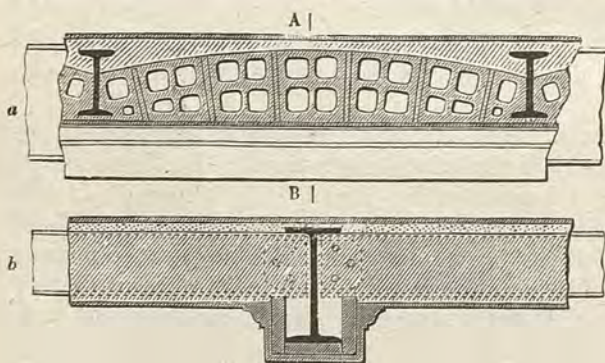


Fig. 1008. — Particolare del solaio della fig. 1007.

a, sezione attraverso le travi secondarie; b, sezione attraverso le travi principali, ossia secondo A B.

sui cassettoni centrali, oppure ripartirla fra i due cassettoni estremi. Generalmente però non è necessario che i cassettoni risultino perfettamente quadrati, epperò si

Se la pianta fosse di forma rettangolare le travi principali si disporrebbero coi loro assi secondo rette parallele equidistanti fra loro e dai muri di testa, dirette normalmente al lato maggiore della pianta, in modo cioè da dividerla in scompartimenti di eguale larghezza: questa larghezza, che si indica con a , sarà quella che si giudicherà conveniente pei cassettoni, avuto riguardo, se sarà il caso, alla posizione che vengono a prendere dette travi rispetto ai vani, sia per ragioni estetiche, sia perchè le pressioni si trasmettano ai muri in punti convenienti.

Le travi secondarie si disporranno coi loro assi secondo rette parallele ai lati maggiori della pianta ed equidistanti fra loro e dai muri, appoggiandole alle tavole inferiori delle travi principali.

Se la larghezza del locale è un multiplo della distanza a , si potrà mantenere fra questa seconda serie di assi la stessa distanza a e così i cassettoni risulteranno quadrati.

Se la larghezza del locale non è un multiplo esatto di a e volendo tuttavia che la maggior parte dei cassettoni risultino quadrati, non vi sarà altro rimedio che portare tutta la differenza

potrà ripartire detta differenza su tutti gli scompartimenti, che risulteranno così tutti rettangoli eguali.

Se non è necessario per ragioni decorative o per l'ampiezza delle voltine ottenere gli scomparti allora le volterrane si gettano semplicemente fra le travi secondarie. Così nel caso rappresentato dalla fig. 1007 alle travi principali, collocate fra i pilastri esterni e i maschi del muro interno, sono collegate le travi secondarie poste a distanza di m. 0,90 l'una dall'altra e fra queste sono gettate le volterrane (fig. 1008). Le travi principali sono inferiormente rivestite da cassa in legno su cui è attaccata la stuoia per

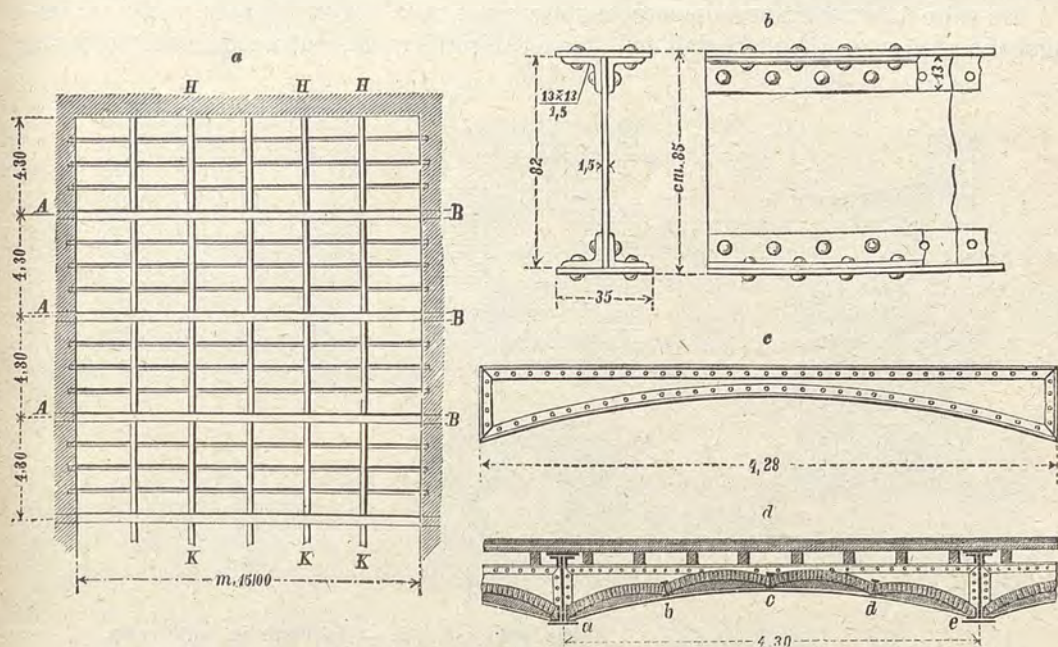


Fig. 1009 *a, b, c, d.* — Solaio con voltine di mattoni su tre ordini di travi di ferro.

a, pianta; *b*, particolari delle travi principali A B o di 1° ordine; *c*, particolari delle travi H K di 2° ordine; *d*, sezione attraverso le travi principali.

l'arricciatura. Il soffitto vi è poi completato coll'arricciatura della superficie piana inferiore delle voltine e con una cornicetta che rigira intorno alle travi principali ed ai muri, ossia ad ogni grande scomparto formato da dette travi e dai muri.

Talvolta si ricorre anche a più ordini di travi. Un caso è rappresentato nella fig. 1009 *a, b, c, d.* Il locale coperto è largo 15 metri. Le travi maestre A B, A B.... disposte nel senso della larghezza del locale sono costituite da una parete verticale e da due tavole orizzontali collegate con ferri d'angolo (fig. 1009 *b, c*); la loro distanza da asse ad asse è in questo caso di m. 4,30, ma può variare da m. 3,50 a m. 6. A queste travi sono fissate quelle del secondo ordine, aventi pure sezione a I composta ma di altezza variabile (fig. 1009 *d*) in modo che la tavola inferiore è curvata ad arco circolare con saetta di $\frac{1}{12}$ della corda: l'altezza della sezione retta in chiave è di m. 0,25 e alle imposte di m. 0,60. La loro distanza è nel caso considerato di m. 2,50 ma può variare da 1,50 a 3 metri. A queste travi vengono a fissarsi dei ferri a I semplici, le cui tavole inferiori servono d'imposta a voltine di quarto fatte con mattoni comuni o con mattoni vuoti (figura 1009 *d*). La distanza da asse ad asse di questi ferri può variare fra m. 0,80 e m. 1,20: nel caso in questione è di m. 1,10. La saetta delle voltine è di $\frac{1}{15}$ circa della corda. Coll'imbottitura si viene ad ottenere una sola superficie cilindrica *a b c d e*

(fig. 1009 *d*), cosicchè il solaio si presenta come costituito da tante volte a botte di corda *a e*. Il pavimento è costituito da travicelli appoggiati sulle travi curve di 2° ordine.

In altra parte del manuale sono indicate le maniere per trovare le dimensioni delle travi a seconda del genere del solaio e del carico a cui è sottoposto.

Le così dette *porcelle* si usano specialmente nel rinfiacco delle volte: si fanno o con mattonetti o con mattoni ordinari di quarto. Si usano anche nei rinfianchi gettandole da uno sperone all'altro.

Le volte a botte, e specialmente le volterrane, ossia le volte di poca monta, si impiegano anche per difendere dall'umidità i locali sotterranei, costruendole contro terra,

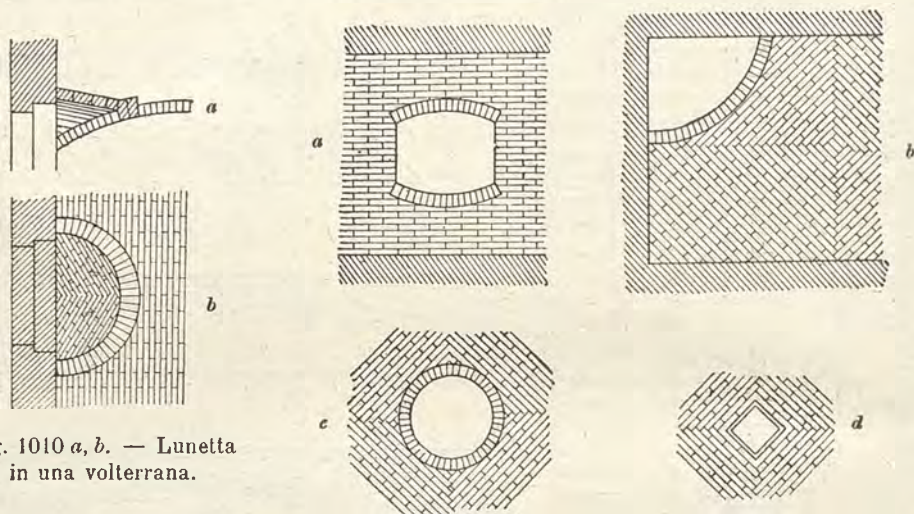


Fig. 1010 *a, b*. — Lunetta in una volterrana.

Fig. 1011 *a, b, c, d*. — Aperture in volterrane.

come già si è detto a pag. 423, e per formare le finestre e le trombe di luce per le cantine (vedi Cap. VII). Come pei solai esse si adoperano per le rampe di scala dando luogo a botte rampanti impostate da una parte al muro e dall'altra ai ferri che formano il fianco della scala, od anche impostate da ambe le parti a ferri quando la rampa è isolata. In ambedue i casi i ferri devono essere provvisti di tiranti che impediscano lo sfiancamento della volta, come già si è detto nel caso dei pianerottoli.

Le lunette si presentano di rado nelle volterrane; quando accade di costruirne si dispongono nello stesso modo come per le ordinarie volte a botte (fig. 1010 *a, b*). Spesso però si devono lasciare nelle volte delle aperture per scale da sotterraneo, per scale a chiocciola, per spiragli di luce e simili; allora si opera come è indicato nella figura 1011 *a, b, c, d*. In *a, b, c*, la spinta laterale della volta viene ricevuta da uno o due archi o da una corona in muratura. Invece di quest'ultima si può adottare un telaio quadrangolare di ferro, da chiudersi poi con lastre di vetro (fig. 1011 *d*).

Essendo le voltine un genere speciale di volte a botte si dirà subito come si proceda nell'armatura. Quando la volterrana è apparecchiata coi filari paralleli all'asse, si usa l'armatura scorrevole, risparmiando così in gran parte il manto. Se i piedritti sono di muro pieno vi si assicurano con lunghi arpioni delle lungarine, superiormente piallate, sulle quali appoggiano e scorrono due centine (fig. 1012) distanti l'una dall'altra m. $1 \div 1,25$ e ricoperte dal manto. Dopo aver costruito un tratto di volta si fanno scorrere le due centine sulle lungarine spalmate di sapone. Se i piedritti sono archi non è sempre possibile far uso di arpioni; allora le lungarine si sostengono con traverse.

Quando i piedritti sono travi di ferro, l'armatura si sostiene o con ferri piegati a doppio gancio (fig. 1013 a), e sbadacchiando col pezzo *a* le due lungarine per impedire il piegamento del ferro sotto il peso della vólta, oppure con tanaglie (fig. 1013 b). Le armature scorrevoli presentano poi anche questo vantaggio: che i muratori invece di dover stare sopra il manto possono lavorare stando fra i piedritti delle voltine.

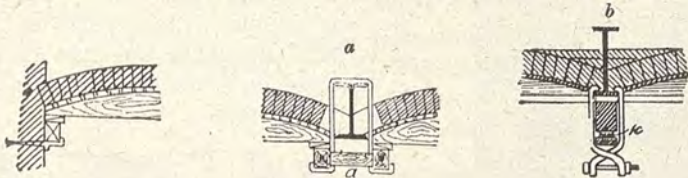


Fig. 1012.

Fig. 1013 a, b.

Fig. 1012 e 1013 a, b. — Armatura delle volterrane e voltine.

Se non si possono contemporaneamente armare ed eseguire parecchie voltine, si devono puntellare gli archi o le travi delle campate vuote adiacenti perchè altrimenti possono avvenire degli spostamenti prodotti dalla spinta laterale delle voltine già costruite. Si devono usare speciali cautele nel disarmo delle voltine, ed è consigliabile il disarmo delle voltine susseguentisi, affinchè all'assetto contemporaneo delle stesse ne consegua un miglior equilibrio fra le varie spinte laterali.

β) Vólte anulari, elicoidali.

Quando lo spazio da coprirsi è anulare e l'imposta giace in un piano, ossia quando la direttrice è una figura poliedrica, oppure una curva giacente in un piano e la generatrice è un arco di circolo, allora la vólta si chiama *anulare* e prende la forma di quella rappresentata nella figura 1014. Quando la direttrice è un poligono allora la vólta si

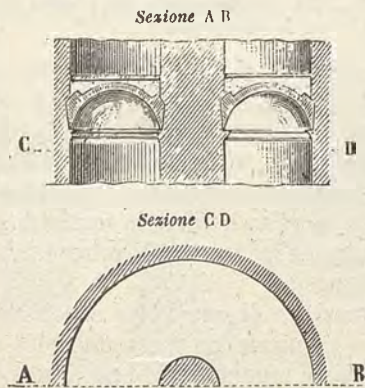


Fig. 1014. — Vólta anulare.

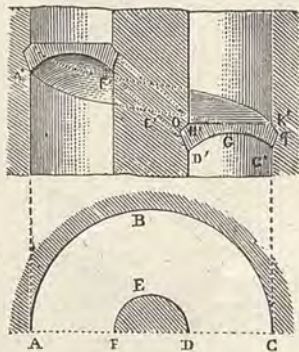
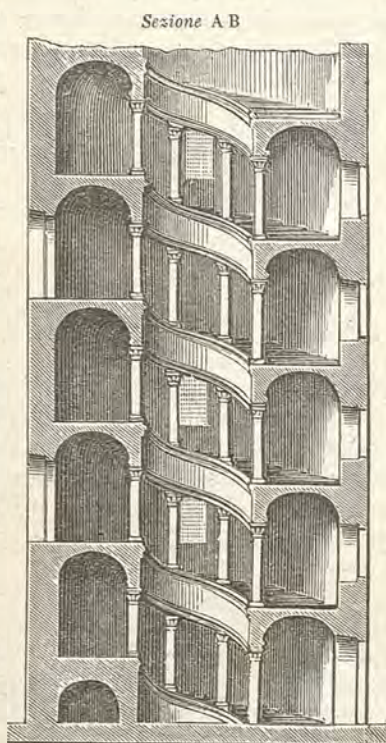


Fig. 1015. — Vólta anulare elicoidale.

compone di tante volte a botte successive formanti spigolo in corrispondenza dei vertici del poligono. Se poi la superficie da coprirsi è una corona circolare od ellittica e la direttrice è un'elica allora la vólta è detta *anulare elicoidale* (fig. 1015). Suppongasi che metà dell'area da coprirsi sia orizzontalmente rappresentata nella mezza corona circolare A B C D F. Si immaginino sulle superficie cilindriche le cui metà si proiettano nelle semicirconferenze A B C, D E F tracciate due eliche di ugual passo, aventi origine allo stesso livello su generatrici contenute nel piano verticale di traccia orizzontale A C. Esse saranno per metà rappresentate in proiezione verticale dalle due sinusoidi A' E' C',

F' E' D'. Suppongasi ora l'arco di circonferenza D' G' C' posto sul piano verticale suddetto ed avente i suoi estremi nei punti D' e C' di origine delle due eliche. Si segni su questo piano la retta H' K' orizzontale a conveniente distanza dal vertice dell'arco, e

quindi le spezzate D' O H e C' q K' e si immagini che la figura chiusa dalle dette linee roti in modo che il suo piano passi sempre per l'asse dei due cilindri e che i punti D' C' si mantengano sulle due eliche tracciate su quei cilindri; si genererà un solido che ha la forma delle vólte anulari-elicoïdali.



Pianta

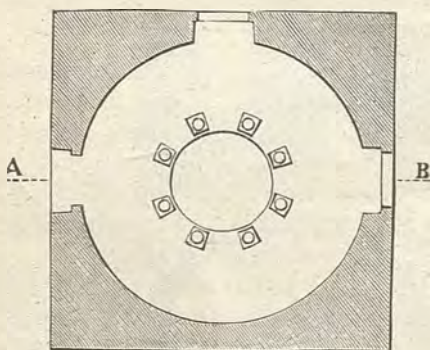


Fig. 1016. — Scala del Belvedere a Roma.

regolare possibile. Le vólte anulari ascendenti si costruiscono in laterizi ed anche in pietra da taglio, ma in questo caso richiedono molta diligenza presentando la lavorazione e la preparazione dei conci i più complicati problemi della stereotomia.

Per la collocazione delle centine delle vólte elicoïdali bisogna dividere il dislivello fra l'origine e l'estremità superiore della vólta in tante parti quante sono le centine che si vogliono impiegare, e quindi collocare successivamente le centine in maniera che l'una sia più elevata dell'altra del dislivello che esiste fra l'una e l'altra delle parti in cui fu divisa la linea di salita. La distanza fra le centine come *a b, c d* (fig. 1018) si tiene, in proiezione orizzontale, fra m. 0,75 ÷ 1,00.

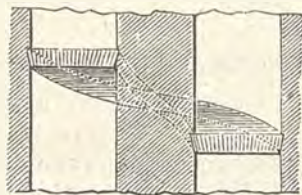


Fig. 1017. — Vólta anulare elicoïdale.

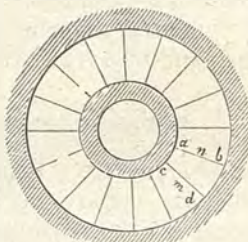


Fig. 1018.

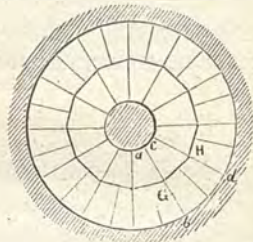


Fig. 1019.

Fig. 1018 e 1019. — Armatura delle vólte anulari elicoïdali.

Questo sistema di vólte si usa spesso nelle scale a chiocciola e ne è un magnifico esempio la scala del Belvedere a Roma (fig. 1016) eseguita dal Bramante. Quando la freccia dell'arco di cerchio formante intradosso è piccolissima o nulla allora la vólta assume la forma di quella rappresentata nella fig. 1017, pure usata per scale a chiocciola.

La costruzione di una vólta elicoïdale, o a chiocciola o a spirale presenta difficoltà abbastanza grandi. Si raggiungerà bene lo scopo eseguendo i singoli filari colla disposizione la più

Qualora le centine risultassero troppo discoste in prossimità della superficie cilindrica esterna, s'interpoleranno (fig. 1019) delle mezze centine aventi un estremo impostato sull'elica esterna e l'altro collegato ad un pezzo G H, chiodato alle centine *a b, c d*.

Le vólte elicoidali si possono formare con pietre che attraversando la corona circolare vanno ad incastrarsi nei due muri perimetrali, ed in tal caso non occorrono armature. Quando si fanno in mattoni converrà adottare centine a monta molto depressa, disposte nel modo sovraindicato, e costituite, se si vuole, da una sola tavola convenientemente tagliata; colla rinzaffatura si otterrà la vera superficie elicoidale.

γ) Vólte coniche e conoidiche.

Quanto si è detto per gli archi conici e conoidici vale anche per le vólte di tal genere, che oltre ad usarsi per coprire aree trapezie, come si è visto per le strombature di aperture, ad esempio, i portoni carrai, servono in genere a sostenere una parte di costruzione stabilita in aggetto sopra un vuoto, ossia a costituire le cosiddette *trombe*. Si usano anche per formare aperture svasate, cioè con luce diversa sulle pareti opposte del muro in cui sono aperte, ed anche quelle finestre a doppia strombatura assai usate nel medio evo, tanto nell'architettura chiesastica quanto nella militare, ove prendevano il nome di cannoniere.

La fig. 1020 *a, b* rappresenta una vólta conica per pennacchio di cupola; la fig. 1021 una tromba conica in angolo sporgente; la fig. 1022 una tromba conica d'angolo sbieca in angolo rientrante; la fig. 1023 una finestra a doppia strombatura conica, detta anche occhio di bue. Nelle trombe coniche delle fig. 1020, 1021, 1022 il pezzo *a* chiamasi *mensolone*; si ricorre ad esso per evitare che i conici prossimi al vertice del cono finiscano in punta, e ottenere maggior resistenza evitando nello stesso tempo difficoltà gravi di lavorazione.

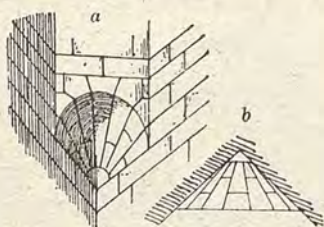


Fig. 1020 *a, b*. — Vólta conica per pennacchio di cupola.

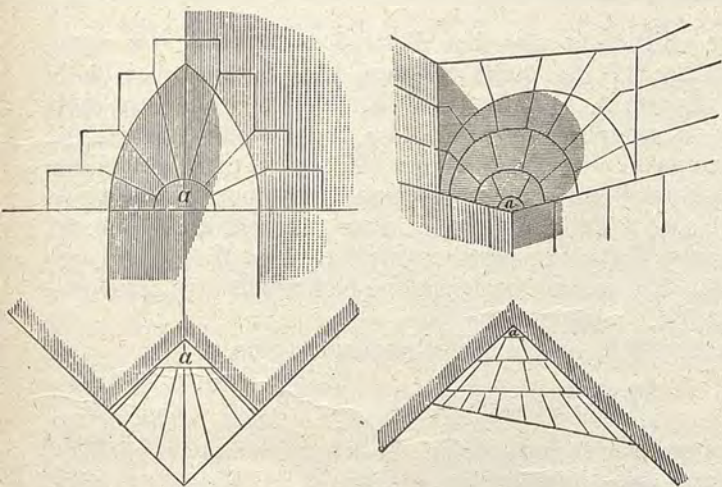


Fig. 1021. — Vólta conica o tromba per angolo sporgente.

Fig. 1022. — Vólta o tromba conica obliqua per angolo rientrante.

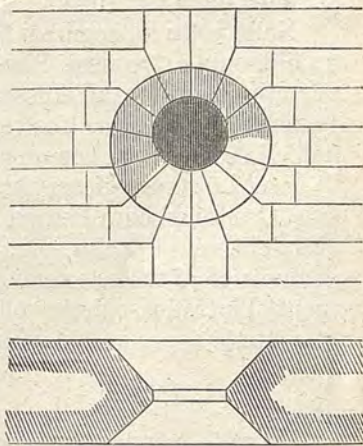


Fig. 1023. — Finestra a doppia strombatura conica, od occhio di bue.

Le vólte coniche si adoperano anche per sostenere torrette cilindriche o poligonali; in genere però sono poco usate all'infuori che per formare pennacchi di cupole e per svasamento di aperture.

δ) Vólte a bacino, a calotta, a cupola semplice.

Le vólte a bacino, o a calotta o a cupola semplice si adoperano per coprire spazi circolari, ellittici od ovali. La loro superficie d'intradosso suole essere una mezza sfera, una calotta sferica, un mezzo od una porzione d'elissoide o di ovaloide di rivoluzione quando l'area è un'elisse; una superficie generata in modo analogo all'elissoide a tre assi quando l'area da coprire è circolare: un'elissoide a tre assi od una sua porzione quando l'area è un'ovale.

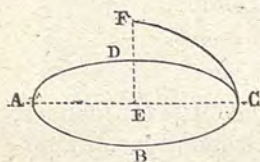


Fig. 1024.

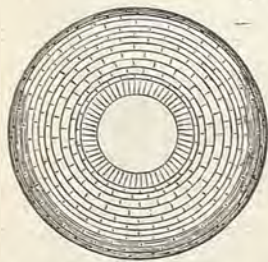


Fig. 1025. — Apparecchio per vólte a bacino.

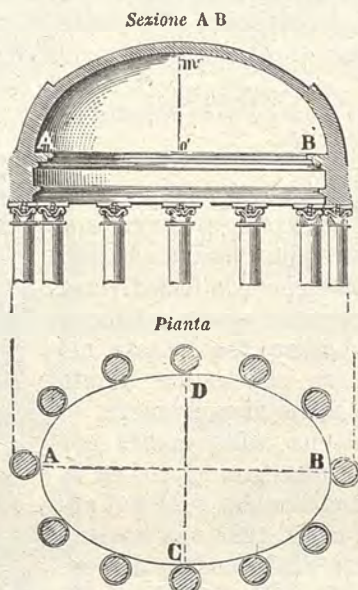


Fig. 1026. — Vólta a bacino su base ellittica.

Se A B C D (fig. 1024) è un circolo formante l'imposta della vólta e C F una linea curva di cui l'estremo F si trovi sulla verticale E F innalzata sul centro del circolo base, l'estremo C sulla circonferenza A B C D, e la tangente in F sia perpendicolare ad E F, essa curva girando intorno all'asse E F darà luogo all'intradosso della vólta a bacino su pianta circolare.

La vólta si dirà a tutta monta, a monta rialzata, a monta depressa, secondo che la monta è uguale, maggiore o minore del raggio E C.

I materiali si dispongono partendo dall'imposta ad anelli concentrici successivi come si rileva dalla fig. 1025.

Nelle vólte a bacino su base ellittica la superficie d'intradosso è, come si è detto, un'elissoide a tre assi. Siano A B e C D (fig. 1026) due assi dell'elissoide, cioè quelli che appartengono all'elisse d'imposta A D B C. Sia $m' o'$ la metà del terzo asse ossia la monta della vólta. Costruita la semiellisse $A' m' B'$, essa rappresenterà la sezione dell'elissoide, fatta con un piano passante per A B e perpendicolare al piano dell'elisse di base. Lo stesso dicasi per la semiellisse $D m' C$. Così ogni piano normale al piano D $m' C$ intersecherà l'elisse di base e l'elisse $A' m' B'$ in tre punti che sono i vertici di un'elisse, ed analogamente avverrà per ogni piano normale al piano D $m' C$. Il luogo geometrico di tutte le semiellissi che vengono così formate è l'elissoide a tre assi costituente l'intradosso della vólta a bacino su pianta ellittica.

Quanto sopra vale ugualmente per le vólte a bacino su pianta ovale.

ε) Vólte a conca.

Le vólte a conca semplice coprono aree rettangolari. La direttrice è una semiellisse $I'n'L'$ (fig. 1027) collocata in un piano perpendicolare al piano E F G H del rettangolo d'imposta e parallelo ed equidistante da due lati opposti E F, G H del rettangolo.

Questa semiellisse ha per estremi i punti I ed L d'intersezione degli altri due lati E H, F G con quel piano. Il semiasse che si proietta in $m' n'$ costituisce la monta della vólta. Un piano perpendicolare alla I L, intersecando la direttrice e i due lati E F, G H del rettangolo, dà luogo a tre punti che si possono ritenere come tre vertici di una semiellisse.

Si immaginino ora per tutti i punti della retta IL normalmente alla medesima condotto un piano e tracciata una semiellisse analoga alla sopradetta. Il luogo geometrico di queste semiellissi è una speciale superficie che forma l'intradosso della vólta a cui si dà il nome di *vólta a conca*. I materiali si dispongono in maniera che le linee dei filari sull'intradosso si presentino secondo anelli orizzontali concentrici.

φ) Vólte a vela.

Le vólte a vela sono quelle che hanno per intradosso porzione di superficie sferica, di ellissoide o di ovoide limitata da curve contenute in piani verticali. Vólte a vela sferiche sono quelle che hanno per intradosso porzione di superficie sferica. Le linee che le limitano, cioè le linee d'imposta, sono semicirconferenze od archi di circolo giacenti in piani verticali, e siccome per il buon aspetto della vólta è bene che la superficie d'intradosso intersechi gli spigoli determinati dall'incontro di questi piani verticali in punti siti in uno stesso piano orizzontale, così le linee d'imposta si proietteranno orizzontalmente in un poligono i cui vertici devono evidentemente appartenere alla circonferenza, proiezione dell'intersezione di quel piano orizzontale colla superficie sferica d'intradosso. Il poligono dunque sarà o regolare o un rettangolo o un quadrilatero nel quale la somma degli angoli opposti valga due retti, od in generale un poligono inscritto in un cerchio.

Le superficie d'imposta delle vólte a vela sono superficie curve passanti per le linee d'imposta e normali alla superficie d'intradosso. L'altezza del punto più alto dell'intradosso sul piano orizzontale passante per i punti più bassi costituisce la monta della vólta.

Se la monta è uguale al raggio del cerchio circoscritto al poligono di base, la vólta chiamasi a tutta monta, e le linee d'imposta sono mezze circonferenze. Se la monta è minore del raggio suddetto, il vólto dicesi a monta depressa e le linee d'imposta sono archi di cerchio.

Nella maggior parte dei casi l'altezza della vólta dipende da quella del piano dell'edificio a cui la vólta corrisponde; per trovare quindi il centro della sfera si procede nel seguente modo. Segnata (fig. 1028, *a, b*) la linea del pavimento si porta al disotto la grossezza corrispondente a quella del pavimento stesso e della vólta in chiave. Dal punto trovato si porta al disotto il raggio r dato dalla pianta: il punto o (nella sezione) sarà il centro della sfera: uniti con rette i punti d'imposta e descritti con centro o i cerchi ad esse tangenti si saranno segnati anche gli archi d'imposta i quali risulteranno uguali poichè essendo l'area quadrata i punti m, n, p, q sono ad un medesimo livello. L'altezza dei piedritti si tiene sempre sotto al punto o di una certa quantità x , che serve a compensare la porzione di vólta che viene coperta dalla sporgenza della cornice o dei capitelli, quando la vólta è vista dal basso. La quantità x aumenta col crescere di detta sporgenza.

Quando la vólta a vela sferica copre uno spazio rettangolare, i punti m, n, p (fig. 1029, *a, b, c*) non giacciono più in un piano. Perciò determinato come prima il centro o e descritto nelle due sezioni trasversali con raggio r l'arco intradosso, il piano passante per le imposte di detto arco, darà nella sezione trasversale minore il punto p

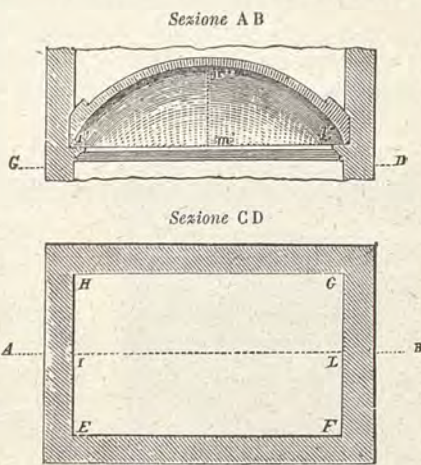


Fig. 1027. — Vólta a conca.

vertice degli archi d'impоста sui lati maggiori, e nella sezione trasversale maggiore il punto *m* vertice degli archi d'impоста sui lati minori.

La vólta a vela su spazio quadrato ha molta rassomiglianza colla cupola semplice prima ricordata, specialmente quando alla base della calotta sferica si costruisca una cornice (fig. 1030), nel qual caso il centro della calotta sferica si terrà alquanto più in alto di quello della sfera corrispondente agli archi frontali. Le vólte a vela si decorano assai bene con stucchi e dipinti e si accordano pure molto bene colle vólte a botte (fig. 1031).

Quando lo spazio da coprirsi è quadrato e sono dati i punti *a*, *d* e *c* (fig. 1032) vertici degli archi d'impоста, e il punto *b* vertice della vólta, resta determinato il centro *o*

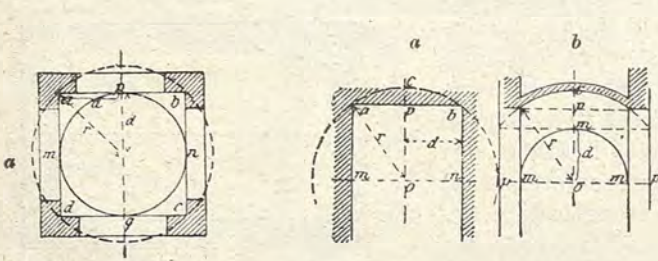


Fig. 1029 *a, b, c.* — Vólta a vela sferica su pianta rettangolare.

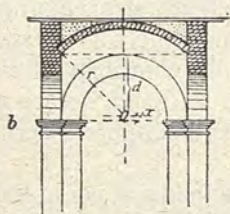


Fig. 1028 *a, b.* — Vólta a vela sferica su pianta quadrata.



Fig. 1030. — Vólta a vela su pianta quadrata, con cornice alla base della calotta.

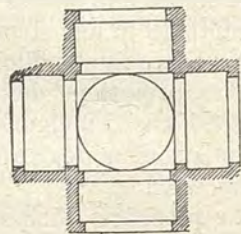
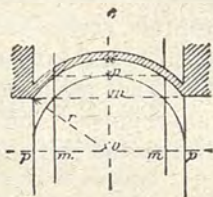


Fig. 1031. - Vólta a vela su spazio quadrato, fiancheggiato da spazi coperti da vólte a botte.

e il raggio *r* della sfera. Questo raggio servirà a descrivere l'arco *abc*, e gli archi d'impоста tangenti alle linee come *ac* avranno per raggio *od* e centro *o*. In questo caso il quadrato non è più inscritto nel circolo massimo della sfera, ma resterà interno ad esso.

Se l'area da coprirsi è rettangolare, come ad esempio un rettangolo di m. 4 × 3 e sopra la vólta deve esistere un pavimento a m. 2,80 da quello del locale da coprirsi, nei cui muri più lunghi sono aperti due archi, si procede nel modo seguente (fig. 1033 *a, b, c*). Supposto che gli archi d'impоста della vólta sui lati maggiori debbano essere di cm. 10 sopra il vertice degli archi aperti nei detti lati, cioè siano a m. 2,10 dal pavimento inferiore, si avranno determinati i punti *a, b*. Determinato anche il vertice *c* dell'intradosso della vólta in modo che sotto alla linea del pavimento superiore rimanga spazio per la grossezza della vólta e per il pavimento, si descriverà un arco di cerchio passante pei punti *a, b, c*, il cui centro cadrà in *o*. Il raggio della sfera costituente la vólta sarà *oc*. Per determinare le imposte della vólta sui lati minori si prolunghi l'arco *abc* e si trovino i punti *s* e *t* tirando due parallele alla *oc* equidistanti da essa della quantità *or* (fig. 1033 *b*) presa in pianta. Tirata la retta *st* si descriverà con centro *o* l'arco ad essa tangente e si sarà così disegnato l'arco d'impоста sul lato più breve. Analogamente si procede per disegnare la sezione C'D. Le vólte a vela si rappresentano in pianta mediante gli archi d'impоста ribaltati sul piano orizzontale (fig. 1034).

L'apparecchio dei materiali nelle vòlte a vela si può fare in diversi modi. Le superficie dei filari possono disporsi in maniera che risultino quelle di tanti coni aventi per asse la verticale passante pel centro della superficie sferica d'intradosso e per vertice il centro delle superficie medesime. Allora i filari si presenteranno sull'intradosso come tanti anelli concentrici (fig. 1035), che rappresentano la proiezione orizzontale della superficie di intradosso di una vòlta a vela su base quadrata. Questo apparecchio si usa però piuttosto per le vòlte a cupola ossia per le vòlte sferiche a tutta monta o a

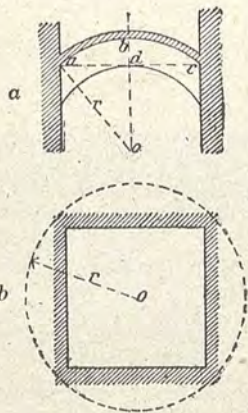


Fig. 1032 a, b. — Vòlta a vela sferica su area quadrata.

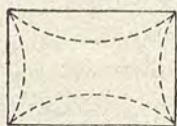


Fig. 1034. — Rappresentazione planimetrica delle vòlte a vela.

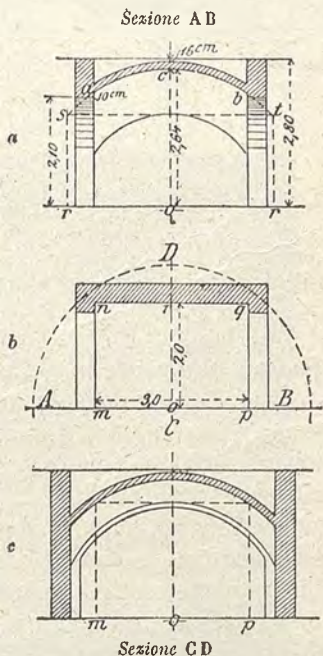


Fig. 1033 a, b, c. — Vòlta a vela sferica su area rettangolare.



Fig. 1035. — Apparecchio anulare per vòlte a vela.

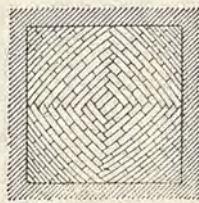


Fig. 1036. — Apparecchio a coda di rondine per vòlte a vela.

monta molto alta; invece per quelle a monta ribassata si usa preferibilmente l'apparecchio a coda di rondine indicato nella figura 1036. I filari sono normali alle diagonali della base e si incontrano sugli assi della pianta. Essi descriveranno sull'intradosso degli archi concentrici, incontrantisi a zig-zag. Quando la pianta è quadrata, le estremità di uno stesso filare si trovano alla stessa altezza sugli archi d'imposta o frontali. Se i piedritti non sono muri pieni, ma sono archi, bisogna che gli archi d'imposta stiano almeno 8 centimetri sopra il vertice degli archi di piedritto, come già si è detto per la fig. 1033, affinchè la vòlta alla origine possa convenientemente impostarsi.

Ordinariamente i filari nell'apparecchio a coda di rondine si rappresentano in pianta mediante linee rette: però questo non è esatto perchè in realtà i filari descrivono archi di cerchio sull'intradosso e si proiettano secondo porzioni di cerchi massimi della sfera (fig. 1037 a, b). Si incomincia la posa dei filari alle estremità delle diagonali ac , bd . Si consideri ribaltato in $a'c'$ il semicircolo massimo che si proietta orizzontalmente nella diagonale ac e sia fo' il piano del cerchio massimo contenente il filare f . Il punto f si proietterà in f' e la semiellisse $df'b$ sarà la proiezione sul piano orizzontale del semicircolo massimo che si proietta in $o'f$.

Il tratto di ellisse hg sarà la proiezione orizzontale del filare f . Così dicasi per tutti gli altri filari i quali si proietteranno orizzontalmente secondo porzioni di ellissi e verticalmente secondo raggi come $o'f$.

Il tracciamento dei filari in sezione verticale della vólta non presenta nessuna difficoltà dopo aver compiuto il tracciamento in proiezione orizzontale nel modo ora detto.

Difatti sia gh (fig. 1037 *b*) la proiezione del giunto del filare f . Siccome la base della vólta è di forma quadrata, i punti g, h cadranno in uno stesso piano orizzontale e quindi

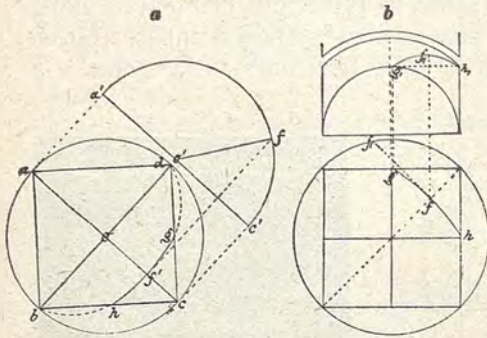


Fig. 1037 *a, b*. — Tracciamento dei giunti dei filari per vólte a vela sferiche apparecchiate a coda di rondine.

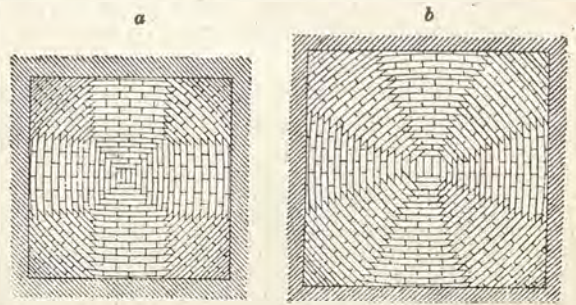


Fig. 1038 *a, b*. — Apparecchi per vólte a vela.

innalzando da g la verticale fino ad incontrare in g_1 l'asse frontale, e tirando da g_1 la orizzontale si avrà in h_1 la proiezione verticale del punto h . Per trovare quella del punto f si ribalta il circolo massimo passante per f . Il punto f si ribalterà in f_1 ; colla ff_1 portata in proiezione verticale si avrà il punto f_2 . Così si procederà per tutti gli altri filari.

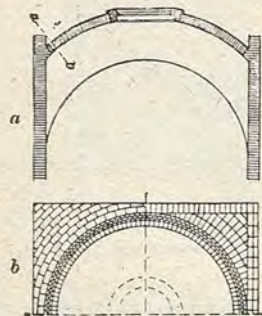


Fig. 1039 *a, b*.



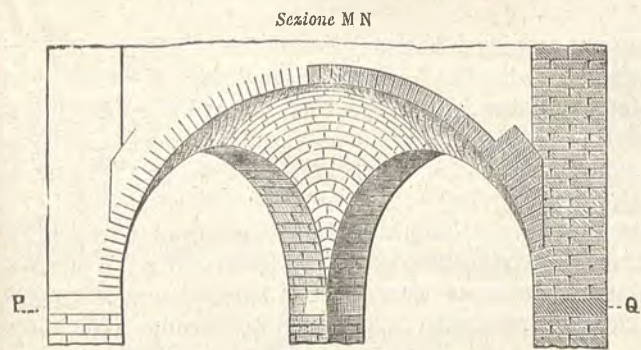
Fig. 1039 *c*.

Quando la vólta ha una ampiezza tale per cui i filari diventerebbero troppo lunghi e specialmente quando si vuole costruire la vólta senza l'impiego del manto ma soltanto con centine d'imposta, diagonali e assiali, allora si sceglie l'apparecchio indicato nella figura 1038 *a, b*. Si possono costruire i pennacchi e quindi la calotta, cercando di dare ai primi la maggiore sporgenza (fig. 1039 *a, b*). Quando nel vertice della vólta si fa un'apertura, essa è formata da un anello di pietra o di altro materiale resistente, di un sol pezzo (fig. 1039 *c*), con orlo superiore, che viene ad appoggiarsi sull'ultimo anello in cotto della calotta.

Quando la vólta si imposta su arconi torna molto vantaggiosa la disposizione rappresentata nella figura 1040. Per formarsi un'idea esatta di questo apparecchio si considerino i quattro scomparti in cui si divide il vólto mediante i piani verticali ab e cd . I filari in ciascuno di questi scomparti si presentano come archi concentrici e le loro superficie sono porzioni di superficie coniche che hanno il loro vertice nel centro della superficie sferica a cui appartiene l'intradosso.

Con questa disposizione i filari vengono ad incontrare normalmente le fronti degli archi, cosicchè agevolmente si possono intrecciare i materiali di questi con quelli del vólto ed ottenere un sol tutto bene assestato e solido. Questa ingegnosa disposizione, ideata dall'architetto Antonelli, fu da lui applicata in moltissime costruzioni. Così nella *Mole Antonelliana* di Torino le vólte che sopportano i pavimenti del piano terreno, del primo piano e della gran sala sono costruite nel modo sopraddetto.

Assai semplice è pure la costruzione della vólta a vela sopra un'area poligonale, per esempio sopra un ottagono (fig. 1041 *a, b*). L'arco bg passante pel vertice si ottiene prolungando i due lati cd ed ef fino ad incontrare in b e g il circolo proiezione della



Sezione PQ (vista dal basso all'alto).

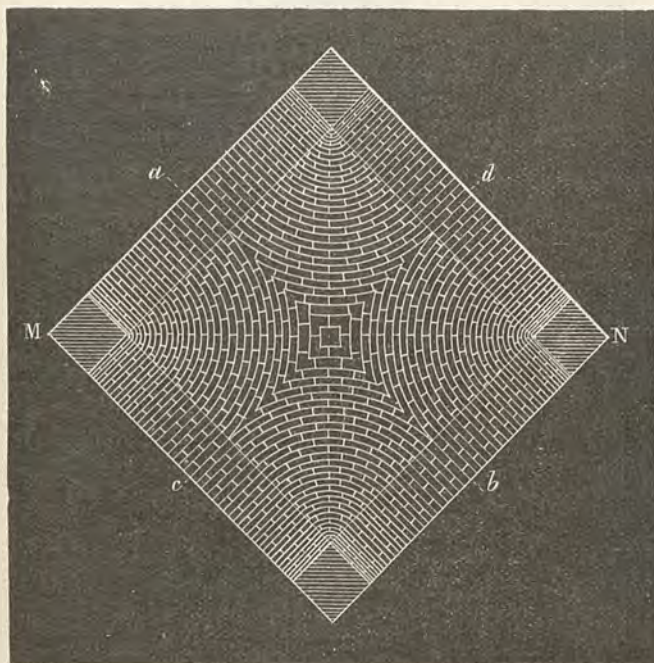


Fig. 1040. — Apparecchio per vólta a vela impostata sopra arconi.

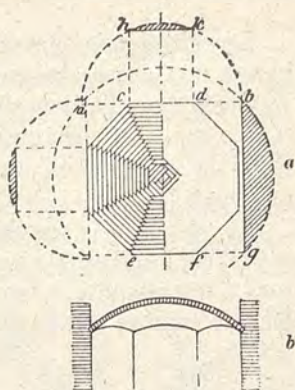


Fig. 1041 a, b. — Vólta a vela sferica ribassata su base ottagonale.



Sezione C D

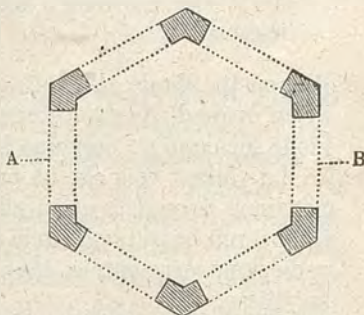


Fig. 1042. — Vólta a vela sferica a tutta monta su base esagonale.

sfera: l'arco frontale hk si disegna tracciando un semicircolo su ab e innalzando da c e d le perpendicolari a cd . La vólta si costruisce a filari orizzontali, usando speciale cura nella disposizione dei filari del vertice. La fig. 1042 ab rappresenta in pianta ed in sezione verticale una vólta a vela coprente un'area esagonale.

Quando si deve costruire una vólta a vela sopra un'area irregolare, bisogna prima di tutto determinare il centro di gravità o della figura (fig. 1043). Questa sarà il centro della sfera a cui apparterrà la vólta: il raggio sarà uguale alla distanza fra il centro e il vertice più lontano da esso. In questo caso il raggio sarà oc . S'immaginano poi i piani verticali passanti per ab , bc , cd , da : questi taglieranno la sfera secondo cerchi che si ribalteranno sul piano orizzontale. Innalzando poi dai punti a , b , d delle perpendicolari ad ab , bc , cd , da , queste intersecheranno in a_1 , a_1' , b' , b' , d' , d_1 i suddetti cerchi ribaltati. Gli archi a_1b' , $b'c$, cd' , d_1a_1 saranno gli archi d'imposta od archi frontali della vólta, e naturalmente i punti a_1 , b' , c , d' , saranno ad altezze differenti.

Delle vólte a vela per rampanti di scala si parlerà in appresso.

Le vòlte a vela sferica si usano per ampiezze non maggiori di 7 metri. Fino a 5 metri hanno una grossezza uniforme di una testa e da 5 a 7 metri una testa di mattone al vertice e due alle imposte, supponendo naturalmente che dietro la vòlta esista muratura piena. Ordinariamente la saetta è di $\frac{1}{10} \div \frac{1}{6}$ dell'ampiezza: la grossezza dei piedritti da $\frac{1}{5} \div \frac{1}{4}$ dell'ampiezza medesima, non però inferiore a 5 teste per 2 metri di ampiezza.

Le vòlte a vela sferoidiche sono quelle che hanno per intradosso una porzione di superficie di ellissoide di rivoluzione. Le linee d'imposta sono archi ellittici: e la vòlta sarà a tutta monta, a monta rialzata o depressa secondochè la monta è uguale o maggiore o minore del raggio del circolo circoscritto al poligono proiezione della linea

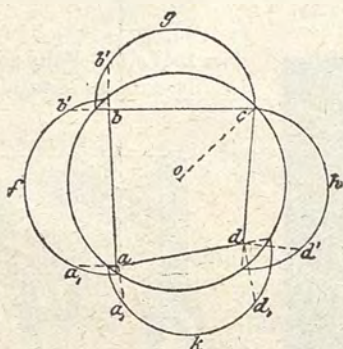


Fig. 1043. — Tracciamento degli archi frontali o d'imposta per vòlta a vela sferica su area irregolare.

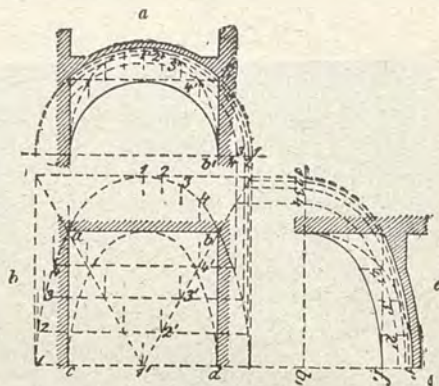


Fig. 1044 a, b, c. — Vòlta sferoidica su pianta rettangolare.

d'imposta. Simile alla vòlta a vela sferoidica è quella in cui l'intradosso è la superficie di un ovoido di rivoluzione. Le linee d'imposta sono porzioni di ovali e la loro proiezione formano un poligono inscritto in un cerchio.

La vòlta a vela che ha per intradosso la superficie di un ellissoide a tre assi avrà per linee d'imposta archi ellittici, e siccome anche in essa, per il buon effetto estetico, i punti più bassi degli archi d'imposta dovranno essere in un piano orizzontale, così la proiezione orizzontale degli archi d'imposta dovrà formare un poligono inscritto in un'ellisse.

Nella fig. 1044 a, b, c, lo spazio da coprirsi è rettangolare, inscritto in una ellisse.

Siccome la vòlta si suppone generata da un'ellisse di rivoluzione girante intorno ad un asse orizzontale, siccome l'ellisse circoscritta al rettangolo tocca i vertici di questo, e l'asse di rivoluzione si suppone l'asse maggiore dell'ellisse, così gli archi frontali dei lati minori saranno semicerchi. Quando i vertici del rettangolo non si trovano sull'ellisse, allora le imposte sono archi di circolo. Per determinare le imposte sui lati maggiori si suppongano diversi piani 1, 2, 3, 4 normali all'asse maggiore e paralleli ai lati minori: essi taglieranno l'ellisse secondo circoli, di cui quello di raggio $1'$ servirà a tracciare nella sezione verticale trasversale (a) l'arco dell'intradosso nel mezzo della vòlta: l'altezza $b'f_1$ nella figura a sarà la monta dell'arco frontale maggiore, e si riporterà in $b_1 f_1$ nella fig. c. Questo arco è la proiezione dell'ellisse determinata dall'intersezione del piano bd colla vòlta: sarà quindi facile di disegnarlo, come facilmente si disegnerà l'ellisse $1'$ (fig. c) che rappresenta la linea d'intradosso nel mezzo della vòlta per la sezione longitudinale. Ugualmente per punti si disegnano le ellissi diagonali: la superficie d'intradosso resta quindi perfettamente determinata.

Quando si devono ricoprire con vòlte a vela sferica spazi quadrati e ad essi sono adiacenti spazi rettangolari, come avviene per es. nei corridoi e nelle gallerie, è neces-

sario ricoprire anche questi secondi spazi mediante vólte a vela elissoidica. Se fra la calotta sovrastante alla sommità degli archi d'imposta e i pennacchi discendenti della vólta si fa ricorrere una cornice, allora per gli spazi rettangolari bisognerà che la cornice sia fatta lungo un'ellisse concentrica a quella determinante la vólta e tangente ai lati del rettangolo (fig. 1044).

Nell'esecuzione delle vólte a vela sferoidiche è necessario tracciare oltre agli archi d'imposta anche quelli passanti pel vertice della vólta, ossia pei due assi maggiore e minore dell'ellisse di base, e nel caso di grandi vólte anche gli archi diagonali. In modo

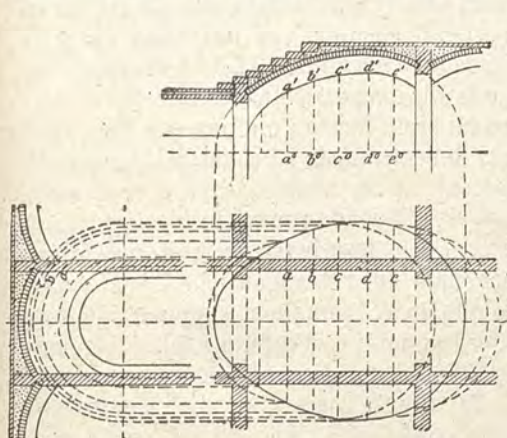


Fig. 1045 a, b, c. — Vólta a vela ovoidica per rampante di scala.

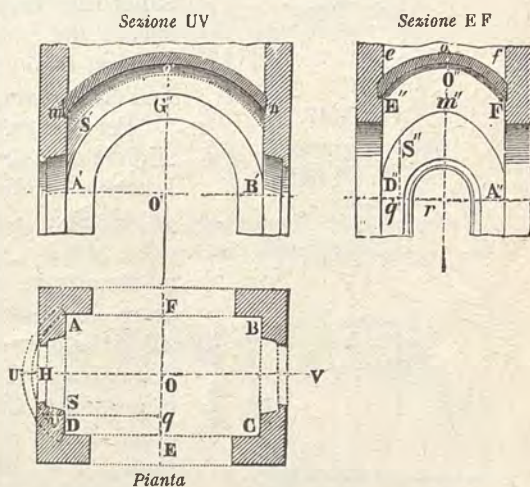


Fig. 1046 a, b, c. — Vólta a vela anulare.

analogo si tracciano le *vólte a vela ovoidiche*, le cui imposte naturalmente non possono trovarsi ad uguale altezza e sono salienti: è anzi per questo che sono applicate di frequente pei rampanti di scale. Si può facilmente dedurre il loro modo di costruzione da quanto si è detto e dalla figura 1045 a, b, c. Le *vólte a vela anulari* si adoperano per coprire spazi rettangolari. La superficie d'intradosso è generata da un arco di circolo o di ellisse o di parabola, il quale presenta la sua concavità ad una retta contenuta nel suo piano e rota intorno alla medesima. Quest'asse di rotazione è ordinariamente orizzontale e contenuto in un piano verticale parallelo a due lati del rettangolo di base. La porzione di superficie così generata, che è racchiusa dalle pareti verticali sorgenti sui quattro lati del rettangolo di base, è la superficie d'intradosso.

Se l'angolo descritto dal piano contenente la curva generatrice è di 180° , l'asse di rotazione sarà contenuto nel piano orizzontale passante pei quattro punti più bassi del vólto.

Sia per es. ABCD (fig. 1046 a, b, c) il rettangolo a coprirsi, AHD la curva generatrice nella sua posizione iniziale, EF, O' l'asse di rotazione. In questo caso l'imposta sulla parete AB si proietta verticalmente nella mezza circonferenza A'G'B'. La sezione nell'intradosso determinata dal piano UV si proietterà verticalmente nell'arco di circolo $m'o'n$, e in un arco concentrico si proietterà la sezione nell'estradosso. La sezione nell'intradosso determinata dal piano verticale EF conterà di una curva E''O''F'' identica alla generatrice DHA, e sarà $rO'' = OH$; la sezione nell'estradosso sarà una curva concentrica eof . La linea d'imposta sul piano AD si proietta in D''m''A' e venne determinata per punti. Il punto più alto si ottenne col portare $r m'' = A' m$. Il punto proiettato orizzontalmente in S si proietta nella sezione verticale UV in S', punto d'intersezione della parete A'm coll'arco descritto con centro O' e raggio $q v$; si proietta nella sezione EF in S'', essendo $r q'' = o q$ e $q'' S'' = A' S'$.

Le vòlte a vela anulari si costruiscono assai facilmente per mezzo di centine spostabili scorrevoli sui due archi d'imposta maggiore.

Le vòlte a vela ribassate, che si sostituiscono spesso alle vòlte piatte, tanto più che si applicano pure a spazi rettangolari o anche irregolari quando le dimensioni non eccedono 5 metri, non differiscono dalle precedenti se non per la piccolezza della freccia, compresa ordinariamente fra $\frac{1}{5}$ e $\frac{1}{12}$ dell'apertura. Se sopra un circolo di base (fig. 1047)



Fig. 1047.

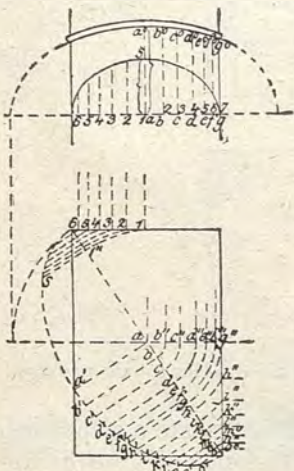


Fig. 1048. — Vòlta a vela ellissoidica ribassata.

si suppone che un quarto d'ellisse ribassata a si muova girando intorno alla verticale innalzata nel centro del circolo base, si vedrà generarsi una superficie che formerà una vela ribassata quando sia intersecata dai piani verticali condotti pei lati dello spazio a coprirsi, i cui vertici cadono sul circolo. Il diametro maggiore dell'ellisse sarà uguale alla diagonale dello spazio da coprirsi.

Per determinare gli archi frontali o d'imposta (fig. 1048) si dividono i due lati del rettangolo su cui si ha da costruire la vòlta a vela ribassata in un numero di parti qualunque, ad esempio 1-6 e $g''-o''$, e facendo centro in a coi raggi $a1$, $a2$... $a6$, ag'' , ah'' ... ao'' si descrivono archi di circolo fino ad incontrare la diagonale del rettangolo che è l'asse maggiore dell'ellisse di rotazione, la quale si suppone ribaltata sul piano orizzontale. Dai punti così ottenuti sulla diagonale si innalzano ad essa delle perpendicolari fino ad incontrare la predetta ellisse: le altezze come $1''s$, per rispetto alle divisioni 1-6 e quelle come gg'' ... fino ad oo'' per le divisioni g'' ... o'' , danno le ordinate delle ellissi di imposta, di cui quelle del lato minore avranno una monta $1s = 1''s$, quando il punto 1 sia preso sul mezzo del lato minore, e quelle del lato maggiore una monta $gg'' = g'g'$. Se poi si trasportano sulla retta ag'' i punti b, c, d, e, f in b'', c'', d'', e'', f'' e si innalzano su queste delle verticali fino nella sezione trasversale e si portano in questa le altezze $aa'' = a'a'$, $bb'' = b'b'$, ecc. fino a $ff'' = f'f'$, si otterrà l'ellisse a cui apparterrà la curva sezione dell'intradosso della vòlta nella sezione trasversale, ellisse che sarà uguale a quella ribaltata in pianta, ossia all'ellisse di rotazione.

Quando la vela ribassata è sferica, se ne trovano gli archi d'imposta nel modo indicato dalla figura 1049. Sia $RSTU$ la superficie da coprire e z il suo centro di gravità. Sia ge la monta data, uguale nel caso particolare che si considera a $\frac{1}{6}$ della diagonale $fh = ST$. Si tira fe e sopra il suo mezzo si innalza la perpendicolare: questa incontrerà la verticale ek in k : il punto k sarà il centro della sfera a cui apparterrà la vela sferica ribassata. Da z come centro e con raggio ke si descrive un circolo: si prolunga SR fino ad incontrare il circolo e sulla corda così determinata si descrive un semicerchio. Innalzando da S e da R delle verticali esse incontreranno il semicerchio nei punti l, m . L'arco lm sarà quello d'imposta pei lati SR e TU . Analogamente si procede per trovare l'arco d'imposta degli altri due lati, cioè l'arco rt . Se si descrive il semicerchio avente k per centro e ke per raggio, l'arco $feh =$ all'arco $f'h'$ sarà l'arco d'intradosso corrispondente ai piani diagonali RU ed ST .

Quando si tratta di ricoprire parecchi locali contigui con vòlte a vela ribassate, si prendono le diagonali dei locali come diametri dei circoli di base. Le curve delle imposte hanno allora le origini ad un medesimo livello.

Nella figura 1050 è rappresentato il caso più generale di un ellissoide ad assi ineguali. Si nota incidentalmente che, in pratica, si sostituisce quasi sempre all'ellisse un ovale od una curva policentrica, perchè queste sono più facili a tracciarsi dell'ellissi.

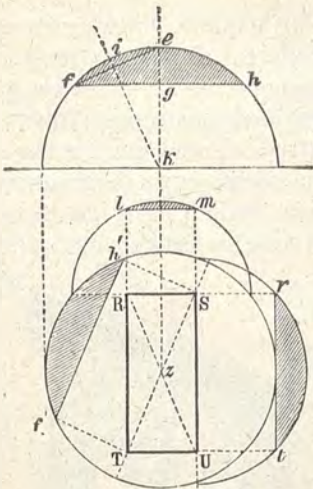


Fig. 1049. — Vólta a vela sferica ribassata.

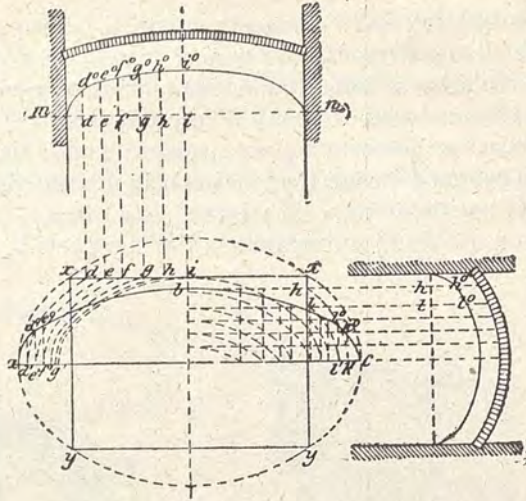


Fig. 1050. — Determinazione delle curve d'imposta di una vólta a vela ellissoidica ribassata.

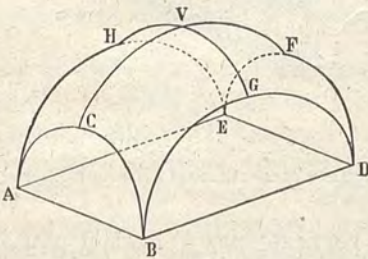


Fig. 1051. — Generazione di una vólta veloidica.

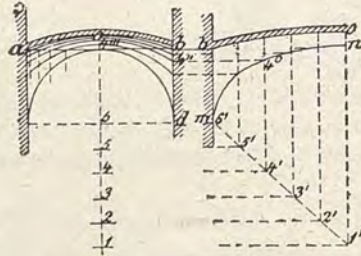


Fig. 1052. — Vólta veloidica formata con arco generatore circolare che si deforma conservandosi circolare.

Sia lo spazio rettangolare xyy , i cui angoli si trovano sulla periferia dell'ellisse corrispondente ai due assi orizzontali dell'ellissoide. Il terzo asse verticale dell'ellissoide è dato dal ribaltamento della sezione verticale passante per uno degli assi precedenti e per l'asse verticale. Per determinare un punto qualunque dell'imposta del lato xx bisogna ricordare che tutte le sezioni orizzontali dell'ellissoide danno origine ad ellissi concentriche. Sul lato xx si prendono arbitrariamente i punti $d, e, f, g, h...$ e si determina per ciascuno di essi la sezione orizzontale dell'intradosso alla quale egli corrisponde. Perciò si fanno passare per $d, e, f,...$ delle ellissi concentriche coll'ellisse di base. Basta tracciare queste curve fino all'incontro del grande asse ac e sui punti ove esso è tagliato innalzare le perpendicolari $d' d^o, e', e^o, ecc.$ Queste perpendicolari danno sull'ellisse ribaltata la lunghezza delle ordinate dei punti $d^o, e^o, f^o...$ della curva imposta sui lati xx e yy . Analogamente si procede per trovare le curve d'imposte dei lati xy , e in modo generale la proiezione di un punto qualunque dell'intradosso.

Nelle vólte a vela dette veloidiche sono dati gli archi d'imposta, in generale circolari e la monta della vólta (fig. 1051). Se i vertici di due archi d'imposta ACB, EFD si riuniscono con un arco CVF passante pel vertice dato della vólta e i vertici H, G delle altre due imposte con un arco HVG , di ugual monta del precedente e se si suppone che questo arco si muova in piani verticali paralleli ai piani ABC e EFD in modo da appoggiarsi sempre sugli archi AHE, BGD e CVF , esso genererà la vólta veloidica.

Sovente gli archi d'imposta minori si fanno semicircolari e quelli maggiori con una curva di ugual monta dei minori (fig. 1052). Se poi si suppone che l'arco generatore sia circolare e si deformi mantenendosi circolare ed appoggiandosi sugli archi maggiori, allora il suo vertice genererà l'arco riunente i vertici degli archi maggiori d'imposta e tale arco si determinerà nel seguente modo: Sia 1 il centro dell'arco generatore aob e 6 il centro del semicircolo d'imposta minore. Se mn è la mezza imposta maggiore di monta uguale all'imposta minore, sarà $1-0 = 1'-0$. Si divida $1-6$ in 5 parti e si tirino le orizzontali che incontreranno la $1'-6'$ nei punti $2', 3'...$ Si voglia ad esempio determinare

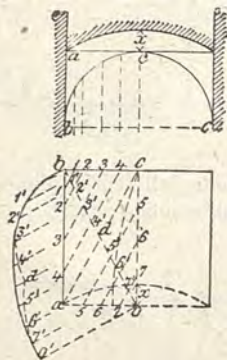


Fig. 1053. — Volta veloidica.

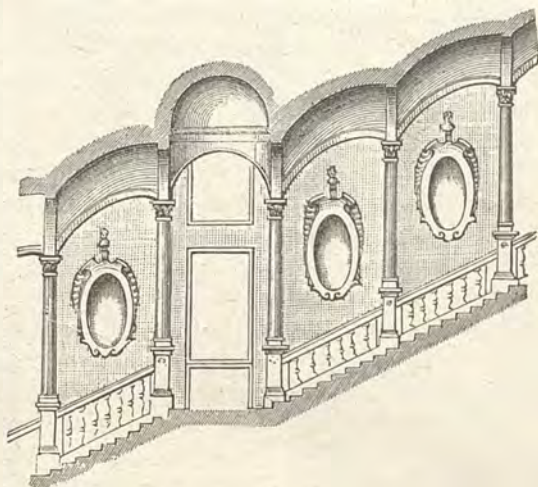


Fig. 1054. — Rampante di scala con vólte veloidiche.

il punto dell'arco bo corrispondente al punto 4. La verticale per $4'$ darà il punto 4^o sull'arco mn , che si proietterà nella sezione trasversale in $4''$. Con centro in 4 si descriverà l'arco di cerchio passante per $4''$ il quale avrà per raggio $4-4''$. Quest'arco incontrerà in $4'''$ la verticale $1-6$: tirata l'orizzontale per $4'''$ essa incontrerà la $4'-4^o$ in un punto che apparterrà all'arco bo . Così si determineranno tutti gli altri punti di bo .

Nella vólta veloidica della figura 1053 gli archi d'imposta minore sono circolari, e quelli maggiori sono determinati per punti in modo che oltre ad avere il vertice a allo stesso livello del vertice c degli archi minori hanno pure i punti 1, 2, 3, 4 ad uguale altezza dei punti 1, 2, 3, 4 degli archi minori. Se x è la monta dell'arco circolare congiungente i vertici delle imposte maggiori, monta compresa fra $\frac{1}{8}$ e $\frac{1}{6}$ della corda, l'arco congiungente i vertici delle imposte minori avrà pure la monta x e si determinerà per punti.

Le vólte veloidiche si adoperano specialmente per coprire spazi molto allungati e pei rampanti di scala, fra cui quelli detti alla romana, descritti più innanzi nel capitolo delle scale in muratura. Fin d'ora però nella figura 1054 si dà un esempio di scala con rampanti a vólte veloidiche.

La costruzione delle vólte a vela ribassata si eseguisce a coda di rondine come per le vólte a botte ribassate o piate. I corsi si dispongono secondo rette parallele ad ac (fig. 1053) in modo che i punti 1-1, 2-2, 3-3... sulle imposte siano ad uguale altezza. Anche i punti dell'arco diagonale $1', 2', 3'...$ si cerca che siano alla medesima altezza per cui risulta lungo la diagonale una specie di spigolo, che nel punto d presenta la sporgenza massima, sporgenza che va diminuendo fra d e b e d ed o' . Bisogna fare in modo che in d la sporgenza sia la minore possibile affinché in quel punto non si formi un gomito.

Quando gli archi d'imposta fossero acuti (fig. 1055 *a, b*) la vólta a vela formerà due spigoli passanti pel vertice della vólta e per quelli degli archi d'imposta. A rigore questa vólta non essendo formata da una superficie continua si dovrebbe porre fra le vólte composte, ma siccome essa viene costruita come una vólta a vela così la si colloca fra le semplici. Difatti se si disegna un rettangolo (fig. 1055 *b*), coi lati uguali ai diametri dei circoli a cui appartengono i semiarchi d'imposta; se poi si descrivono sui lati del rettangolo due semicerchi, e si portano da una parte e dall'altra delle mediane

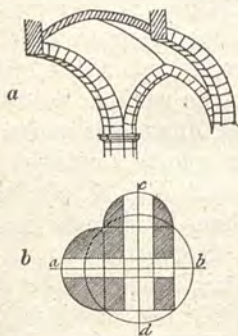


Fig. 1055 *a, b*. — Vólta a vela con imposte ad arco acuto.

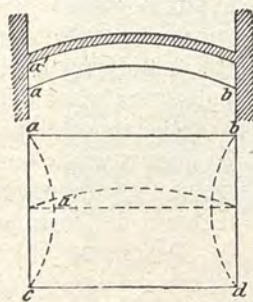


Fig. 1056. — Vólta a vela anulare ribassata.

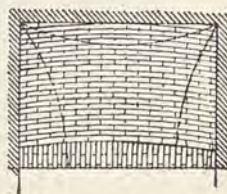


Fig. 1057. — Apparecchio di una vólta a vela anulare ribassata.

a b, c d la differenza fra il raggio e la semiampiezza delle imposte risultano nei due semicerchi tracciati sui lati del rettangolo le porzioni tratteggiate, le quali avvicinate danno luogo alla vólta. Questa è dunque una vela a cui siano state levate le porzioni comprese fra i rettangoli tratteggiati.

Le vólte a vela anulari ribassate si eseguiscono con centine mobili come già si è detto per quelle non ribassate. L'arco *a c* (fig. 1056), che può essere circolare o ellittico o policentrico, si muove appoggiandosi sui due archi d'imposta *a b, c d*, generando così la vólta, nella quale i materiali si dispongono come nella figura 1057.

La vólta a vela ribassata si usa per spazi da 2 a 6 metri di larghezza e di forma qualunque. La si incontra specialmente negli ingressi, nei vestiboli, ecc. e allora il suo scopo è di contribuire alla decorazione.

Nei sotterranei serve a coprire spazi di forma irregolare o di grande larghezza, quando per un motivo particolare non si possono stabilire dei sostegni intermediari per sopportare le imposte di vólte a botte.

Un esempio notevole di vólte di questo genere è dato dalla vólta che copre il vestibolo dodecagonale d'ingresso della sinagoga di Berlino (vedi vol. II, p. I, pag. 345). La sezione retta della vólta è un'ellisse: la vólta è intersecata da 12 lunette rampanti, e si imposta sopra 12 colonne addossate al muro perimetrale. Gli spigoli d'intersezione sono forniti di nervature che si protendono fino alla cornice circolare, che delimita la calotta superiore, la quale è formata da un'ellissoide di rivoluzione il cui asse di rotazione è verticale.

Per le vólte a vela ribassate la freccia varia da $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{10}$ della portata: fino a 5 metri si può dare alla vólta la grossezza di mezzo mattone. La grossezza dei piedritti è ordinariamente di $\frac{1}{4} \div \frac{1}{5}$ della portata, senza discendere mai al disotto di due mattoni e mezzo.

n) Vólte strombate.

Un genere speciale di vólte veloidiche è quello delle vólte *a strombatura*, usate specialmente per gli androni. Nelle aperture di luce arcuata (fig. 1058) quando si vuole poter completamente aprire le imposte anche della parte arcuata, e che le imposte

aperte si adattino contro pareti inclinate, può convenire di coprire lo squarcio risultante con un vólto fatto in modo che le curve d'intersezione della sua superficie d'intradosso con piani paralleli alle fronti, vadano successivamente alzandosi verso le loro estremità coll'allontanarsi delle sezioni dal piano della battuta. Questa vólta si presenta, per chi la guarda nel senso della freccia x , come una specie d'imbuto, e viene distinta col nome di *vólta a strombatura*. Una vólta strombata può essere generata in parecchie maniere: un modo semplicissimo di generazione è il seguente.

Sia $A'E'B'$ la semicirconfenza che limita superiormente la battuta. Si traccino sui piani che determinano lo squarcio le punteggiate $B's'n'$, $A'h'm'$, che rappresentano le proiezioni delle semicirconfenze, secondo le quali gli spigoli superiori delle imposte vengono ad adagiarsi sui piani dello squarcio, quando la porta è completamente aperta. Sopra queste punteggiate si descrivano le due curve $B'I'L'$, $A'H'M'$, che staranno a rappresentare le linee d'imposta sugli squarci dell'intradosso della strombatura.

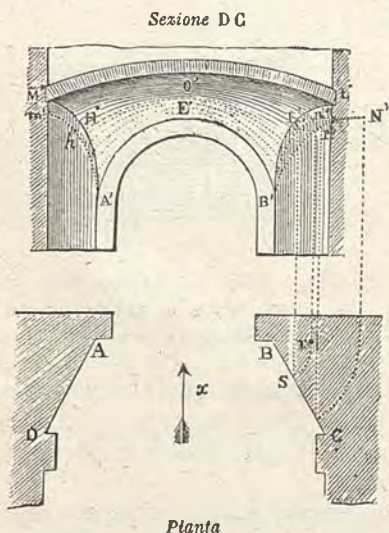


Fig. 1058. — Vólta strombata.

Per trovare la proiezione verticale $B's'n'$ della curva secondo cui l'imposta della porta si adagia sul piano BC dello squarcio, converrà tracciare sul piano verticale della battuta quella curva nella sua vera forma e grandezza in $B'r'N'$; nel caso considerato essendo l'apertura semicircolare, tale curva sarà un quarto di circolo. Supponendo che il piano di quella curva giri attorno allo spigolo verticale B , e venga ad adagiarsi sul piano dello squarcio, sarà facile determinare per punti la proiezione $B's'n'$. Così il punto $r'r'$ si porterà evidentemente in s' cioè nell'intersezione dell'orizzontale $r's'$ colla verticale innalzata da s , essendo $Bs = Br$.

b) Vólte composte.

6) Vólte a padiglione.

Le vólte a padiglione servono a coprire aree poligonali di forma qualsiasi. La superficie d'intradosso è formata da porzioni di differenti superficie cilindriche. Le linee d'imposta sono rette e le generatrici dell'intradosso sono parallele a queste rette.

Se una vólta a botte (fig. 1059) viene intersecata con due piani fra loro perpendicolari e inclinati di 45° sulle imposte della vólta, e alle due porzioni b si sostituiscono due porzioni di vólta come a , si forma una vólta a padiglione su pianta quadrata. Notasi incidentalmente che ove si sostituissero alle falde a , due falde come b si avrebbe una vólta a crociera. Se la vólta a botte è cilindrica, le linee d'intersezione delle falde saranno semi-ellissi. La vólta a padiglione si può dunque considerare come formata dall'intersezione di vólte a botte.

Sia ABCD (fig. 1060) un quadrilatero qualunque disposto in un piano orizzontale da coprirsi con una volta a padiglione. Dal centro O di figura elevisi la verticale OV eguale alla monta che si vuol dare alla volta, e per OV si immagini un piano verticale



Fig. 1059.

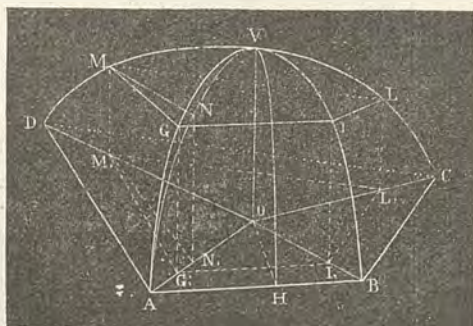


Fig. 1060.

Generazione di una volta a padiglione.

perpendicolare ad un lato del quadrilatero di base, ad esempio, al lato AB. In questo piano VOH si segni una curva che cominci in H e termini in V, in modo che la sua tangente in V sia orizzontale. Suppongasi poi una superficie cilindrica avente per direttrice la curva VH, ed avente le generatrici orizzontali e parallele ad AB; questa superficie sarà tagliata dal piano verticale AOV secondo una linea VGA e dal piano verticale VOB secondo la linea VIB. Ritengasi di questa superficie la parte che copre il triangolo AOB. Coperto questo triangolo prendasi la curva VIB per direttrice di un'altra superficie cilindrica a generatrici orizzontali e parallele a BC; questa sarà tagliata dal piano VOC secondo la curva VLC, e si avrà così coperto il triangolo OBC.

In modo analogo si può procedere a coprire i due triangoli OCD ed ODA ed il volto resta così definito. Può nascere il dubbio che la curva d'intersezione dell'ultima superficie, col piano AOV non coincida colla AGV, e che sia invece un'altra curva, per es., la VNA per cui l'intradosso presenterebbe un risalto che farebbe tristissimo effetto. Per togliere questo dubbio basterà provare che un punto qualunque G dell'una curva coincide col punto N dell'altra, che è sito nello stesso piano orizzontale. Osservisi a tal fine che questo piano orizzontale intersecherebbe l'intradosso secondo il poligono aperto GILMN che si proietta orizzontalmente in $G_1I_1L_1M_1N_1$, e poichè le rette G_1I_1 , I_1L_1 , L_1M_1 , M_1N_1 risultano evidentemente parallele ai lati AB, BC, CD, DA del poligono, sussisteranno le eguaglianze:

$$\frac{OG_1}{OA} = \frac{OI_1}{OB} = \frac{OL_1}{OC} = \frac{OM_1}{OD} = \frac{ON_1}{OA}$$

quindi

$$\frac{OG_1}{OA} = \frac{ON_1}{OA}$$

da cui si ricava $OG_1 = ON_1$, cioè i due punti G ed N hanno la stessa proiezione orizzontale, ed essendo posti sopra uno stesso piano orizzontale si confonderanno in un sol punto, e per conseguenza le due curve AGV, ANV si confonderanno in una sola.

Per la 1^a direttrice HV generalmente si assume un quarto di circonferenza od un arco di circolo, un quarto d'ellisse od un quarto d'ovale. Se VH è un quarto di circonferenza o di ellisse, allora tutti gli spigoli come VIB sono quarti di ellissi. Se VH è un arco di circolo gli spigoli sono archi d'ellisse. Se VH è un quarto d'ovale gli spigoli sono curve che rassomigliano ad archi d'ovale.

La superficie della vólta a padiglione è dunque formata di tanti triangoli cilindrici o *fusi cilindrici* come essi vengono chiamati. La retta AB d'imposta chiamasi lato del fuso AVB. Se da O si abbassa la perpendicolare OH su AB, questa OH dicesi *semicorda* del fuso. La lunghezza OV della normale abbassata dal vertice della vólta sul piano d'imposta costituisce la *monta* del fuso.

Un fuso cilindrico si dice a *tutta monta*, a *monta depressa*, a *monta rialzata* secondo che la monta di esso è uguale, maggiore o minore della sua *semicorda*.

Quando la pianta è un poligono regolare tutti i fusi sono fra loro eguali ed allora la vólta a padiglione si dirà a *tutta monta*, quando la monta comune dei fusi sia uguale alla loro *semicorda* ossia all'apotema del poligono.

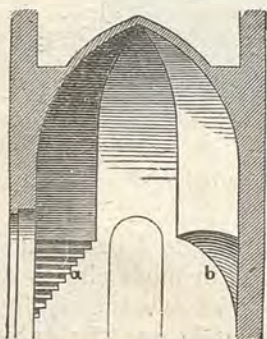
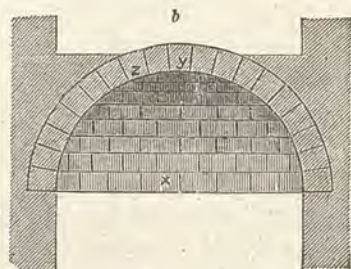
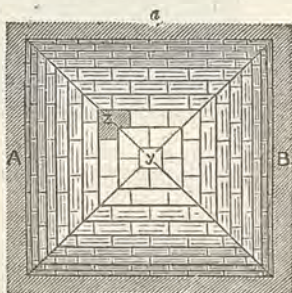


Fig. 1061.



Seziona secondo AB.

Fig. 1062 a, b. — Vólta a padiglione in pietra da taglio.

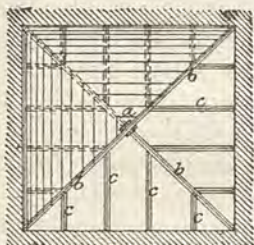


Fig. 1064. — Armatura per vólta a padiglione.



Fig. 1063 a, b. — Particolari dei conchi di chiave e degli spigoli di una vólta a padiglione.

Se il poligono di base non è regolare non vi può essere la vólta a *tutta monta*, perchè se un fuso è tale non lo saranno tutti gli altri, ed in questo caso la vólta si chiama a *monta rialzata* quando tutti i fusi sono a *monta rialzata*, a *monta depressa* quand'anche un sol fuso sia a *monta depressa*.

Le vólte a botte componenti la vólta a padiglione possono avere le forme più svariate; essere cioè *ribassate*, *circolari*, *ellittiche*, a *sesto acuto*, ecc. Una vólta a padiglione si può costruire sopra uno spazio quadrato, rettangolare, parallelogrammico, trapezoidale, poligonale, ecc. (fig. 1061). Quando il poligono diventasse un circolo, la vólta diventerebbe una *cupola*. Si chiamano invero già *cupole* anche le vólte a padiglione di grande saetta costruite sopra aree quadrate, esagonali o ottagonali. Così dicasi della cupola della Mole Antonelliana di Torino, la quale è costituita da una vólta a padiglione su base quadrata; così della cupola del Duomo di Firenze, che è una vólta a padiglione, ecc.

Le fig. 1062 a e b mostrano in pianta e sezione una vólta a padiglione eseguita in pietra da taglio. I conchi *x* della vólta corrispondono perfettamente a quelli ordinari delle vólte a botte: nelle fig. 1063 a, b sono rappresentati il conco *y* di serraglia e uno dei conchi *z* degli spigoli. Per la costruzione è necessaria una mantellatura completa su

archi diagonali *b* (fig. 1064) dei quali uno solo può essere in un sol pezzo continuo, sopra segmenti di arco *c*, ed anche su archi assiali, i quali però non vanno fino al centro *a*. Questo viene sostenuto da un monaco o ritto verticale. La sagoma degli archi diagonali si traccia mediante il sistema reticolare, cioè con ordinate ed ascisse.

Nella costruzione delle vólte in laterizi, questi si dispongono ordinariamente in filari paralleli ai piedritti, in modo però che negli spigoli i materiali siano disposti a addentellato, sicchè non si abbia un giunto continuo lungo lo spigolo (fig. 1065). Molti costruttori usano la disposizione indicata nella fig. 1066, cioè dispongono i filari normalmente

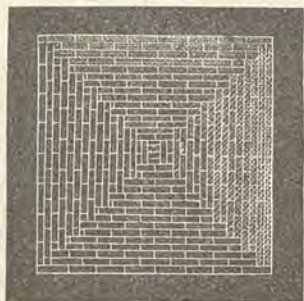


Fig. 1065.

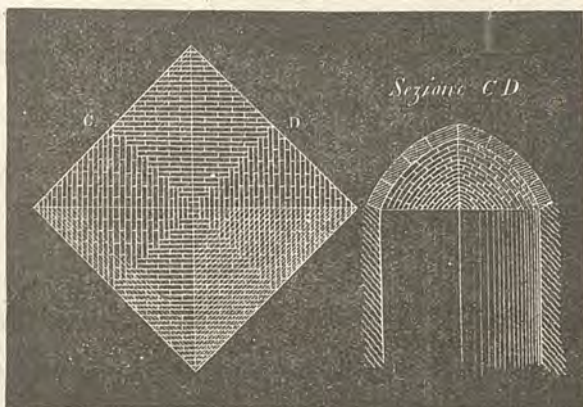


Fig. 1066.

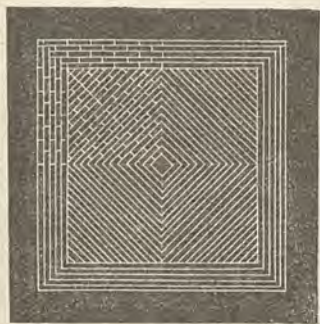


Fig. 1067.

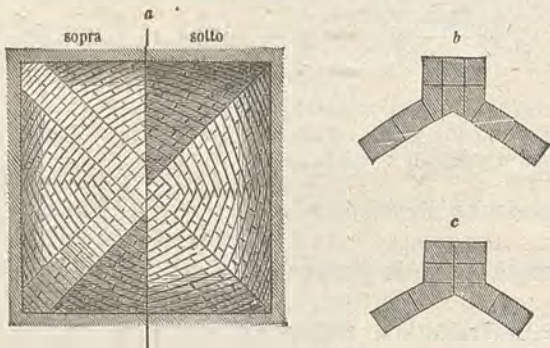
Fig. 1068 *a, b, c*.

Fig. 1065, 1066, 1067, 1068 *a, b, c*. — Disposizioni varie di mattoni nelle vólte a padiglione.

alle diagonali. Questo sistema presenta maggiore resistenza, riuscendo meno facili le disgiunzioni negli spigoli, perchè in essi i mattoni riescono ben concatenati e perchè i filari vengono a formare una serie di archi acuti (v. sezione C D). Altri costruttori adottano una disposizione mista (fig. 1067). Si può anche adottare la disposizione della fig. 1068 *a, b, c*, nel qual caso ordinariamente si rinforzano gli spigoli con filari sovrapposti come in *b* e *c*.

La vólta a padiglione per ambienti bassi è meno pratica della vólta a botte, la quale presenta almeno sui muri di testa due pareti più alte. Invece essa trova frequenti applicazioni combinata colle lunette. La fig. 1069 *a, b* mostra una vólta a padiglione a sesto acuto su base quadrata con lunette. La fig. 1070 rappresenta la vólta della cappella Vitelli nella Chiesa di San Francesco a Città di Castello nell'Umbria. Analoga è la costruzione della cupola ottagonale del Battistero di S. Giovanni in Fonte a Firenze.

Nella fig. 1071 *a, b* è rappresentata una singolare combinazione di una vòlta a padiglione a sesto rialzato su base esagona, con lunette. Sia $ABC D \dots$ l'esagono di base e $c r$ rappresenti il mezzo arco ribaltato di sezione retta $c M$ del fuso $AB M$. Lo si divida in 6 parti uguali, e si supponga di tagliare la vòlta coi piani $cf^{\circ}, cf', f'd$, ecc. Essi determineranno sui fusi degli archi come cg in cui $k'l' = kl, h'i' = hi$, ecc. poichè i punti $k, k^{\circ}, k', h, h^{\circ}, h'$, ecc. sono allo stesso livello. Se poi sui piani come cd, de , ecc. si prendono gli archi cx, xd , ecc. uguali a cg'' , allora si avrà in xf' un altro arco e la



Fig. 1069 *a, b*. — Vòlta a padiglione a sesto acuto con lunette.

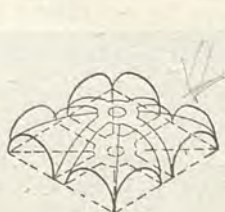


Fig. 1072.
Vòlta a padiglione
con 8 lunette.

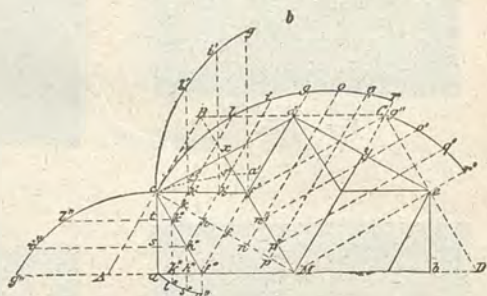
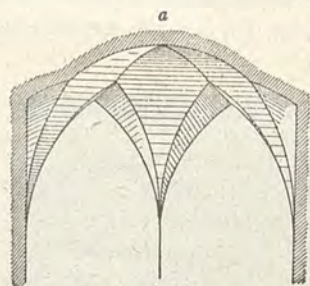


Fig. 1071 *a, b*. — Vòlta a padiglione esagonale con lunette.

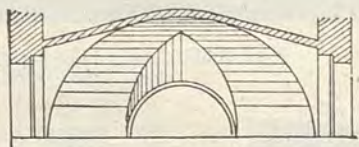


Fig. 1070. — Vòlta a padiglione con lunette della cappella Vitelli nella chiesa di S. Francesco a Città di Castello.

vòlta risulterà composta da 6 fusi romboidali come $Mf^{\circ}cf^{\circ}$, e da 6 lunette come $cf'dx$ a loro volta composte da due fusi triangolari come $dx f'$. La curva xf' si determina nel seguente modo. Si portino $ga', i's', l't'$ rispettivamente uguali a $g''a, i''s, l''t$: si avrà l'arco $ct's'a'$: si portino $f^{\circ}a'', h''s'', k''t''$ uguali a $a'f', s'h', t'k'$: l'arco aa'' sarà l'arco $af^{\circ} = xf'$ ribaltato. Nello stesso modo si otterrà il ribaltamento $g'r'$ dell'arco $f'M$ innalzando le perpendicolari su f', n', p', M e portando le altezze $f'g'', n'o', p'q', Mr'$ uguali a fg, no, pq, Mr , poichè i punti f', n', p' sono allo stesso livello dei punti f, n, p .

Una disposizione che si incontra spesso nell'architettura gesuitica è quella indicata nella fig. 1072, ove la vòlta a padiglione è tagliata da 8 lunette. Le vòlte di tal genere non si possono eseguire che sopra spazi quadrati o sopra poligoni regolari, poichè sopra spazi oblungi sarebbero di brutto effetto.

La disposizione indicata nella fig. 1073 *ab* ha il vantaggio di riportare la spinta della vòlta in gran parte sugli angoli e di potersi eseguire anche con tutte le forme di archi. Si immagini un quadrato circoscritto allo spazio da coprire $abcd$ ottenuto con rette a 45° passanti pei vertici, e che venga coperto con una semplice vòlta a padiglione. I piani verticali ac, cd, db, ba segheranno le vòlte secondo archi a sesto acuto i cui rami sono porzioni di ellissi, e formeranno gli archi frontali delle vòlte. Si ha un esempio di questo genere di vòlte, ma sopra uno spazio triangolare, nella Chiesa di Nòtre Dame a Parigi (fig. 1074).

Un'altra modificazione della vòlta a padiglione che è anche adatta per spazi oblungi, si ha coll'immaginare sopra la pianta $mno p$ (fig. 1075 *a, b*) un quadrato spostato di 45° .

Si costruiscono dagli angoli mno p i quattro pennacchi anb , cod , epf e gmh , poi si continua sull'ottagono $abcdefgh$ con corsi paralleli ai lati fino alla chiusura. L'arco delle diagonali mo ed np è determinato fin da principio, quello degli spigoli ao , bo , ecc., si ottiene poi mediante le ordinate ed ascisse.

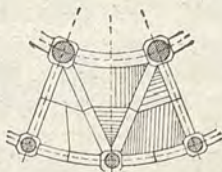
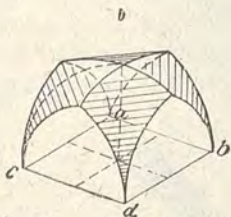
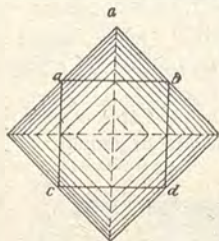


Fig. 1073 a, b. — Vólta a padiglione con archi frontali a sesto acuto.

Fig. 1074. — Vólte nella chiesa di Nôtre Dame a Parigi.

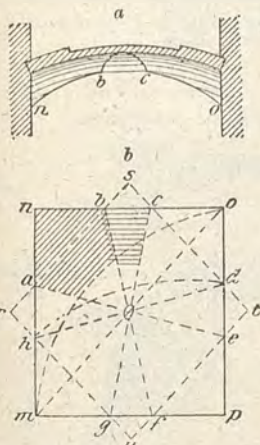


Fig. 1075 a, b. — Vólta a padiglione ribassata.

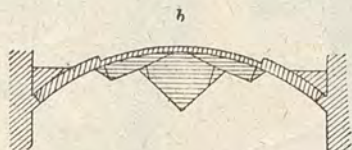
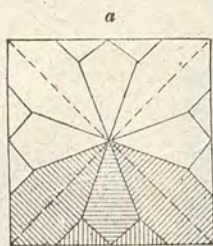


Fig. 1076 a, b. — Vólta a padiglione stellata.

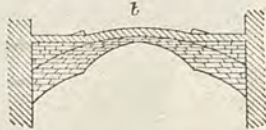
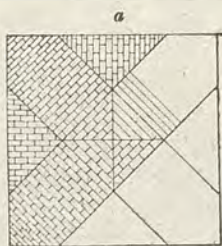


Fig. 1077 a, b. — Vólta a padiglione in forma di crociera.

Una vólta a padiglione a forma di stella si ottiene dalla precedente coll'introdurvi 8 lunette (fig. 1076 a e b).

La fig. 1077 a e b mostra finalmente una vólta a padiglione in forma di crociera, che si ottiene con una rotazione, come nella fig. 1073, ma anche troncata da quattro grandi lunette.

La grossezza delle falde di una vólta a padiglione corrisponde a quella di una vólta a botte. Se la pianta è quadrata, la grossezza degli appoggi sarà $= \frac{2}{3}$ di quella che corrisponderebbe ad una vólta a botte di eguale ampiezza. Sarà invece $= \frac{3}{4}$ se un lato della pianta sarà di lunghezza doppia dell'altro.

Sovente le cupole a padiglione a base esagona od ottagonale che si incontrano nelle chiese e nei campanili sorgono da un quadrato. Allora è necessario di sostenere i lati dell'ottagono, che non cadono sui lati del quadrato, mediante pennacchi, di cui se ne danno alcuni esempi.

La fig. 1078 a e b ne mostra un primo. Il pennacchio è formato da un mezzo cono in pietra da taglio (vedi fig. 519), quale lo si riscontra spesso nelle fabbriche medioevali, anche in forma di arco acuto.

La fig. 1079 mostra il sistema più semplice, consistente nella successione di archi sporgenti gli uni sugli altri. Si trova applicato nella Chiesa di S. Lorenzo a Milano.

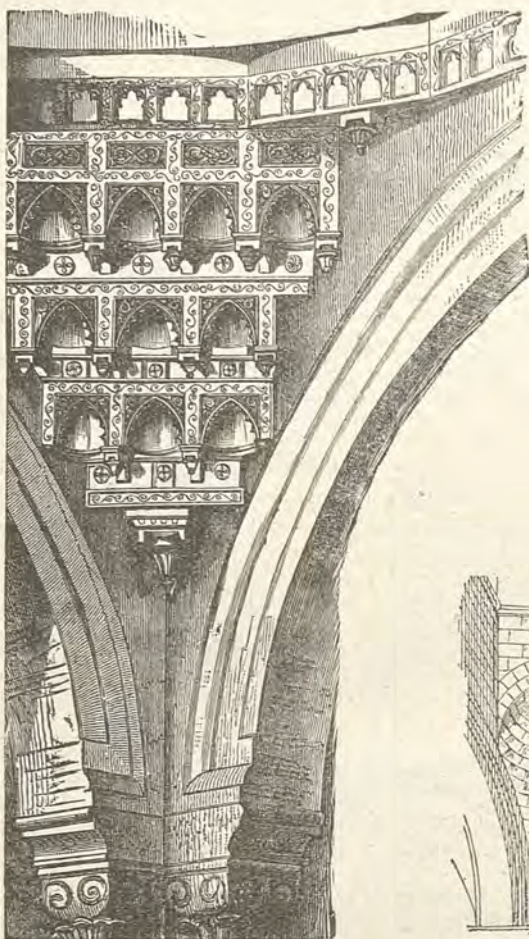


Fig. 1082. — Pennacchio nella moschea dell'antica Dehli.

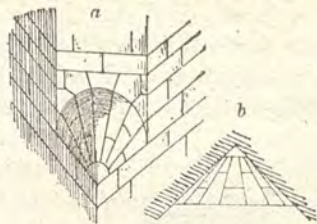


Fig. 1078 *a, b.* — Vólta conica per pennacchio di cupola.

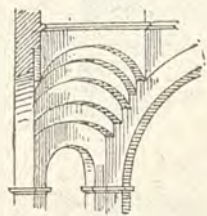


Fig. 1079. — Pennacchio ad archi sovrapposti e scaglionati.

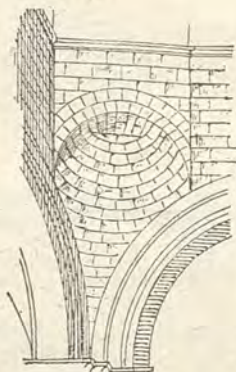


Fig. 1080. — Pennacchio a nicchia.

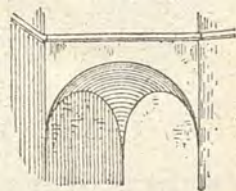


Fig. 1081.
Pennacchio nel S. Vitale di Ravenna.

La fig. 1080 rappresenta un pennacchio in forma di nicchia (Duomo di Worms) che si potrebbe eseguire anche ad arco acuto; la fig. 1081 indica un pennacchio formato da una mezza vólta a tazza, tagliata diagonalmente, come si vede nel S. Vitale a Ravenna; finalmente nella fig. 1082 si vede la forma dei pennacchi della moschea dell'antica Dehli. Quando si tratta di piccole dimensioni si può ricorrere ai sistemi indicati nella fig. 1061.

X) Vólte a botte con teste di padiglione.

La vólta a botte con teste di padiglione (fig. 1083 *a, b, c*) serve a coprire aree rettangolari, parallelogrammiche e trapezie, e si compone di una botte impostata sui lati maggiori e di due fusi di padiglione impostati sui lati minori dell'area da coprire.

Suppongasi che l'area da coprire sia un trapezio ABCD (fig. 1084 *a, b*). Parallela- mente ai lati maggiori si conduce la mediana IK. Indi si prendono i punti E ed F in modo che sia $EL = EM$ ed $FK = FN = EM$: ossia si prenderà $DL = DM$ e da L si innalzerà la perpendicolare LE a DA che determinerà E. Lo stesso dicasi per F. Tirando EA, ED, FC, FD si avrà scomposto il trapezio in due triangoli e in due trapezi. Si

elevano in E ed F le due verticali alte quanto la monta della vólta. Nel piano verticale di traccia orizzontale EL si immagini una curva di proiezione EL presentante la tangente orizzontale nel suo estremo superiore, e che si suppone direttrice di una superficie cilindrica a generatrici orizzontali parallele a AD. Limitando questa superficie coi piani verticali passanti per EA ed ED si ottiene il fuso cilindrico coprente il triangolo AED. In simil guisa adottando direttrici identiche a quelle del fuso ora definito si può coprire l'altro triangolo FCB, come pure i trapezi AEFD, DCFE. Si avrà così la vólta a botte con teste di padiglione, poichè la parte di vólta compresa fra

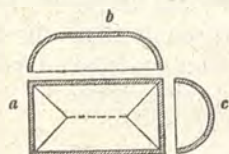


Fig. 1083. — Vólta a botte con teste di padiglione.

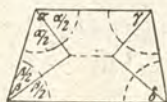


Fig. 1085.

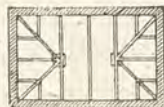


Fig. 1086. — Armat. per vólta a botte con teste di padiglione.

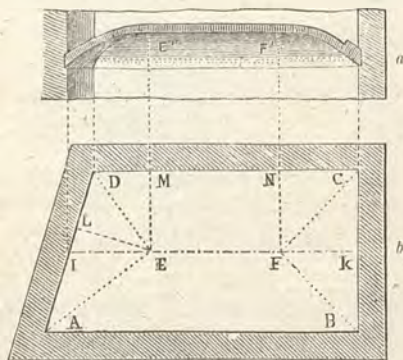


Fig. 1084 a, b. — Vólta a botte con teste di padiglione.



Fig. 1087.

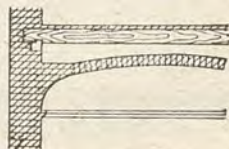


Fig. 1088. — Vólte a botte con teste di padiglione molto ribassate.

i triangoli di testa è una vólta a botte. L'altezza del trapezio di base è la corda della vólta, la quale sarà a tutta monta; e a monta rialzata o depressa, secondochè la monta sarà uguale, maggiore o minore della semicorda.

Naturalmente gli angoli α , β , γ , δ (fig. 1085) restano divisi per metà dagli spigoli della vólta, e la curvatura di essi si determina col solito sistema delle coordinate ortogonali, dopo aver ribaltato l'arco sezione retta della parte a botte.

Riguardo alla costruzione vale esattamente quanto si è detto per le vólte a botte ed a padiglione. Nell'eseguirli è necessaria una mantellatura completa delle centine (fig. 1086). Nella figura 1087 è indicato un modo di disporre i materiali.

La vólta a botte con teste di padiglione di monta molto ribassata, ossia la vólta piatta può servire per coprire spazi di corda non maggiore di m. 3,50. Essa non deve portare peso, e viene costruita a spina, con una monta di almeno $\frac{1}{36}$ dell'ampiezza. Quando è necessario, la si rende piana con una intonacatura più grossa. Essa si imposta sopra la muratura sporgente, già arcuata, come indica la fig. 1088. Segna quindi il passaggio fra la vólta a botte con teste di padiglione e quella a schifo.

x) Volte a schifo e volte a schifo con gavetta.

La vólta a schifo è egualmente applicabile sopra uno spazio quadrato quanto sopra uno rettangolare e in genere su aree poligonali. Essa consiste di due parti: l'inferiore, detta *guscio*, corrente tutto in giro è una porzione di vólta a padiglione, oppure di vólta a botte con teste di padiglione, per lo più provvista di lunette, la superiore è una piattabanda o vólta piana che si dice lo *specchio*. Sia per esempio (fig. 1089) ABCD il quadrilatero da coprirsi. Si tracci il quadrilatero EFGH simile al quadrilatero ABCD, e coi lati ugualmente distanti dai lati del primo. Sui vertici EFGH si elevino tante verticali uguali alla monta della vólta. Scelto un punto O su uno dei lati si conduca per esso una perpendicolare al lato corrispondente dell'altro poligono, e sul piano NOP, determinato da quella perpendicolare e dalla verticale OP,

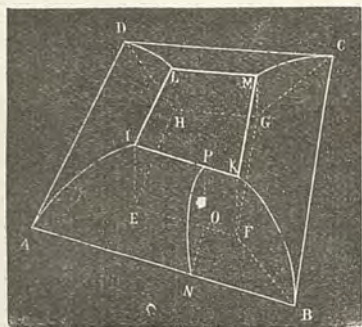


Fig. 1089. — Generazione della vólta a schifo.

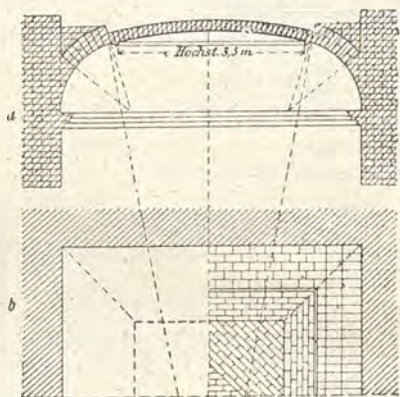


Fig. 1090 a, b. — Vólta a schifo.

si supponga descritto l'arco PN avente la tangente in P orizzontale. S'immagini ora una superficie cilindrica avente per direttrice l'arco PN e per generatrici delle rette parallele alle AB, IK e la si limiti coi piani verticali A E I, F K B, si avrà così un'area trapezoidale cilindrica che copre il trapezio rettilineo A E F B. In modo analogo a quello indicato parlando delle vólte a padiglione si copriranno gli altri trapezi di base. Lo specchio venne in ogni tempo utilizzato a preferenza per grandi dipinti, onde si spiega la frequente applicazione di questo genere di vólta nel medio evo. La vólta a padiglione inferiore, ossia il guscio e lo specchio, sono perciò divisi con riquadrature a modanature più o meno ricche, e mentre la parte inferiore viene eseguita a corsi paralleli ai muri, naturalmente con imposte sporgenti il più che sia possibile, la parte superiore piatta si eseguisce preferibilmente a spina con una monta di almeno $\frac{1}{36}$ della diagonale, così che tutto il complesso si può costruire come un arco ovale (a più centri) assai ribassato, e lo specchio, considerato da solo, come una vólta a padiglione quasi affatto orizzontale (fig. 1090 a e b). Si deve eseguire la vólta accuratamente con buon materiale su d'una mantellatura completa. La larghezza della parte piatta centrale non deve eccedere m. 3,50. Si può finalmente intonacarla con malta di gesso in modo da renderla affatto orizzontale, ciò che però non è necessario, giacchè la piccola monta dal basso si può a stento riconoscere. In pianta si indicano queste vólte col punteggiare gli spigoli e lo specchio, come nella fig. 1090 b a sinistra. Quando lo specchio invece di raccordarsi col guscio si imposta alquanto più in alto in modo da risultare fra le sue linee d'imposta ed il limite delle superfici cilindriche circostanti una faccia prismatica, allora la vólta dicesi *vólta a schifo con gavetta*. Nella fig. 1091 a, b è rappresentata una vólta di simil genere su base

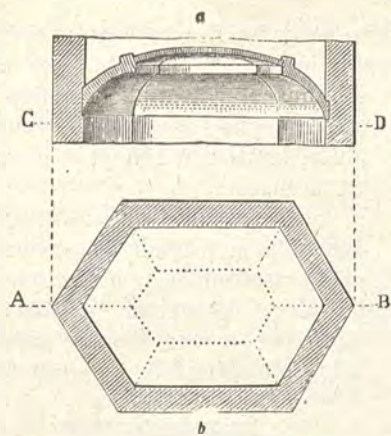


Fig. 1091 a, b.

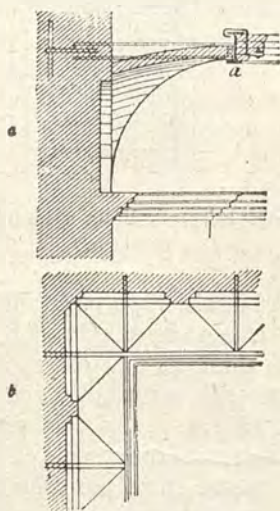
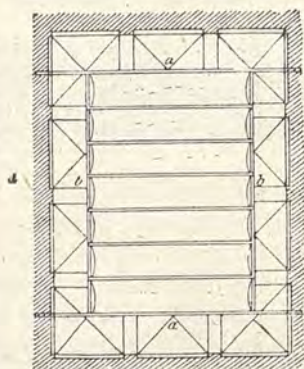


Fig. 1093 a, b. — Vól'a a schifo lunulata con gavetta.

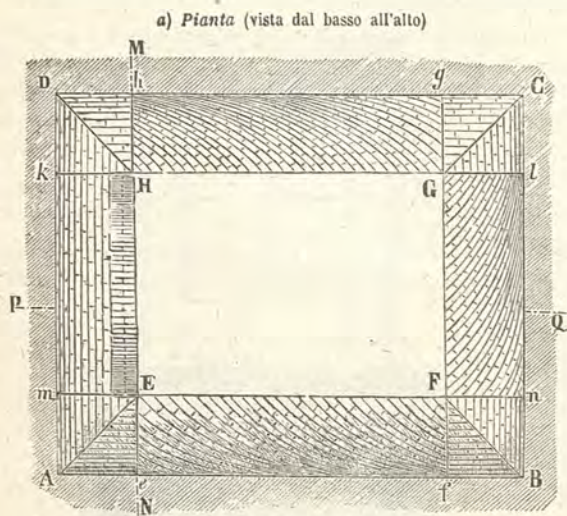
Fig. 1092 a, b. — Vólta a schifo lunulata con gavetta.

esagona. Il guscio è sovente interrotto da lunette come nelle vólte a botte, a padiglione, ecc. sia per aprire nella parte verticale della lunetta luci di finestra, oppure per ragioni decorative. Questo sistema lo si usa specialmente nei soffitti di vasti locali, sale, scaloni, ecc. A sostenere lo specchio con gavetta si usa di ricorrere a travi e tiranti di ferro come è indicato nella fig. 1092 a, b, ove però lo specchio è costituito da un lucernario. Le travi *a* inquadrano il lucernario, ma vengono poi alla loro volta portate dalle travi a **I** inchiodate con esse ed incastrate nel muro. Se sopra l'incastramento non incombe peso sufficiente, le travi sono assicurate con chiavi come si è detto per le cornici di pietra. Alle travi principali si può applicare, come è indicato, o una cornice massiccia od una in intonaco armato di rete di ferro (alla Rabitz), o finalmente una sagoma in legno intonacata, e l'ala inferiore viene nascosta con stucco.

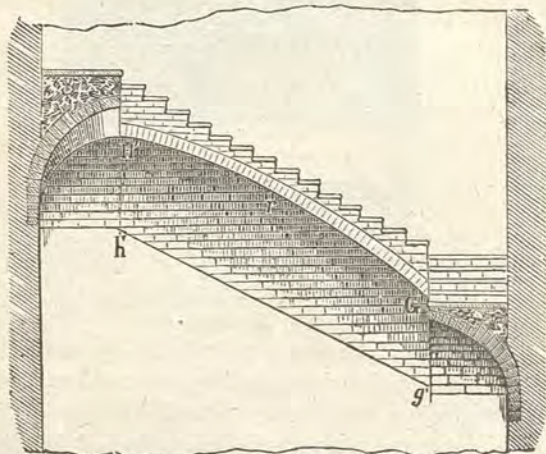
Se anche la parte centrale deve essere eseguita a vólta, si può costruire con voltine quasi piate fra travi a **I** (fig. 1093 a e b) che riposano sulle travi *b* e sono unite alle medesime a mezzo di viti. Le travi *b* sono inchiodate saldamente alla trave principale indicata con *a* nella figura ed entrambe devono essere sostenute con mensole, come nella fig. 1092, nascoste nel guscio e, per maggior chiarezza, non disegnate in figura. La

cornice dello specchio e questo stesso possono venire provvisti di membrature formate con intonaco alla Rabitz, oppure (come sarà indicato più innanzi trattando dei lavori d'intonaco) coll'applicarvi dei tasselli di legno sporgenti che vengono poi rivestiti con schegge di legno ed intonaco.

Se lo specchio od anche in genere una vólta a piattabanda deve figurare cassettonata, se ne eseguiranno le voltine disponendo i mattoni in modo che le commessure risultino perpendicolari alle travi in ferro;



b) Sezione P Q



c) Sezione M N

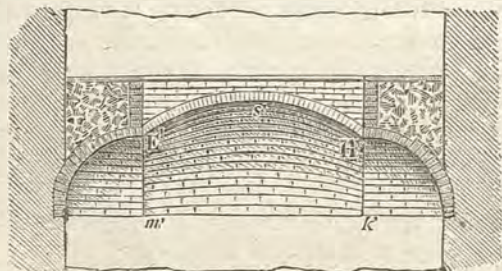


Fig. 1095 a, b, c. — Rampanti e pianerottoli di scala sostenuti con vólte alla romana.

così i risalti rappresentanti le travi dei cassettoni si potranno formare con corsi di mattoni sporgenti in basso sul resto della voltina (vedi fig. 1094 a, b). Le modanature dei cassettoni si fanno poi coll'intonaco. In questa guisa, per esempio, è costruito il soffitto del vestibolo nell'antica Accademia di architettura a Berlino.

λ) Vólte alla romana per scale.

Nell'Italia meridionale e specialmente a Roma si adottano vólte affatto speciali per sostenere i rampanti delle scale.

Sia A B C D (fig. 1095) il rettangolo che limita la gabbia della scala ed E F G H quello che limita il pozzo. Suppongasì di avere: tre rampanti secondo i lati E F, F G, G H; due pianerottoli quadrati in B n F g, G l C g ed un lungo pianerottolo nel rettangolo A e h D. I quattro quadrati d'angolo sono coperti con vólte a padiglione aventi un quarto di circolo per direttrici delle sezioni rette E m, E e; F f, F n; G g, G l; H h, H k. La superficie d'intradosso

della vólta che sopporta il rampante $HGgh$ ha per imposta sulla parete DC una retta $hg, h'g'$; è limitata sui piani verticali passanti per Gg, Hh , dai due quarti di cerchio direttori dei quarti del padiglione d'angolo; è limitata sul piano verticale per HG da un arco rampante $HG, H'r'G'$.

Se ora pei diversi punti della retta d'imposta $hg, h'g'$ si immaginano condotti dei piani verticali perpendicolari alla parete DC e su essi tracciati i quarti d'ellisse che hanno un loro estremo sulla retta $hg, h'g'$ e l'altro estremo sull'arco $HG, H'r'G'$, il luogo geometrico di questi quarti d'ellisse costituisce la superficie d'intradosso del vólto che copre il rampante in questione.

I materiali si dispongono in modo che le linee dei filari sull'intradosso assecondino le linee d'intersezione col medesimo, ottenute con piani orizzontali. Questi filari si presentano adunque sull'intradosso come tante porzioni di *anelli* orizzontali.

La superficie d'intradosso della vólta che sopporta la parte $HEmk$ del pianerotolo ha per imposta una retta $m'k'$, è limitata nei piani verticali Hk ed Em da quarti di cerchio ed è limitata sul piano verticale passante per HE da un arco di circolo $E's'H'$. Essa si può immaginare generata in modo analogo a quello ultimo indicato; però si può anche intendere generata da un arco di circolo di forma variabile il quale confondendosi nella posizione sua iniziale con l'arco di testa $E's'H'$ si muove mantenendosi in piani paralleli alla parete AD e toccando costantemente i due quarti di cerchio limiti ed il quarto d'ellisse che giace in un piano verticale e che ha i suoi estremi nei punti di mezzo della linea d'imposta mk e dell'arco $E's'H'$. Nell'ultima posizione l'arco generatore diventa di raggio infinito e si dispone secondo la retta di imposta $m'k'$. I materiali si dispongono in modo diverso da quello accennato pel vólto del rampante, cioè, si costruisce un arco retto sul lembo HE del vólto e per la porzione rimanente si assecondano colle linee dei filari le intersezioni ottenute nell'intradosso con piani verticali paralleli alla parete AD .

Si hanno esempi di scale sostenute con vólte alla romana nel Palazzo Vaticano a Roma, ove si ha una scala con branche larghe più di due metri; negli edifici universitari di Torino e nel palazzo della Banca d'Italia a Roma, costruito dall'architetto Koch. ove lo scalone d'onore ha branche lunghe m. 13 e larghe m. 3,30 sostenute da vólte alla romana senza impiego di ferro, ed ove anche le altre 5 scale del palazzo sono pure costruite nella stessa maniera.

μ.) Vólte a crociera.

1. Generalità.

La vólta a crociera serve a coprire spazi poligoni qualunque come la vólta a padiglione ed ha comune con questa gli spigoli: ma mentre nella vólta a padiglione le imposte sono rette giacenti in uno stesso piano, nelle vólte a crociera le imposte sono archi. Le varie porzioni di vólta comprese fra gli spigoli e gli archi d'imposta si chiamano *unghie*, e queste possono avere tutte le possibili forme di sezione trasversa: semicircolare, ellittica, ovale, policentrica, ad arco acuto, ad arco circolare ribassato, ecc.

La vólta a crociera ha il vantaggio sulle altre specie di vólte di riportare intieramente la spinta laterale sugli angoli dello spazio che copre: però quando il vertice della vólta è più alto o più basso della chiave degli archi d'imposta, allora anche sui muri d'imposta si scarica una parte della spinta.

Si dirà *rialzo* la sopraelevazione del vertice della vólta sulla chiave degli archi frontali o di testa, nel qual caso gli spigoli delle unghie sono rampanti.

Nella fig. 1096 è rappresentata la generazione dell'intradosso di una *vólta a crociera con unghie cilindriche*. Suppongasi che l'area da coprire sia il quadrilatero $ABCD$. Sui piani verticali passanti per le rette d'imposta AB, BC , ecc., s'immaginano descritte

delle semicirconferenze, semiellissi o semiovali che saranno le linee d'imposta. Verso il centro O di figura del poligono di base o nel centro stesso se il poligono fosse regolare, s'innalzi la perpendicolare al piano d'imposta e su essa si porti la monta della vòlta da O in E . La monta deve essere giudiziosamente scelta e il punto E non deve mai trovarsi ad un livello inferiore al punto più alto delle linee d'imposta.

Suppongasi poscia sui piani verticali passanti per la OE e pei vertici del quadrilatero descritti altri archi EA , EB , EC , ED . Si hanno così le linee che limitano le diverse superficie che devono costituire l'intradosso. Ognuna di queste superficie si proietta orizzontalmente in uno dei triangoli in cui il quadrilatero è scomposto colle rette che dal punto O vanno ai vertici, ed ecco come si può intendere generata una qualunque di queste superficie, per esempio quella che copre il triangolo AOB .

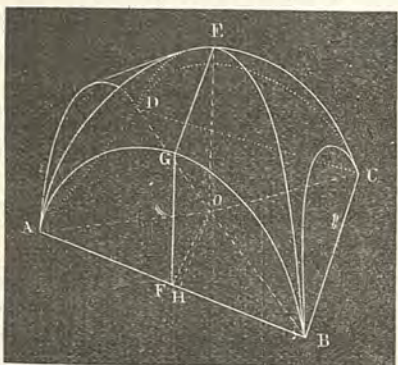


Fig. 1096. — Vòlta a crociera con unghie cilindriche.

Fissato il punto culminante G della curva d'imposta AGB suppongasi di unirlo con una retta GE al punto E ; GE ed OE determinano un piano verticale $OEGF$. Una retta che si muova conservandosi parallela al piano $OEGF$ ed appoggiandosi alle due curve GB ed EB genera una superficie cilindroica, che sarà lo intradosso del vòlto corrispondente al triangolo AOB . Analoghe superficie identicamente generate copriranno gli altri triangoli della base. Ciascuna di queste superficie chiamasi *unghia cilindroica*. In un'unghia qualunque, per esempio quella che copre il triangolo OAB ,

il punto culminante E si chiama *vertice dell'unghia*. La retta d'unione AB dei punti estremi della sua linea d'imposta si chiama la *corda dell'unghia*. La perpendicolare EO si dice la *monta dell'unghia*. La perpendicolare OH abbassata da O su AB costituisce la *lunghezza dell'unghia*. La superficie piana AGB , che di frequente è mezzo cerchio, viene distinta col nome di *lunetta*.

L'unghia poi si dice a tutta monta, a monta depressa od a monta rialzata secondochè OE è uguale, maggiore e minore della semicorda.

La vòlta a crociera si dice *a tutta monta* quando tutte le sue unghie sono a tutta monta, e ciò non succede che quando il poligono è regolare; *a monta depressa*, quando anche una sola delle unghie è a monta depressa; *a monta rialzata*, quando tutte le sue unghie sono a monta rialzata.

Vòlta a crociera con unghie cilindriche. — Se le quattro linee d'imposta sono semiellissi aventi semiassi verticali eguali fra di loro, se la monta è eguale a questi semiassi, e se per aggiunta le curve EA , EB , EC , ED (fig 1096) sono quarti di ellisse, ne risulterà che le superficie delle unghie generate nel modo anzidetto diventeranno porzioni di superficie cilindriche, ed il vòlto assume il nome di vòlta a crociera con unghie cilindriche.

Che le superficie delle unghie risultino veramente cilindriche, basta osservare che una superficie cilindrica avente per direttrice AGB e le generatrici parallele a GE verrebbe a tagliare il piano verticale EOB secondo un quarto di ellisse, il quale avendo per semiassi OB ed OE , sarà evidentemente il già tracciato EB . Lo stesso dicasi per le altre ellissi d'intersezione delle superficie, aventi per direttrici le altre linee d'imposta e generate in modo analogo, coi diversi piani passanti per OE e per i vertici del poligono di base.

Nella fig. 1097 si è rappresentata, mediante una sezione dei piedritti e con due sezioni verticali, una vòlta a crociera con unghie cilindriche su base rettangolare.

La figura 1098 rappresenta una *volta a crociera con unghie sferiche*. Le volte di simil genere si presentano assai meglio di quelle con unghie cilindroidiche e cilindriche, di cui si è ora trattato. Le superficie d'intradosso delle unghie non sono veramente porzioni di superficie sferiche, ma furono dall'esimio Promis, che pel primo le adottò, distinte con tal nome, perchè le sezioni in esse praticate con piani verticali paralleli alle semicirconferenze d'imposta risultano tanti archi di cerchio.

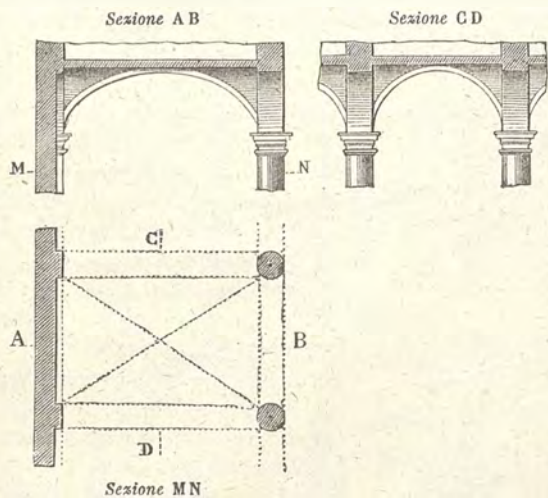


Fig. 1097. — Volta a crociera con unghie cilindriche.

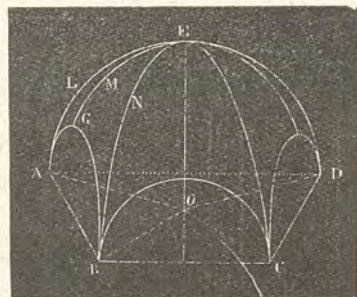


Fig. 1098. — Volta a crociera con unghie sferiche.

Se ABCD (fig. 1098) il poligono orizzontale da coprirsi, si traccino sulle pareti laterali tante semicirconferenze, che si riterranno come linee d'imposta. Da un punto O verso il centro, o nel centro se il poligono fosse regolare, elevisi la perpendicolare OE al piano ABCD lunga quanto la monta che si vuol dare al vólto. Il punto E deve sempre superare in livello il punto più alto delle varie semicirconferenze di imposta.

Si suppongano ora tracciati sui piani passanti per OE e pei vertici A, B, C, D del poligono di base, tanti quarti di ellisse. Altri piani verticali si fanno passare per E e pel culmine di ogni semicirconferenza di imposta e si tracciano su di essi tanti archi di cerchio passanti per E e pei colmi suddetti ed aventi le loro tangenti in E orizzontali. Ora la superficie d'intradosso di una qualunque delle unghie, quella per esempio che si proietta nel triangolo OAB, si può intendere generata da un arco di cerchio di forma variabile confondentesi nella sua posizione primitiva colla semicirconferenza AGB, che si muove mantenendosi in piani verticali paralleli alla posizione iniziale e toccando sempre le tre curve ALE, GME, BNE. Coprendo in identico modo gli altri triangoli della base si ottiene l'intera superficie d'intradosso della volta.

L'unghia sferica si può anche intendere generata da un arco circolare di forma costante qualora non si dia la direttrice GME. Questo arco generatore nella sua prima posizione coincide colla semicirconferenza di imposta, scorre poscia sui due quarti d'ellisse ALE, BNE mantenendo il suo piano parallelo alla posizione iniziale.

La linea d'imposta invece di una semicirconferenza può anche essere una mezza ellisse, ed in tal caso anche l'arco generatore della superficie d'intradosso dell'unghia dev'essere un arco ellittico.

Nella figura 1099 si è rappresentato con una sezione orizzontale nei piedritti e con una sezione verticale un vólto a crociera con unghie sferiche su base rettangolare.

Il rialzo nelle vólte a crociera può essere rettilineo o curvilineo (fig. 1100 *b* e *c*); nel secondo caso però si fa in modo che non si formi alcun gomito al vertice della vólta, ma che le linee di sommità di due unghie opposte formino un arco circolare continuo. In caso diverso la vólta a crociera viene costruita con un abbassamento sul vertice (fig. 1100 *d*). La monta si aggira di solito da $\frac{1}{30}$ a $\frac{1}{20}$ della larghezza presa in diagonale; essa dipende però dalle circostanze locali. Se viene presa molto grande si ha l'inconveniente che gli spigoli, i quali nelle vólte a crociera sono quasi sempre eseguiti con ingrossamento, vanno sempre più scomparendo verso la sommità. Si ovvia a questo inconveniente nell'aspetto ingrossandone l'intonaco (fig. 1101).

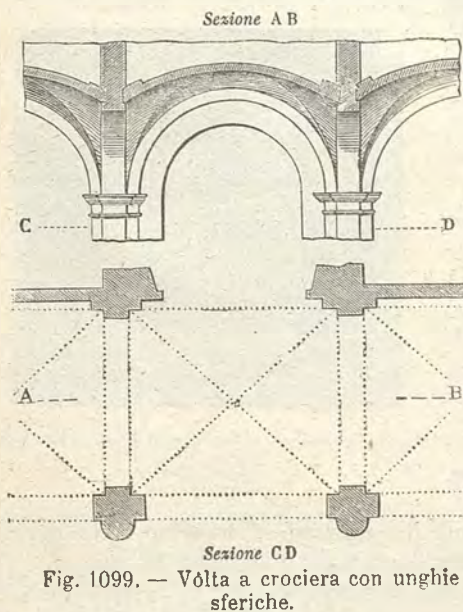


Fig. 1100.

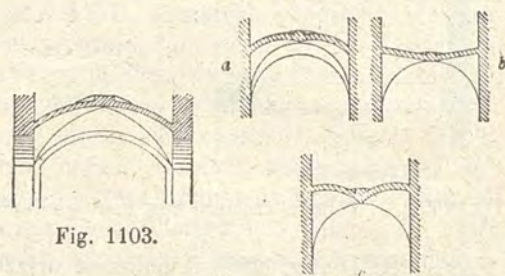


Fig. 1103.

Fig. 1100-1103. — Forme varie delle vólte a crociera.

Indipendentemente dalla già detta diversità degli archi di testa o lunette, e quindi delle superficie penetrantisi, per una vólta a crociera sopra spazio quadrato si possono verificare i seguenti casi:

1° I vertici degli archi di testa e il vertice della vólta si trovano ad eguale altezza e le generatrici passanti per la sommità delle due unghie sono linee rette orizzontali; le unghie (o falde) sono quindi eseguite senza rigonfiamento nè rientranza (fig. 1100 *a*);

2° Il vertice della vólta è più alto dei vertici degli archi di testa: la sezione passante pel vertice di ogni falda forma una linea ascendente verso il mezzo: si ha così un rialzo rettilineo (fig. 1100 *b*);

3° Il vertice della vólta sta più alto, come nel caso precedente; ma la sezione retta passante pel vertice di due falde opposte forma un arco di circolo continuo: si ha così un rialzo curvilineo (fig. 1100 *c*);

4° I vertici degli archi di testa e della vólta sono ad eguale altezza; ma la sezione retta delle falde passante pel vertice della vólta è una curva ascendente e poi discendente: si ha allora una vólta a chiave pendente senza monta (fig. 1100 *d*);

5° Il vertice della vólta è più alto dei vertici degli archi di testa, e le falde hanno per sezione una curva ascendente e poi discendente; la vólta è quindi ad un tempo rialzata e a chiave pendente (fig. 1102 *a*);

6° Il vertice della vólta sta al disotto dei vertici degli archi di testa (ciò che non dovrebbe mai essere, come già si disse, e si trova infatti assai di rado, specialmente sopra spazi quadrati), e la sezione mediana delle falde è rettilinea (fig. 1102 *b*);

7° Finalmente il vertice della volta sta al disotto come dianzi, ma le falde hanno sezione curvilinea (fig. 1102 c).

Se si tratta di una pianta rettangolare allungata si hanno a distinguere specialmente i due casi seguenti:

1° Tutti quattro gli archi sono d'eguale altezza, per il che naturalmente quelli sui lati maggiori dovranno essere ellittici od ovali policentrici, se quelli sui lati minori sono semicirculari. Trattandosi di archi acuti gli archi sui lati minori vengono in questo caso rialzati, come si vedrà in appresso. Si possono anche in questo caso verificare tutte le variazioni che si sono viste, trattandosi di volte a crociera su spazi quadrati;

2° Gli archi sopra i lati maggiori hanno maggiore altezza: allora la volta può avere:

a) le falde minori con rialzo rettilineo od arcuato o con chiave pendente rialzata; le falde maggiori senza sopraelevazione, e con o senza abbassamento in chiave;

b) tanto le falde minori quanto le maggiori con rialzo, ma allora il vertice deve essere collocato molto in alto. Sono in tal caso da notarsi tre disposizioni, perchè le falde possono, oltre al rialzo, avere anche un abbassamento in chiave;

c) le falde minori costruite con o senza rialzo e le maggiori inclinate in basso, per la qual cosa il volto può essere a chiave pendente.

Se si scelgono per formare la volta archi circolari ribassati si ha la volta a lunette in crociera, che si eseguisce come le altre e viene quasi sempre eseguita con rialzo o con chiave pendente, per dare maggior contrasto alle falde (fig. 1103). In queste volte a crociera così piatte le nervature degli spigoli diventano pure assai piatte, onde anche in questo caso si suole renderle visibili con maggior risalto per mezzo dell'intonaco, come nella fig. 1101.

Se la volta a crociera è limitata da archi frontali con spalle (fig. 1104 a, b), gli spigoli diagonali della volta incominciano dal piano d'imposta degli archi stessi, ed allora fra l'intradosso dell'arco frontale e la linea intersezione dell'unghia col piano verticale dell'arco stesso, risulta una porzione piana, detta *mostra* e larga quanto la spalla, o aletta, del pilastro. Tale mostra, come nella fig. 1104, forma l'archivolto dell'arco di testa e quindi viene sagomata. Le sagomature però non dovrebbero spingersi fino allo spigolo diagonale della volta, sia per lasciar libero questo, sia per non intersecarsi esse medesime.

Se gli archi frontali non hanno spalle (fig. 1105 a, b) l'imposta della volta dell'arco frontale deve, come di solito, essere di 8 a 10 centimetri più alto dello spigolo d'intradosso dell'arco frontale e perciò anche gli spigoli diagonali della volta s'imposteranno più alti dell'imposta degli archi di testa di una quantità x (fig. 1105 a e b). In tal caso la mostra, larga 8 o 10 cm., è troncata all'imposta, ciò che esteticamente si deve evitare, tanto più che non riesce possibile ottenere un archivolto scorniciato.

La mostra semplice può essere anche minore di cm. 8 e variare fra i cm. 3 e i 12. Quando si ha un pilastro quadrato, come nella fig. 1105, appartenente, per es., a un porticato, a un loggiato e simili, si usa di addossargli delle lesene, più strette delle

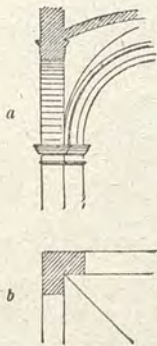


Fig. 1104. — Volta a crociera su archi di testa con spalle, ossia su pilastri con alette.

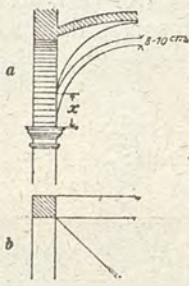


Fig. 1105. — Volta a crociera su archi di testa senza spalle, ossia su pilastrini senza alette.

faccie del pilastro, le quali naturalmente servono a diminuire la corda degli archi frontali e quindi ad originare la mostra. Quando non si vuole avere l'ingombro delle lesene, si può ottenere la riduzione di corda dell'arco mediante il solo capitello sospeso della lesena, o mediante una mensola. Se il sostegno è invece una colonna si può utilizzare l'aggetto del capitello. In generale la mostra ha larghezza costante, ma può accadere che l'imposta dell'unghia non corra parallela all'intradosso dell'arco frontale ed allora si ha una mostra di larghezza varia, che può essere più larga in chiave, oppure più larga all'imposta.

Le volte a crociera della tavola V hanno una mostra scorniciata di larghezza variabile, nascente sulla sporgenza del capitello da un fogliame che raccoglie le imposte degli archi frontali e dello spigolo diagonale della volta.

Le volte a crociera si rappresentano in pianta mediante la proiezione punteggiata degli spigoli diagonali.

2. *Groschezza delle volte e degli appoggi.*

Le grossezze ordinarie delle unghie e degli archi nelle volte a crociera sono le seguenti:

Tabella LXIV.

Ampiezza o portata	Groschezza delle unghie	Groschezza e larghezza degli archi
fino a 6 metri	1 testa di mattone	2 teste di groschezza (2 di largh.)
> 9,50 >	1 > > al vertice	2 > al vertice
	2 teste > all'imposta	3 > all'imposta
> 18 >	1 testa > al vertice	2 > al vertice
	fino a 3 teste all'imposta	fino a 4 teste all'imposta

} 3 teste di larghezza

La groschezza degli appoggi si ragguaglia:

Per volte a crociera semicircolari da $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{4}$ della larghezza in diagonale;

Per suddette ad arco acuto da $\frac{1}{7}$ a $\frac{1}{5}$ della larghezza in diagonale.

Per piedritti che abbiano più di m. 2,50 a 3 m. di altezza si deve aumentarne la groschezza di $\frac{1}{10}$ a $\frac{1}{8}$ dell'altezza loro.

3. *Disposizione e costruzione delle volte a crociera.*

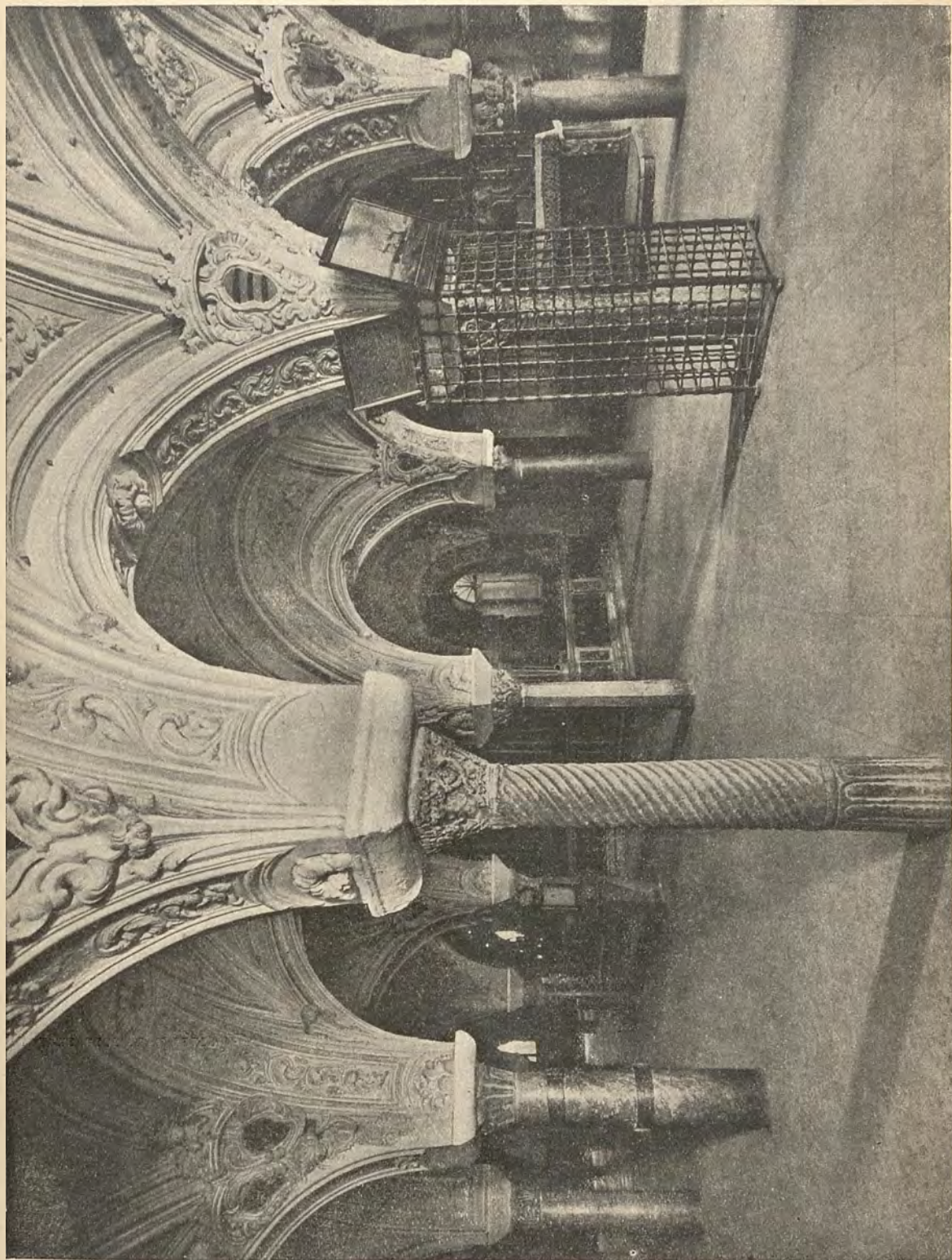
a) *In pietra da taglio.*

Le volte a crociera in vivo (fig. 1106 *a* e *b*) non hanno archi di rinforzo — eccetto naturalmente quelle con nervature profilate o a modanature, di cui si parlerà in seguito — ma hanno negli spigoli i pezzi speciali *d* (fig. 1107 *b*), che si collegano con quelli ordinari *a* delle falde.

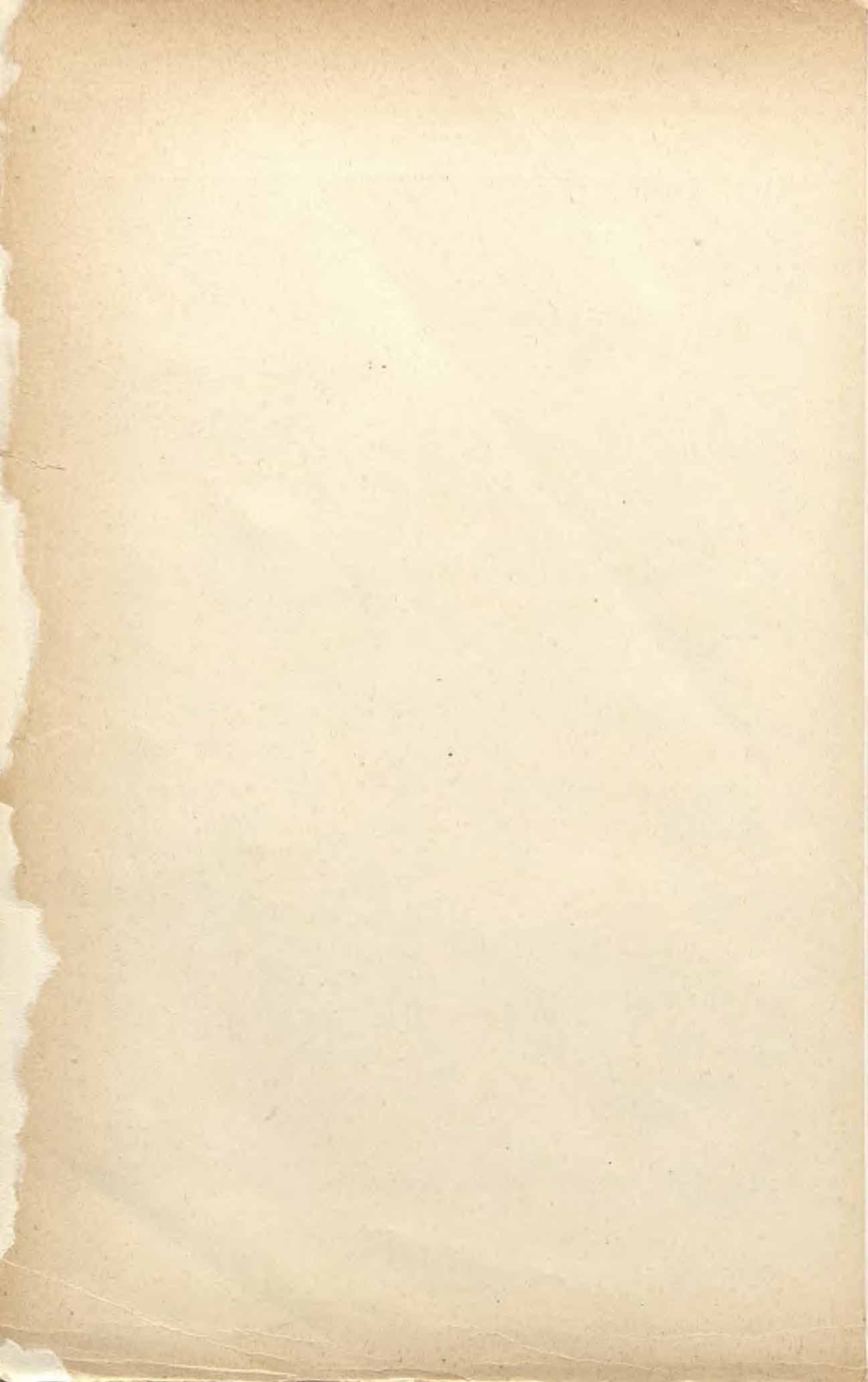
Al contrario di quanto avviene nelle volte a padiglione in queste volte i filari sono diretti normalmente agli archi frontali.

Sono caratteristici i pezzi di serraglia (o chiave della volta) e d'imposta (fig. 1107 *a, c*). Le volte in pietra da taglio non hanno mai rialzi od abbassamenti, perchè il taglio delle pietre riuscirebbe troppo difficile e perchè non si ha assestamento in causa del piccolo numero di commessure.

La groschezza della volta si intende in direzione dell'arco frontale; per volte caricate leggermente potrà essere $\frac{1}{36}$ dell'ampiezza. Ordinariamente vi ha un ingrossamento verso le imposte (fig. 1108).



Cripta della Chiesa di San Nicola a Bari (Secoli XI-XII).



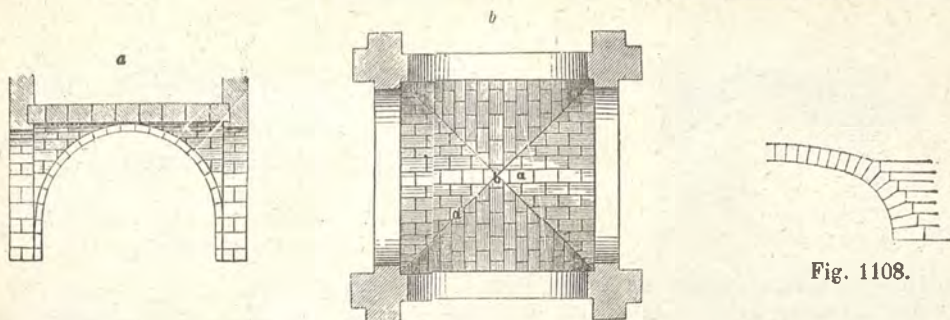


Fig. 1106 a, b. — Volta a crociera in pietra da taglio.

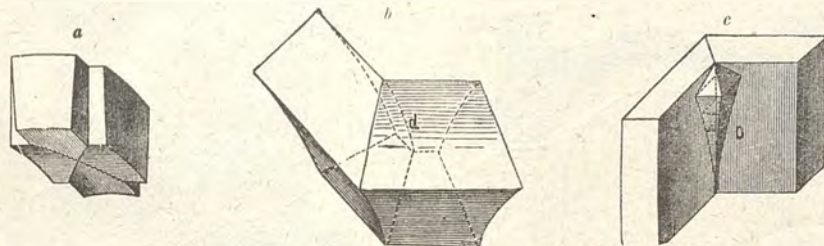


Fig. 1107 a, b, c. — Conci di chiave, di spigolo e d'imposta delle volte a crociera della fig. 1106.

b) In pietrame.

Nel medioevo si costruivano quasi dovunque volte a crociera in pietrame, eccetto che nelle pianure della Germania del Nord e nella Champagne. Per la loro costruzione è necessaria (come per quelle in vivo) un manto completo delle centine, ed è assai frequente l'adozione dei rialzi ed abbassamenti, a motivo del forte assetto di queste volte in pietrame. Le pietre vengono collocate in opera asciutte e sigillate poi con malta.

c) In laterizi.

La rappresentazione di una volta a crociera ordinaria semicircolare senza sopraelevazione, o rialzo, con linee di sommità orizzontali, è assai semplice: gli archi diagonali o spigoli d'intersezione, coincidono nella sezione trasversale cogli archi frontali, ma in realtà sono ellissi che si determinano per punti (fig. 1109). Così però si costruiscono quasi soltanto le volte in vivo, giacchè quelle in mattone difficilmente si fanno senza sopraelevazione retta o arcuata (fig. 1110 a e b). Il piedritto degli archi sopra le cornici di imposta si usa anche in questo caso, nè si deve trascurare la solita muratura di rinfianco.

Nel disegnare gli archi di spigolo (fig. 1111 a e b) si deve anzitutto riportare il rialzo x sulla linea di imposta e unire le estremità col punto determinato da x con una linea retta, come nella metà a sinistra delle figure, o con una curva, come nella metà di destra. Dai punti di queste linee, come $1', 2', I', II'$, si innalzano le ordinate.

Se la monta della volta deve essere assai rilevante, si possono anche prendere semicircolari gli archi formanti spigoli (fig. 1112 a e b). Quando si tratti di coprire uno spazio rettangolare piuttosto allungato, non conviene ricorrere a questo semicircolo, ma determinare la monta nel seguente modo (fig. 1112 b): si ribaltano i due archi frontali e l'arco diagonale. Si innalzano da punti qualunque dei semilati del rettangolo delle perpendicolari in modo però che cadano negli stessi punti della semicorda dell'arco diagonale, e da questi punti si innalzano le normali alla semicorda: dai punti ove esse incontrano l'arco diagonale si portano le ordinate dei due archi frontali: si avranno così le due curve DF e DG , le cui ordinate serviranno a descrivere le due curve JH e KM passanti pei vertici della volta e degli archi frontali.



Fig. 1109. — Vólta a crociera con archi frontali semicircolari e unghie cilindriche.

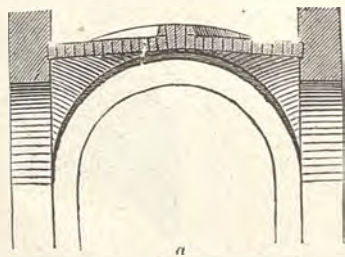


Fig. 1110 a, b. — Vólta a crociera con rialzo.

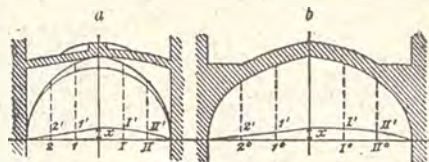


Fig. 1111 a, b. — Vólta a crociera con rialzo rettilineo o curvilineo.

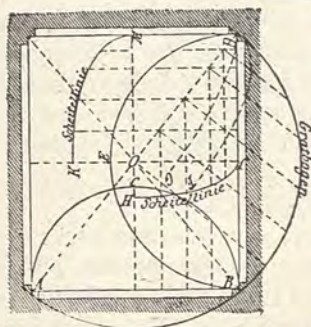
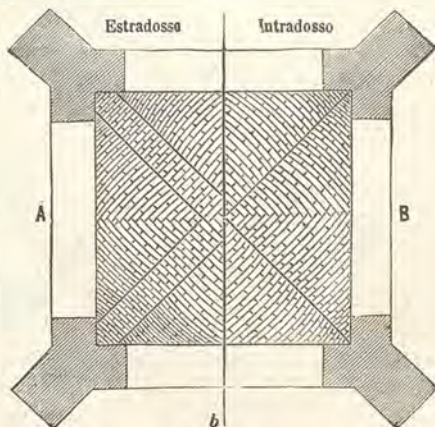


Fig. 1112 a, b. — Vólta a crociera con archi diagonali semicircolari od elettici.

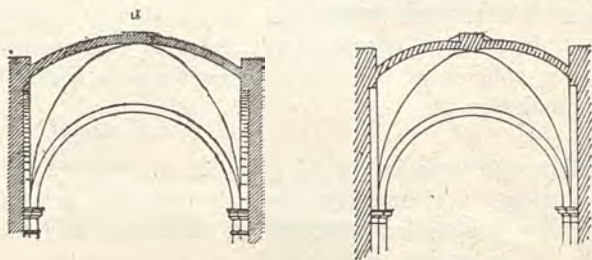


Fig. 1113. — Vólta a crociera con vertice pendente.

Nella fig. 1113 è rappresentata la sezione di una vólta a crociera con vertice pendente: il tracciamento delle curve si fa come precedentemente tenendo conto che la curva dei vertici si compone di due archi.

Nelle vólte a crociera su corridoi ed anche in altri casi, non si lasciano sporgere visibili le costole trasversali dell'intradosso della vólta. La vólta viene allora ad avere grande somiglianza con una vólta a botte con lunette; solo che in questo caso le lunette vengono ad incontrarsi insieme nel vertice. La linea di sommità *a-b* (fig. 1114) deve in questi casi essere sempre orizzontale, perchè altrimenti si avrebbe un gomito nell'arco trasversale, mentre le lunette possono avere rialzo o insenatura. L'arco trasversale mentovato viene eseguito realmente come rinforzo solo nelle vólte di grande portata.

Gli assi di una vólta a crociera possono incrociarsi in posizione inclinata (come, per es., nelle vólte sotto le branche delle scale), avendosi allora delle vólte rampanti o salienti. Esse possono essere eseguite a segmento, secondo un'elisse od una curva ovale policentrica. Si vede dalla fig. 1115 la costruzione per punti degli archi diagonali.

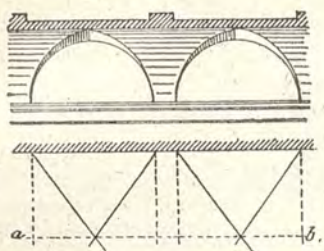


Fig. 1114. — Vólta a crociera su corridoio o galleria.

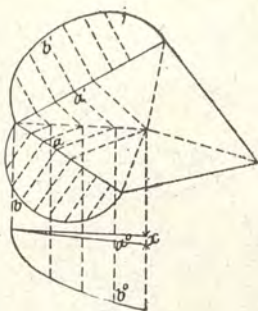


Fig. 1116.

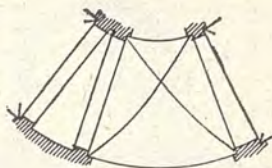


Fig. 1118. — Disposizione dei pilastri per vólte a crociera su spazi in curva.

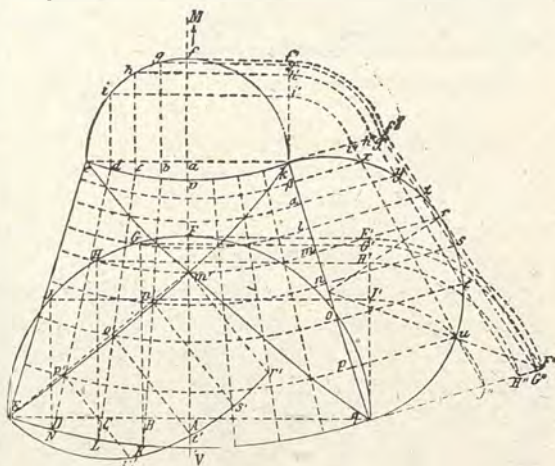
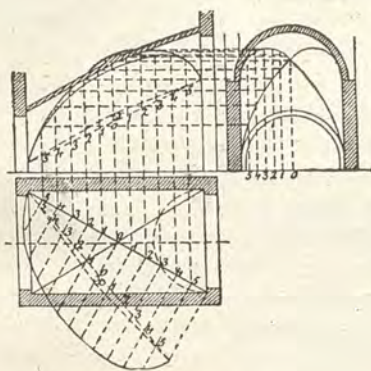


Fig. 1115. — Vólta a crociera rampante. Fig. 1117. — Vólta a crociera su spazio in curva

Per lunghe rampe di scala le vólte a crociera salienti hanno l'inconveniente che le linee diagonali o di cresta nel vertice scompaiono, perciò si preferiscono in tal caso le già descritte vólte a calotta.

Se si deve coprire uno spazio di figura irregolare, si deve anzitutto cercarne il centro di gravità. Le linee condotte da esso centro agli angoli o vertici dello spazio da coprire danno le proiezioni orizzontali delle creste o spigoli diagonali. Ad un lato, ordinariamente al più piccolo, si assegna poi un arco frontale semicircolare e per punti si determinano poi tutte le altre parti, secondo la fig. 1116. Naturalmente ogni singola mezza cresta deve essere riportata avendo riguardo alla sopraelevazione x . — Per un poligono regolare si procede come dianzi.

Se la vólta a crociera deve essere a sesto acuto si assume la mezza diagonale *più lunga* come raggio di un mezzo circolo, col che tutti gli altri archi riescono acuti.

Principalmente trattandosi di vólte per cori di chiese o di gabbie di scale rotonde, la vólta a crociera può essere determinata dalla intersezione di una vólta a botte anulare con una vólta a mezzo cono, il cui vertice si trovi nel centro M del piano di imposta circolare (fig. 1117 e 1121). Gli archi evk ed EVq in pianta, danno in proiezione verticale i semicircoli efk ed EFq . La linea generatrice del cono Mf passante pel vertice della vólta deve essere tangente al semicircolo della vólta a botte, ciò che qui avviene in r .

Per determinare gli spigoli diagonali o di cresta in pianta, si conducano dei piani verticali qualsivogliano, radialmente disposti, Nd , Lc , Kb , Vv , e si determinino i punti nei quali le intersezioni di questi piani colla superficie conica incontrano l'intradosso

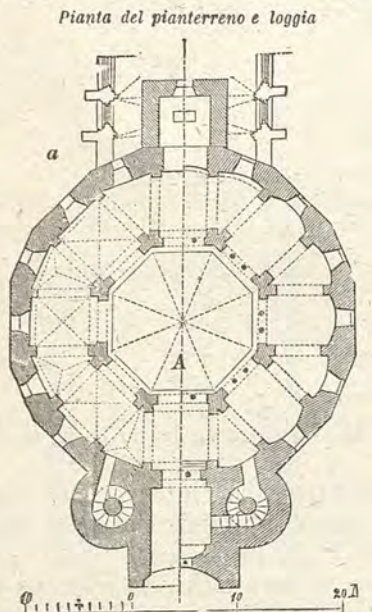
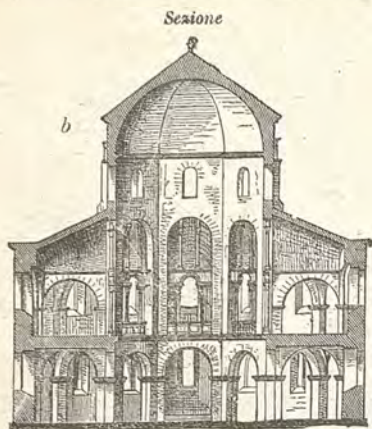


Fig. 1119 a, b. — Chiesa palatina di Aix-la-Chapelle.

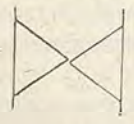


Fig. 1125.

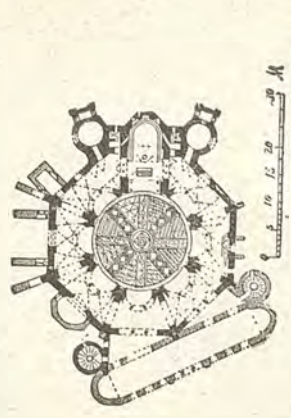


Fig. 1120. — Pianta della chiesa di S. Vitale a Ravenna.

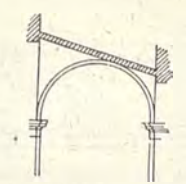


Fig. 1121. — Sez. di volta a crociera su spazio curvo, coll'asse del cono orizzontale.



Fig. 1122. — Sez. di volta a crociera su spazio curvo, colla linea del vertice orizzontale.

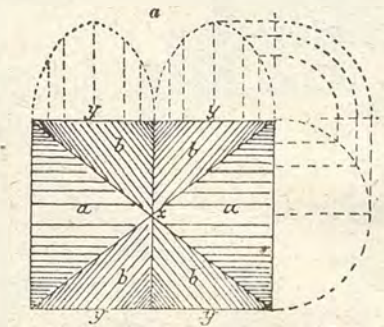


Fig. 1123 a, b. — Volta a crociera con archi frontali binati.

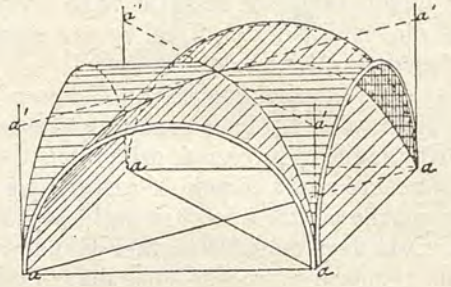


Fig. 1124. — Costruzione delle volte a crociera con archi semicirculari.

della volta a botte. A questo scopo si immagini ogni piano girato in kg e indi ribaltato, disegnando così la sua proiezione verticale, col che si hanno i punti di intersezione x, y, z, r, s, t, u della linea di vertice col profilo della volta $krsg$. Si abbassino ora da quei punti le perpendicolari $x\beta, y\alpha, zl$ e così via e pei punti β, α, l , ecc., si traccino degli archi di circolo con centro nel vertice M : unendo le intersezioni di questi archi coi piani radiali verticali Nd, Lc , ecc., si ottiene la linea di cresta in pianta. La medesima in proiezione verticale, $E'u'r'$, si ottiene per punti dal semicircolo della volta a botte. Difficile riesce in questi casi l'impianto e la disposizione dei pilastri e delle colonne. Una buona disposizione è quella indicata dalla fig. 1118 in

cui nella parte interna vi sono due pilastri accoppiati, ai quali corrispondono a raggio sulla parte esterna altri due pilastri, e fra essi rimane un triangolo che viene coperto con vólta a botte. Ov'è possibile, è meglio attenersi a questa disposizione che non all'altra indicata nella stessa figura.

Nelle fig. 1119 *a, b* si vede come si è risolto il quesito di coprire con vólte a crociera uno spazio circolare. Un'altra soluzione originale si ritrova nel San Vitale di Ravenna (fig. 1120).

La fig. 1122 mostra come, tenendo inclinato l'asse del cono, e orizzontale la linea di chiave, si avrebbero in piani diverse le imposte degli archi di testa, con effetto pessimo.

Una costruzione speciale e degna di nota è quella della vólta della chiesa di Santo Stefano a Caën; la medesima si approprierebbe assai bene, per es., alla copertura di corridoi con finestre binate. Mentre le falde *a* (fig. 1123 *a* e *b*) sono costruite nel modo solito, gli altri lati sono chiusi da due lunette *b*, i di cui assi sono nella direzione da *x* ad *y*. Simile è la costruzione di una vólta ad arco acuto nel convento di Maulbronn.

Quanto all'esecuzione pratica delle vólte a crociera ad arco semicircolare, essa è assai semplice quando non vi sia nè sopraelevazione nè rientranza. Eseguiti dapprima gli archi di sostegno, dopo collocati i quattro archi di testa, col mezzo di una sagoma trasversale viene eseguita ed interamente rivestita una armatura di vólta a botte in direzione longitudinale. Su questa vengono segnate le creste, col distendere due fili diagonali e col calare da questi il piombino sul mantello dell'armatura: da queste creste verso gli altri due archi frontali si determinano le altre due unghie come lunette, ritagliando naturalmente a sbieco i legnami in corrispondenza alla cresta (fig. 1124). Semplicissimo è questo procedimento per vólte senza archi di cresta sporgenti sotto le medesime. In questa guisa si procedeva già dagli antichi Romani, ciò che si rileva evidentemente da ciò, che nelle antiche vólte non sempre i vertici delle falde (o lunette) coincidono in un sol punto (fig. 1125).

L'apparecchiatura di queste vólte a crociera senza sopraelevazione si eseguiva sempre come nelle vólte a botte a corsi paralleli agli assi della vólta, in modo però che nelle linee di cresta i materiali formassero un addentellato e non una connessura (fig. 1126 a destra). Le imposte si eseguivano con successive sporgenze fino a ottenere tanta superficie che l'arco vi si potesse appoggiare coll'intera sua sezione (le imposte in vivo sono migliori). In ogni caso le vólte a crociera in una fabbrica dovevano essere gettate abbastanza presto, perchè durante la muratura delle pareti si potesse già preparare ogni imposta nella sua giusta forma. Questo però non si otteneva che di rado e quindi occorreva spesso lavori di rabberciatura.

L'apparecchiatura delle vólte a crociera con sopraelevazione si fa sempre a spina (fig. 1126 a sinistra), coi singoli corsi normali alla linea di cresta e, se i muratori sono alquanto abili, a mano libera. Occorrono in questo caso solo archi frontali ed archi diagonali o di cresta; per vólte più grandi anche archi assiali (secondo la direzione degli assi). Solo uno di questi archi di centina può essere continuo, gli altri devono consistere di due parti e il punto di unione viene sostenuto con un ritto (detto *monaco*), come si è già visto per le vólte a padiglione. All'ingiro, con entrambi i sistemi di vólta, bisogna praticare degli intagli nei muri frontali per gli appoggi. Gli archi si eseguono contemporaneamente alla vólta, come mostrano le fig. 1127 *a-h*.

Se due vólte a botte molto caricate si intersecano in modo che ne risulti una vólta a crociera senza archi di divisione, si possono eseguire insieme ad arco di circolo i corsi di due metà vicine di vólta a botte, di maniera che incontrino lo spigolo ad angolo retto (fig. 1128).

Dai tempi del basso Impero romano in poi si deviò dalle regole usate prima per diversi secoli: si diede dapprima la forma di semicerchio all'arco diagonale ed agli

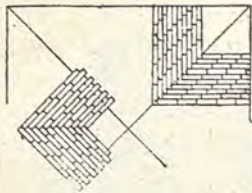


Fig. 1126. Apparocchiatura delle volte a crociera.

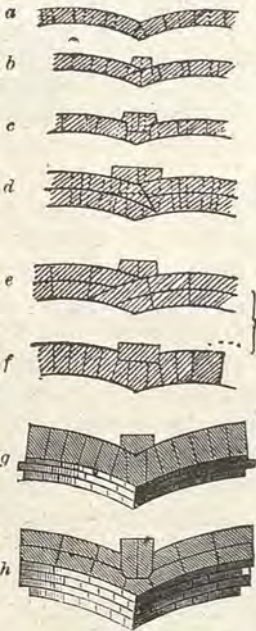


Fig. 1127 a-h. — Costruzione contemporanea degli archi colle unghie nelle volte a crociera.

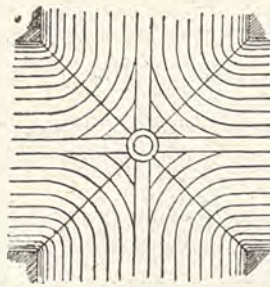


Fig. 1128. — Costruzione di volte a botte intersecantisi formanti crociera.

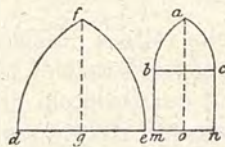


Fig. 1130. — Archi frontali e diagonali acuti di stessa altezza.



Fig. 1132 a, b. — Volta a crociera acuta con spazio rettangolare rettangolare.

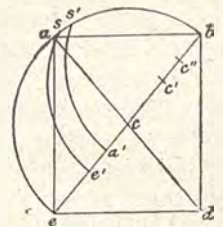
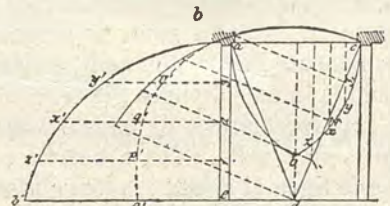


Fig. 1129. — Determinazione degli archi frontali acuti quando l'arco diagonale è semicircolare.

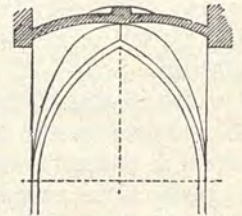


Fig. 1131. — Volta a crociera con archi frontali acuti e diagonali ellittici.

archi di testa quella di arco acuto, con proporzioni alquanto depresse. In seguito questi archi si fecero più slanciati e maggiore anche il raggio dell'arco diagonale cioè anche quest'ultimo a sesto acuto.

Se l'arco diagonale è un semicircolo si procede da esso al tracciamento degli archi frontali. Lo si disegna (figura 1129) sulla diagonale be e da b si porta su quest'ultima $ba' = ab$ e $be' = ae$, poi da e' ed a' si riporta verso b la mezza diagonale ec ottenendosi così i punti c' e c'' . Gli archi $e's$ ed $a's'$ descritti con centro in c' e c'' e con raggio ec danno, insieme cogli archi sb e $s'b$, i due archi acuti, le cui altezze sono inferiori a quella dell'arco diagonale e differenti tra di loro.

Se le altezze devono essere eguali bisogna rialzare gli archi acuti. Sia, p. es., def (fig. 1130 a e b) un arco diagonale a sesto acuto e debbano gli archi frontali avere la medesima altezza; si disegna l'arco bac alquanto sopra bc , come si desidera, si prolungano gli archi ab ed ac verticalmente in basso fino in m e n così che l'altezza ao risulti eguale a fg . L'arco man è l'arco frontale cercato e bm e cn sono i suoi piedritti. Nell'esempio della fig. 1131 le creste rotonde appaiono ancora come ellissi. Le fig. 1132 a e b mostrano una volta a crociera su di uno spazio rettangolare allungato con sensibile rialzo della falda minore e sommità orizzontale della maggiore. L'arco

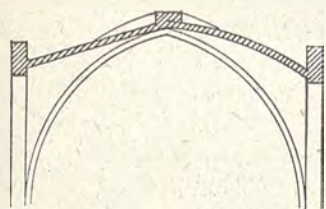


Fig. 1133. — Vólta a crociera con archi frontali acuti e diagonali ellittici.

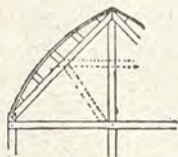


Fig. 1135. — Armatura per vólta a crociera.

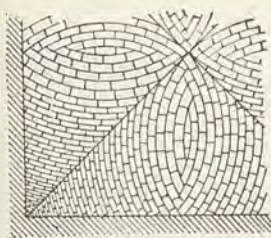


Fig. 1136. — Apparecchiatura di vólta a crociera acuta.

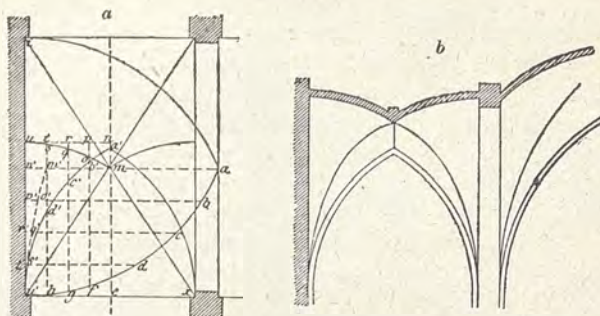


Fig. 1134 a, b. — Determinazione degli archi diagonali per vólte a crociera acute.

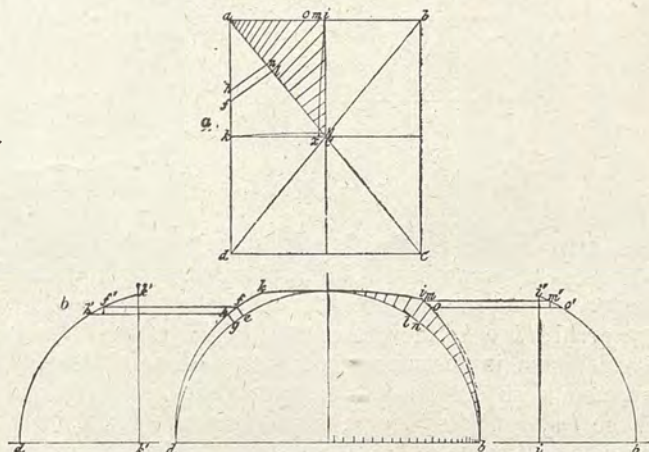


Fig. 1137 a, b. — Modo di determinare i giunti dei filari nelle vólte a crociera.

diagonale si trova per punti per mezzo dell'arco frontale maggiore e la monta delle falde minori mediante la differenza di lunghezza tra le ordinate dell'arco frontale maggiore $b'e, z'1, x'2$, ecc., e quelle della falda minore, ossia le rette comprese fra b, z, x, y e la retta a, c . Nella fig. 1133 si ha una vólta a crociera sezionata parallelamente agli archi maggiori di testa, e nella quale le falde minori hanno la linea di chiave o retta o curva e le maggiori rettilinea, onde la proiezione delle costole diagonali si confonde colla proiezione degli archi di testa.

Secondo le figure 1134 a e b sieno dati i profili delle due falde (od unghie) $ia u'$ e $u'a'x$ e la linea di sommità um della falda maggiore pendente alla chiave. Col solito reticolato di coordinate si ritagliano dalle verticali del profilo maggiore $n'au'$ le corrispondenti lunghezze comprese tra l'arco um e la retta un , in modo che $n'm' = nm$, $p'o' = po$, e così via; le restanti porzioni di ordinate $m'a, o'b, q'c$, ecc., saranno le cercate ordinate della linea di spigolo o cresta. Le altezze della linea di sommità delle falde minori sono eguali alle differenze tra le ordinate del profilo della cresta e quelle del profilo delle falde minori.

Le centine od archi di sagoma per fare il vólto vengono costruite in maniere assai diverse. Su ciò ha grande influenza l'uso dominante nei vari paesi. Un sistema è quello rappresentato dalla fig. 1135. In generale è da darsi la preferenza alle centine formate di tavole, perchè in nessun altro modo si può ottenere tanto facilmente una esatta rappresentazione della sagoma della vólta.

Le unghie delle vòlte a crociera ad arco acuto si fanno generalmente con rientranza e senza armatura. Con questo modo di esecuzione (fig. 1136), nel mezzo dell'unghia viene a formarsi una specie di occhio, che si accosta più al vertice od all'arco frontale secondochè la vòlta ha sopraelevazione o ne è priva.

Sebbene la buona costruzione di una vòlta a crociera dipenda per la massima parte dall'intelligenza del muratore e dal suo occhio addestrato, però conviene indicare il modo con cui si possono segnare i giunti.

Sia (fig. 1137 *a-b*) *aiKC* la quarta parte di una vòlta a crociera con nervature proiettate in *abcd*, e il semicerchio *bd* (fig. 1137 *b*) sia la proiezione secondo *bd*

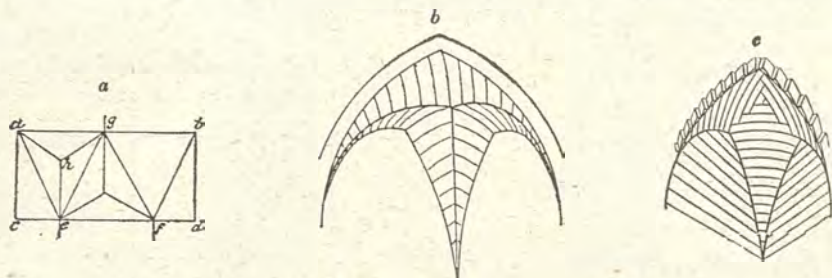


Fig. 1138 *a, b, c*. — Vòlte a crociera con forma fondamentale triangolare.

dell'arco diagonale *bd*; *dk* e *bi* siano poi le proiezioni degli archi *dk* e *bi* (v. pianta) di testa sul piano di *bd*; *ki* sarà la proiezione della linea di chiave, la quale sarà rappresentata in vera grandezza colle linee *ky* e *ix* in pianta; *dk'* e *oi'* rappresentino gli archi *dk* e *bi* in vera grandezza. Ciò posto si divida l'arco diagonale *bd*, che è un semicerchio, in un numero conveniente di parti a seconda della grossezza dei corsi dei mattoni e si uniscano tali punti col centro dell'arco: si otterranno le parti di raggio come *lm*, *no*, *hg*, *fe*, ecc., le quali saranno rette, ancorchè i giunti siano convessi. Si proiettino i punti *h*, *f*, *i*, *o*, ecc., sugli archi *dk'*, *oi'*, indi si riportino in pianta tutte le proiezioni dei punti *g*, *e*, *l*, *n*, ecc., *h'*, *f'*, *m'*, *o'*, sulle proiezioni dei rispettivi archi, e si uniscano tali punti fra loro: si avranno le rette *no*, *lm*, *lf*, *nh*, ecc., le quali saranno rette se i giunti sono retti, e curve se questi sono curvi. La curva è facile da determinarsi per mezzo della proiezione di singoli punti (v. fig. 1037). Lo stesso si fa se lo spigolo diagonale fosse un arco acuto, od un'ellisse, nel qual caso la direzione dei giunti si trova secondo la fig. 876.

Si scosta alquanto dai precedenti il metodo di fare il vòlto avente forma fondamentale triangolare, che si può, p. es., adottare nei corridoi ed appoggi alterni o sfalsati e nelle absidi delle chiese (fig. 1138 *a, b, c*). Nel vòlto le unghie contrastano o immediatamente contro gli archi gettati sopra i lati dei triangoli (fig. 1138 *a* a destra e 1138 *c*), come nelle chiese di Nostra Signora a Parigi e di Châlons, dando luogo così a una varietà delle vòlte a padiglione, come si è già visto, oppure la forma fondamentale triangolare è ancora suddivisa colle nervature *ah*, *gh* ed *eh* (fig. 1138 *a* a sinistra e 1138 *b*), come, per es., si vede nelle vòlte nel palazzo di città di Francoforte sul Meno.

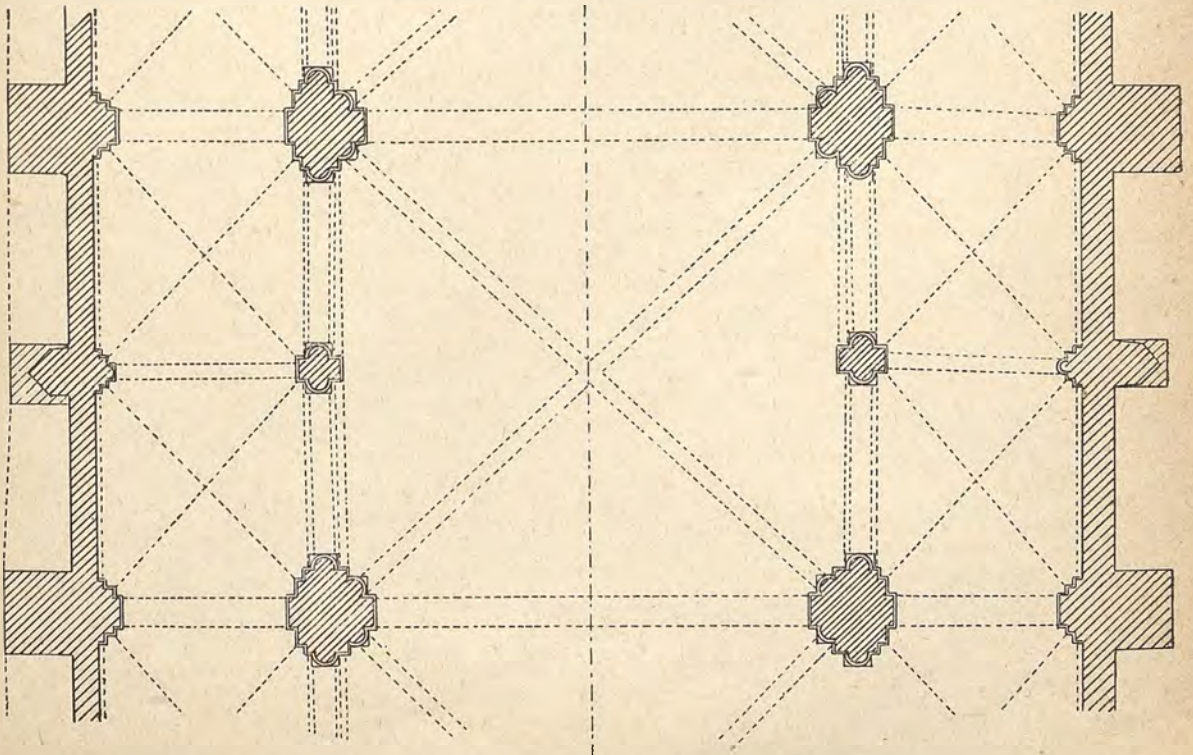
4. Disposizione e costruzione delle vòlte a nervature.

Poichè il collegamento dei conci di materiale (pietre o mattoni) nelle creste o spigoli delle vòlte presenta l'inconveniente dell'eccessivo ritaglio dei materiali stessi specialmente quando i corsi delle unghie sono curvati secondo segmenti e quindi con insenatura, si pensò di costruire gli archi diagonali, in generale, indipendenti, formandoli o con materiali (mattoni), disposti radialmente (fig. 1139), o con materiali d'angolo speciali (fig. 1140 *a* e *b*), in modo che i singoli corsi delle unghie venissero ad appoggiare contro

Veduta dell'interno (da fotografia di Brogi).



Pianta di una campata. — Scala 1:200.



Basilica di Sant'Ambrogio in Milano.

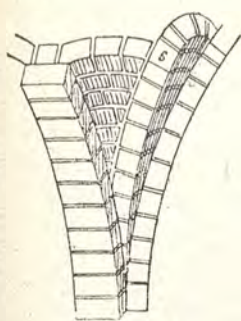


Fig. 1139.

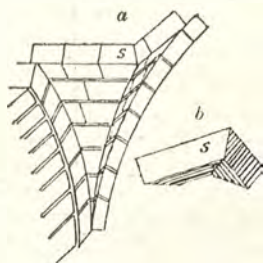


Fig. 1140 a, b.

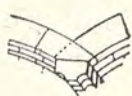


Fig. 1141.

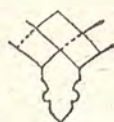
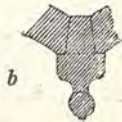


Fig. 1143



a



b

Fig. 1142 a, b.

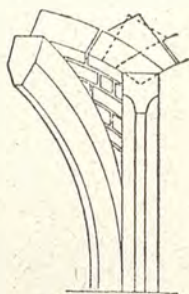


Fig. 1144.

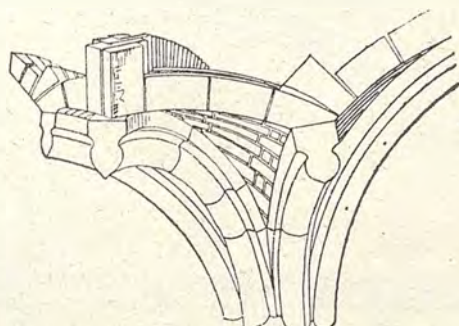


Fig. 1145.

Fig. 1139 a 1145. — Disposizione e costruzione delle nervature per volte.

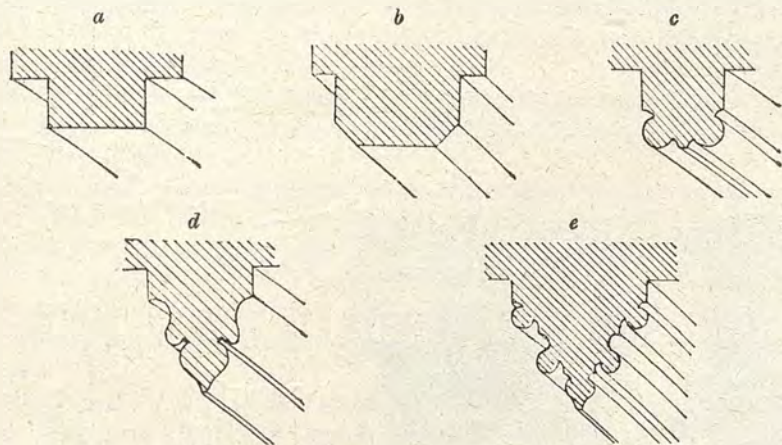


Fig. 1146 a-e. — Profili di nervature per volte.

di essi. Da ciò nacque il sistema delle volte a nervature; le nervature possono o star da se sotto la volta e le unghie restare al di sopra di esse, ciò che è conveniente quando si usa il laterizio (fig. 1141), oppure essere provviste di imposte, contro le quali si appoggino le unghie (fig. 1142 a e b). Ciò avviene principalmente colle nervature in pietra, che sono molto usate anche oggi, mentre le unghie, a motivo della maggior leggerezza, sono quasi sempre formate in cotto. Si aggiunge spesso un rinforzo delle nervature con sopramurazione (fig. 1143 e 1144) e per notevoli ampiezze si collocano anche i materiali in costa, a spina-pesce (fig. 1145). Poichè le nervature incrociate o diagonali, disposte secondo un arco, vengono formate con soli pezzi di pietra eguali,

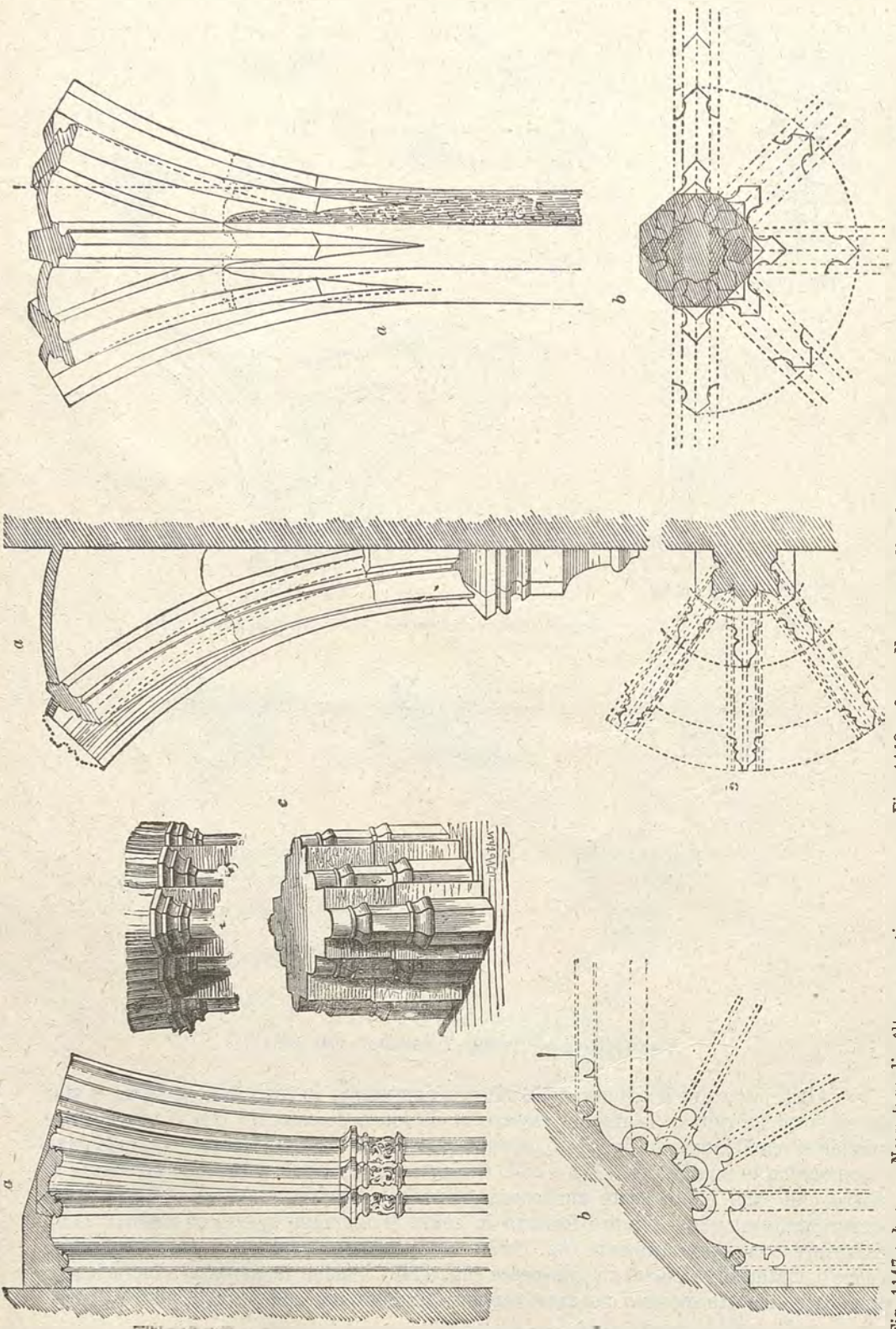


Fig. 1149 a, b. — Nervature di volta nascenti direttamente da un pilastro ottagonno.

Fig. 1148 a, b. — Nervature di volta impostate su mensola.

Fig. 1147 a, b, c. — Nervature di volta, nascenti in un pilastro a fascio.

a commessure dirette radialmente, l'esecuzione ne rimane di molto facilitata: s'intende che la grandezza del profilo delle nervature dipende dalla solidità del materiale e dall'ampiezza dell'arco. La fig. 1146 rappresenta parecchi profili di nervature.

La grossezza dei materiali speciali in cotto per nervature deve corrispondere a quella dei mattoni delle unghie. Le nervature in cotto si eseguono sempre contemporaneamente alle unghie, quelle in vivo invece prima di queste. Dopochè si sono collocati gli archi di sagoma dell'armatura, sul loro dorso si dispongono i singoli conci di

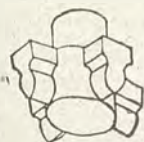


Fig. 1150.
Chiave di vòlta in vivo.

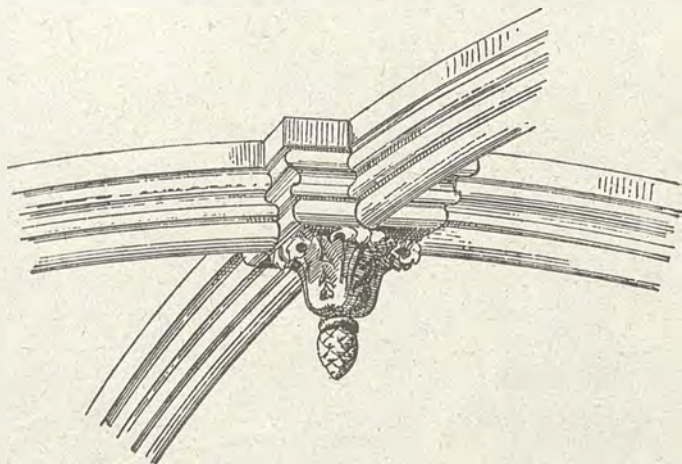


Fig. 1151. — Chiave o serraglia pendente, per vòlta a nervature.

pietra nella loro giusta posizione e poi si sigillano le commessure colla malta. Se il profilo della nervatura ha piccole dimensioni, si sostituisce vantaggiosamente la malta per le commessure con lastre di piombo.

Si usa pure il collegamento con spine di ferro zincato assicurate con piombo nel pezzo da collocare e fermato con malta in quello già collocato, ma questo sistema è di esecuzione più difficile.

Alle testate della vòlta si ripetono spesso le nervature della crociera, per dare un aspetto più ricco alla vòlta; queste nervature si dicono frontali o di testa. Le nervature possono venir prolungate colla loro sagoma lungo i piedritti o pilastri, i quali allora si dicono a fascio (fig. 1147), oppure si appoggiano su speciali pietre di imposta, mensole o modiglioni (fig. 1148), che devono presentare oggetto sufficiente perchè vi possano trovare appoggio i profili delle nervature, oppure nascono direttamente dal pilastro (fig. 1149).

Alla sommità delle vòlte le nervature, il cui numero è determinato dalla forma dello spazio da coprire, si riuniscono in una serraglia di pietra che deve presentare gli attacchi delle nervature (fig. 1150). Questa chiave o serraglia è molto spesso pendente (fig. 1151) ed è riccamente decorata, onde bisogna tenerne conto nel disporre le centine ritagliando la centina in corrispondenza di essa.

Tutte le falde si incominciano contemporaneamente dalle imposte, e gli archi di spigolo, molto lunghi, si devono altresì puntellare fra loro per impedire che si spostino.

Nell'architettura lombarda è caratteristica la vòlta a crociera su pianta quadrata e sono tipiche le vòlte della Basilica Ambrosiana di Milano (Tav. VI), le quali sono veramente formate con costoloni indipendenti e con unghie da essi sostenute. Ognuna di queste si può poi considerare come generata dallo spostamento parallelo del suo arco frontale sempre appoggiantesi sui due semicerchi diagonali. Un'altra particolarità delle crociere lombarde si è il grande rialzo delle unghie. Esempi tipici presentano pure



Fig. 1152. — Interno della Basilica di Sant'Eustorgio a Milano (da fotografia BROGI).

la chiesa di Sant'Eustorgio a Milano (fig. 1152), le cattedrali di Parma, di Modena, le chiese lombarde pavesi (1).

Anche le vòlte a crociera acute si eseguirono nell'epoca lombarda in Italia: ne abbiamo esempi nella Certosa di Pavia (fig. 1153), nel San Francesco di Assisi, nel duomo di Siena e in quello di Firenze.

5. *Disposizione e costruzione delle vòlte a celle.*

La stessa ragione che suggerì la costruzione delle vòlte a nervature, e cioè di evitare il molto ritaglio di materiale negli spigoli delle solite vòlte a crociera, ha suggerito, specialmente nei paesi del Baltico, ma isolatamente anche altrove, per es., a Cracovia, a Jüterbock (palazzo di città), ecc., un genere di vòlta detto *a celle*, che, a dir vero, più che dalle vòlte a crociera, origina da sistemi più complicati, formando un passaggio dalle vòlte a crociera alle vòlte gotiche. La direzione delle commessure delle unghie si diversifica da quella delle vòlte a crociera ordinarie in ciò, che i singoli

(1) Vedi *Etude sur l'Architecture lombarde* di De Dartein.



Fig. 1153. Interno della Certosa di Pavia (da fotografia Brogi).

corsi sono collocati radialmente rispetto ad ogni spigolo e ad ogni muro (od arco) frontale, sotto un angolo di 45° , tagliandosi così sempre in mezzo tra una cresta e un arco di fronte e formandovi un'incavatura o spigolo rientrante. Con ciò i singoli mattoni conservano allo spigolo la loro forma, ossia la sezione radiale dei medesimi dà sempre un angolo retto (fig. 1154 *a* e *b*). Per limitare alquanto l'incavatura risultante dalle unghie, si possono far salire i singoli strati partendo dagli spigoli invece che in linea retta secondo una linea arcuata, così che rimanga sempre retto l'angolo che formano le falde incontrandosi nel vertice, come, per es., in *d*. La volta differenzia da quella solita in ciò, che invece di un segmento d'arco si ha un arco acuto. Per grandi ampiezze però questo mezzo non sarebbe sufficiente: si deve in tal caso ricorrere ad un rimpicciolimento delle campate, cioè ad un aumento del numero degli archi di divisione, ottenendo allora la transizione alle volte gotiche od a stella. Formando, per es. (fig. 1155 *a*, *b*), gli archi assiali come creste, oltre quelli che formano un angolo retto con essi, la pianta viene divisa in 8 campate e mostra la forma di una stella, se vi si tracciano le linee di cresta e le gole delle falde, benchè però la volta sia ancor sempre a crociera.

Per tracciare le linee di giunto delle falde o unghie, tanto in pianta quanto in sezione, si ribalta l'arco ab (fig. 1154), dividendolo in un numero di parti uguali, e a una distanza qualunque si descrive un arco concentrico, tirando poi la retta ll' parallela ad ab a distanza uguale a quella fra i due archi suddetti. Si tirano a raggio le rette

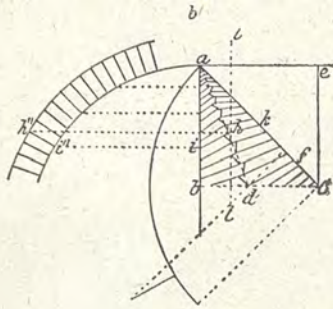
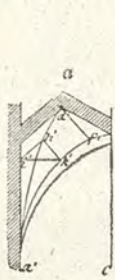


Fig. 1154 a, b. — Vólta a celle.

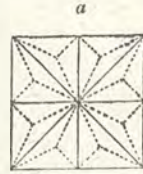


Fig. 1155 a, b. — Vólta a celle stellata.

come $i'h''$, di cui le proiezioni saranno in i ed h sulle rette ab ed ll' : ih sarà la proiezione del giunto. Lo stesso si fa per tutta la falda abd ed anche per la falda adc . Facilmente si segnano i giunti come ih ed hk sulla sezione (fig. 1154 a). Questi giunti di due falde contigue saranno ugualmente inclinati allo spigolo che formano le falde stesse, ma perciò bisogna che tanto l'arco ab quanto l'arco ac abbiano lo stesso raggio.

v) Vólte gotiche, stellate, reticolate, a ventaglio.

Se le falde di una vólta a crociera tra le nervature diagonali e frontali sono ancora divise con altre nervature che formano con quelle delle figure che in pianta hanno forma di stelle, la vólta si dice a stella. In queste vólte le nervature formano un'armatura completa portante, entro la quale sono girate le unghie o falde (fig. 1156, 1157). La direzione delle nervature non dipende dalla posizione del centro dalle falde, ma dalla uguaglianza degli angoli, ossia dalle bisettrici di essi.

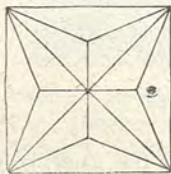


Fig. 1156.

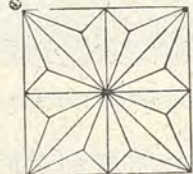


Fig. 1157.

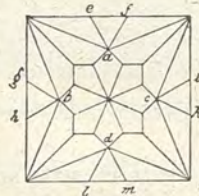


Fig. 1158.

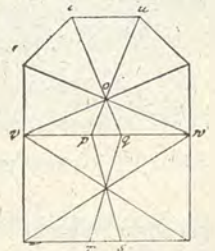


Fig. 1159.

Fig. 1156 a 1159. — Vólte stellate.

Suddividendo le falde con altre nervature si possono ottenere infinite varietà di forme, come si vede dalla fig. 1158. Un confronto colla fig. 1160 mostra la differenza fra le vólte reticolari e quelle a stella.

Le nervature ae , bf , gh , ecc., della fig. 1158 trovano la loro spiegazione nella fig. 1159, rappresentante le vólte di un coro, in testa ad una navata coperta con vólta a crociera. Le brevi nervature op ed oq che servono come da sostegno al vertice o , abbisognano delle due nervature ps e qr per impedire il dissestamento dell'arco di sostegno vw .

Nei tempi antichi gli archi di sostegno avevano anche un reale significato costruttivo ed erano subordinati agli archi di contropinta all'esterno: perciò si facevano di maggior

groschezza e con profilo più pronunciato di quello delle nervature incrociantisi: ma già fino dal XIII secolo si abbandonò quest'uso, perchè l'ingrossamento riesciva inutile per l'esecuzione della vólta; gli archi di sostegno non vennero più costruiti diversamente dalle nervature di crociera.

Nelle vólte reticolari scompaiono tanto le nervature degli archi di sostegno quanto quelle di crociera. Cessa la divisione in singole campate e le nervature (ormai tutte equivalenti) procedono dai pilastri o da singoli punti di sostegno sulla parete, ramificandosi nelle più varie direzioni su tutta la superficie della vólta, senza che nel complesso abbiano un valore determinato quelle in una data direzione, come è il caso, per es., nel coro della Cattedrale di Friburgo (fig. 1160).

Oltre ai numerosi disegni che queste vólte presentano in pianta, si hanno anche diversissimi modi di costruirle, sia considerandole come vólte a crociera con o senza sopraelevazione, con o senza insenature, oppure come vólte a botte interrotte da lunette, o come vólte a padiglione ed a cupola, e così via. Quanto alle nervature che per lo più presentano

ricca sagomatura, si distinguono (come si è già visto in parte anche per le vólte a botte): quelle di sostegno, di crociera, di testata (o frontali) ed anche di sommità e laterali, quest'ultime dette anche *liernes* dai Francesi. Nelle vólte complicate, come quelle reticolari, cessa di regola ogni particolare denominazione delle nervature: tutte indistintamente costituiscono le *maglie* della vólta reticolare. I conci più grandi, che si applicano spesso ai punti di incrocio di più nervature, si chiamano *serraglie* o *chiavi*. La serraglia viene spesso eseguita a guisa di corona circolare o poligonale, e la sua apertura si fa con diametro più o meno grande, a seconda dello scopo a cui deve servire: così nelle vólte per campanili si fa con diametro tale che si possa attraverso ad esso far passare liberamente le campane per metterle a posto.

Quasi sempre i punti d'intersezione di tutte le nervature di una vólta a stella giacciono su di una superficie sferica, sicchè tutti gli archi sono tracciati con raggio eguale. Con ciò l'altezza di un punto d'intersezione di nervature è determinata con quella del punto dell'arco diagonale semicircolare che si trova ad egual distanza dal centro. Possono presentarsi delle differenze; ma queste non si possono però che difficilmente stabilire poichè in ogni singolo caso si possono prendere le convenienti misure. L'esecuzione delle vólte a stella non presenta quindi notevoli difficoltà, perchè solo il sistema delle nervature deve venire sostenuto con centine; dopo che quelle sono finite si eseguono i vólti delle falde, contemporaneamente senza centina, cominciando dalle imposte, con qualche rientranza. Perchè i conci non si spostino o cadano prima di essere collegati colla malta, già fin dal medio evo si usava il sistema delle funicelle tese. Costruendo le unghie senza centina bisogna badare di costruirle contemporaneamente affinchè non vengano rovesciate le nervature che le sostengono.

Il processo più semplice ed applicabile in ogni caso per il tracciamento di una vólta a stella è il seguente (fig. 1161 *a* e *b*): data che sia la linea di sommità della vólta in sezione, si conoscono le altezze al vertice di tutti gli archi acuti; si può quindi assumere a volontà solo la forma della linea di chiave e quindi tracciare tutte le nervature. O viceversa si assume a volontà la forma dell'arco acuto della nervatura diagonale e dell'arco di sostegno e si determina così la forma della linea di sommità e quindi il vertice nelle altre nervature. Ordinariamente si stabilisce il luogo geometrico dei centri di tutte le nervature nel piano d'imposta e si suppongono date le forme dell'arco di chiave e dell'arco di sostegno, quindi $a'f'b_1$ e mpn . Per rappresentare allora in pianta le nervature diagonali $a'p$, si innalza in o la verticale ad ao e si fa $op_1 = o_1p$: si divide per metà ap_1 e si innalza nel punto di mezzo la perpendicolare che taglia il prolungamento di ao in s , centro dell'arco diagonale. Il prolunga-

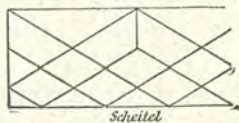


Fig. 1160. — Vólta reticolare.

mento di ac incontra la linea di chiave in x . Innalzando la verticale in x si trova in sezione il punto x' e portato in pianta $xx' = yx'$, si unisce x' con a ; si divide ancora per metà questa retta e dal punto di mezzo si conduce ad essa una perpendicolare che incontra il prolungamento di ax nel punto r , centro dell'arco ax' . La porzione ac_1 di

esso si disegna conducendo in pianta la perpendicolare cc_1 ad ac dal punto c e portando in sezione la retta cc_1 sulla verticale cc' a partire dalla imposta $a'b_1$. Ripetendo la stessa operazione per gli

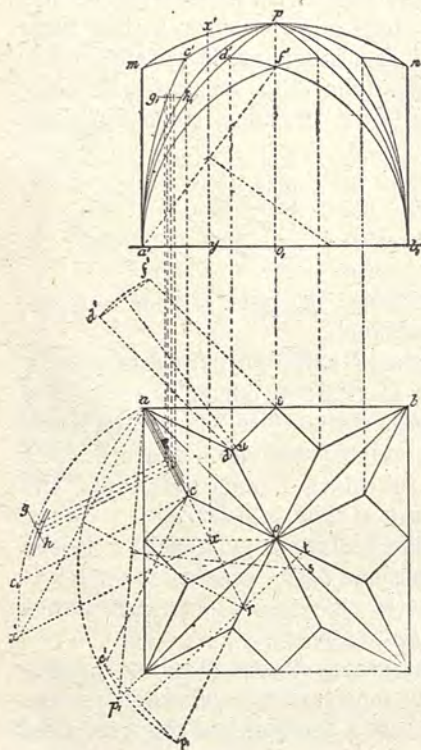


Fig. 1161. — Tracciamento di una volta stellata.

altri punti della nervatura ac e per le altre nervature, esse si potranno esattamente disegnare in forma e posizione. Quando la pianta è rettangolare si usa lo stesso procedimento. Per disegnare in sezione il profilo delle nervature si deve poi riportare completamente la nervatura nella proiezione geometrica e nella pianta, e poi fare delle sezioni, per es., gh e g_1h_1 ad eguale altezza, proiettando i punti d'intersezione da gh nella pianta e g_1h_1 nella sezione. Questo procedimento è semplice ma alquanto lungo.

In Inghilterra si incontrano spesso vòlte a nervature colla linea di sommità orizzontale, nel qual caso gli archi delle nervature si possono tracciare nel modo seguente (fig. 1162). Sul lato minore dello spazio rettangolare si traccia l'arco acuto BiA prendendo per centri i punti A e B . Con ciò si determina l'altezza al vertice anche di tutte le restanti nervature. Per il loro tracciamento si fa uso ancora della sezione mediana orizzontale della vòlta, perchè in essa tutte le nervature devono avere la medesima altezza. A questo scopo si taglia a metà altezza l'arco Bi in t , si abbassa da t la perpendicolare to sopra BA e si prende a volontà la fig. $opqrs$ come forma della sezione mediana, che potrebbe anche essere un semplice rettangolo. Per trovare ora, per es., l'arco sopra Bf si conduce pu perpendicolare in p a Bf e si fa $pu = ot$. Sarà u il terzo punto dell'arco, il cui centro viene determinato nel punto a d'intersezione delle perpendicolari αa e βa , e così via. Un inconveniente di questo metodo di tracciamento consiste in ciò, che le nervature non sorgono ad angolo retto dalle imposte, perchè i loro centri giacciono al disotto della linea d'imposta.

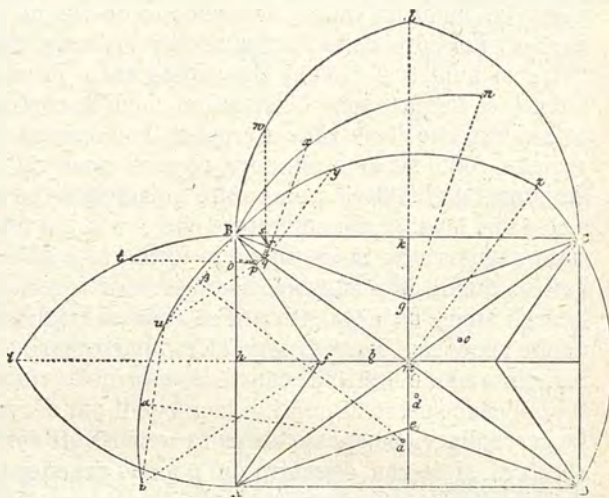


Fig. 1162. — Tracciamento di volta stellata con linee di sommità orizzontali.

Ungewitter (1) dà i seguenti metodi di tracciamento per le vólte a stella. Si abbia (fig. 1163) la quarta parte di una vólta a stella e il quarto di circolo descritto sopra aC metà dell'arco diagonale. Si porti la distanza del punto b dal centro sulla base dell'arco diagonale c fino in b' , si innalzi in b' una perpendicolare, $b'b''$ sarà l'altezza del punto b . Si conduca poi da b o dal punto corrispondente d una normale eguale alla $b'b''$ sino in d' , colla lunghezza aC da a e da d' si traccino due archi di circolo intersecantisi in x , sarà questo il centro dell'arco ad' . Così pure si trova in x' il centro

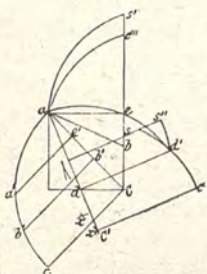


Fig. 1163.

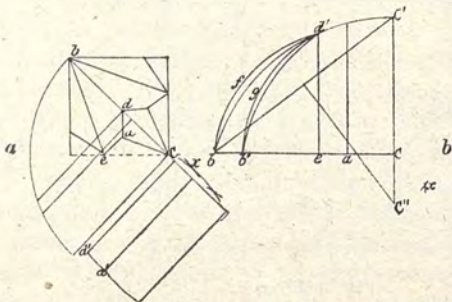


Fig. 1164 a, b.

Fig. 1163 e 1164. — Metodi Ungewitter pel tracciamento delle vólte stellate.

dell'arco dC , prolungando ad del tratto dc fino in C' , innalzando di qui una perpendicolare eguale a Cc fino in c' e descrivendo poi gli archi di circolo da d' e c' con raggio Cc . L'altezza dell'arco frontale si determina col levare dalla Ca la lunghezza Ce fino in e' e coll'innalzare una perpendicolare $e'a'$ che dà l'altezza ee'' dell'arco frontale e così via.

Se la nervatura di chiave dC deve prolungarsi fino al vertice dell'arco frontale, essa, sempre costruita nell'egual modo, prenderà la forma sd' . Poichè l'arco frontale ha proporzioni molto ribassate, si può tracciarlo anche con raggio eguale alla semi-diagonale da un punto situato sulla linea d'imposta, per il che la nervatura di chiave assumerà la forma $s'd'$.

Un'altra costruzione proposta da Ungewitter è la seguente (fig. 1164 a e b): si pongano le basi dei diversi archi be , ea e aC , l'una accosto all'altra, si unisca b con C' estremità dell'assunta altezza del vertice e dal punto di mezzo della retta di congiungimento si conduca una perpendicolare, la quale taglia la perpendicolare per C a bC nel punto C' , centro dell'arco principale che racchiude in sè le parti di arco be , ea ed aC . Per trovare l'arco su db si porta la lunghezza db da e' fino a b' , e con centro in d' e b' e raggio $C'C''$ si trova il punto d'intersezione x , centro dal quale descrivere l'arco cercato. Gli archi delle nervature riescono con questo procedimento alquanto più ribassati che col precedente, come risulta dal paragonare gli archi bd' e $b'd'$ coi corrispondenti $bf'd'$ e $b'gd'$. La forma dell'arco trasversale di sostegno può essere determinata in modo affatto indipendente da quella della vólta in modo simile a quello già visto.

Anche Gottgetreu, nella sua opera *Mauerconstructionen*, dà altri processi semplici. Sia data l'altezza al vertice di una vólta su pianta quadrata. Le nervature debbono essere ordinate per modo che le falde eseguite mostrino una superficie continua, onde è vantaggioso di stabilire delle campate possibilmente eguali introducendo 8 nervature principali, $a c$, $a d$, ecc., col tenere eguali gli angoli α, β, γ (fig. 1165 a e b). Si traccia in sezione ed in pianta la nervatura diagonale (non data altrimenti) coll'altezza data fg e

(1) *Lehrbuch der gothischen Konstruktionen.*

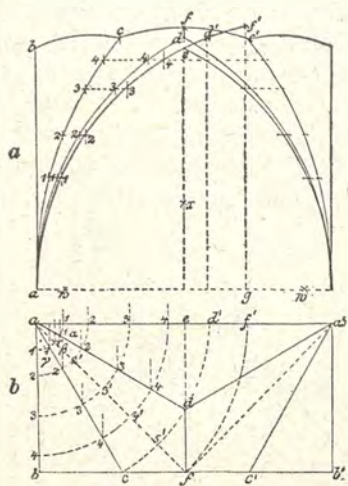


Fig. 1165 a, b.

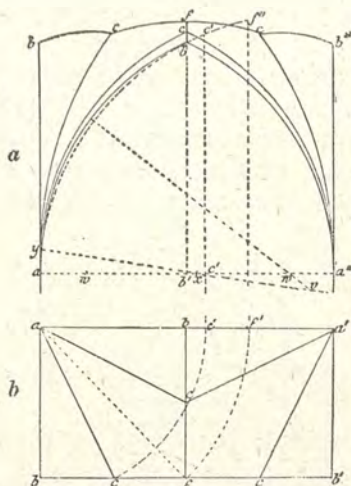


Fig. 1166 a, b.

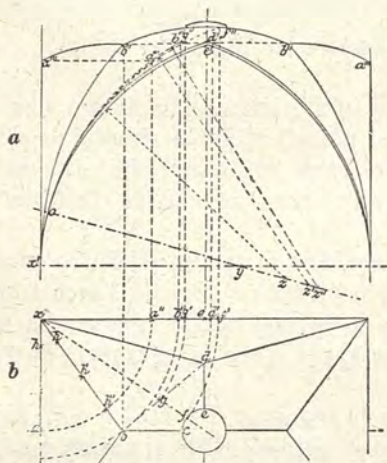


Fig. 1167 a, b.

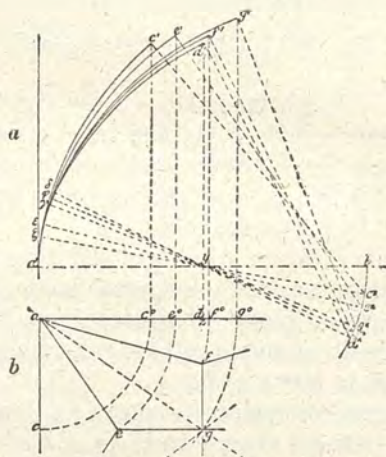


Fig. 1168 a, b.

Fig. 1165-1168. — Metodi Gottgetreu pel tracciamento delle vólte stellate.

col centro assunto w i punti $1', 2', 3',$ ecc., della medesima dovranno essere alla stessa altezza dei corrispondenti punti delle nervature ac ed ad . Si immagini af girato in af' e i singoli punti proiettati nella sezione secondo la nervatura diagonale; si troveranno i singoli punti delle nervature nelle intersezioni delle orizzontali condotte per $1, 2, 3, 4,$ ecc., colle verticali passanti pei punti corrispondenti delle nervature ac ed ad . La nervatura di sommità è determinata coll'altezza dei punti c, f e c' . La convessità o curvatura di una falda deve sempre essere stabilita secondo la maggior ampiezza della falda, come in bc , della fig. 1165 a . Il rapporto fra la curvatura e la sua ampiezza in corrispondenza dei vari filari della falda deve conservarsi costante.

Siano dati gli archi di testa e l'altezza al vertice di una vólta su pianta quadrata. Gli archi delle altre nervature che sono più lunghe, si devono rialzare in modo che sorgano ad angolo retto dalle imposte. Gli archi di testa sono quindi tracciati nella fig. 1166 a e b dal centro w ; inoltre si traccia la sopraelevazione di piedritto ay dal centro x , il qual punto deve naturalmente essere sempre sulla linea d'imposta:

finalmente sul prolungamento di xy si prenderà il centro v per tracciare la nervatura (non ancor data) diagonale af e precisamente $ayc'f''$, colla quale si trovano come prima le nervature ac .

Sopra di una pianta rettangolare allungata si può assumere come dati l'arco acuto sul lato minore e l'altezza in chiave della vòlta. Perchè tutti gli archi si elevino normali dalle loro imposte, si prende ancora (fig. 1167 *a*) un piedritto $x'o$ tracciato con centro y , piedritto che deve essere eguale per tutt' le nervature. Se si dà alla nervatura segnata xe in pianta (fig. 1167 *b*) la curvatura $o'e'$ colla sopraelevazione $x'o$, tracciando quella con centro z e questa con centro y , si deve scegliere per le nervature principali un arco, nel quale il punto b e d sieno ad eguale altezza e più alti di e' . Ciò si fa ancora per mezzo della nervatura diagonale xf , tracciata dal punto z' con sopraelevazione $x'o$, il cui punto segnato g in pianta si trova ad eguale altezza di b e d , così che in sezione g'' dà l'altezza per le due nervature xb e xd rispettivamente nei punti b'' e f'' , essendo f'' quella della sommità della vòlta e del coronamento. Gli archi si riportano facilmente nella sezione per mezzo di proiezione; ma per determinare esattamente la loro forma si ribalta, per es., xb in xb' , si proietta nella sezione b' , dove si ha la sua altezza, nella posizione di b''' esattamente determinata: si cerca poi un centro z'' sul prolungamento della linea oy ; l'arco tracciato da questo centro sarà tale da presentare una linea continua, ossia nessun angolo colla sopraelevazione $x'o$: tutto il resto si determina facilmente. Nella costruzione ora indicata è supposto che tutti gli archi abbiano eguale sopraelevazione, ma raggi ineguali, i cui centri giacciono su di una retta. Molto più semplice diventa la costruzione, quando invece tutte le nervature hanno egual raggio e sopraelevazioni di altezze diverse, ancorchè tracciate con egual raggio. Ordinariamente si prende $a'y = \frac{a'b}{2}$ (fig. 1163 *a b*)

e parimente $\frac{a'b}{2}$ per diametro di un arco di circolo sul quale si troveranno tutti i centri c, e, g, f, \dots delle nervature. In figura sono rappresentate le nervature nella loro vera grandezza e forma. Il disegnarle in sezione non presenta nessuna difficoltà.

I piedritti rettilinei non sono mai applicabili nelle vòlte a stella, perchè con essi le nervature non si contrapporrebbero abbastanza: si adotteranno perciò sempre rialzi ad arco.

Un lavoro lungo è quello di disegnare i veri profili di tutte le nervature, il che però è necessario per preparare le centine di sagoma.

Nell'eseguire le falde senza centina, bisogna usare molta attenzione, come si è già visto per le vòlte a crociera, a mantenere sempre l'equilibrio di contrapposizione nelle falde già eseguite, perchè altrimenti potrebbe facilmente accadere che la spinta laterale di una falda rovesci la nervatura. Si devono perciò cominciare le falde contemporaneamente e proseguirle da tutte le parti uniformemente con parecchi muratori. Si devono sempre lasciare le centine sotto le nervature o gli archi ancorchè ne siano un po' discoste, fino al compimento dell'intera vòlta.

Si è già detto l'essenziale circa le vòlte reticolate nell'introduzione di questo capitolo. Se esse si limitano nella loro forma fondamentale alla vòlta a botte, ciò che avviene nella maggior parte dei casi, si rimuovono di molto le difficoltà tanto rispetto alla loro rappresentazione grafica quanto alla loro esecuzione materiale. Le figure 1169 *a, b, c*, mostrano una vòlta reticolata in forma di vòlta a botte ad arco acuto con lunette pure acute.

I punti d'intersezione delle maglie di tali vòlte si trovano con facilità in sezione longitudinale, tostochè siano determinati in pianta ed in sezione trasversale; anche gli archi delle nervature si rappresentano in modo semplice per punti. Le falde si eseguono senza centina con leggera curvatura dopo eseguite le nervature.

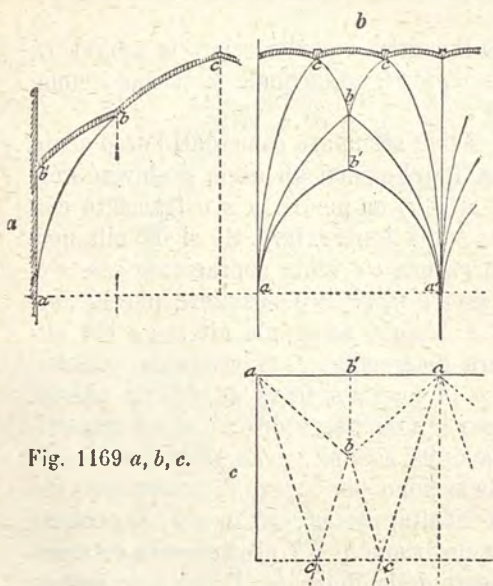


Fig. 1169 a, b, c.

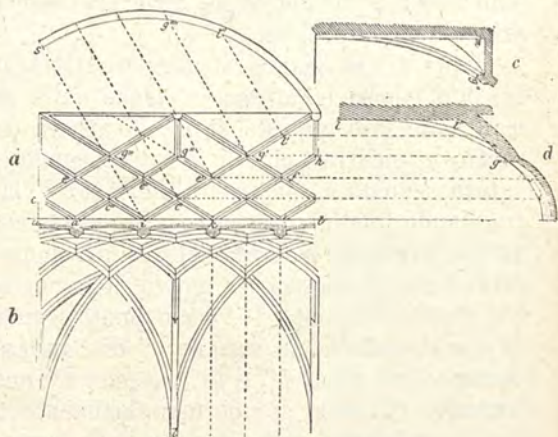


Fig. 1170 a, b, c, d.

Fig. 1169-1170. — Vòlte reticolate.

Si trovano particolarmente espresse le proprietà caratteristiche delle vòlte reticolate nelle disposizioni rappresentate nelle fig. 1170 *a* e *b*, ed esistenti nel coro della Cattedrale di Friburgo in Brisgau e della chiesa cattolica di Marburg. Qui *ab* è la linea di chiave nella quale i punti *a'*, *i*, *k*, giacciono ad eguale altezza, ciò che avviene anche degli altri punti *c* e *c'*, *e*, *e'* ed *e''*, *g*, *g'* e *g''*, ecc. Si ha quindi soltanto da tracciare un arco di circolo su di una nervatura obliqua, per es., *i c' e' g' l'*, per la quale *s* rappresenta la sommità della vòlta. Con ciò resta trovata l'altezza di tutti i punti. La linea risulta un'ellisse coll'asse maggiore verticale. Per punti colle coordinate si devono riportare tutte le nervature nelle sezioni longitudinale e trasversale. Se la vòlta deve essere semicircolare si prenderà un'ellisse per arco generatore. Le lunette possono essere eseguite tanto con monta quanto con linea di chiave orizzontale (fig. 1170 *c* e *d*).

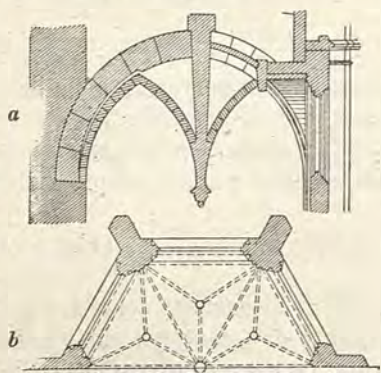


Fig. 1171 a, b. — Vòlta stellare pendente.

Si deve far menzione ancora di una speciale varietà di vòlta a stella, la così detta vòlta pendente, la quale, appartenendo al basso gotico, si trova specialmente di frequente in Inghilterra, più di rado in Francia ed in Germania, dove, per es., si rinviene nel capo croce della chiesa di Santo Stefano in Magonza. La chiave è in tal caso formata da un ritto o colonnetta o monaco pendente, che è portato dagli archi di sostegno al di sopra della vòlta propriamente detta, si prolunga in basso fino all'altezza delle imposte e termina in un fiorame pendente. Le fig. 1171 *a* e *b* mostrano questo genere di costruzione, e rappresentano la vòlta di una cappella della chiesa di Candebed presso Rouen. Spesso, per l'unione colla pietra di chiave, si adopera un tirante in ferro.

Anche nelle vòlte a stella si fanno le imposte preferibilmente in vivo e di tale sporgenza e larghezza da poter ricevere interamente i piedi delle singole nervature, senza doverli ritagliare. Per lo più le nervature si spiccano da quarti di colonna o da quarti di pilastri negli angoli, da mezze colonne o mezzi pilastri lungo la parete, o da

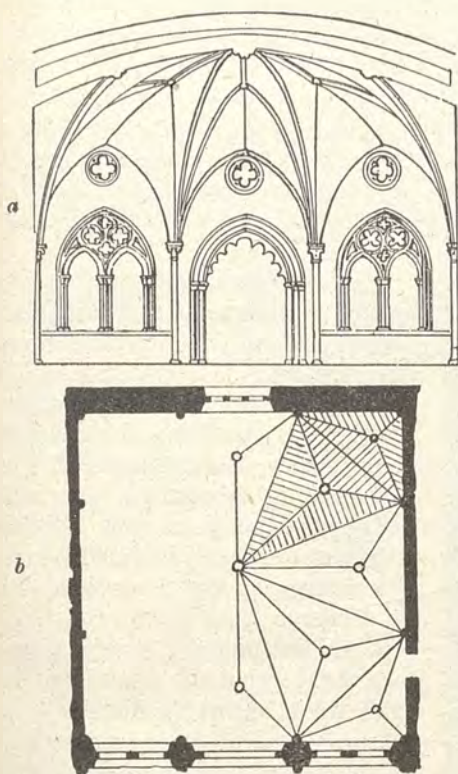


Fig. 1172 a, b. — Sala capitolare a Batalha.

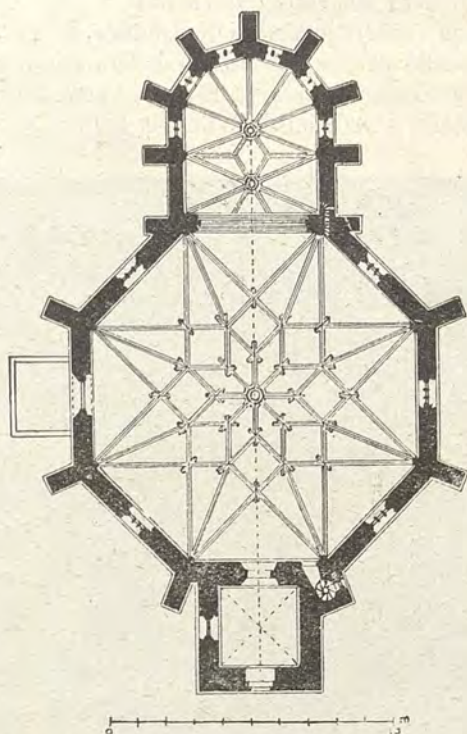


Fig. 1173. — Pianta della chiesa di Karlshof.

colonne o pilastri isolati: si adoperano però anche mensole, quando nel basso non si può restringere troppo lo spazio interno, come si è visto per le volte a nervatura. I tre quarti di colonna profilati in sezione a guisa di nervature aggiunti a colonne o pilastri per ricevere le nervature della volta si dicono *fasci*.

L'architettura gotica procede così di pari passo colla costruzione, che negli stretti limiti prefissi a quest'opera è impossibile entrare in più minuti particolari riguardo al taglio ed alla proiezione delle nervature e dei fasci. Si richiama l'opera di Ungewitter sulle costruzioni gotiche e l'*A B C gotico* di Hoffstadt.

Per un'ampiezza di 5 m. si dà alle nervature principali circa 25 cm. tanto in altezza quanto in larghezza, alle secondarie altrettanto di altezza, ma solo 13 ÷ 18 cm. di larghezza. Per ampiezze maggiori fino a circa m. 7,50, bastano per le nervature secondarie le dimensioni sopradette: alle principali si assegna però circa centimetri 28 di altezza e di larghezza. La grossezza degli appoggi varia da $\frac{1}{7}$ ad $\frac{1}{4}$ dell'ampiezza.

Moltissimi sono gli esempi di volte stellate che si potrebbero citare, poichè si può dire che ogni paese ha usato questo sistema di costruzione e di decorazione in scala più o meno vasta. Se ne trovano in Inghilterra, in Germania, in Spagna, Portogallo, ecc. Così citasi la *Sala capitolare di Batalha* (fig. 1172 a, b), la cui volta a stella copre, senza punti intermedi di sostegno, un quadrato di 17 m. di lato: le nervature principali sono secondo le diagonali di un ottagono e le unghie sono a giunti concentrici come quelli di una cupola. In un angolo della sala è rappresentato l'architetto Alfonso Domingo o Martin Vasques, che fece eseguire questa difficile costruzione. Il *refettorio* e la *chiesa di Belem* in Portogallo, le chiese di *Santa Croce* a Gmund, di Dinkelsbühl, il *castello di Meissen* in Germania, la *Lonja de la Ledu* a Valenza in

Ispagna, la chiesa di *Karlshof* (fig. 1173), il duomo di *Santo Stefano* a Vienna (fig. 1174), le chiese di *Schwatz*, di *Santa Maria Saal* (Carinzia), il duomo di *Praga*, quello di *Gurk*, la chiesa di *San Juan de los Reyes* a Toledo, la chiesa di *St-Martin-ès-Vignes* a Troyes (Francia), sono tutti esempi notevoli di costruzioni con vòlte a stella e reticolate. Nelle fig. 1175 *a, b* si dà un esempio del modo con cui si decorano

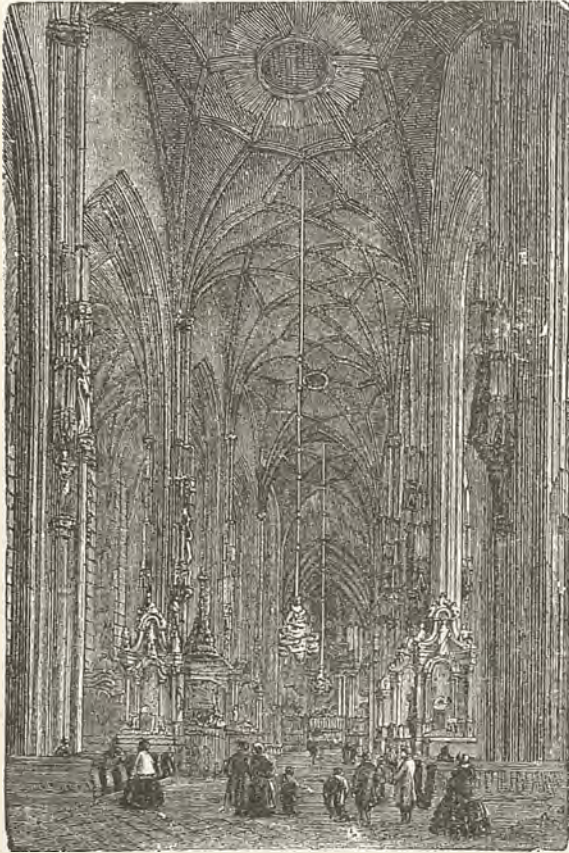


Fig. 1174. — Duomo di S. Stefano a Vienna.

generalmente le unghie e i riquadri, o ripieni, fra le nervature nell'intradosso.

Le vòlte a ventaglio e a imbuto (vòlte normanne o anglo-sassoni) compariscono in Inghilterra nel corso del XV secolo, come imitazione delle complicate coperture in legno allora preferite. L'intradosso di una simile vòlta consiste essenzialmente di una superficie di rivoluzione generata dalla rotazione di un arco intorno ad un asse verticale (fig. 1176). L'arco generatore può essere circolare od un semiarco acuto od ogivale od un arco ellittico od ovale. La specchiatura che si forma alla sommità della vòlta, fra le basi degli imbuti, se lo spazio è quadrato, viene circondata da una corona e chiusa con una vòlta piatta o con una calotta sferica. Sia, p. es., *ab'b'd* la pianta (fig. 1177 *a, b*) della quarta parte dello spazio da coprire; se il semiarco frontale *ab'*, o meglio l'arco disegnato sulla parete, gira intorno all'asse *a a'*, esso genererà la vòlta ad imbuto *ab'c'cb''*. Questa superficie si suddivide generalmente con nervature vere o finte disposte secondo l'arco generatore, ed i loro punti come 1, 2, 3... si proiettano facilmente nella sezione. In pianta le nervature si sviluppano come un ventaglio, da ciò il nome anche di vòlte a ventaglio e *fanvaults* in inglese. Coperti in tal modo i 4 angoli dello spazio quadrato, le vòlte coprenti vengono contrastate alla sommità mediante la corona in pietra *y*, mentre i 4 pennacchi intermedi *z* e la calotta o tazza *d* vengono chiusi con vòlte depresse (fig. 1178 *a e b*). Lo stesso avviene quando uno spazio più grande sia diviso con colonne, sulle quali vengono a costruirsi degli imbuti interi, come si vede appunto nella fig. 1178 *a*. Se la pianta ha forma rettangolare allungata, si prolungano le vòlte imbutiformi risultanti negli angoli, fino a che i singoli filari vengano ad intersecarsi. La linea di sommità non riesce allora più rettilinea e continua, ma spezzata e mista (fig. 1179 *a e b* e fig. 1180). Agli appoggi si assegna una grossezza da $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{5}$ dell'ampiezza. Come nelle vòlte gotiche a stella si eseguono tutte le linee radiali di divisione con pietre di apposita forma e poi separatamente le falde di vòlta intermedie con leggiera concavità e minima grossezza.

La fig. 1181 dà una chiara idea del modo di costruzione di queste vòlte. Dalle imposte massicce si dipartono le nervature radiali, ossia disposte secondo varie posi-

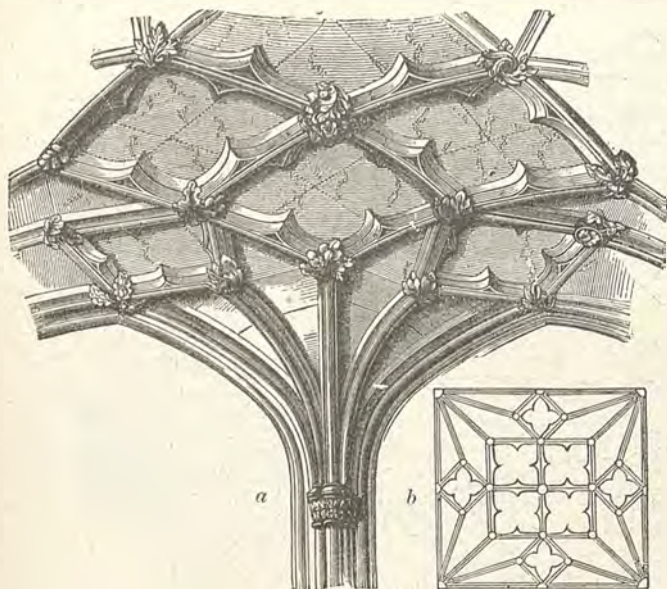


Fig. 1175 a, b. — Vólta stellata.

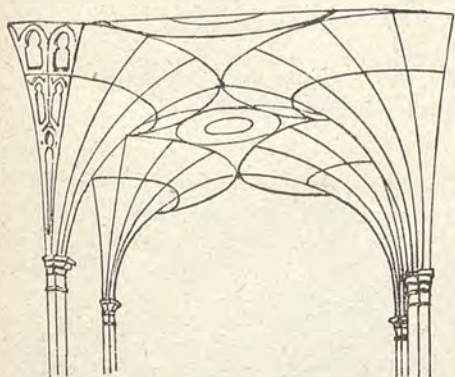


Fig. 1176. — Schema di vólta a imbuto.

zioni dell'arco generatore, e gli intervalli risultanti fra esse sono riempiti con lastre sottili. Nell'alto l'apparecchio è simile a quello di una cupola.

Nella fig. 1182 a b si vede invece che il sommo della vólta è coperto con vólta a botte molto ribassata, e che le nervature raggianti dell'imbuto sono disposte non più sopra pianta quadrata, ma sopra pianta rettangolare, ossia l'arco generatore non si appoggia più alla sommità del cono sopra una linea circolare, ma sopra due lati di un rettangolo.

Le nervature si devono, costruendole, sostenere con centine, mentre il vólto degli spazi intermedi si fa senz'armatura. Se la costruzione è in mattoni spesso le nervature scompaiono nell'intradosso e vengono rappresentate finte colle decorazioni dipinte; nell'estradosso però vengono tenute più larghe per dare

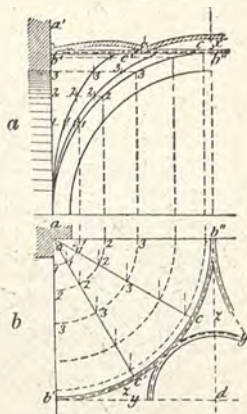


Fig. 1177 a, b. — Generazione di vólta a imbuto.

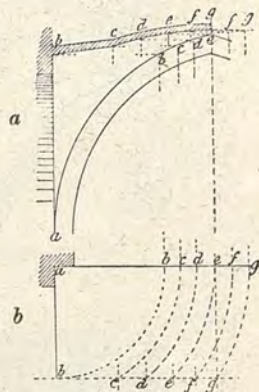


Fig. 1179 a, b. — Vólta a imbuto su spazio rettangolare.

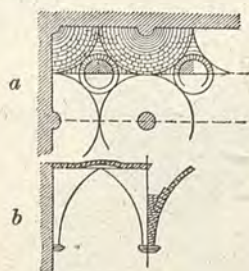


Fig. 1178 a, b. — Formazione di vólta a imbuto.

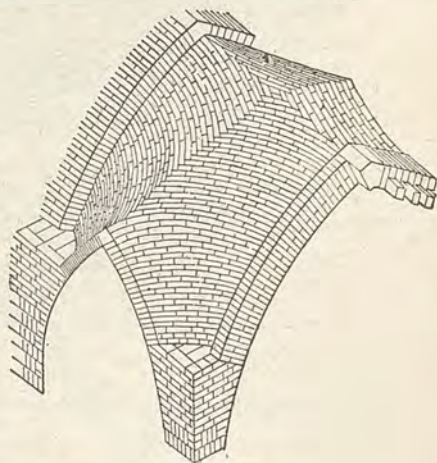


Fig. 1180. — Apparecchio di vólta a imbuto su spazio rettangolare.

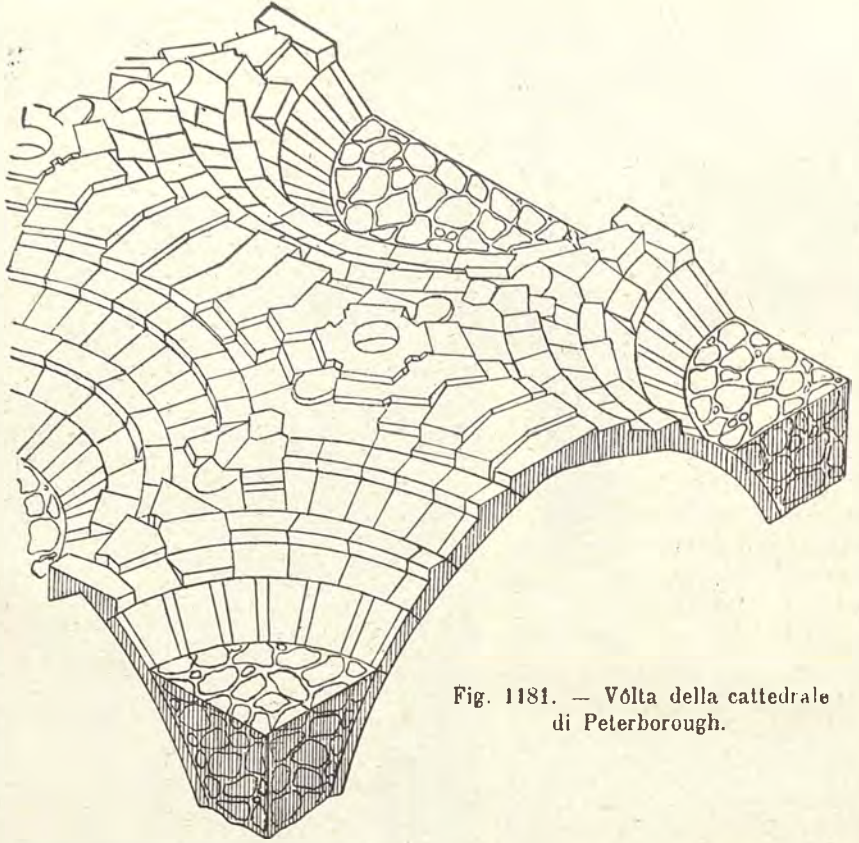


Fig. 1181. — Vólta della cattedrale di Peterborough.

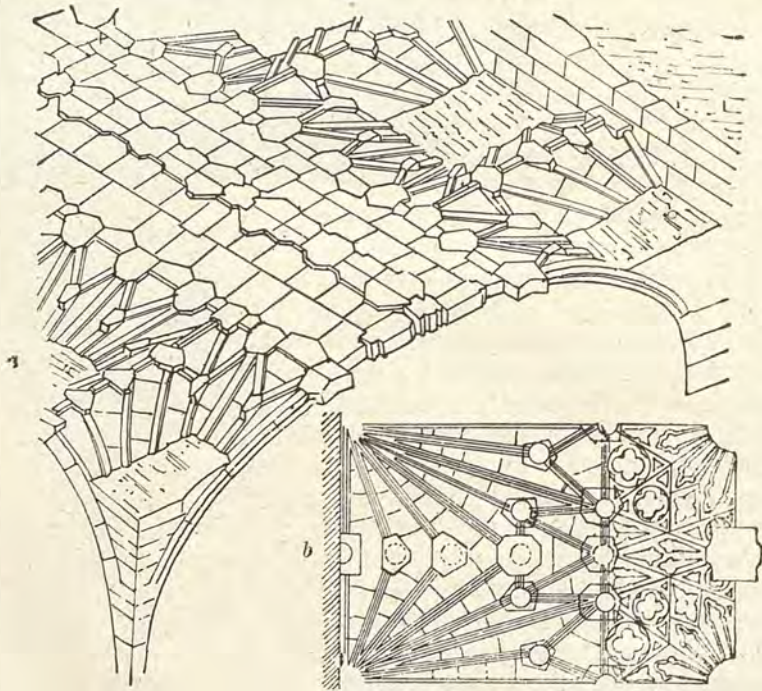


Fig. 1182 a, b. — Vólta della cappella di Windsor.

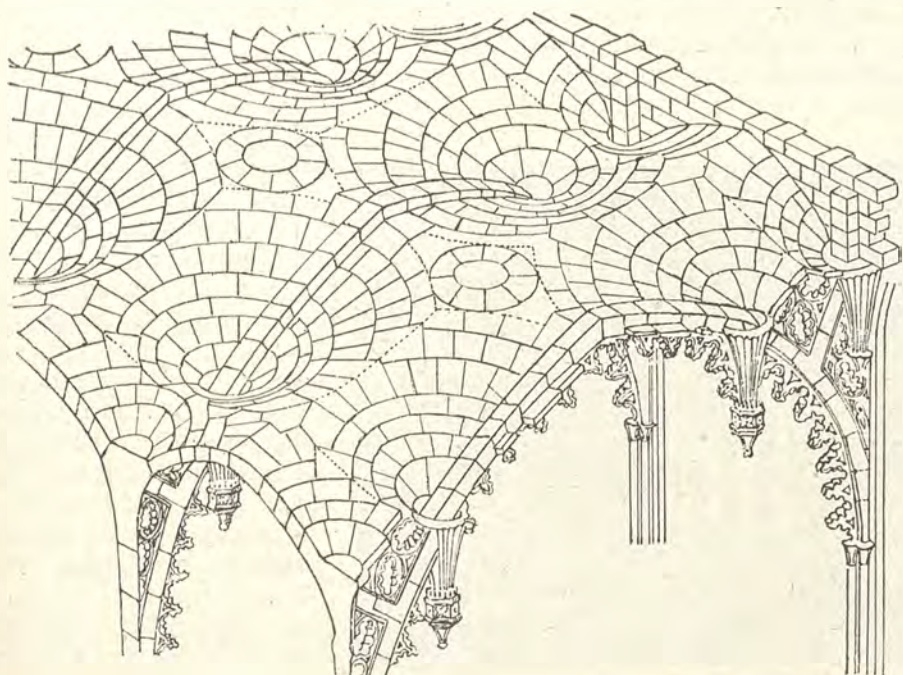


Fig. 1183. — Vólta della cappella Enrico VII a Westminster.

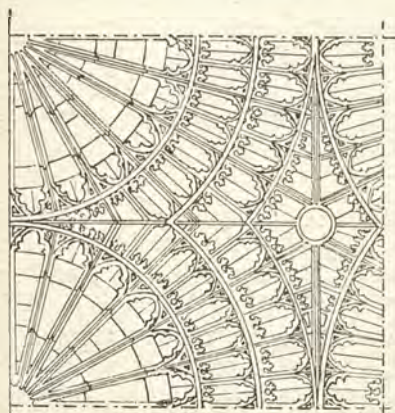


Fig. 1184. — Decorazione della vólta della chiesa di Peterboroug.

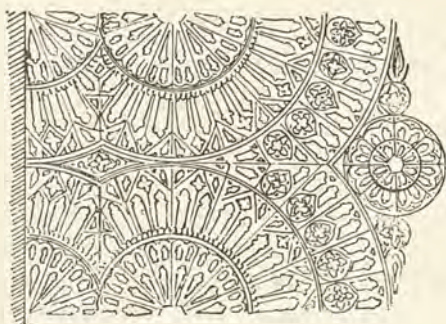


Fig. 1185. — Decorazione della vólta della cappella Enrico VII a Westminster.

maggior tensione all'anello di chiusura. Quando lo spazio da coprire manca di sostegni intermedi, allora (come già si è visto per le vólte a stella) gli interi imbuto sono sospesi con tiranti di ferro a forti archi di pietra (che in ogni caso si possono sostituire con travi in ferro). Si origina così la vólta ad imbuto pendente, di cui si ha un bell'esempio nella fig. 1183, ove si vede combinato il sistema degli archi trasversali di testa

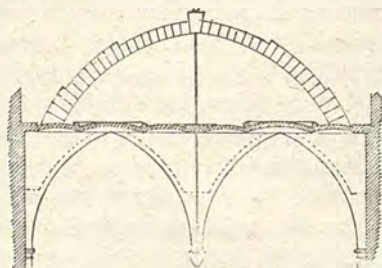


Fig. 1186. — Modo di sostenere la chiave pendente nelle vólte a imbuto.

colla vólta a ventaglio. Gli archi trasversali si resero necessari per sostenere la chiave pendente, formante asse dell'imbuto.

Un esempio del modo di sostenere la chiave pendente si ha nella fig. 1186. Modernamente si eseguirono vólte a imbuto a chiave pendente con questo sistema, nella

biblioteca del castello di Rabelsberg e nella sala della Borsa di Francoforte sul Meno.

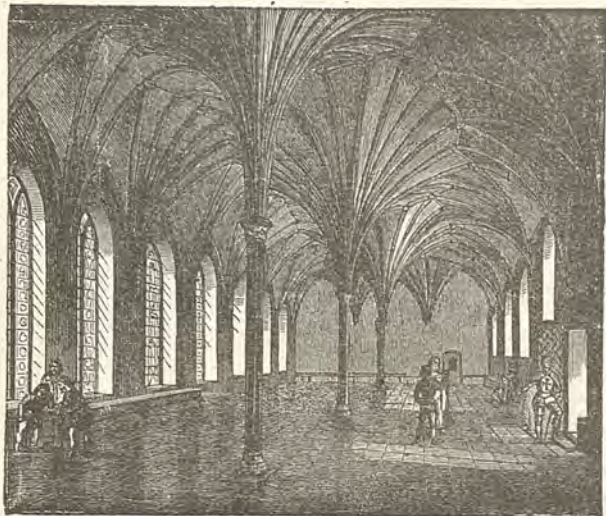


Fig. 1187. — Il Remter, nel castello di Marienburg.

L'intradosso delle vólte a imbuto, quando si lascino visibili le nervature, presenta già di per sè stesso un motivo di ricca decorazione, ma cionondimeno se ne accresce la ricchezza, decorando anche gli anelli in cui si può dividere la superficie dell'intradosso, la superficie compresa fra gli anelli di sommità, ecc. Se ne ha un esempio nella decorazione della vólta della chiesa di Peterborough (fig. 1184) e un altro nella vólta della cappella Enrico VII e di Santo Stefano a Westminster (fig. 1185).

Esempi notevoli di vólte a imbuto si hanno: nella cattedrale

di Gloucester, nel Remter (fig. 1187), sala da pranzo del castello di Marienburg, che sembra coperta da immense foglie di palme; nella sala della Borsa di Danzica, nel chiostro di Sant'Esteban a Salamanca, nella cappella di Elisabetta a Westminster, in quella del re a Cambridge, nell'abazia di Bath, nella cappella del King's College, ecc.

È) Vólte lunulate.

Si chiamano *lunulate* quelle vólte a botte, a botte con teste di padiglione, a padiglione, a conca, a bacino, a schifo, nelle quali si sono sopresse alcune parti aventi forma di fusi per sostituirle con altre aventi forma di unghia, chiamate *lunette*. Trattando dei varî generi di vólte si è già precedentemente trattato anche delle lunette e si è anche accennato al loro modo di costruzione. In via generale suppongasì, per esempio (fig. 1188), il vólto a botte con testa di padiglione coprente il rettangolo, la cui metà è rappresentata in A B C D. Le rette d'imposta dell'intradosso sono in un piano orizzontale A' B'. Può convenire o per ragioni estetiche o per poter praticare aperture sorpassanti la linea di imposta, che il vólto si imponi in certi tratti più in alto, come ad es., nel tratto G H. Si può procedere allora nel modo seguente: si innalza nel punto M di mezzo di G H la normale a G H e si prende $MI = \frac{1}{2} MN$, non mai maggiore. Tirate le G I e I H si fa passare per ciascuna di esse un piano verticale; la superficie d'intradosso sarà tagliata da questi due piani secondo due curve di cui sarà facile segnare le proiezioni verticali G' I', I' H'. Suppongasì ora tolto il vólto corrispondente al triangolo G I H e dopo aver segnato nella parete l'arco G' L' H' si copra lo spazio compreso fra detto arco e quelli G' I', I' H' con un'unghia sferica, cilindrica o generata in uno dei modi già esposti. Si sarà così formata la lunetta. In generale il punto I' è più alto del punto L': però può essere allo stesso livello od anche più basso, ciò che si è visto accadere, ad esempio, per le lunette dei sotterranei. Altro genere di lunette è rappresentato nella fig. 1189, in cui la lunetta interseca il vólto a padiglione secondo

una semiellisse. Se si suppone che per $A c B$ passi una superficie cilindrica a generatrici verticali e che secondo questa superficie venga costruita sul vólto una muratura fino a raggiungere un piano orizzontale, si potrà su questa muratura impostare un

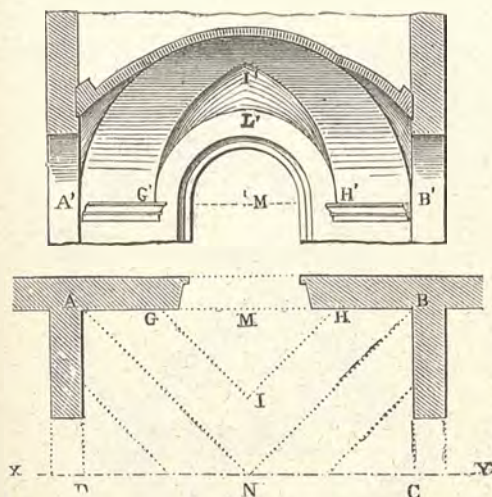


Fig. 1188. — Vólta a padiglione con lunette sferiche.

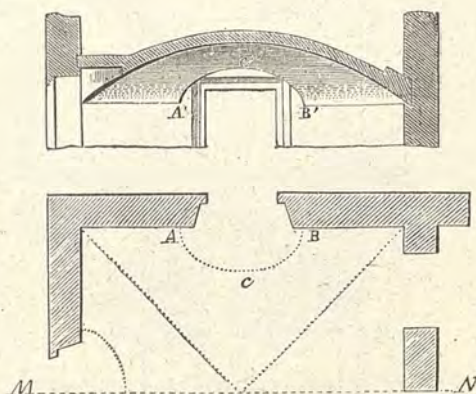


Fig. 1189. — Vólta a padiglione con lunette cilindriche.

vóltino in piano e si avrà così formata la lunetta. Invece della ellisse $A c B$ si può descrivere un arco circolare, oppure su $A B$ si può anche costruire un rettangolo; non varia per questo la costruzione delle lunette.

Le lunette si dicono oblique od orizzontali a seconda che la loro linea di chiave è obliqua od orizzontale, e rampanti o discendenti secondochè tale linea si innalza a partire dalla parete verso il vertice della lunetta sul vólto principale, oppure si abbassa. Si sono già visti questi vari generi di lunette trattando delle vólte a botte e delle vólte a schifo.

c) Vólte a fascioni.

Vólte a fascioni si dovrebbero chiamare, in via generale, tutte quelle che sono formate da nervature o costole, variamente disposte, e i cui intervalli vengono coperti con imbotte o unghie o falde di varia superficie. Così si dovrebbero comprendere nelle vólte a fascioni tutte le vólte a nervature di cui si è già trattato, le stellate, le reticolate, quelle a ventaglio, ecc. Però si usa limitare l'estensione del significato, distinguendo col nome di vólte a fascioni quelle in cui l'intradosso delle nervature, od arconi, è continuo e giace sopra superficie a botte, a botte con testa di padiglione, a bacino, a conca.

I vani compresi fra gli arconi ed i muri perimetrali sono talora coperti con vólte impostate sui muri perimetrali e sugli arconi e presentanti per superficie d'intradosso una porzione di superficie parallela a quella su cui giacciono gli intradossi degli arconi: talora invece sono coperti con vólte impostate ancora sui muri perimetrali e sugli arconi, ma altresì su muri elevati sugli arconi stessi e aventi i loro intradossi non paralleli alla superficie determinata dagli intradossi degli arconi.

Nella fig. 1190 vi è rappresentata una vólta a botte con fascioni, in cui gli intradossi dei fascioni si proiettano orizzontalmente nei rettangoli 1, 2, 3, 4 e giacciono sulla superficie a botte proiettata orizzontalmente in $A B C D$, verticalmente in $A' E' B'$. Le superficie d'intradosso dei vólti, che coprono i vani rettangolari I, II, III sono

porzioni della superficie a botte proiettata orizzontalmente in $G H K L$ e verticalmente in $G' F' H'$ parallela a quella determinata dagli intradossi dei fascioni. Sovente i fascioni non si fanno visibili nell'intradosso delle vólte ed allora la vólta si potrebbe dire semplicemente vólta rinforzata.

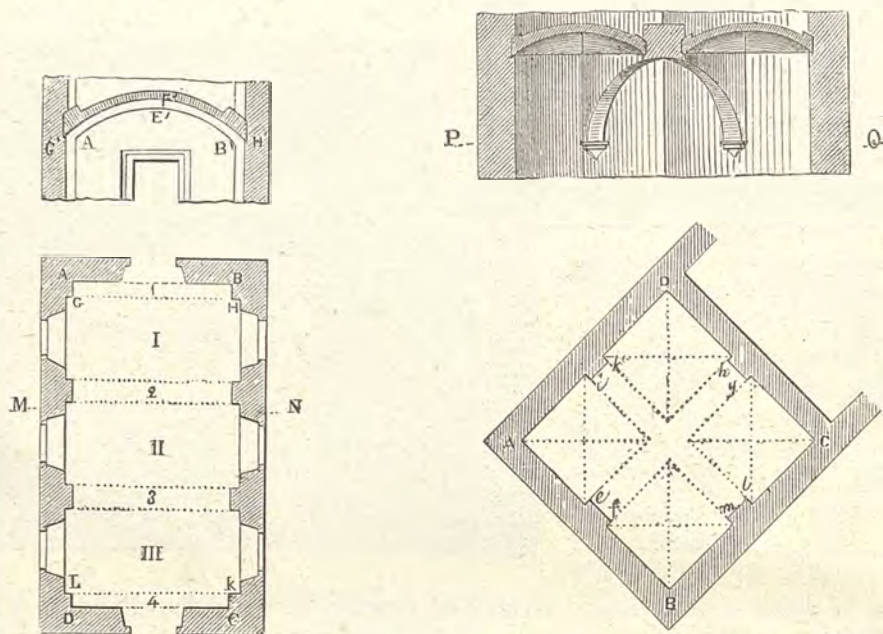


Fig. 1190. — Vólta a botte con fascioni. Fig. 1191. — Vólta a botte con fascioni incrociati.

Nella fig. 1191 si è rappresentata una vólta a fascioni in pianta quadrata, nella quale gli intradossi dei fascioni giacciono sopra una superficie a padiglione parallela a quella proiettata orizzontalmente in $A B C D$. Tali fascioni si proiettano orizzontalmente nei due rettangoli $efgh$, $iklm$. I rimanenti vani quadrati sono coperti con vólte a padiglione presentanti il quadrato d'imposta su un piano orizzontale ad un livello di qualche centimetro più alto dal punto culminante degli intradossi degli arconi.

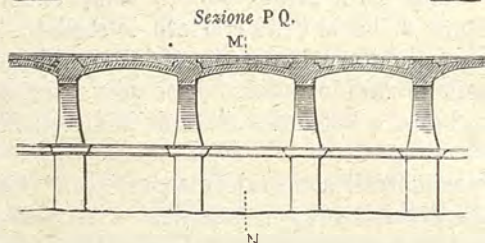


Fig. 1192. — Vólta a fascioni del sotterraneo della Galleria Subalpina a Torino.

Elegante assai è il vólto a fascioni traforati (fig. 1192) che copre il salone sotterraneo sottostante alla Galleria dell'Industria Subalpina a Torino, dell'ingegnere Carrera. Gli arconi hanno ben 12 metri di corda e solo 2,40 di saetta. Come rilevasi dalla sezione $P Q$, la larghezza di ciascun arcone diminuisce dall'imposta alla chiave. Fra gli arconi sono lanciate delle vólte a botte a monta assai depressa. A vólte di questo genere si è già accennato (vedi pagine 502, 504).

Caratteristica è la vólta a fascioni rappresentata nella fig. 1193 *a, b*, riprodotte la vólta della cucina del monastero della cattedrale di Durham in Inghilterra. Il quesito era questo. In mezzo di un vasto spazio ottagonale, abbastanza vasto perchè il fumo

potesse spandersi senza recar troppo fastidio, si doveva praticare una larga apertura da cui il fumo potesse sfuggire. Si è perciò ricorso ad arconi diagonali paralleli a due a due e nello stesso tempo paralleli ai lati dell'ottagono. Se si osserva la direzione dei giunti di ciascuna unghia o ripieno fra gli arconi, si vede facilmente

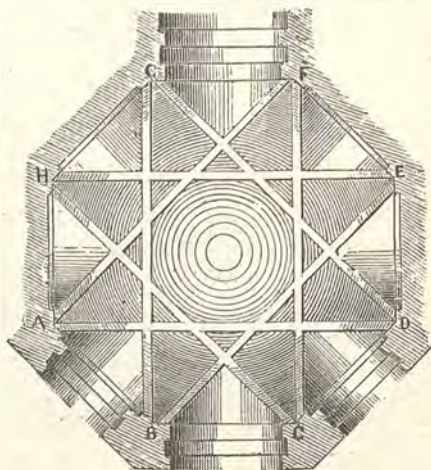
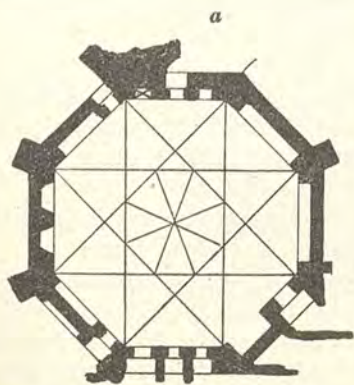


Fig. 1194. — Vólta a fascioni dell'atrio d'una casa a Torino.

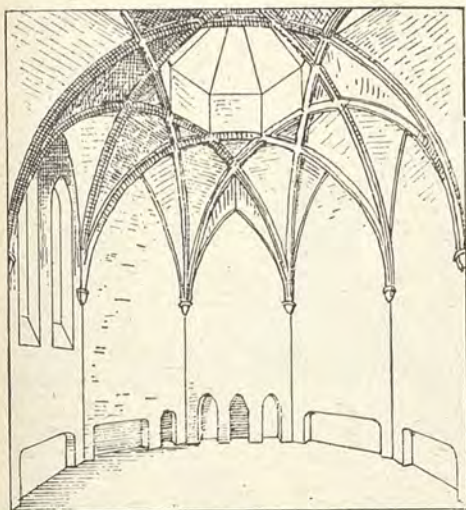


Fig. 1193 a, b. — Cucina del convento della Cattedrale di Durham.

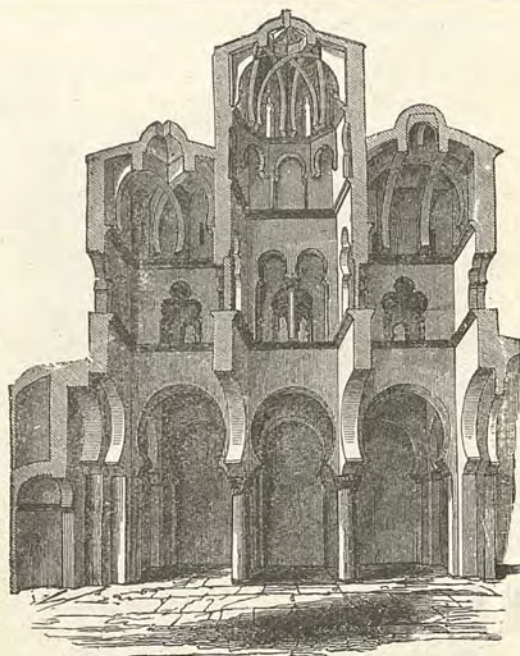


Fig. 1195. — Sez. della Moschea S. Cristo de la Luz a Toledo.

che tutti i carichi sono simmetrici e quindi le spinte si contrastano esattamente, rendendo sicuro l'equilibrio. A questo sistema sono ispirate alcune vólte moderne fra cui quella della Biblioteca popolare di Londra, dell'arch. Robson, e quella dell'atrio della casa del conte di San Secondo sull'angolo delle vie Mercanti e Monte di Pietà a Torino (fig. 1194). Qui gli intradossi dei fascioni giacciono sopra una superficie a bacino che avrebbe per imposta il circolo circoscritto all'ottagono ABCDEFGH, di base del vólto. Il raggio del circolo è di m. 4,90, la monta di m. 2. I vani triangolari, aventi un loro lato sul poligono di

base, sono coperti con unghie cilindriche: i vani rimanenti con porzione di vòlta a bacino, parallela a quella su cui giacciono gli intradossi dei fascioni.

La vòlta a fascioni si è usata anche negli antichi tempi: lo conferma l'esempio della fig. 1195, rappresentante l'antica Moschea di Toledo (S. Cristo de la Luz) del 649.

π) Vòlta a cupola semplice e composta.

1. Generalità.

Le *cupole semplici* sono quelle a superficie continua, impostata sopra un piedritto che ha la stessa forma della base della cupola. Si potrebbero quindi chiamare col nome di *cupola* le vòlte a bacino, a calotta ed anche a conca, di cui si è già parlato; ma si dà ad esse tal nome solo quando sono a monta molto rialzata.

Si dicono invece *cupole composte* quelle a superficie non continua, la quale cioè presenta degli spigoli, oppure quelle composte da parti di diversa forma.

Vi sono poi le *cupole doppie* o *rivestite*, che possono appartenere tanto all'una quanto all'altra delle due specie. Esse si compongono di una cupola interna e di una esterna. Questa in generale è di monta più rialzata, molto spesso formata con materiale diverso di quello della sottostante, e che mentre talvolta è intimamente collegata all'interno, molto spesso ne è del tutto indipendente, non costituendo che la copertura. In questo caso la sua forma è quasi sempre diversa da quella della cupola interna. Ne sono esempi le cupole russe, quelle della chiesa di San Marco a Venezia, ecc.

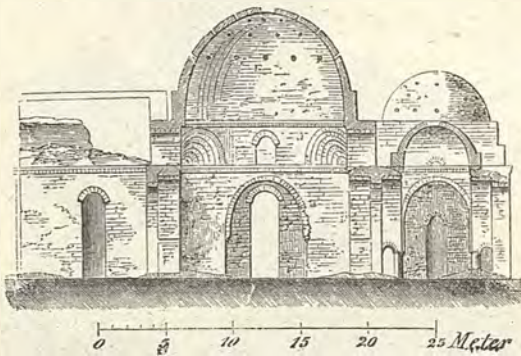


Fig. 1196. — Sezione del palazzo di Sarvistan.

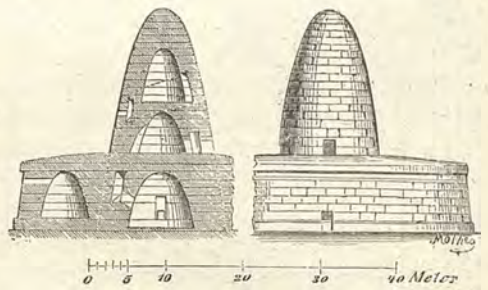


Fig. 1197. — Nuraghi di Sardegna.

La copertura delle cupole ha spesso la forma d'un tetto comune a falde, il quale è sostenuto da un muro o circolare o poligonale, più o meno alto e più o meno decorato, traforato, ecc., come si vedrà in appresso. Queste cupole non si potrebbero più chiamare doppie, poichè la parte esterna assume una forma completamente diversa dalla cupola e perciò il complesso della costruzione si potrebbe chiamare *cupola mista*.

Da quanto sopra si comprende quale sia la varietà di forme che possono assumere le cupole tanto nel loro aspetto interno quanto nell'esterno.

Non è il caso qui di entrare nell'argomento storico delle cupole: basti accennare che questo genere di costruzione fu conosciuto dagli antichi popoli, e la sua origine si fa risalire ai Caldei. Un bassorilievo assiro, scoperto a Koyoundjick e che si trova al Museo Britannico, rappresenta un edificio coperto da cupole emisferiche e ovoidali. Del resto nell'antico Iran e nella Persia si trovano numerosi esempi di antiche cupole sferiche. Fra questi il *palazzo di Sarvistan* (fig. 1196) del primo periodo cristiano: la cupola sopra la sua gran sala quadrata è circolare e sostenuta ai quattro angoli

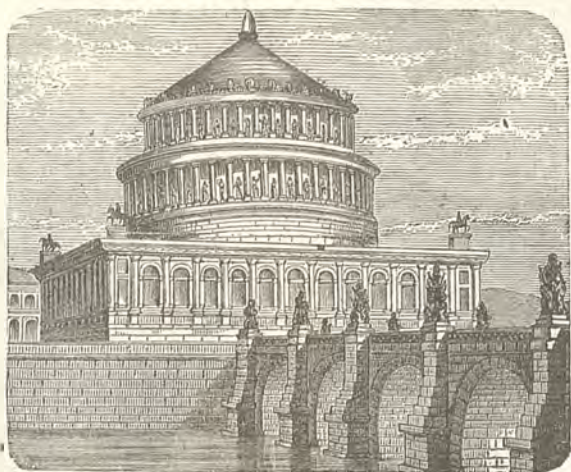


Fig. 1198. — Mausoleo di Adriano a Roma.



Fig. 1199. — Mausoleo di Alicarnasso, restaurato da O. Mothes.

da pennacchi a tromba, dando così luogo ad una cupola composta, come si vedrà in appresso. Dall'Iran, l'arte di costruire le cupole passò all'Asia Minore, poi in Grecia, indi fu adottata dagli Etruschi e infine dai Romani. Del resto in Sardegna si trova l'applicazione della cupola semplice nei *Nuraghi* (fig. 1197), attribuiti ai Fenici.



Fig. 1200. — Tombe etrusche a Castel d'Asso.



Fig. 1201. — Tomba dei Mammalucchi.

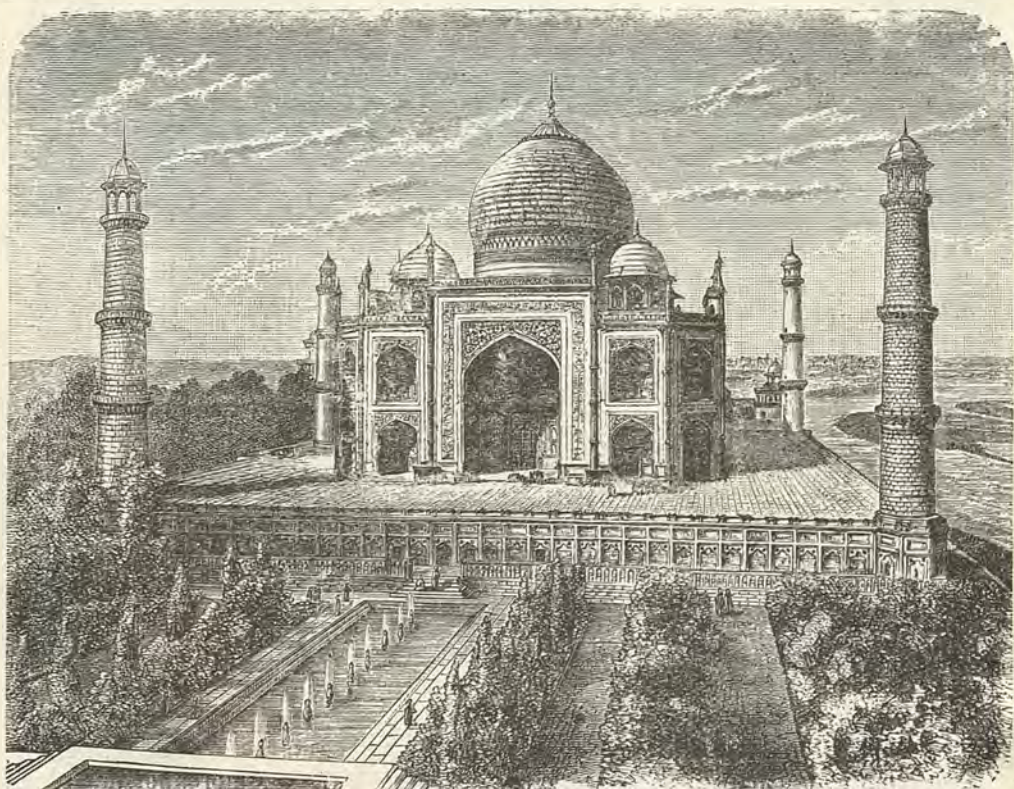


Fig. 1202. — Aspetto esterno del Taj-Mahal.

Tutti i popoli si servirono della cupola nelle loro costruzioni, adottando di preferenza una determinata forma, indicata anche dal genere di materiali che essi avevano a disposizione, nè sempre tale forma era curva, ma anche conica, o piramidale, semplice o composta.

Cupola conica, con apertura nel vertice, presenta la *chiesa del Santo Sepolcro a Gerusalemme*, innalzata nel 326 da Costantino ed Elena; così il *Mausoleo di Adriano a Roma* (fig. 1198); mentre piramidali sono le cupole del *Mausoleo di Alicarnasso* (fig. 1199) e delle *tombe etrusche di Castel d'Asso* (fig. 1200), ecc.

Caratteristiche sono le cupole degli stili arabo, saraceno, moresco ed indiano (fig. 1201, 1202 e 1203), dalle quali originarono le cupole a cipolla dello stile russo, forma ancor oggi adottata (vedi fig. 607-608, vol. II, parte I, *Edifizi religiosi*).

Rigorosamente parlando non si dovrebbero chiamare vólte a cupola se non quelle che per il loro modo di costruzione producono una spinta alla base; ma se si guarda solo alla forma si devono chiamar cupole anche quelle specie di coperture che hanno l'aspetto di cupola e non danno spinta alla base: tali le coperture monolitiche di cui offre un esempio grandioso la *Tomba di Teodorico a Ravenna* (fig. 1204, 1205), la cui cupola è formata da un unico masso scavato, che misura m³ 146 e pesa circa 395 000 chilogrammi.

Fra le antiche cupole semplici formate con materiali disposti a strati orizzontali, è da citarsi il famoso *Tesoro di Atreo a Micene* (fig. 1206 a, b) e fra le moderne la cupola di *San Carlo Borromeo a Milano* (vedi pag. 317, vol. II, parte I, *Edifizi religiosi*), per la cui costruzione l'arch. Amati aveva preventivata una centinatura, che invece fu risparmiata dall'impresario Gonzales, il quale costruì la gran mole a strati orizzontali, senza sussidio di centine.

Fra le antiche cupole semplici è degna di nota quella della *Tomba di Santa Costanza a Roma* (vedi pag. 297, vol. II, p. I), del diametro di m. 11,30 e che si eleva fino a m. 19 dal pavimento interno. Il vólto è formato da 24 costole in mattoni, collegate tra loro da filari orizzontali di mattoni e i vani risultanti riempiti con calcestruzzo, secondo il sistema assai in uso presso i Romani. Notevole è pure la cupola semplice del *Battistero di Nocera dei Pagani* (fig. 1207 a, b); ma quella più di ogni

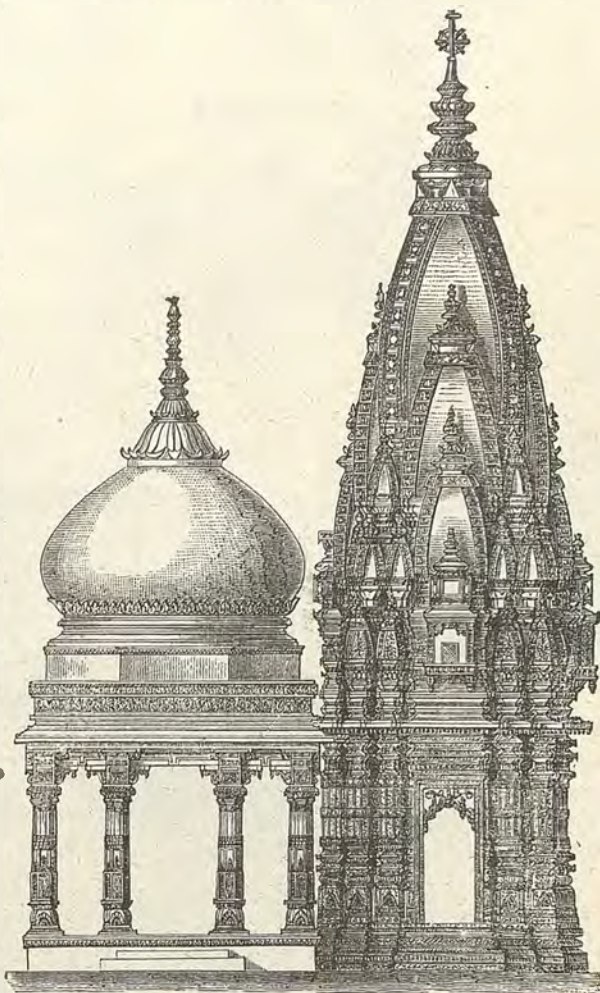


Fig. 1203. — Tempio di Benares, eretto nel 1750.

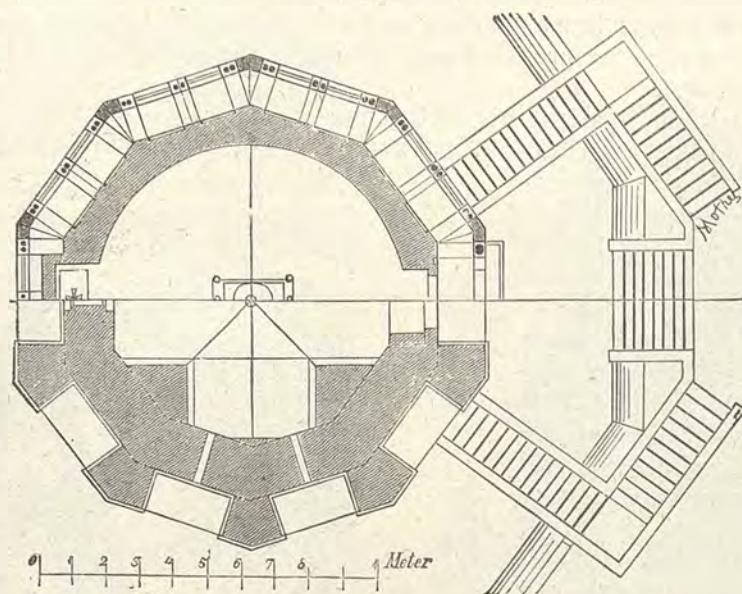


Fig. 1205. — Pianta della tomba di Teodorico a Ravenna.

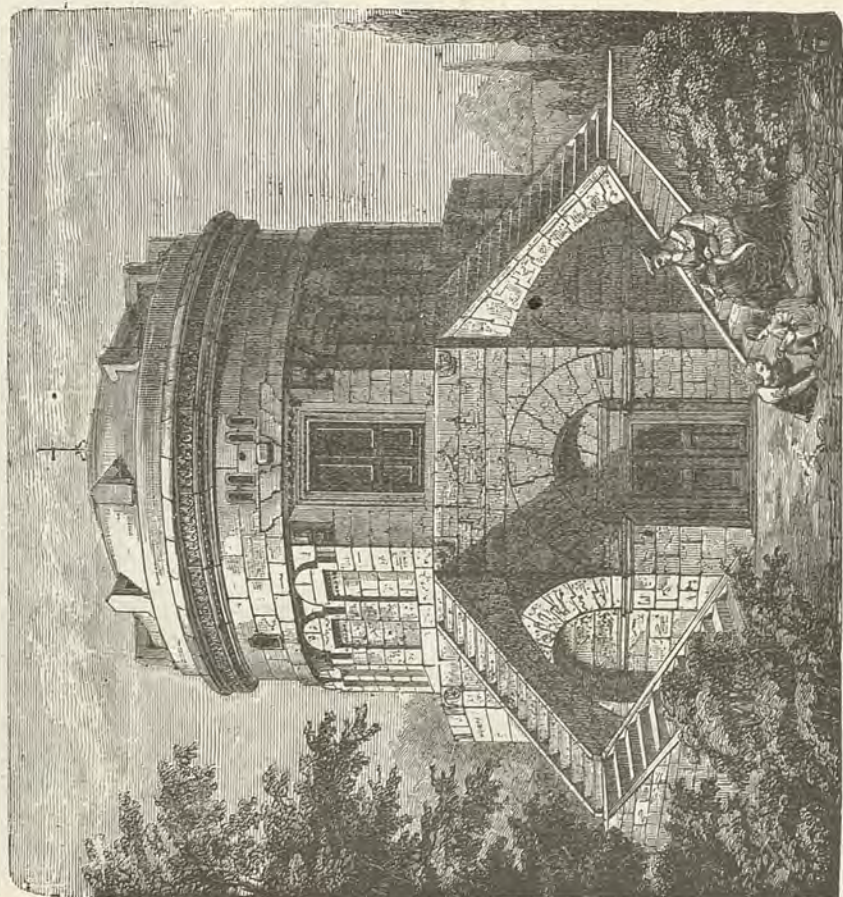


Fig. 1204. — Tomba di Teodorico a Ravenna.

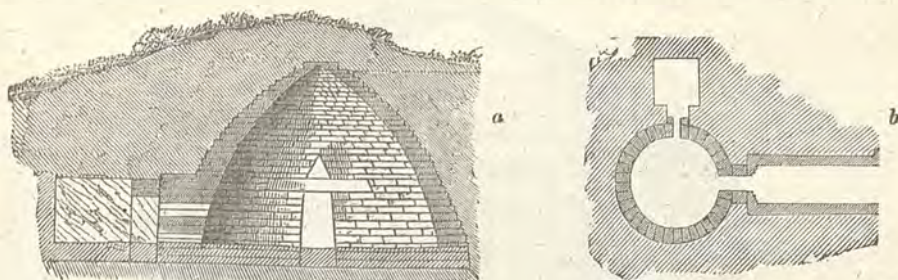


Fig. 1206 a, b. — Càmera del tesoro di Atreo a Micene.

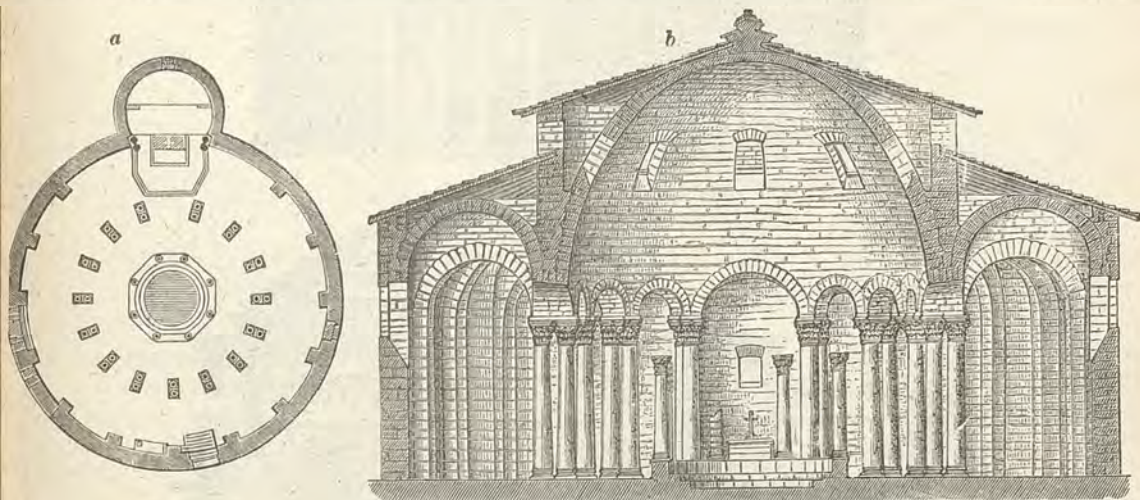


Fig. 1207 a, b. — Battistero di Nocera dei Pagani.

altra nota è la cupola del *Panteon di Roma* (fig. 1208 a, b, c), fatto costruire da Marco Agrippa, genero dell'imperatore Augusto, e terminato 25 anni dopo Cristo. Questa volta a bacino sorge su una base circolare di 43 metri di diametro ed ha la forma di un emisfero; di 43 metri è pure la sua altezza, per modo che completando la sfera questa riuscirebbe pressochè tangente al pavimento: piedritti e cupola hanno quindi uguale altezza. Il vólto alla sommità presenta un'apertura circolare di 9 metri di diametro: i muri di piedritto sono notevolmente rialzati al disopra della linea d'imposta, per aumentare la loro stabilità. Una serie di arconi, ingegnosamente combinati, di struttura laterizia e rinforzati con legati di pietra (fig. 1209) formano l'ossatura del vólto. I vani intermedi sono riempiti con muratura di getto, secondo il sistema romano.

Moltissimi altri esempi di cupole semplici antiche e moderne sarebbero da citare, ma questo porterebbe troppo in lungo.

All'antico sistema di collocamento dei materiali in istrati orizzontali venne sostituito quello dei conci con giunti di posa diretti verso il centro della cupola e coi giunti verticali disposti secondo piani meridiani (fig. 1210 a, b). Le cupole di grandi dimensioni presentano poi alla sommità un'apertura colla corona formata in pietra da taglio, oppure con un anello di muratura più grosso degli altri del vólto. Quando però una cupola in laterizio deve presentare tale apertura, allora siccome gli ultimi anelli diventerebbero così piccoli da non potersi eseguire nè in mattoni interi, nè con mezzi mattoni, s'introduce un anello di mattoni in costa e si chiude l'apertura che rimane con un voltino a spina-pesce (fig. 1211).

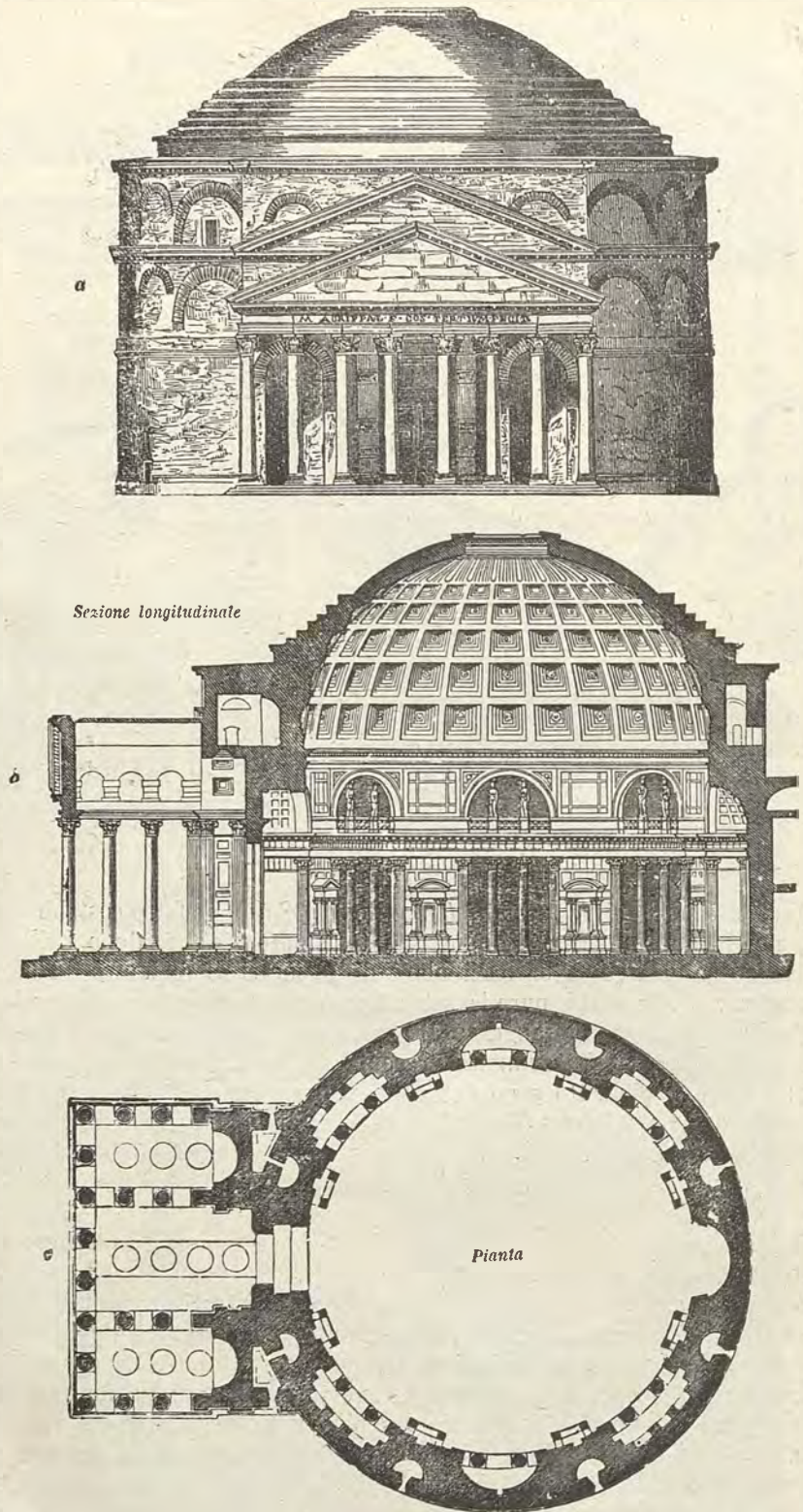


Fig. 1208 a, b, c. — Pantheon di Roma.

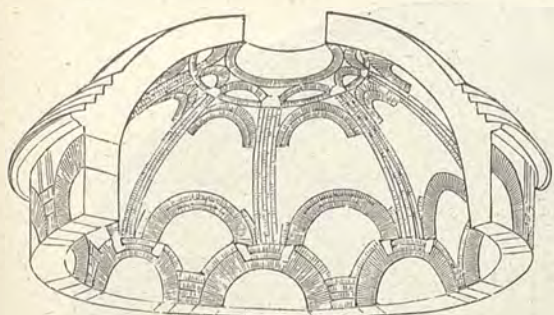


Fig. 1209. — Panteon di Roma (ossatura del vólto).

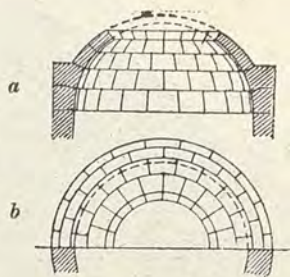


Fig. 1210 a, b. — Costruzione di cupola semplice.

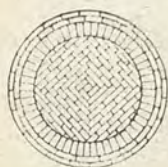


Fig. 1211. — Costruzione di anello di sommità, per cupola.

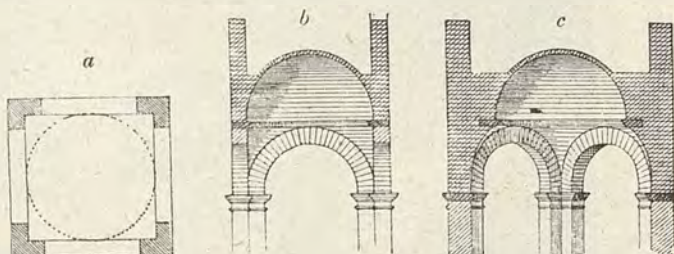


Fig. 1212 a, b, c. — Cupola semisferica con pennacchi di vólta a vela.

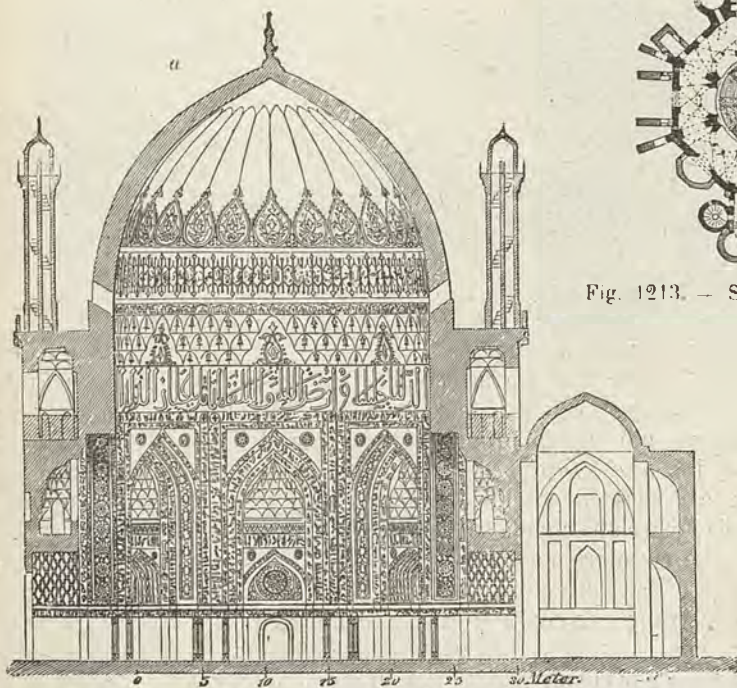


Fig. 1214 a, b. — Tomba di Khodabendah a Sultanieh (sezione e pianta).

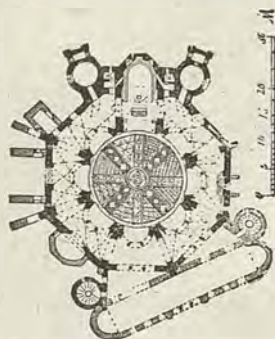


Fig. 1213. — San Vitale a Ravenna.

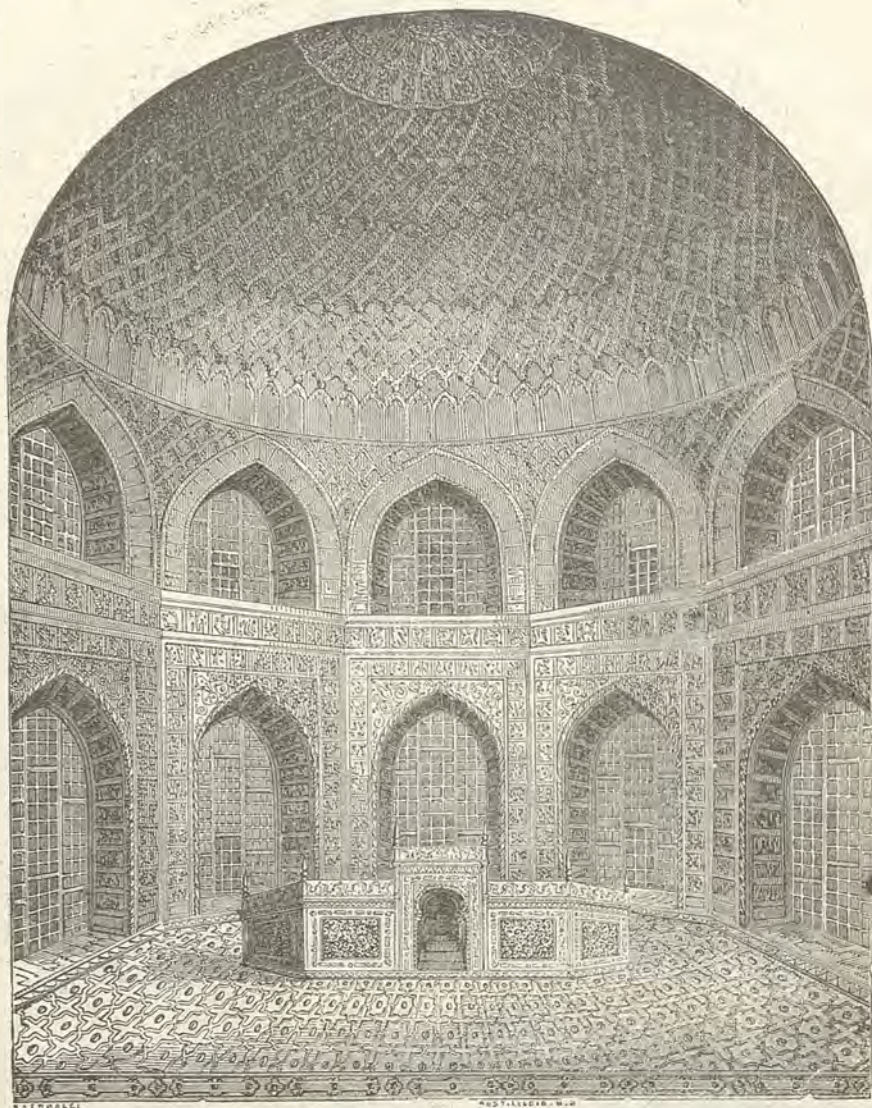


Fig. 1215. — Interno del Tag-Mehal, o sepolcro di Mumtaia Mehal.

Le *cupole composte* di forma più semplice sono quelle a pianta poligonale corrispondente alla pianta del piedritto. Così le cupole a padiglione su pianta quadrata, su pianta esagona, ecc. Più spesso le cupole composte risultano dalla combinazione di tre parti, e cioè: del *vôlto* o cupola propriamente detta, del *tamburo* o attico che sostiene la cupola e dei *pennacchi* o *pennoni* o *peducci* che portano il tamburo, quando questo ha forma diversa di quella del sottostante piedritto. Così, se sopra un'area quadrata si vuol elevare una cupola semisferica inscritta nel quadrato (fig. 1212), bisogna sostenerne la base circolare mediante un appoggio di forma tale che possa a sua volta essere sostenuto dai muri perimetrali, in generale costituiti da archi.

Se si immagina un lastrone che copra il quadrato fino al perimetro esterno e sia nell'interno tagliato circolarmente secondo la base della cupola, si ha in esso la più semplice forma di appoggio per cupola semisferica in area quadrata. Ma si comprende come costruttivamente ed esteticamente questo mezzo non sia adottabile, specialmente

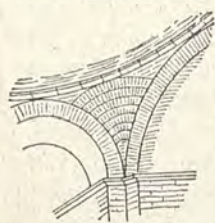


Fig. 1216. — Pennacchio a punta
(S. Marco a Venezia).

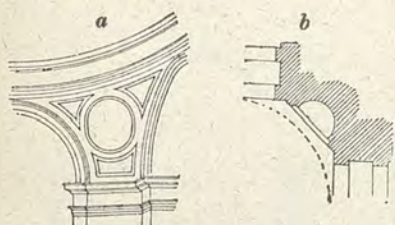


Fig. 1217 *a, b*. — Pennacchio con base
(S. Pietro a Roma).

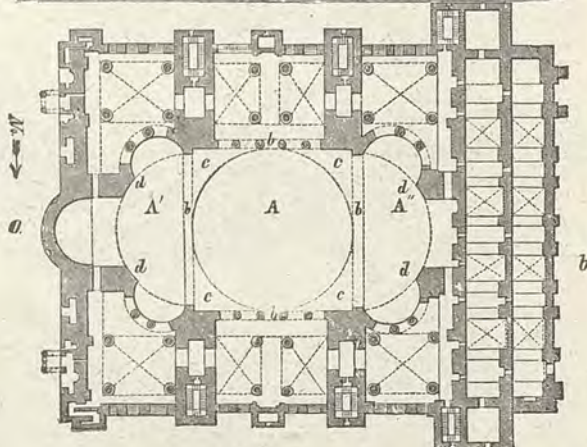
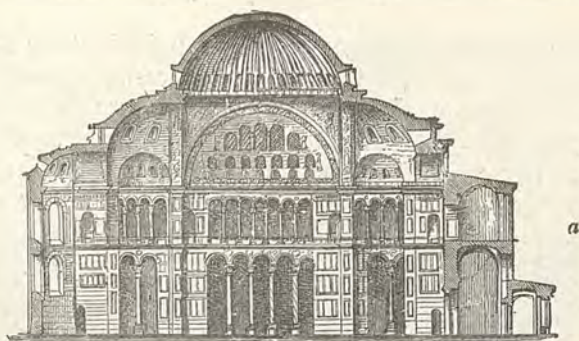


Fig. 1218 *a, b*. — Chiesa di Santa Sofia
a Costantinopoli.



Fig. 1219. — Chiesa di Santa Sofia a Costantinopoli.

trattandosi di grandi cupole. Si può ricorrere alla sovrapposizione di lastre a partire dal punto d'incontro degli estradossi degli archi e venendo fino alla linea di base delle cupole (v. fig. 1061). Questo mezzo fu anticamente adottato, anzi si crede d'origine siriana, poichè se ne trovano degli esempi nell'Hauran. La *cupola di San Giorgio di Ezra in Siria*, terminata nel 515, presenta una cupola ovoidale entro un ottagono e portata da pennacchi a pietre sovrapposte a scalino. Ai Persiani si farebbe risalire



Fig. 1220. — Altorilievo in uno dei peducci della cupola del Duomo di Brescia (da fotografia CAPITANIO).

invece l'invenzione del pennacchio conico (v. fig. 1078), di cui si ha un esempio nella *cupola del palazzo di Sarvistan*, già citato. Si sono già indicate varie forme di pen-

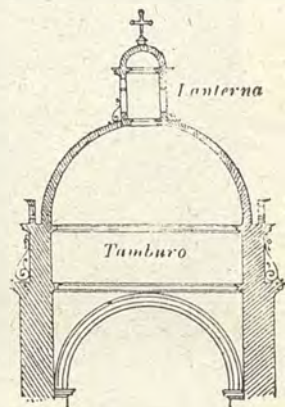


Fig. 1221. — Cupola sferica con pennacchi, tamburo e cupolino o lanterna.

nacchi a pag. 538: si aggiungerà che quando la cupola sorge su spazi esagonali, ottagonali, ecc., il pennacchio va diminuendo d'importanza, come si vede nella *cupola del San Vitale di Ravenna* (fig. 1213 e 926), nella *cupola della tomba di Khodabendah a Sultanieh* (fig. 1214 a, b), in quella del *Tag-Mehal*, presso Agra (fig. 1202 e 1215), fatta innalzare dallo scia' Gehau nel 1628 per la sua moglie favorita Mumtaia Mehal, ecc. Singolari sono poi i pennacchi a serie di archetti diagonali acuti della *cupola del San Giovanni degli Eremiti a Palermo*, costruzione del XII secolo.

La forma di pennacchio più semplice e più comunemente adottata è quella del pennacchio sferico, risultante da una vòlta a vela. Se al quadrato in cui è inscritta la base della cupola si circoscrive un circolo che sia base di una semisfera, si origina, come si è visto a pag. 522, una vòlta a vela, e se questa viene tagliata con un piano orizzontale tangente all'estradosso degli archi perimetrali, la linea circolare risultante sarà la base della cupola semisferica inscritta (fig. 1212 b, c). Si verrebbe insomma a sostituire la calotta sferica appartenente alla vòlta a vela (fig. 1030, pag. 522) colla nuova cupola semisferica.

Il pennacchio può finire in basso a punta (fig. 1216), oppure avere una base (fig. 1217 a, b).



Cupola e campanile del Santuario in Saronno.



Fig. 1222. — Chiesa di San Paolo a Londra.

Con pennacchi era la cupola della *Torre degli Schiavi a Roma*, ed anche quella d'una sala delle *Terme di Caracalla*; ma dove il pennacchio cominciò a manifestarsi con vaste proporzioni fu nella *chiesa di Santa Sofia di Costantinopoli* (fig. 1218 *a, b* e 1219). Qui i pennacchi sono impostati sui grandi arconi della crociata e sostengono direttamente la cupola a monta piuttosto depressa, la cui base ha 30 metri di diametro. Questa cupola, elevantesi sulla corona d'imposta, formata di pietre da taglio e sporgente 27 cm. verso l'interno, consta di 40 costole, larghe internamente alla base m. 1,09 e grosse nel senso del raggio m. 2,6: esse si impiccoliscono all'interno ed all'esterno e sono unite fra loro, all'altezza di m. 4,7, da archi, che formano delle finestre larghe m. 1,49. Le costole sporgono dall'intradosso cm. 18 e vanno scomparendo verso la chiave, in modo che verso la serraglia si ha una calotta liscia del diametro di m. 10,90. La grossezza della cupola è di cm. 75 all'altezza della chiave delle finestre e di cm. 62 alla serraglia. Essa è di mattoni, di cui quelli alla base sono lunghi cm. 70, larghi 23 e grossi 6. Nei pennacchi e nei reni si è trovato un materiale leggero bianco, con scorie di ferro e traccie di vegetali informi. I giunti di malta sono grossi da 3 a 6 cm.; i quattro pilastri principali, che portano la cupola, sono di pietra da taglio. Una cupola simile si ritrova nella *Moschea di Solimano II a Costantinopoli*, a cui si è accennato nel vol. II, parte I, pag. 323, 324.

I pennacchi sferici vengono quasi sempre decorati o con pitture, o mosaici, o con ornamenti in rilievo: la fig. 1220 ne porge un esempio. Notevoli, per la loro decorazione, sono i pennacchi delle *cupole della Certosa di Pavia* e della *chiesa di Sant'Andrea a Vercelli*.

Fra i pennacchi e la cupola si trova spesso il così detto *tamburo* (fig. 1221), il quale può essere cilindrico, oppure anche poligonale. Quando la cupola composta è a superficie non continua allora essa ha la base corrispondente a quella del tamburo, come nella *chiesa di Santa Maria del Fiore a Firenze* (fig. 1234); ma può accadere che il tamburo sia poligonale e la cupola a base circolare od ellittica, nel qual caso



Fig. 1223. — Chiesa di Santa Maria della Salute a Venezia (1).

fra essa ed il tamburo si hanno i pennacchi. Alla sommità della cupola si ha spesso il *cupolino* o *lanterna* (fig. 1221), il quale ha ufficio costruttivo e decorativo. Costruttivo perchè serve a coprire l'apertura dell'anello di chiusura della vòlta ed a gravitare su quest'anello; decorativo perchè esternamente forma il finimento della cupola. Serve poi anche ad illuminare dalla sommità la cupola e lo spazio che essa copre. Nel tamburo ordinariamente sono aperte delle finestre, e se di queste ne deve avere anche la cupola, allora vi si praticano col mezzo di lunette, come nelle vòlte a botte. La forma più opportuna per esse è la conica, coll'asse diretto verso il centro della sfera. Nelle cupole più sontuose il tamburo, anche esternamente, costituisce un importante elemento decorativo della cupola: colonnati, magari a più ordini, loggiati, pilastri con statue, nicchie, terrazze, contrafforti, ecc., vi sono talvolta profusi anche con soverchia abbondanza. Così la grandiosa cupola del *San Paolo di Londra* (fig. 1222), quella di *San Pietro a Roma*, quella della *chiesa della Salute a Venezia* (fig. 1223), della *chiesa di San Gaudenzio a Novara* (fig. 1224), ecc.

Delle cupole doppie si riparlerà più innanzi; in quanto alle miste se ne dà un'idea riproducendo quella della *chiesa di Santa Maria di Piazza a Busto Arsizio* (fig. 1225) e quella del *Santuario di Saronno* (tav. VII), ambedue in stile bramantesco, come la *Santa Maria delle Grazie a Milano*.

La cupola si adottò e si adotta quasi esclusivamente per le chiese; ma però tale partito architettonico lo si vede oggi giorno usato volentieri nei grandiosi palazzi di

(4) Dalla pubblicazione *Calli e Canali di Venezia*, edita dall'editore F. ONGANIA.



Fig. 1224. — Basilica e Cupola di San Gaudenzio in Novara.

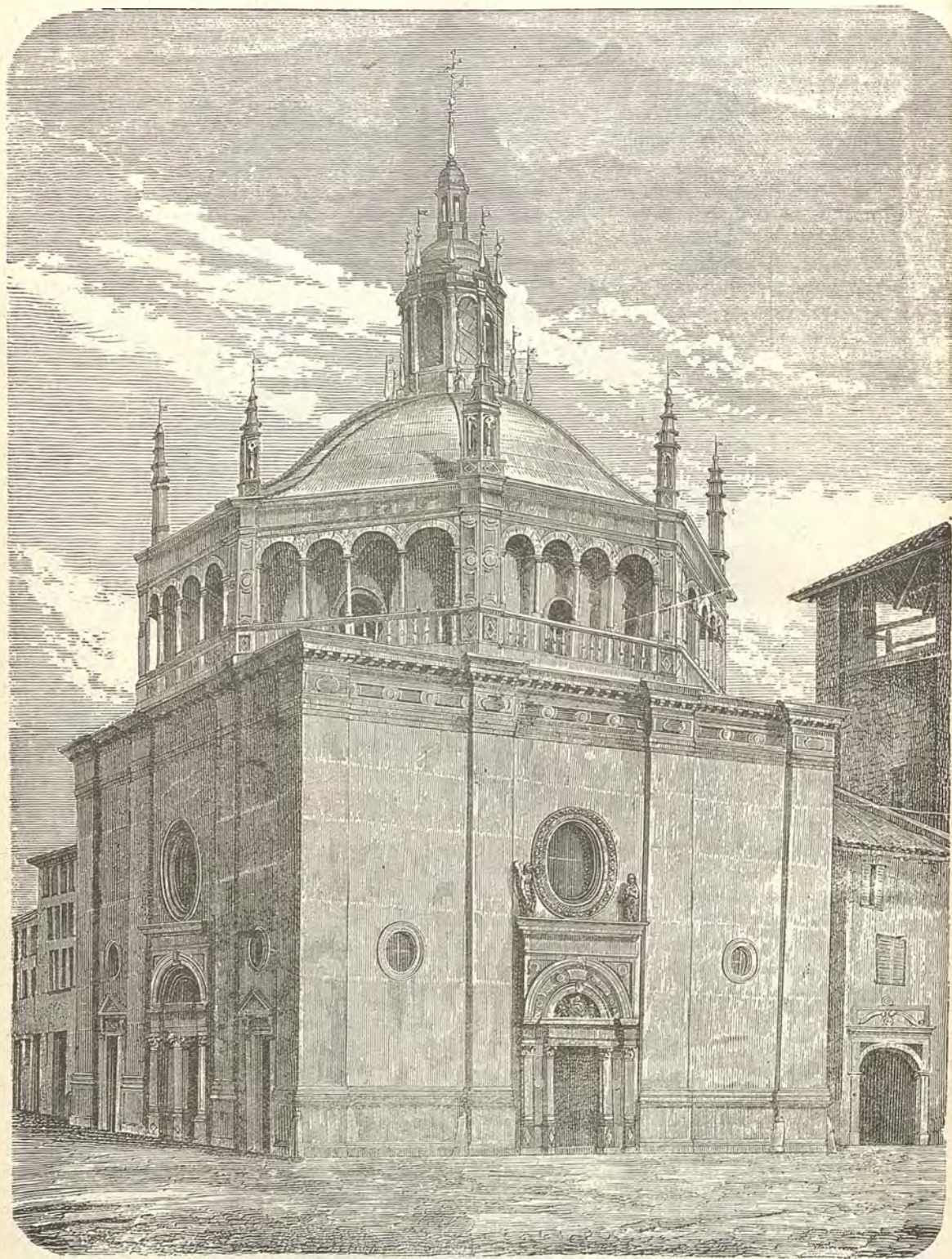


Fig. 1225. — Chiesa di Santa Maria di Piazza a Busto Arsizio.

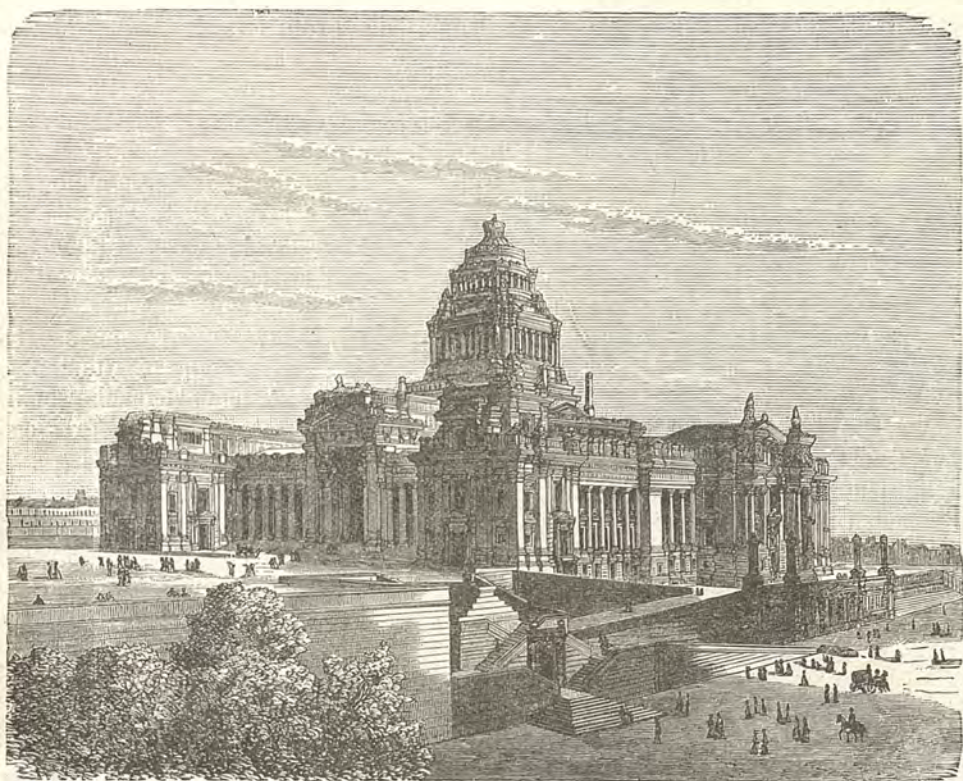


Fig. 1226. — Palazzo di Giustizia a Bruxelles.

carattere pubblico. Non s'intende qui parlare delle cupole metalliche o di quelle provvisorie per palazzi di esposizioni e simili, ma di quelle stabili per palazzi di Giustizia, del Parlamento, delle Poste, ecc., e che esternamente si presentano in forma assai diversa di quella solita delle cupole delle chiese. Si ricorda quella del *palazzo di Giustizia di Bruxelles* (fig. 1226) e l'altra notevole del *palazzo del Parlamento di Berlino*, dell'arch. Wallot (v. vol. II, parte I).

La cupola nelle svariate sue forme è poi usata volentieri come elemento decorativo nelle edicole o cappelle funerarie.

2. Groszezza delle cupole e dei loro appoggi.

Alle cupole in laterizi si assegna:

per un'ampiezza fino a m.	4	una testa di mattone in chiave e una	testa all'imposta
>	> 6	>	> due teste >
>	> 8	due teste >	> tre > >
>	> 10	>	> quattro > >

La grossezza degli appoggi, secondo Rondelet, potrà essere la metà di quella dei piedritti di una volta a botte di uguale ampiezza, ossia uguale a $\frac{1}{8}$ del diametro.

3. Costruzione delle cupole.

Tutte le commessure di fianco o di testa delle cupole e dei pennacchi sono sezioni meridiane, cioè parti di piani condotti per l'asse verticale della cupola: invece tutte le commessure di posa sono parti di superficie coniche aventi il loro vertice nel

centro e il loro asse comune coll'asse della superficie di rotazione. Ne segue che cupole e pennacchi vengono eseguiti a cerchi concentrici, questi ultimi, per motivi già detti, orizzontali fin dove è possibile. La costruzione dei pennacchi con singoli archi (fig. 1216) come in S. Marco a Venezia, non ha scopo e può essere di grande danno. È inutile qui soffermarsi sull'esecuzione in pietra da taglio perchè essa è troppo semplice: le sue difficoltà non riflettono che il taglio delle pietre.

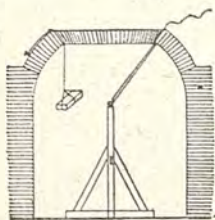


Fig. 1227.

In conseguenza della direzione centrale di tutte le commesure si può eseguire la volta di piccole cupole senza alcun'armatura, fissando il centro in forma di un anello di ferro o di altro nodo sopra di un cavalletto ed assicurandovi un'asta mobile lunga quanto il raggio (fig. 1227). Il muratore spinge i mattoni fino alla punta dell'asta in modo da ottenere esattamente la superficie sferica interna; affinché i mattoni più vicini alla sommità non scorrano sul letto di malta, si trattengono con un grosso filo, avvolto ad un'estremità intorno ad un chiodo conficcato nei reni della volta e teso dall'altra per mezzo di un mattone appesovi, nello spazio sotto la volta (fig. 1227). Appena poi l'anello o filare è chiuso, nessun mattone può scorrere e cadere, perchè, come si è già notato, ogni anello forma parte di un cono col vertice diretto al centro della sfera, e forma quindi propriamente un cuneo diretto verso il basso.

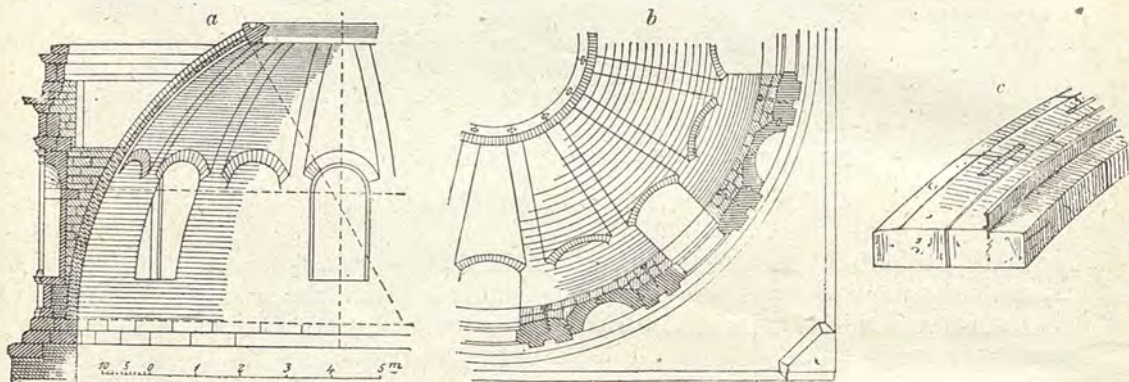


Fig. 1228 a, b, c. — Cupola del vestibolo del bagno municipale di Carlsruhe.

Per cupole di dimensioni un po' grandi questo sistema non è più sufficiente; bisogna allora costruire una centina o sagoma girevole attorno ad un asse, oppure procedere all'installazione di centine radiali con una completa mantellatura, come si deve far sempre per cupole in pietrame o in pietra da taglio. Un semplice e buon esempio offre la cupola sopra il vestibolo del bagno municipale a Carlsruhe (arch. Durm) (fig. 1228 a, b e c) in cui la parte esterna è in pietra da taglio. La grossezza della volta è di 2 teste in basso, di una in alto, con archi di rinforzo contro cui si appoggiano gli archi di scarico delle finestre, all'altezza dei quali arriva la muratura posteriore in pietrame. Per ovviare agli effetti della spinta della volta sulla corona in lastre d'arenaria, che forma l'impòsta, venne introdotto un anello in ferro (fig. 1228 c), ben sigillato con piombo, contro il quale si appoggia l'impeduzzo della volta.

Nelle grandi cupole un riempimento completo in muratura dietro la volta fino a metà od a due terzi della monta, caricherebbe eccessivamente la muratura sottostante. Invece della muratura massiccia si adottano perciò i così detti *speroni* (x della fig. 1229 a e b), coi quali si alleggerisce il peso della cupola. Fra gli speroni restano dei vani, come si vede nella cupola della Chiesa della Liberazione presso Kehlheim (fig. 1229 b).

Le lunette rotonde per illuminare le cupole, i così detti *occhi di buca*, si ricavano in modo semplice tracciando un cono ellittico, coll'asse inclinato passante pel centro della sfera e con sezione verticale circolare. Tutte le sezioni piane verticali della sfera, ad

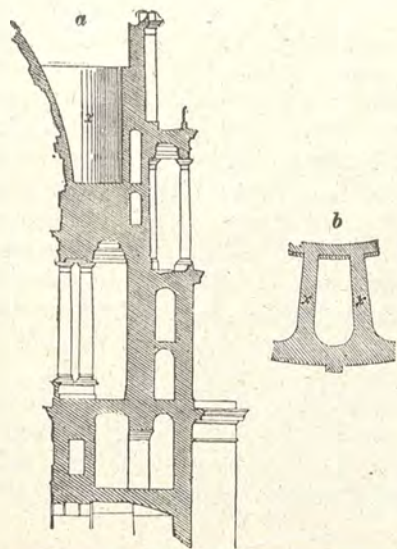


Fig. 1229 a, b. — Speroni della cupola della chiesa della Liberazione a Kehlheim.

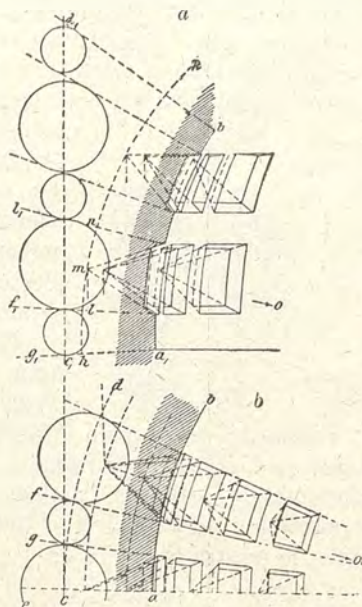


Fig. 1231 a, b. — Metodo Emy per disegnare le cassettonature delle cupole.

esempio da $o-7$ (fig. 1230) formano colla medesima dei cerchi paralleli aventi i centri o a 7 e i raggi $11'$, $22'$, ecc. e col cono prolungato entro la sfera tanti altri cerchi coi centri $I, II \dots VII$ e i raggi II'', III'' , ecc. La curva di intersezione si trova, tracciando prima dei cerchi concentrici con centro in o e con raggi $11'$, $22'$ e così via; proiettando poscia i centri dei cerchi del cono I, II, III , ecc. sulla verticale op e tracciando infine dai punti I', II', III' , ecc. così ottenuti, degli archi di circolo coi corrispondenti raggi II'', III'' , ecc., fino a tagliare i cerchi precedenti in punti appartenenti alla curva cercata. Conducendo da questi punti le orizzontali, queste intersecheranno le verticali $66', 55', 44'$ in tanti punti che serviranno a determinare la linea di sezione dell'occhio di buca. La rappresentazione di una di queste aperture in pianta oppure inclinata a 45° , non presenta alcuna difficoltà.

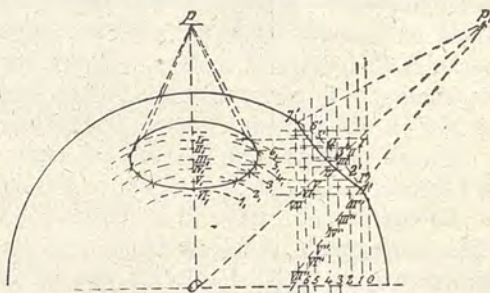


Fig. 1230. — Determinazione degli occhi di buca nelle cupole.

Ancora più semplice è la soluzione del problema di costruire delle finestre da cupola, le cui lunette sieno parti di superficie coniche con asse orizzontale.

Spesso le cupole vengono decorate internamente con cassettoni, come nel Panteon di Roma. Tali cassettonature si possono disegnare in modo facilissimo, secondo il metodo di Emy. Si divide (fig. 1131 b) un circolo cd esterno alla linea d'imposta ab in tante parti quante sono le cassettonature che si vogliono avere. Sia ef una di queste parti, composta di eg e gf . Nella sezione (fig. 1131 a) si conduca la retta verticale $c_1 d_1$ in

modo che $c_1 a_1 = ca$ e con centro su di essa si tracci un primo circolo $f_1 g_1$ tangente all'orizzontale che passa pel centro o della sfera; la tangente $f_1 o$ a questo circolo determina la prima fascia orizzontale. Tangenzialmente alla $f_1 o$, e sempre col centro sulla $c_1 d_1$, si traccia il circolo $f_1 l_1$, di diametro uguale a quello eg della pianta, quando si vuole che i cassettoni risultino quadrati. La tangente $l_1 o$ determinerà la linea, ossia il parallelo su cui si troveranno tutti i lati superiori dei cassettoni. Si traccia poi un altro circolo uguale a $g_1 f_1$: la sua tangente superiore al centro della sfera determinerà la 2^a fascia: e così di seguito. Per assegnare le

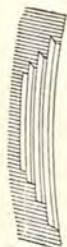


Fig. 1232.

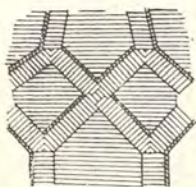


Fig. 1233.

debite proporzioni ai cassettoni, si devono immaginare che essi facciano parte di piramidi di altezze proporzionali e i cui vertici si trovino tutti su di un arco di circolo hh , e nel punto di mezzo degli archi come ln . Secondo la proporzionalità delle altezze delle piramidi è anche da proporzionare la profondità dei cassettoni.

Con speciale accorgimento si eseguirono i cassettoni nel Panteon di Roma (fig. 1232) rispetto alle visuali di chi guarda la cupola dal basso.

Se i cassettoni non hanno forma all'incirca quadrata, cioè con archi orizzontali e radiali, nel qual caso la costruzione è eguale a quella delle vòlte a botte a cassettoni, ma hanno forma triangolare o poligonale, non resta che sviluppare una falda di cupola tra due meridiani ed eseguirvi il disegno. Come si procede allora nella costruzione della vòlta, lo mostra la fig. 1233.

4. Costruzione delle cupole doppie interne ed esterne.

Le cupole romane o bizantine sono per lo più ricoperte all'esterno con lamine di piombo immediatamente applicate sulla vòlta, ma dal Rinascimento in poi si vedono ricoperte le cupole con altre cupole esterne di difesa fatte o di muratura massiccia, o di legno e anche di ferro. Si originarono così le cupole doppie o rivestite. Già se ne diede un esempio nelle fig. 644-647 rappresentanti la cupola del Mausoleo dell'Imperatore Federico in Potsdam eseguita col sistema Monier, rivestita esternamente ed internamente in pietra arenaria. Altro esempio di cupola doppia si ritrova pure nelle fig. 635 e 682 del vol. II, parte I (Sinagoga di Vercelli e Crematoio di Parigi).

Ma gli esempi più importanti si hanno nella doppia cupola ottagonale del Duomo di Firenze, nella cupola di S. Pietro a Roma e nella Mole Antonelliana di Torino.

La cupola del Duomo di Firenze (fig. 1234 *a, b, c*), opera del Brunelleschi, è padiglione ottagonale regolare, molto rialzata, in forma d'arco acuto, con m. 42,20 di ampiezza e m. 31,50 di altezza fino all'apertura del cupolino. I due mantelli della cupola si dividono a m. 2,60 sopra l'imposta: la cupola esterna della grossezza di m. 0,85 va rastremandosi di poco verso la sommità, mentre l'interna si conserva grossa m. 2,15 fino in alto: lo spazio intermedio è di m. 1,50 di larghezza. Otto speroni negli angoli e sedici intermedi uniscono le due vòlte formandone un tutto unico (fig. 1234 *b*). I primi otto terminano in alto a una grossa corona che porta il cupolino; gli altri cessano prima e sono collegati cogli speroni d'angolo ognuno con 9 archi (fig. 1234 *c*). La cupola esterna è coperta con piastrelle in cemento di pozzolana. Nel vuoto fra le due vòlte fu stabilita la scala che conduce alla lanterna.

La cupola di S. Pietro in Roma (fig. 1235), è una doppia cupola ad arco ellittico, a sezione circolare, con m. 42,52 di ampiezza ed un'altezza di m. 29 dall'imposta alla sommità. L'appoggio della cupola sta circa m. 6,50 più in basso che il principio del profilo arcuato. Sopra l'attico esterno comincia la cupola che fino ad un quarto della sua altezza è piena in materiale laterizio: di là in poi si divide, con uno spazio

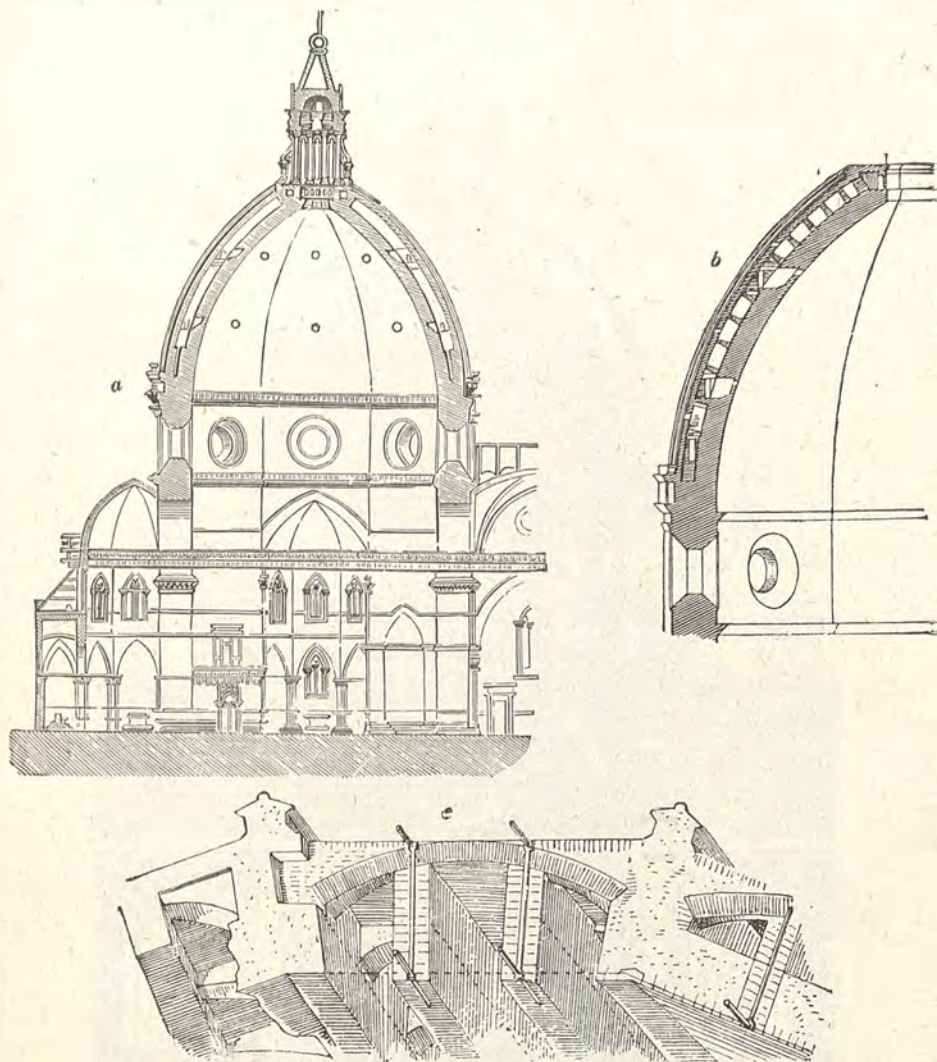


Fig. 1234 a, b, c. — Cupola del Duomo di Firenze.

intermedio di m. 1, in una cupola interna ed una esterna, le quali si allontanano sempre più l'una dall'altra fino a restar discoste circa m. 5 alla sommità. Dalla parte massiccia si innalzano fino all'anello alla sommità, che porta il cupolino, sedici nervature che procedendo verso l'alto si rastremano in larghezza ma aumentano di $\frac{1}{3}$ nella grossezza. Fra queste sedici nervature si distendono gli spicchi di vólta, che si rastremano solo di poco verso l'alto, eseguiti in mattoni a spina (a quanto si suppone), e che ora, forse per questo modo di esecuzione, presentano delle screpolature longitudinali, che verosimilmente non si sarebbero verificate se la costruzione della vólta fosse stata fatta ad anelli. La cupola esterna di protezione è ricoperta in piombo.

Degne di menzione, per la loro speciale struttura, sono altre cupole che brevemente qui si ricordano: 1° la cupola della Cappella di *Val de Grâce* a Parigi, con cupola interna sferica di muratura ed esterna di legname; 2° la cupola del *S. Paolo* di Londra, composta di tre cupole, di cui la inferiore o interna è di muratura, ha circa 31 m. di diametro, è leggermente rialzata, e alla sommità ha un'apertura circolare; la intermedia conica, che è pure in muratura, e porta la lanterna (questa disposizione è copiata da quella

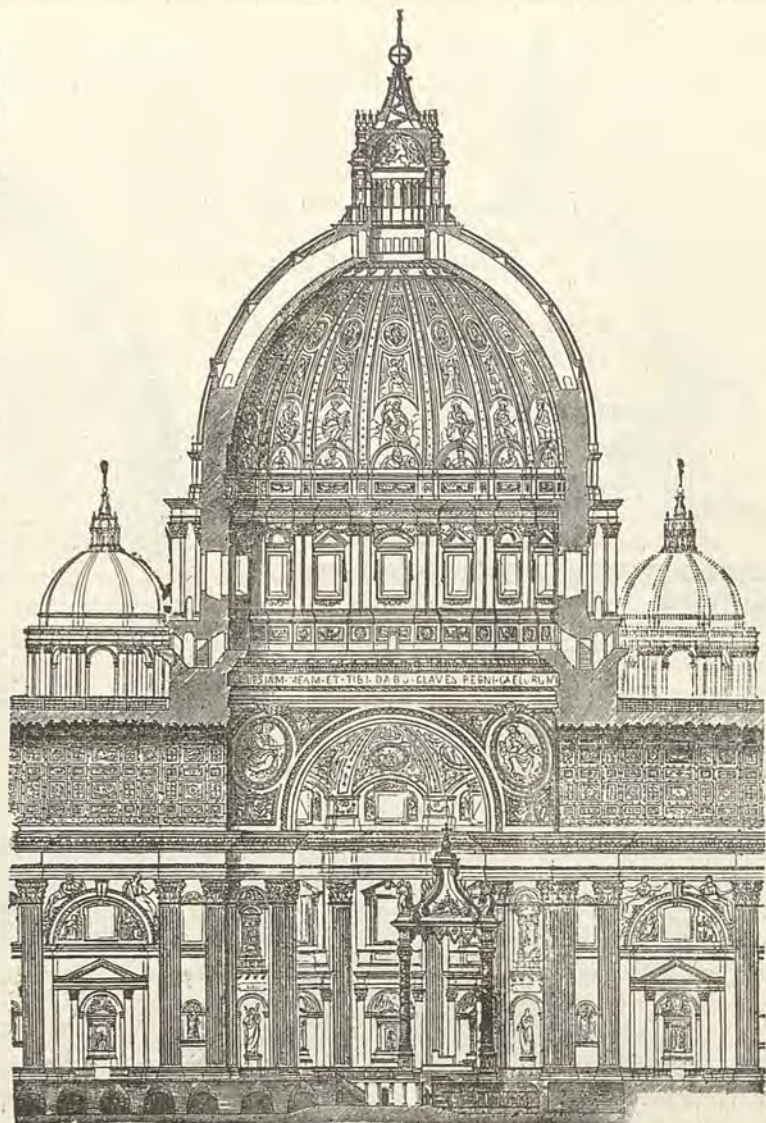


Fig. 1235. — Cupola di S. Pietro in Roma.

del Battistero di Pisa la cui cupola è appunto formata da una interna conica e da una esterna sferica, dalla quale emerge la conica); infine la esterna sferica che è di legname; fra la cupola conica e l'attico, che sovrasta il colonnato esterno, sono disposti degli speroni a raggio sui quali si appoggiano le 32 capriate che costituiscono l'armatura della cupola esterna; 3° la cupola della Cappella degli *Invalidi* a Parigi, pure tripla, colla interna e la intermedia di muratura e la esterna di legno ricoperta di piombo; 4° la cupola del *Panteon* di Parigi, composta di tre cupole tutte di muratura.

Non si può chiudere questa breve esposizione relativa alle cupole doppie senza citare il notevole esempio della così detta *Mole Antonelliana* di Torino (fig. 1236) (1), la cui arditissima cupola è a padiglione. Dal piano di fondazione sorgono sui perimetri di due quadrati concentrici due giri di pilastri distribuiti come si rileva nella fig. 1237 a.

(1) Ne fu architetto *Alessandro Antonelli*, quello stesso a cui si devono la cupola del S. Gaudenzio di Novara e altre opere arditissime.

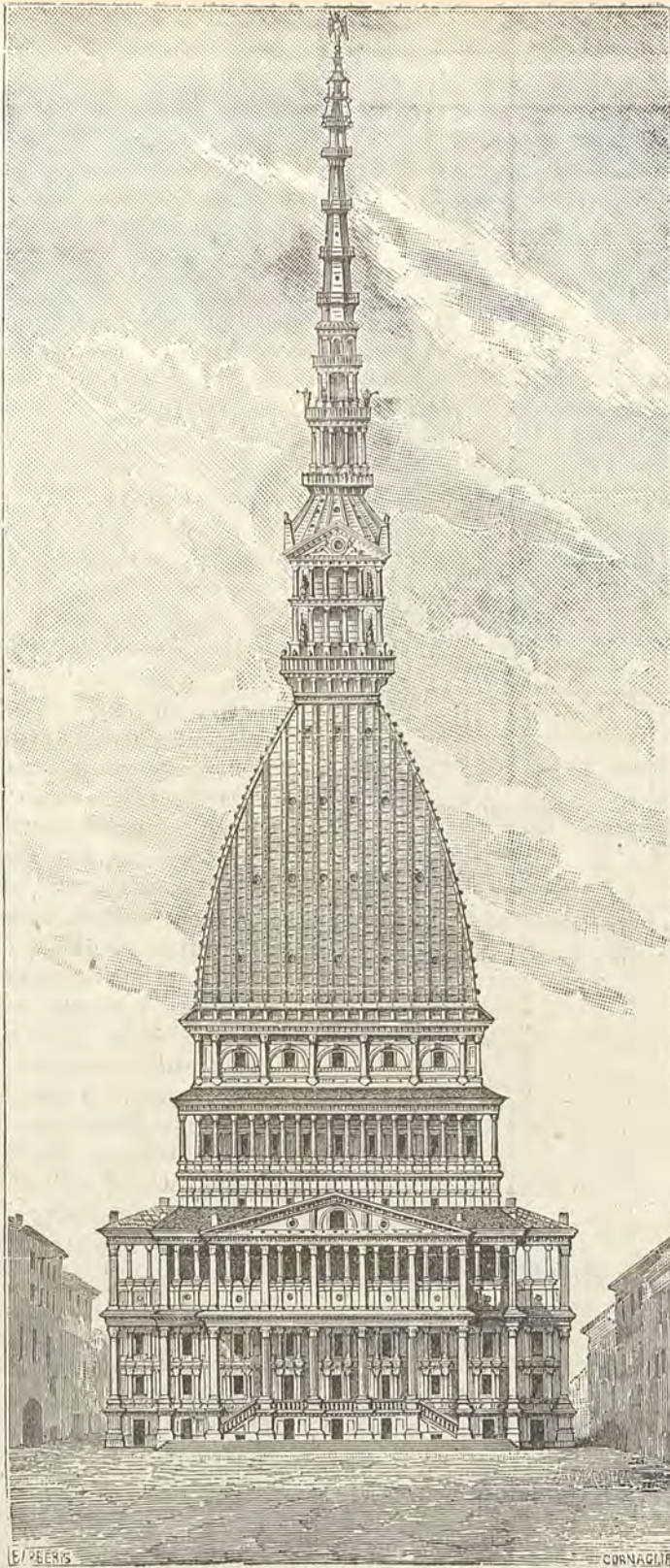


Fig. 1236. — Mole Antonelliana di Torino (arch. ALESSANDRO ANTONELLI).

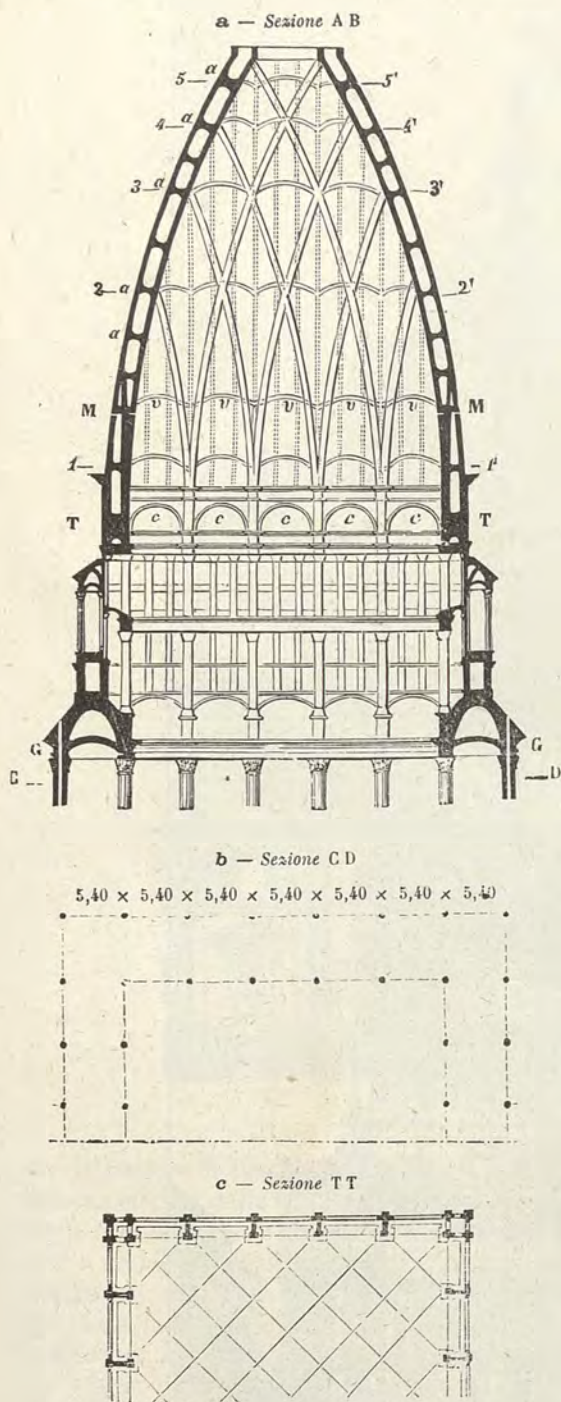


Fig. 1237 a, b, c. — Cupola della Mole Antonelliana di Torino.

(1237 c) (5 su ogni lato), i quali, coperti con vòlte a botte decorate a cassettoni, vengono a costituire 20 grandiosi finestroni, da cui si riversa nella gran sala luce in abbondanza.

Altri pilastri sono distribuiti internamente ed esternamente ai due quadrati suddetti, ma di essi non occorre qui parlare trattandosi solo di considerare la gran cupola.

I venti pilastri del giro interno si elevano (rastremandosi convenientemente e trasformandosi ora in colonne ed ora nuovamente in pilastri) e vengono a presentarsi come paraste nella parete interna del tamburo quadrato T T, che sottostà alla cupola. Questi venti pilastri sono i veri fulcri su cui la cupola s'imposta.

I ventiquattro pilastri del giro esterno si elevano rastremandosi ai diversi piani, però mantenendosi di forma quadrangolare, fino al cornicione G G di coronamento esterno. A quest'altezza, fra ciascuno di questi pilastri e le corrispondenti colonne del giro interno, è lanciato un'arcone avente per direttrice un ovale a tre centri. Questi arconi (fig. 1238) avendo m. 4,55 di corda per altrettanto di monta, presentando alla chiave una grossezza di 80 centimetri, essendo murati con somma diligenza e rinforzato ciascuno da sedici legati in gneis e da due ordini di chiavi in ferro, presentano una straordinaria resistenza. I pilastri esterni, come si rileva dalle fig. 1237 c, e 1238, sono a sezione vuota, essendosi in essi ricavate delle canne. Si è per evitare queste canne che furono adottate le doppie chiavi divergenti. Sui fianchi di ogni arcone sorgono due pilastri; di questi quello interno si eleva fino al nascimento della cupola, presentandosi come parasta nella parete esterna del tamburo.

I pilastri della parete interna del tamburo sono collegati con muramenti ai pilastri corrispondenti della parete esterna, cosicchè vengono a formare tanti piedritti a sezione a doppio T (fig. 1237 b).

Ciascuna delle pareti del tamburo presenta venti fori semicircolari c, c, c, ...

La cupola consta di due vòlte concentriche collegate fra loro con archi-contrarchi, con vòltine a botte e con robuste chiavi in ferro. La vòlta interna è sopportata dai venti pilastri della parete interna del tamburo, pilastri che, come si disse, sorgono dalle fondazioni. Dai pilastri d'angolo partono quattro robusti costoloni, i quali si trovano col loro spigolo più interno sulle intersezioni delle superficie cilindriche (a generatrici orizzontali) tangenti ai piani verticali determinati dalle faccie interne dei piedritti ed aventi per sezioni rette archi circolari di m. 74,88 di raggio. Da ciascuno dei rimanenti 16 pilastri si dipartono due costoloni, i quali assecondano colla faccia più interna del loro intradosso le superficie cilindriche or ora definite; gli spigoli però non si mantengono sulle sezioni

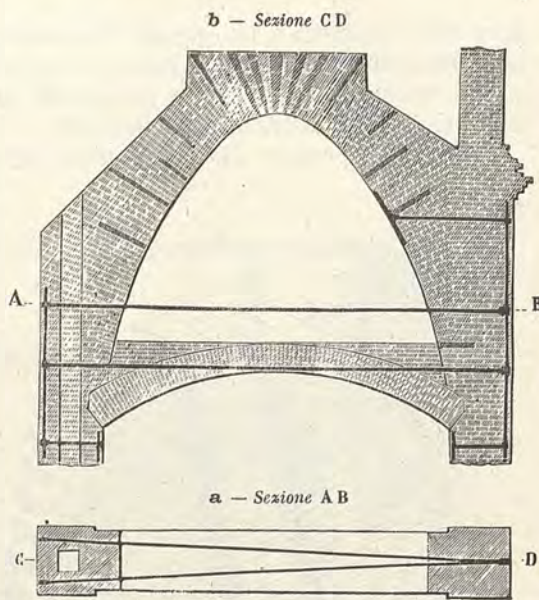
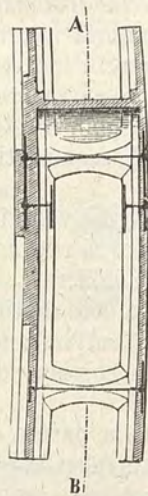
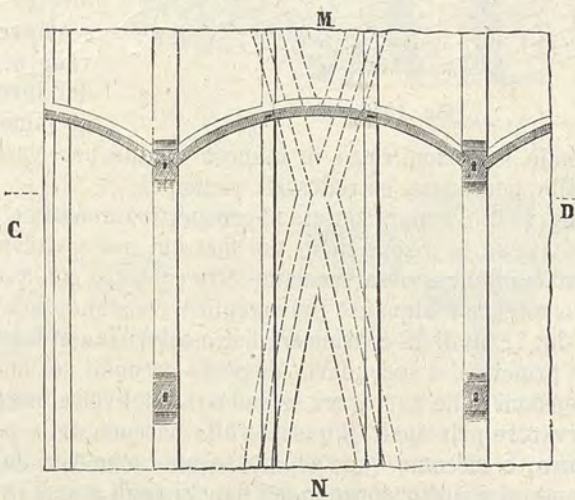


Fig. 1238 a, b.

c -- Sezione MN



b -- Sezione AB



a -- Sezione CD

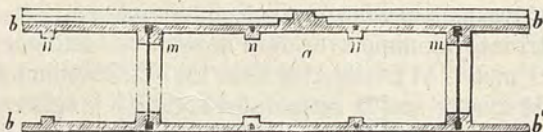


Fig. 1239 a, b, c.

rette di quelle superficie e divergono in modo da risultare ellissi proiettantesi orizzontalmente secondo rette parallele alle diagonali del quadrato di base (fig. 1237 b) e verticalmente secondo archi di circolo. Questi costoloni vanno così ad incontrarsi due a due sugli spigoli diagonali, formando tanti archi acuti a monta molto rialzata; di più, questi archi considerati unitamente ai costoloni d'angolo costituiscono una serie

di robusti cavalletti a tre gambi. Si arguisce da ciò come questi costoloni, da soli, senz'altri collegamenti, basterebbero a sopportare dei notevoli carichi; che relativamente piccole sono le spinte orizzontali provocate; che le pressioni vengono con molta uniformità distribuite sui piedritti.

I costoloni sporgono di 25 centimetri sull'involucro continuo e col loro intrecciarsi

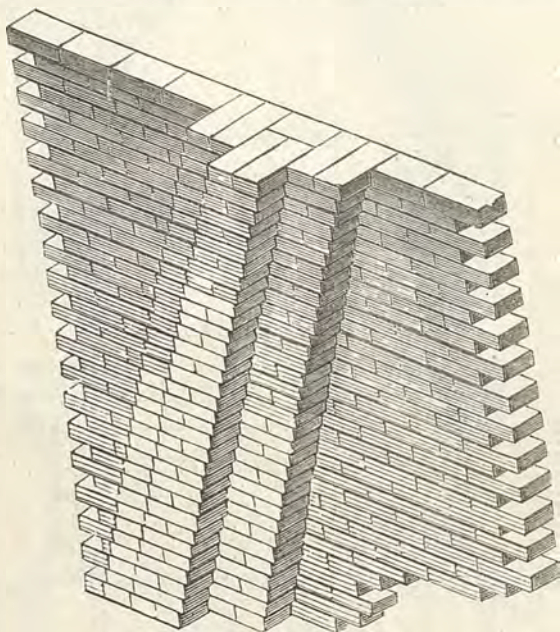


Fig. 1240.

dividono ciascun fuso in scomparti a mandorla, scomparti che costituiscono un'elegante e severa decorazione del vólto.

Dalla sezione CD nella fig. 1239, fatta normalmente all'intradosso, si rileva in *a* la forma dei costoloni; in *b, b'* l'involucro continuo. Questo involucro presenta grossezza costante di 12 centimetri ed è rinforzato esternamente dalle nervature principali *mm*... che nascono come i costoloni interni dai venti piedritti di base. Le quattro nervature angolari formano nucleo coi costoloni diagonali interni, le altre assecondando la sezione retta risultano dirette secondo le diagonali degli scomparti a mandorla interni. Servono a completare l'incartamento dell'involucro altre nervature *nn*... di minori dimensioni, dirette esse

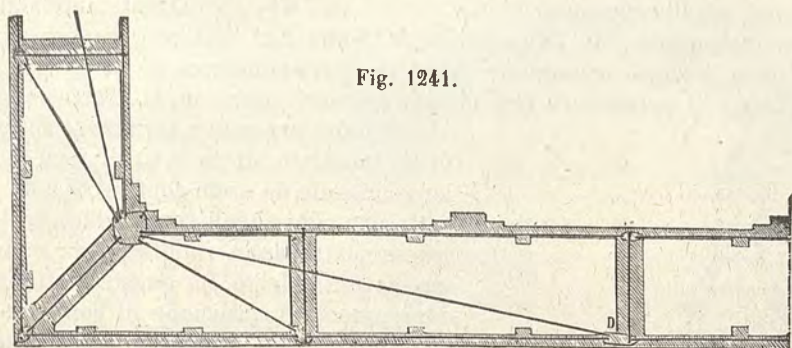
pure secondo le sezioni rette, in numero di due per ciascuno degli scomparti determinati dalle nervature estradosali principali.

Nella fig. 1240 è rappresentata in prospettiva una piccola porzione del vólto interno. Da essa si rileva la disposizione dei mattoni nei costoloni interni e si rileva ancora come i mattoni dei costoloni facciano letto continuo con quelli dell'involucro.

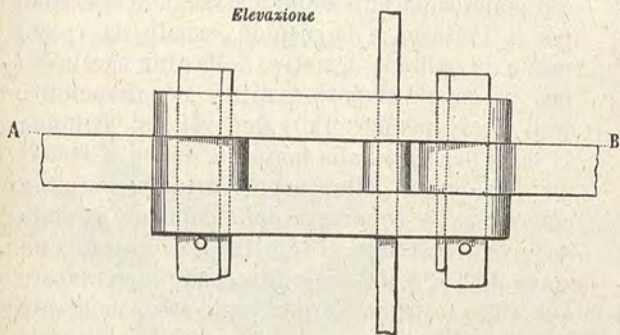
Il vólto esterno è alquanto più semplice, constando solo di un involucro continuo *b'b'* (sez. CD fig. 1239) di 12 centimetri, liscio esternamente ed incartato sull'intradosso da nervature principali e secondarie disposte secondo sezioni rette in corrispondenza e colle dimensioni delle nervature estradosali del vólto interno.

Le nervature principali di questo vólto nascono dalle paraste della parete esterna del tamburo, e siccome queste paraste non sono veri fulcri (sono fulcri trasformati perchè, come si è detto, sorgono sui fianchi degli arconi ovali), l'architetto ha immaginato ed adottato tale ingegnosa disposizione da sgravarli di gran parte del carico sovrastante trasmettendolo ai venti fulcri interni. Per raggiungere questo scopo i venti pilastri interni, dopo aver dato imposta ai costoloni del vólto interno, si elevano ancora di 9 metri. Al livello MM (fig. 1237 *c*), ciascuno di essi porta un mensolone di granito M, M avente sezione retta di $0,40 \times 0,50$, lunghezza di m. 1,80, disposto col suo asse normale alla superficie d'intradosso ed in tal guisa che un estremo, attraversando la costola estradosale del vólto interno, s'incastra per tutta la grossezza dell'involucro; l'altro estremo, attraversando la nervatura e l'involucro del vólto esterno, viene a pari dell'estradosso di questo. Ne risulta quindi che i pesi delle porzioni delle nervature estradosali principali del vólto interno e delle porzioni delle nervature principali del vólto esterno, sovrastanti ai mensoloni, vengono a gravitare e bilanciarsi sulle due estremità dei medesimi, e quindi non si trasmettono alle porzioni sottostanti di quelle

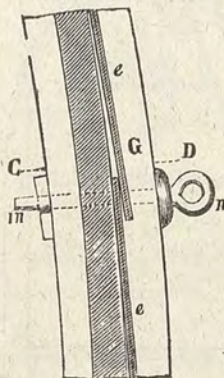
Fig. 1241.



Elevazione



Sezione A B



Sezione C D

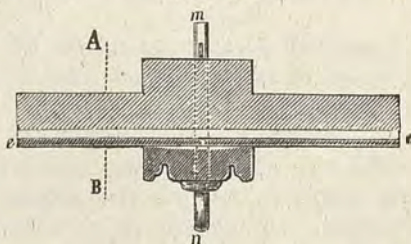
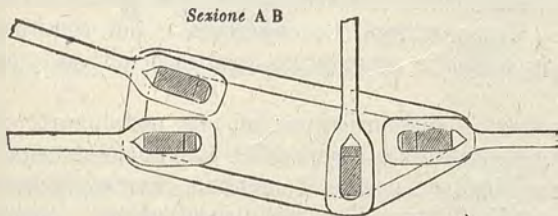


Fig. 1242.

Fig. 1243.

costole, trasportandosi invece, mediante i mensoloni, ai venti piedritti. Di più, essendo lanciati fra un mensolone e l'altro dei vóltni a botte *v, v...* colle generatrici normali agli intradossi dei due gran vóltni e compenetranti in questi per tutta la grossezza dell'involucro, il peso di questo e delle nervature secondarie viene anche riportato sui mensoloni e da questi trasmesso ai venti fulcri interni. Tutto adunque il peso della parte del vólto sovrastante ai mensoloni è riferito ai venti pilastri.

Fra ciascun costolone estradossale del vólto interno ed il corrispondente del vólto esterno sono gettati diversi archi-contrarchi rinforzati da una chiave in ferro nascosta nel loro interno. Fra i successivi archi-contrarchi siti nei cinque piani orizzontali, 11', 22', 33', 44', 55', sono lanciate delle vóltnine a botte analoghe a quelle impostate fra i diversi mensoloni. Questi vóltnini unitamente agli archi-contrarchi (fig. 1239) formano un robusto collegamento dei due vóltni.

Le spinte, che non possono essere di grande momento, stante il gran raggio dei fusi, sono ad ogni modo completamente sostenute da sei intelaiature di chiavi in ferro

collocate nei piani orizzontali MM, 11', 22', 33', 44', 55'. Queste intelaiature non differiscono essenzialmente l'una dall'altra. Nella fig. 1241 si è rappresentata una porzione della sezione orizzontale fatta in corrispondenza di un'intelaiatura. La fig. 1242 indica il particolare dell'unione dei vari pezzi in D. Tutte le nervature

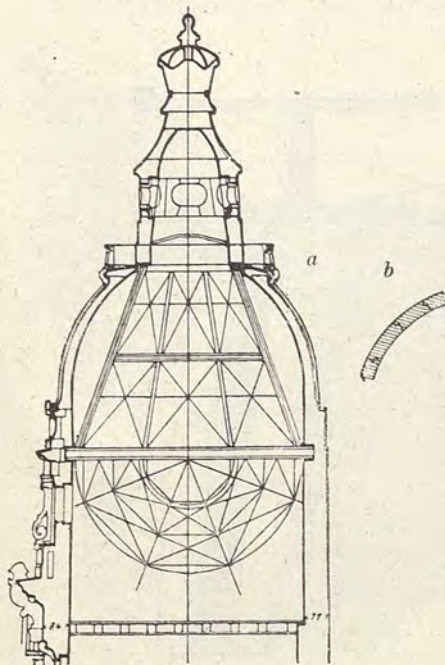


Fig 1244 a, b. — Cupola a Berlino.

vanno superiormente a terminare sul perimetro di un quadrato di m. 5,40 di lato, e sono fra loro collegate da archi-contrarchi e da vòltini a botte, analoghi a quelli sopra indicati e da quattro grosse piattabande rinforzate da robustissima cerchiatura in ferro. Su queste piattabande gira internamente il cornicione di coronamento dell'intradosso della cupola, ed esternamente un cornicione di maggiori proporzioni forma il coronamento esterno, costituente un primo ballatoio. Sul piano superiore delle piattabande si ergono poi la lanterna e la cuspidè, ornate da colonnati e da ballatoi. A motivo della gran saetta dei fusi, la cupola si potè costruire senz'armatura. Nell'intercapedine fra i due vòlti si sviluppa la scala per salire alla lanterna, da cui si accede poi alla punta della cuspidè mediante scala a chiocciola. La copertura della cupola è formata da grossi costoloni, G (fig. 1243) di granito (sezione 0,11 X 0,40) disposti secondo le nervature del vòlto esterno fermati ad esse mediante robuste chiavarde *m m*, le quali terminando esternamente con capocchia anulare *n*, servono

come punta d'attacco delle corde per sostenere i ponti di servizio od operai nel caso di riparazioni. La copertura è poi costituita da sottili lastre di gneis introdotte in apposite scanalature praticate nei costoloni granitici.

Un altro genere di cupole, che si potrebbe chiamar doppio, sebbene non appartenga alle vere cupole doppie, è quello rappresentato dalla figura 1244. La cupola esterna è in pietra da taglio e si è potuta tenere leggera poichè il cupolino, invece piuttosto pesante, è sostenuto da un interno castello di ferro. Per impedire all'acqua di penetrare fra i giunti delle pietre formanti la cupola, i giunti si fanno a sovrapposizione, come indica la figura 1244 b.

c) Vòlte di getto, miste e di materiali cavi.

Le *vòlte di getto*, già adoperate anche dai Romani, propriamente parlando non sono vòlte: infatti tostochè la massa del getto ha fatto presa e si è indurita, cessa la spinta laterale e la vòlta è da considerarsi come un monolite appoggiantesi semplicemente sul suo piedritto e agente solo per pressione verticale, precisamente come si disse per la cupola del Mausoleo di Teodorico.

Alle *vòlte miste* appartengono quelle formate con materiali diversi come sarebbero pietra e laterizi, ferro e laterizi, pietra laterizi e muratura di getto, muratura di getto rinforzata da ferri, ossia in sidero-cemento e simili. Ad alcune si è già accennato, come ad esempio a quelle miste di ferro e laterizi, di ferro e muratura di getto (vedi murature in masse battute o di getto) e anche a quelle in sidero-cemento.

I Romani usarono poi un sistema speciale di vòlte miste, formato da cassettoni che si riempivano con muratura di getto (fig. 1245), oppure da una sottile vòlta di laterizi,

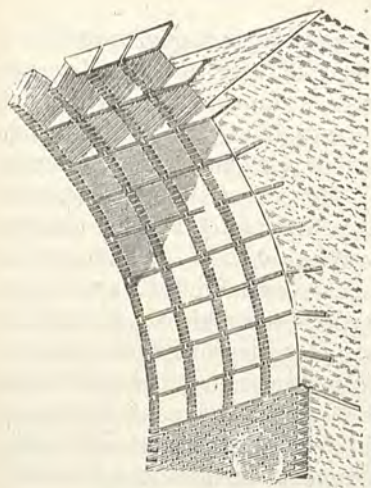


Fig. 1245. — Vólta romana cassettonata.

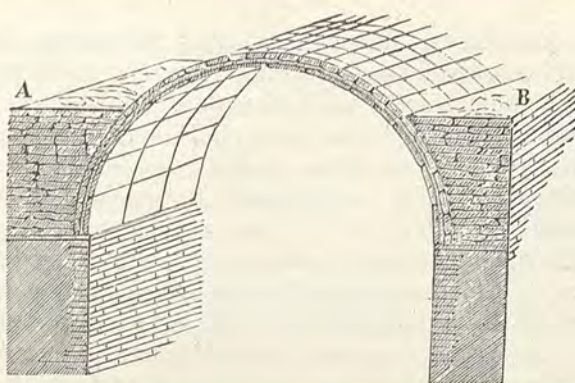


Fig. 1246. — Vólta romana mista.

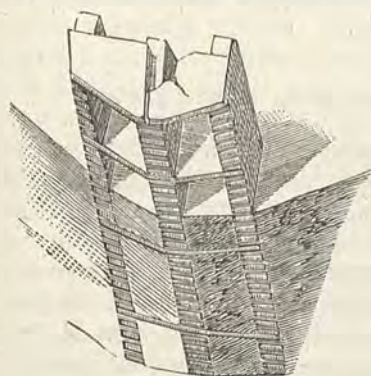


Fig. 1247. — Spigolo di vólta romana mista.



Fig. 1248 a, b. — Celle della vólta della Pinacoteca di Monaco.

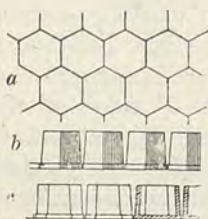


Fig. 1249 a, b, c. — Elementi cavi della vólta del nuovo Museo di Berlino.

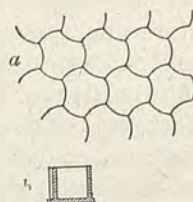


Fig. 1250 a, b. — Elementi della vólta della galleria « Sotto i tigli » a Berlino.

sulla quale si gettava la parte monolitica (fig. 1246). Nel primo sistema i cassettoni erano costituiti da archi di mattoni collegati fra loro con tabelloni laterizi, oppure con lastre di pietra; nel secondo la vólta sottile era fatta sopra una leggera centinatura di legno e i laterizi collegati con malta di gesso o con malta bastarda. Spesso il vólto sottile, anzichè di uno strato si formava con due, ed i materiali dello strato superiore si lasciavano fra loro alquanto spazati, allo scopo di ottenere una buona immorsatura fra il vólto sottile e la muratura di getto sovrastante. Nelle vólte a crociera romane, in corrispondenza degli spigoli, si adottava la struttura rappresentata nella fig. 1247, cioè si gettavano parallelamente ai piani verticali diagonali due o tre arconi spazati fra loro di circa 20 cm. e collegati coi tabelloni in modo da costituire un solo arco traforato. Per riempire i fori dell'arco e per formare il rimanente del vólto si usava la muratura di getto.

Oggi, che le costruzioni in cemento armato, o in sidero-cemento, vanno prendendo, e con ragione, grandissimo sviluppo, molte applicazioni se ne fanno per vólte di ponti, per cupole, voltine, ecc. Notevoli quelle del *Petit palais des beaux arts* dell'Esposizione di Parigi del 1900, del *ponte di Châtellerault*, della *cupola del Museo delle antichità egiziane al Cairo* (diametro interno 18 metri), della *cupola del palazzo dell'Unione Cooperativa di Milano*, del *ponte di Mülesimo*, della luce di 51 m., ecc., tutte eseguite col sistema Hennebique.

Alle vólte di materiali cavi si è pure già fatto cenno sul principio di questo capitolo. Tale sistema di struttura si usò per rendere le vólte più che fosse possibile leggere onde diminuirne la spinta laterale: si adoperarono a questo scopo dei vasi cavi, da cui anche il nome di *vólte a pignatta*. Si fanno anche attualmente delle vólte con materiali cavi, che però non hanno nessuna rassomiglianza con quelle a pignatta. Così, secondo Gottgetreu, nella costruzione della nuova pinacoteca a Monaco, si adoperarono celle vuote (fig. 1248 *a, b, c*), formate di 5 piastrelle di terra cotta riunite insieme, quattro delle quali munite di alette, come le tegole piane, sulle quali trovava il suo appoggio la quinta. Nella fabbrica del nuovo museo a Berlino si adoperarono materiali cavi esagonali, come risulta dalla figura 1249 *a, b, c*. Le vólte a crociera, a stella ed a padiglione non si possono eseguire con simili materiali se non allorchè le gole, gli spigoli e le ser-raglie sono composti con materiali di apposita forma, come per es., si fece per l'atrio della galleria « Sotto i tigli » a Berlino. In questo caso la forma dei pezzi risulta da circoli intersecantisi secondo la fig. 1250 *a, b*. L'esecuzione deve esserne molto accurata, per evitare le dannose conseguenze provenienti da spostamenti dovuti anche a piccole imperfezioni di fattura.

Fra le vólte di materiali cavi si possono anche comprendere quelle formate coi mattoni cavi, di cui oggi si hanno molte forme, già indicate.

C) Verifica della stabilità di una vólta col metodo della statica grafica.

Nel descrivere i vari generi di vólta si sono già indicati in massima le grossezze che si devono assegnare alla chiave. Esistono molte altre formole, che qui non si è creduto necessario di trascrivere, tanto più che esse non sono, nè possono essere di assoluta esattezza. Trovati che si siano gli elementi di una vólta mediante una di tali formole, conviene verificare la stabilità della vólta propriamente detta e dei piedritti, ricorrendo al metodo della statica grafica. Qui si dà un esempio di verifica per vólta a botte, quella che più frequentemente accade di usare nella pratica. Per la verifica grafica degli altri principali generi di vólta, si rimanda agli speciali trattati, come quelli ad esempio del Gottgetreu, del Guidi, ecc. (v. *Bibliografia*).

a) Vólta propriamente detta.

Il carico totale della vólta si compone: del peso proprio della vólta, del peso del riempimento sovrastante e dei rin fianchi, e del carico accidentale. Questo carico totale sia ripartito simmetricamente rispetto alla sommità della vólta.

Determinata che sia la grossezza della vólta in chiave, essa si conserva uguale per tutta la vólta. È necessario ridurre il carico dovuto al riempimento ed ai pesi mobili od accidentali ad un carico eguale di un materiale, che abbia lo stesso peso specifico di quello della vólta. Ciò si ottiene diminuendo (od aumentando) le ordinate comprese tra l'estradosso della vólta e la linea che limita superiormente il riempimento, per modo che il rapporto fra le *altezze di carico* originarie e quelle modificate sia eguale al rapporto inverso dei due pesi specifici. La linea che riunisce le estremità superiori delle ordinate così ottenute si dice *linea di carico ridotta*.

Su ogni concio della vólta agiscono 3 forze: il proprio peso, la porzione di carico che gli corrisponde e le pressioni a cui è sottoposto da ambe le parti. Nella vólta non avverranno dunque movimenti di sorta quando dette 3 forze siano in equilibrio. Poichè l'andamento della linea di pressione media è determinato essenzialmente dalla successione delle linee di carico, ed assai meno dalla direzione dei giunti della vólta, per semplificazione invece delle sezioni radiali (conci della vólta) si possono prendere in considerazione delle striscie o liste verticali. Nel centro di gravità di ogni singolo pezzo o striscia si suppongono applicate quelle tre forze.

La pressione orizzontale — detta spinta della vólta — è in tutto l'arco la medesima; la pressione verticale invece è nulla nel punto più alto e va crescendo fino all'imposta, così che in ogni punto dell'arco è eguale al peso della parte del medesimo (inclusovi il carico di cui è gravata) dal vertice al punto considerato. Quindi all'imposta è eguale al peso dell'arco più il carico ridotto, dal vertice all'imposta.

Per ricercare ora se le forze nell'arco si trovano in equilibrio o no, si deve determinare la linea di pressione. Ciò si farà solo per una metà della vólta dal sommo all'imposta, poichè le vólte sono per lo più simmetriche. A questo scopo si divida questa metà (fig. 1251) con sezioni verticali in tante striscie di piccola larghezza e si portino nei centri di gravità delle medesime i pesi q_1, q_2 , ecc.; si disegni a parte una scala delle forze nella quale, per esempio, un centimetro indichi 100 o 1000 chilogrammi. Le lunghezze q_1, q_2 , ecc. rappresentano quindi un certo carico. Portandole di seguito l'una all'altra, si ottiene la linea delle forze $op = Q$; si traccia dall'estremità o di essa un'orizzontale, la cui lunghezza oo_1 rappresenti la spinta orizzontale non ancor nota e quindi assunta a volontà. Ad essa per avere l'equilibrio dovrà contrapporsi una forza k , di eguale grandezza. Se si tracciano le risultanti Sa, Sb, Sc dall'estremità della spinta orizzontale all'estremità delle forze verticali, sarà infine $Sc = o_1p$ la risultante generale di tutte le forze. Siccome poi le direzioni dei successivi raggi Sa, Sb, Sc , corrispondono alle direzioni dei successivi lati della linea (poligonale) di carico, o di pressione, e rappresentano ognuna la pressione che ogni concio esercita sul successivo, così nella linea di pressione la direzione di ogni lato è anche la direzione della risultante di tutte le forze precedenti questo lato.

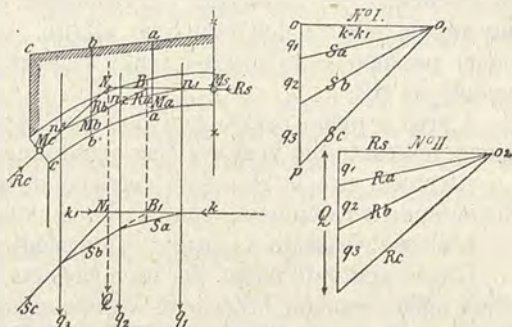


Fig. 1251.

Per costruire la linea di pressione delle forze, se ne comincia a scegliere il vertice Ms , a $1/3$ dall'estradosso, o per lo più nel punto di mezzo della grossezza della vólta. L'andamento successivo della linea di pressione dipende essenzialmente dal modo con cui viene collocata la spinta orizzontale. Se quindi, per maggior chiarezza, si disegna il poligono detto *funicolare* immediatamente al disotto della vólta, si trova il punto N_1 come punto d'intersezione della spinta orizzontale R colla risultante Sc . Innalzando da N_1 la perpendicolare, questa incontrerà in N l'orizzontale per Ms , e da N tirando la parallela a Sc si troverà il punto d'incontro col giunto d'imposta. Ora questo punto si troverà dentro o fuori del giunto, a seconda della grandezza della R , e siccome per la stabilità è necessario che la linea di pressione sia contenuta fra le due linee d'intradosso ed estradosso, così si fissa addirittura il punto Mc , o sul mezzo, o a $1/3$ del giunto d'imposta, a partire da c . Si unisce allora Mc con N e si adopera la direzione Rc invece della Sc per costruire un nuovo poligono delle forze. Quindi, segnata la verticale Q , (N. II) somma totale dei pesi, e condotta la Rc parallela alla $Mc - N$, il punto d'intersezione con la orizzontale Rs determinerà la grandezza della spinta orizzontale Rs , che passa per il punto Ms . Ora, per il punto di intersezione n_1 di Rs con q_1 si tiri la parallela a Ra e si segni il punto Ma di intersezione di aa colla linea di pressione e così di seguito. Se questa linea in qualche punto passa fuori dai contorni d'intradosso o d'estradosso della vólta, ciò indica che in quel punto si avrà la sezione di rottura della vólta e che la grossezza di questa è insufficiente. È ancora da notare che si ottiene la linea di pressione media come poligono funicolare, riunendo i punti d'intersezione n_1, n_2, n_3 , della linea di pressione

Per costruire la linea di pressione delle forze, se ne comincia a scegliere il vertice Ms , a $1/3$ dall'estradosso, o per lo più nel punto di mezzo della grossezza della vólta. L'andamento successivo della linea di pressione dipende essenzialmente dal modo con cui viene collocata la spinta orizzontale. Se quindi, per maggior chiarezza, si disegna il poligono detto *funicolare* immediatamente al disotto della vólta, si trova il punto N_1 come punto d'intersezione della spinta orizzontale R colla risultante Sc . Innalzando da N_1 la perpendicolare, questa incontrerà in N l'orizzontale per Ms , e da N tirando la parallela a Sc si troverà il punto d'incontro col giunto d'imposta. Ora questo punto si troverà dentro o fuori del giunto, a seconda della grandezza della R , e siccome per la stabilità è necessario che la linea di pressione sia contenuta fra le due linee d'intradosso ed estradosso, così si fissa addirittura il punto Mc , o sul mezzo, o a $1/3$ del giunto d'imposta, a partire da c . Si unisce allora Mc con N e si adopera la direzione Rc invece della Sc per costruire un nuovo poligono delle forze. Quindi, segnata la verticale Q , (N. II) somma totale dei pesi, e condotta la Rc parallela alla $Mc - N$, il punto d'intersezione con la orizzontale Rs determinerà la grandezza della spinta orizzontale Rs , che passa per il punto Ms . Ora, per il punto di intersezione n_1 di Rs con q_1 si tiri la parallela a Ra e si segni il punto Ma di intersezione di aa colla linea di pressione e così di seguito. Se questa linea in qualche punto passa fuori dai contorni d'intradosso o d'estradosso della vólta, ciò indica che in quel punto si avrà la sezione di rottura della vólta e che la grossezza di questa è insufficiente. È ancora da notare che si ottiene la linea di pressione media come poligono funicolare, riunendo i punti d'intersezione n_1, n_2, n_3 , della linea di pressione

colle linee di carico q_1, q_2, q_3 , e la linea di resistenza come poligono funicolare col-l'unione dei punti di intersezione Ma, Mb della linea di pressione colle verticali deter-minanti le striscie di divisione. Se si immaginano queste striscie o strati della vòlta, molto sottili, le linee di pressione media e di resistenza diventano curve continue, che quasi coincidono, onde nella maggior parte dei casi basta disegnare la linea di pressione media.

Perchè dunque vi sia stabilità, è necessario che la linea di pressione resti contenuta fra i due profili, e affinchè non si manifesti schiacciamento, che sia contenuta nel terzo medio dei due profili. Resta poi a verificare che nessun concio abbia a scorrere sul concio ad esso sottostante, e che in nessun punto la forza elastica non sia superiore al limite di sicurezza corrispondente alla muratura. Perciò bisogna che il terzo della lunghezza di ciascun giunto sopporti un carico non maggiore di 1 volta a 1 volta e $\frac{1}{2}$ la resistenza del materiale. La risultante deve fare colla normale al piano del giunto un angolo minore dell'angolo di attrito. In virtù della resistenza d'attrito, i primi concii possono essere posti senza centina fino al giunto che fa coll'orizzontale un angolo di 30° .

L'arco a pieno centro non può mai coincidere col tracciato di una curva di pres-sione, ma tanto più vi si avvicina quanto maggiore è il carico sui piedritti.

L'arco di circolo ribassato corrisponde a una curva di ripartizione dei carichi che si confonde sensibilmente con una linea retta.

L'ellisse ribassato dà risultati intermedi a quelli dei due casi precedenti.

L'arco acuto dà luogo, per un medesimo carico, a una spinta più debole, ma questa forza agisce con un braccio di leva maggiore rispetto all'imposta, ciò che fa perdere il vantaggio dovuto alla minore intensità di spinta.

Le condizioni di stabilità delle vòlte a padiglione si determinano collo stesso prin-cipio che serve per quelle a botte. Soltanto che in luogo di considerare una porzione di vòlta la cui lunghezza sia uguale all'unità, ciò che permette di non calcolare che delle superficie, si considera ciascuno spicchio di vòlta per tutta la sua estensione e si calcola il volume di ciascun concio, ossia di ciascuna striscia secondo cui fu diviso lo spicchio parallelamente all'imposta.

Nelle vòlte a crociera si devono impiegare delle curve di estradosso tanto più pronunciate, oppure una grossezza maggiore verso i reni e le imposte, quanto minore è la grossezza del piedritto. Si è visto che le vòlte a crociera sono sovente formate di spicchi leggeri appoggiati ad archi o nervature aggettanti dagli spicchi. In tal caso si calcolano gli archi in rapporto al peso dei due mezzi spicchi che gravitano sulla nervatura. In quanto alla spinta agente sul piedritto, essa deve essere composta con quella che risulta dall'arco diagonale adiacente e dall'arco di testa.

Un arco o una vòlta possono rovinare per tre cause. — 1) Il carico è maggiore della spinta, e allora la vòlta cade all'indietro, come indica la fig. 1252, rovesciando il piedritto all'esterno: è questa la causa a cui sovente è da attribuirsi la caduta delle vòlte ribassate circolari, ovali e a pieno centro. La vòlta presenta allora due giunti di rottura, uno alla chiave dalla parte dell'intradosso e uno presso i reni dalla parte dell'estradosso. In tal caso la curva di pressione passerebbe pei punti A e B e gli spigoli ad essi corrispondenti si schiaccerebbero immediatamente. Perchè vi sia l'equi-librio bisogna che la curva di pressione passi pei punti a e b in modo che Aa sia uguale circa a $\frac{1}{3}$ di AA' e $Bb = \frac{1}{3}BB'$. Conoscendo questi due punti e il carico, si determina, come si è visto, la spinta, e quindi i vari punti della curva di pressione. Se dalla verifica risulta che la vòlta tende a rovesciarsi all'interno, allora bisogna diminuire il carico adottando materiali più leggeri nella parte di vòlta tendente a cadere, o riducendo la grossezza della vòlta in tale parte. — 2) La spinta è maggiore del carico, e allora le rotture avvengono come indica la fig. 1253, ossia una porzione

della volta si stacca e cade all'esterno girando intorno a uno spigolo B dell'estradosso. È così che si rovesciano le volte a monta rialzata, quando non si è avuto cura di caricarle sufficientemente alla chiave. Perchè questo caso non si verifichi, bisogna che la curva delle pressioni passi tutto al più pei punti a e b , in modo che $Aa = \frac{1}{3} AA'$ e $Bb = \frac{1}{3} BB'$. Ammettendo che essa passi per questi due punti, si può determinare la spinta. Se la curva delle pressioni che poi se ne ottiene soddisfa in tutti i suoi punti alle condizioni precedenti, si può essere sicuri che la volta resisterà. Risultando dalla verifica che la volta tende a rovesciarsi all'esterno, allora bisogna aumentare la grossezza in chiave o impiegare materiali più pesanti e accrescere il sovraccarico. — 3) La volta può cadere per causa di scorrimento nei giunti: già si disse che, perchè non avvenga scorrimento, è necessario che la risultante delle pressioni su ciascun giunto faccia colla normale al piano del giunto un angolo minore dell'angolo d'attrito dei materiali impiegati. In generale si ha scorrimento quando la detta risultante sul giunto si avvicina all'orizzontale. Per raddrizzarla bisogna aumentare la sua componente verticale o diminuire quella orizzontale.

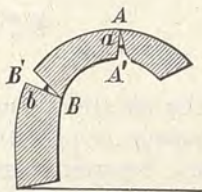


Fig. 1252.

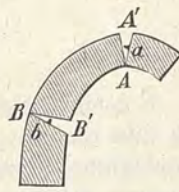


Fig. 1253.

β) Determinazione grafostatica degli appoggi.

Ai piedritti viene applicata la risultante della spinta orizzontale col peso della volta caricata, rappresentata in direzione e grandezza coll'ultima linea del poligono delle forze. Questa forza tende a produrre una dislocazione dei corsi orizzontali del piedritto e quindi un ribaltamento del medesimo intorno allo spigolo esterno della sua soglia di fondazione. A motivo della resistenza della malta si può immaginare che il piedritto formi un'unica massa omogenea, così che la spinta orizzontale si possa considerare come agente su quella. La condizione poi della stabilità del piedritto, rispetto al rovesciamento, è che i momenti della sollecitazione e della resistenza sieno eguali, od, esprimendosi graficamente, che la risultante di tutte le forze incontri la base cd del piedritto in un punto, che non cada al di fuori di essa.

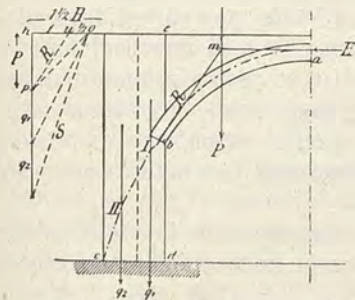


Fig. 1254.

Ordinariamente si ritiene come dato, che occorra una spinta orizzontale eguale a una volta e mezzo e fino a due volte la effettiva per rovesciare il piedritto. Non si ha altro quindi che prolungare la lunghezza hu del poligono delle forze, eguale alla spinta orizzontale della volta, di una metà o dell'intera sua lunghezza e poi dividere il piedritto in tante striscie (fig. 1254), i cui pesi q_1 e q_2 portati sulla verticale nella scala delle forze, servono a formare il poligono funicolare. Naturalmente in causa dell'aumentata lunghezza della spinta il primo lato del poligono funicolare del piedritto non sarà più sul prolungamento della R , ma parallelo ad op . L'ultimo lato IIc del poligono incontra in c la base del piedritto, ossia ancora dentro alla base, e quindi il piedritto si può considerare stabile. Per la buona stabilità bisognerebbe che questo punto cadesse nel terzo medio della base, e quando cade fuori, allora o bisogna aumentare la grossezza del piedritto, oppure costruirlo con materiali più pesanti e aumentare il suo sovraccarico.

XII. — AVVERTENZE NELLA ESECUZIONE DEGLI ARCHI E DELLE VÔLTE

È buona regola che un arco di media portata sia costruito contemporaneamente da due muratori, e quando la portata è molto grande e l'arco sia piuttosto largo si impieghino 4 muratori, 2 per ciascuna faccia dell'arco. Il lavoro si incomincerà dalle imposte proseguendolo simmetricamente fino alla chiave e senza lunghe sospensioni, perchè la malta, facendo presa in modo irregolare, assumerebbe una consistenza variabile e dannosa. L'ultimo mattone o serraglia si deve collocare colla massima esattezza, senza però spingerlo a forza. Le imbotte delle grandi arcate da ponte si fanno in parecchie sezioni per accelerarne la formazione. Non bisogna lavorare a lisciatura i piani d'appoggio dei materiali dell'arco, perchè la malta vi aderisce male.

La malta da adoperarsi dev'essere preparata accuratamente. Si aveva un tempo l'opinione che una malta di calce a presa lenta, la quale potesse seguire le variazioni dell'arco nel suo assettamento fosse preferibile ad una malta di cemento a rapida presa. Ma dopo ripetute esperienze e dopo gli studi fatti sulla resistenza delle malte cementizie alla tensione ed alla compressione si è riconosciuto che è meglio adoperare della buona malta di cemento Portland, la quale è la più adatta a impedire le maggiori deformazioni degli archi e delle vòlte.

Se la vòlta è soggetta ad uno sforzo soltanto di 12 ÷ 15 Kg. per cm² di sezione basta una miscela di una parte di cemento, una di calce e sei di sabbia silicea, od anche un buon cemento tufaceo di 1 parte di tufo, 1 di calce e 1 di sabbia. Se però la pressione è sensibilmente maggiore, cioè di 30 fino a 50 Kg. per cm² si deve adoperare malta di cemento composta di una parte di cemento e di due o al più tre di sabbia. Non si deve trascurare di bagnare i mattoni o le pietre prima di adoperarli, come pure di tener umida la vòlta e riparata dai raggi solari per alcune settimane. Anche nella esecuzione delle vòlte è buona pratica scambiare di posto i muratori perchè, in seguito alle abitudini e attitudini personali, non ne esca un'opera squilibrata e sensibilmente diversa nelle sue parti.

Un'attenzione speciale si deve usare nella chiusura in chiave delle vòlte, poichè la chiave deve essere così serrata da evitare, nel disarmo, un cedimento capace di dislocare la costruzione.

Bisogna che i due letti laterali al concio di chiave siano ben uguagliati, poi siano coperti con malta consistente e subito venga collocato il concio o i conci di chiave, battendoli con un martello di legno. Dopo si introducono nei giunti delle scaglie di pietra dura. Si può anche collocare la chiave a secco e poi colare e comprimere nei giunti la malta di cemento.

Quando si hanno da eseguire archi o vòlte monolitiche di semplice calcestruzzo cementizio, oppure armate di ferro, bisogna cercare di procedere colla massima celerità e procedere nel getto simmetricamente dalle imposte verso la chiave, ove converrà pure incominciare il getto per impedire delle deformazioni nelle centine, e in ispecie il rialzamento in chiave, che darebbe luogo poi a un maggior cedimento nel disarmo, con conseguente maggior pericolo di fenditure nella massa. È necessario quindi disporre le cose in cantiere in modo che si possa fornire il massimo d'impasto nel minor tempo possibile, e che l'impasto possa essere messo a posto colla maggior celerità. La grossezza dell'arco o della vòlta si potrà formare procedendo a strati di 15 ÷ 20 cm. di altezza paralleli all'imbotte, comprimendoli bene, ma lasciando

molto ruvida la superficie superiore di ciascuno strato, ossia il piano di posa dello strato successivo. Questo naturalmente quando non si trovi conveniente di procedere a strati paralleli all'imposta, ossia a strati radiali, simili ai conci di un arco di pietra o ai filari di una vólta.

XIII. — ARMATURE PER ARCHI, VÓLTE, SOLAI DI GETTO

Generalità. — Si è già visto come si possano costruire degli archi e delle vólte senza il sussidio di un'armatura provvisoria, la quale serva a sostenere i materiali di cui sono formati l'arco e la vólta fintantochè questi, mediante il collegamento delle malte od anche solo mediante la reciproca compressione dopo la chiusura in chiave, abbiano formata una massa capace di sostenersi da sola e di resistere alle sollecitazioni esterne ed a quelle interne che si sviluppano quando essa è abbandonata a sè.

Si è già anche incidentalmente fatto qualche cenno intorno alle armature o centinature parlando di vólte speciali, come delle anulari, di quelle a vela e delle vóltine. Qui si cercherà di dare un concetto completo di questo argomento, al quale talvolta non si dà tutta l'importanza che ha realmente, d'onde gli inconvenienti, i danni ed anche le disgrazie che ne possono conseguire. La formazione delle centinature è più spesso opera di carpentiere, e difatti questo lavoro avrebbe dovuto trovar posto nel capitolo che tratta della carpenteria, ma sia perchè molto spesso gli stessi muratori impiantano le armature d'arco o di vólta, sia perchè la funzione della centina meglio si comprende dopo che si è visto come si costruiscono e si comportano le opere che essa deve sostenere, così si è creduto più opportuno di trattarne ora.

Lo scopo dell'armatura a centina è duplice, dovendo essa servire non solo a sostenere i materiali fino al compimento dell'opera, ma anche a dare alla vólta la forma che deve presentare il suo intradosso. Perciò in ogni armatura di arco o vólta si distinguono due parti: una resistente al peso dei materiali, di cui viene caricata durante l'esecuzione dell'opera, detta *centina* o *centinatura*, e l'altra adatta a dare la forma dell'intradosso, ossia presentante la superficie superiore identica a quella dell'intradosso, la quale è detta *manto* o *dossale*.

Distinzione delle centinature. — Le armature di centina si possono suddividere secondo la forma della vólta, il sistema adottato per la centinatura, la corda dell'arco o della vólta, o l'importanza dell'opera da costruirsi. Secondo il sistema le centine si classificano in:

1° *centine fisse*, nelle quali l'armatura riposa sopra dei punti d'appoggio collocati nell'intervallo delle spalle o piedritti;

2° *centine a sbalzo*, nelle quali l'armatura è sostenuta soltanto alle imposte sulla muratura dei piedritti. Queste a loro volta si distinguono in:

a) *rigide*, se esistono delle *catene* orizzontali;

b) *flessibili*, se non esistono *catene* o *tiranti* orizzontali;

3° *centine miste*, nelle quali l'armatura è bensì sostenuta alle imposte, ma presenta la possibilità di avere qualche sostegno anche nell'intervallo dei piedritti, specialmente in alcune fasi della costruzione della vólta;

4° *centine scorrevoli* e *girevoli*, nelle quali l'armatura può spostarsi a misura che si progredisce nella costruzione della vólta; esse servono specialmente per gallerie o vólte di gran lunghezza o per cupole;

5° *centine sospese* o *aeree*, nelle quali l'armatura è sostenuta sullo spazio a coprirsi. Esse servono per alti ponti e viadotti, oppure per la demolizione delle vólte.

In generale le centine sono formate con legnami, ma se ne fanno anche con legno e mattoni, ciò che costituisce una particolarità dei muratori italiani. Naturalmente queste armature non servono che per piccoli vòlти, e sono formate da legni inclinati collocati fra l'imposta e la chiave, i quali sostengono dei mattoni variamente disposti che formano l'intradosso, oppure con uno o più legni orizzontali, che sorreggono alle loro estremità le pile di mattoni per l'intradosso. Il manto, ossia la curva regolare e continua dell'intradosso si ottiene rivestendo i mattoni con malta di terra argillosa o meglio con malta di calce. Queste centine hanno il pregio di essere semplicissime e di costar poco. Si fanno anche delle centinature di ferro e di ghisa, ed anche di terra, le quali ultime si usano specialmente per le vòlte rovesce, che restano appoggiate sul terreno.

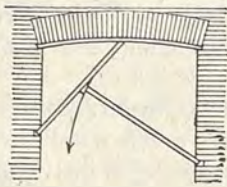


Fig. 1255. — Armatura per piattabanda.

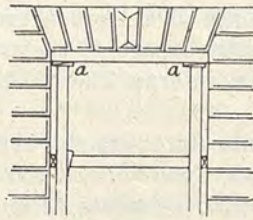


Fig. 1256. — Armatura per piattabanda in vivo.

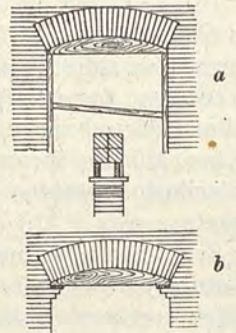


Fig. 1257. — Armatura di archetto in mattoni.

Esempi di centinature. — Per piattabande di mattoni di limitata ampiezza si pone una tavola orizzontalmente sotto l'arco da costruire sostenendola nel mezzo mediante un'altra inclinata a 45°, tenuta a sua volta a posto di altra inclinata. Queste due ultime tavole si appoggiano in qualche incavo lasciato nel muro o su qualche mattone che si sia lasciato sporgente. Premendole fortemente si ottiene una leggera curvatura nella prima tavola, ciò che serve a dare un po' di monta all'arco-piattabanda (fig. 1255). Le piattabande in vivo, in causa del loro peso, devono essere sostenute da armature, i cui ritti sono sbadacchiati in mezzo con puntelli, per impedirne l'incurvamento (fig. 1256): dei piccoli cunei *a* servono a lasciare un po' di giuoco ed a facilitare il disarmo.

Per piccoli archi a monta ribassata basta come sagoma una tavola tagliata a forma d'arco, appoggiantesi o su mattoni sporgenti lasciati appositamente (fig. 1257 *b*), oppure sopra due tavole verticali sbadacchiate (fig. 1257 *a*). Se l'arco non ha grande grossezza bastano due di queste sagome per sostenere i materiali delle vòlte: se è grosso, ossia diventa una vòlta a botte ribassata, ne occorrono parecchi disposti da m. 0,75 a m. 1,10 al massimo di distanza, inchiodati insieme con sottili assicelle o con listelli.

Per vòlte leggere servono delle centine formate con semplici tavole chiodate a ridosso (fig. 1258) e segate secondo la curva d'intradosso della vòlta, oppure presentanti un poligono di perimetro molto prossimo a detta curva, la quale si ottiene poi aggiustando sulle tavole dei piccoli cunei di legni tagliati secondo la voluta curva. Per archi fino a circa 3 metri d'ampiezza servono da centina dei tamburi formati con listelli inchiodati sulle tavole (fig. 1259). Quando il vòlto è di materiali minuti, allora bisogna che il manto, fatto con tavole o listelli, sia continuo: se invece l'arco è in pietra da taglio, allora il manto può essere discontinuo, ossia formato da listelli, detti *dossali* discosti l'uno dall'altro, in modo che ogni concio sia sostenuto da uno o due listelli a seconda della larghezza del concio e del suo peso. Tra i sostegni e il tamburo si interpongono dei piccoli cunei *a* per poter lasciare un po' di giuoco alla centina per l'assetto dell'arco. Sino a 6 metri d'ampiezza si possono adoperare centine come quelle della fig. 1259. Per poter segnare i giunti, si conficca un chiodo

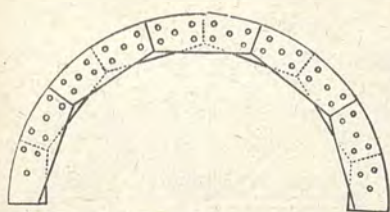


Fig. 1258. — Centina di tavole per vòlte leggere.

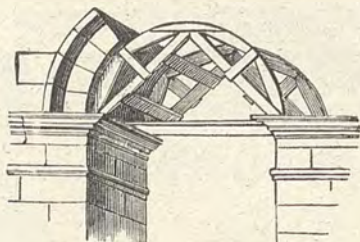


Fig. 1260. — Armatura per arco in pietra da taglio.

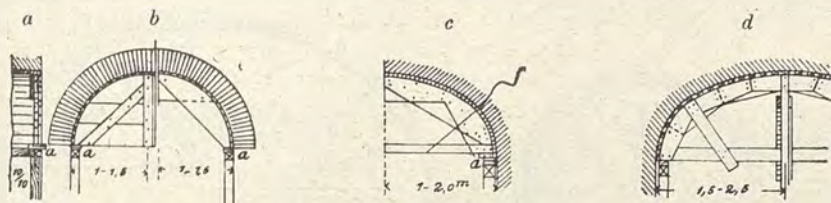


Fig. 1259. — Centine per vòlte leggere fino a 6 metri di ampiezza.

nella traversa d'imposta e nel centro, o nei vari centri, della curva d'intradosso e per mezzo di una funicella tesa infissa ad un capo nel chiodo si tracciano i giunti normali alla curva d'intradosso. Queste centine si possono rinforzare con un

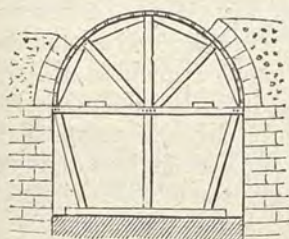


Fig. 1261. — Armatura fissa per vòlta leggera.



Fig. 1262. — Armatura per vòlta di canale.

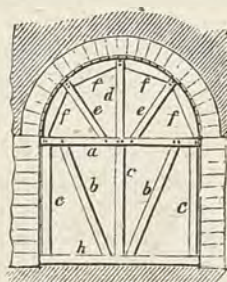


Fig. 1263. — Armatura di centina per vòlte considerevoli.

puntello mediano e con saettoni a 45° (fig. 1259 d). Un tipo di centine molto semplice e nello stesso tempo solido, è quello indicato dalla fig. 1260, adatto alla costruzione di un arco in pietra da taglio. Altro tipo d'armatura fissa per vòlta leggera è quello della fig. 1261. La fig. 1262 rappresenta un'armatura per vòlta di canale e la fig. 1263 quello di un'armatura fissa per vòlte di corda e peso considerevoli. Vari altri tipi si sono indicati nelle figure 1264, 1265, 1266 e 1267. Un tipo speciale di centinatura è quello così detto *a ventaglio*: esso può servire per vòlte di corda e grossezza considerevole. Le centine di questo sistema sono in generale formate da una corrente orizzontale di 15 ÷ 20 cm. di grossezza, a spigoli smussati, dalla quale si diramano, in senso radiale, delle aste di legno della grossezza di 6 ÷ 9 cm. sostenenti a lor volta un listello che presenta la voluta curvatura e chiodato sulle dette aste. Centine siffatte possono servire per vòlte grosse fino a 60 cm. Per grossezze maggiori, o per corde piuttosto ampie, conviene ricorrere alle centinature rappresentate nelle figure 1268, 1269, la prima delle quali servì per una vòlta semicircolare di m. 11,30 di corda. In questo sistema di centine i pezzi principali sono cimentati soltanto a uno sforzo di compressione.

a, catena o architrave; b, b, saettoni; c, c, c, ritti; d, monaco; e, e, saette; f, f, f, f, tavole della centina; h, banchina.

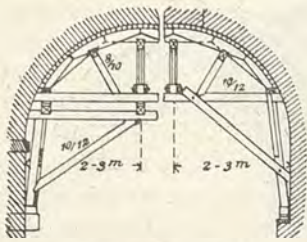


Fig. 1264.

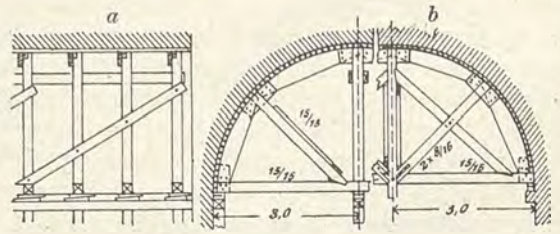


Fig. 1266 a, b.

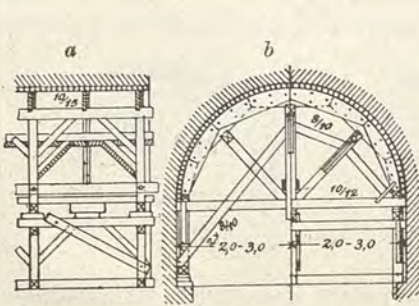


Fig. 1265 a, b.

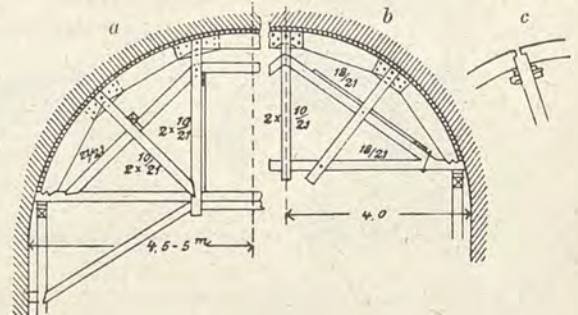


Fig. 1267 a, b, c.

Fig. 1264 a 1267. — Vari sistemi di centinature.

Molti altri esempi di centinature si potrebbero indicare, ma siccome si può ben dire che caso per caso bisogna studiare la centinatura anche in relazione ai materiali che si hanno disponibili, alla qualità e abilità degli operai addetti al lavoro, così si ritengono sufficienti, per dare un'idea di queste opere, gli esempi sopra riportati. Si darà ancora un esempio di centinature scorrevoli, le quali sono utilissime per la costruzione di lunghe vòlte, e permettono di realizzare notevoli economie.

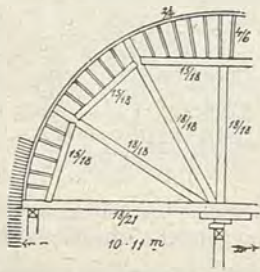


Fig. 1268.

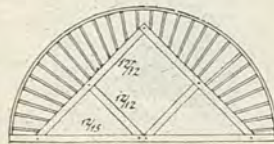


Fig. 1269.

Fig. 1268 e 1269. — Centine a ventaglio.

L'esempio si riferisce alla centina mobile adoperata per la costruzione del condotto sotterraneo di fognatura sotto il boulevard Sébastopol a Parigi (fig. 1270 a, b, c, d).

Su due lungarine laterali, munite di ferro d'angolo, scorre per mezzo di rotelle un tamburo formato con tavole d'intradosso, saette, monaco e catena rialzata. Durante la costruzione della vòlta corrispondente alla lunghezza del tamburo, questo riposa sopra dei cuscinetti fissi a cuneo.

Per il disarmo si solleva di poco, mediante viti speciali, la traversa *ab* in modo da poter togliere i cuscinetti fissi, e quindi si fa discendere le centine sopra le lungarine. La centina si può allora far scorrere nel punto voluto e collocare all'altezza conveniente mediante le dette viti e i cunei. Grazie a tale sistema, l'operazione del disarmo e del ricollocamento delle centine si eseguiva in due ore soltanto, mentre invece con altri sistemi sarebbero occorse almeno 12 ore.

Armature pei vari generi di vòlte. — Le centine per gli archi e le vòlte a botte retta ed a botte rampante si dispongono in piani normali alle generatrici dell'intradosso; le centine estreme saranno site sui piani di testa. Però pei vòlta a botte, i

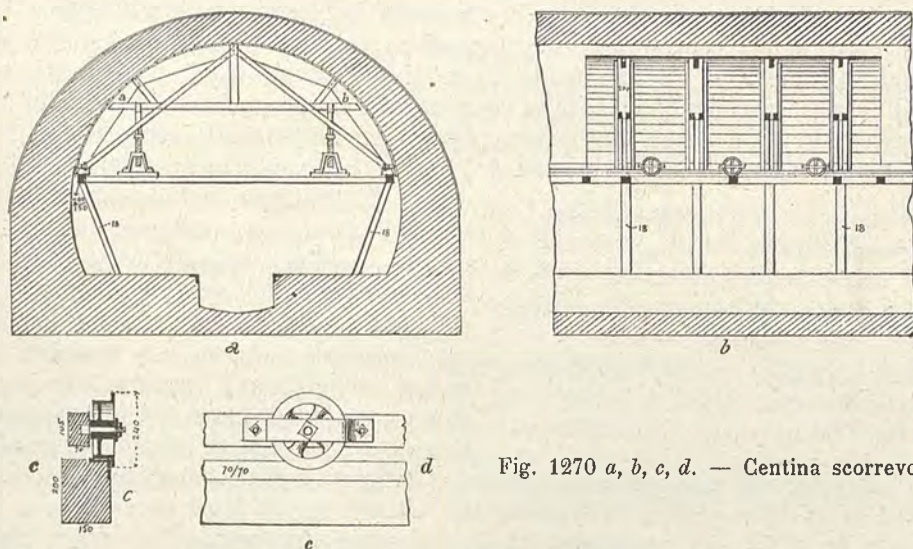


Fig. 1270 a, b, c, d. — Centina scorrevole.

quali anzichè da piani di testa sono limitati da due superficie curve d'imposta su archi o su muri, queste imposte stesse possono fungere da centine estreme. La distanza fra due centine successive varierà da 60 centimetri a m. 1,20, a seconda della maggiore o minor corda del vòlto. Le tavole del manto si dispongono colla loro lunghezza nel senso delle generatrici.

Per gli archi cilindrici obliqui con generatrici orizzontali e per le vòlte a botte sbieche, le centine estreme si disporranno secondo i piani di testa, quelle intermedie parallele alle estreme od anche in piani normali alle generatrici.

Per gli archi e le vòlte a generatrici inclinate all'orizzonte si possono adottare centine disposte in piani perpendicolari alle generatrici, oppure in piani verticali.

Per l'armatura delle vòlte anulari-elicoïdali già si disse a pag. 518. Per le vòlte anulari si disporranno le centine come per le anulari-elicoïdali, solo che esse saranno tutte ad un piano e le imposte saranno circonferenze anzichè eliche.

Per gli archi e pei vòlto conici converrà disporre due centine secondo i piani di testa, e altre centine intermedie parallele ai piani medesimi. Queste centine non sono più eguali fra di loro, e facilissimo riesce il determinare quale debba essere la loro curvatura, non essendo altro che intersezioni di un cono con un piano verticale. Le tavole del manto si disporranno secondo le generatrici; potranno essere rettangolari ma piuttosto ristrette, oppure di forma trapezia, se la superficie conica d'intradosso si scosta molto dalla superficie cilindrica.

Le armature per gli archi ed i vòlto conoidici sono analoghe a quelle pei vòlto conici. Le tavole del manto si disporranno colla loro lunghezza secondo le generatrici della superficie conoidica.

L'armatura per una vòlta a bacino sarà formata da tante mezze centine contenute in piani verticali passanti per la saetta.

Queste mezze centine partendo dall'imposta del vòlto vanno a collegarsi fra di loro alla sommità del medesimo. Questo collegamento si fa ben di frequente mediante un robusto pezzo cilindrico disposto col suo asse secondo la saetta del vòlto.

L'esperienza ha dimostrato che in virtù dell'attrito i conci hanno solo bisogno di essere sorretti quando il loro piano di posa fa un angolo maggiore a 30° coll'orizzontale, quindi nel caso di una vòlta a monta molto rialzata una buona porzione del vòlto a partire dalla imposta non richiede armatura, e solo si disporranno alcune centine

per potere assegnare all'intradosso la curvatura richiesta; anzi per il vólto a bacino sferico basterà una centina girevole intorno ad un asse diretto secondo la saetta. L'armatura robusta col relativo manto si praticherà soltanto per la parte centrale.

Per le vólte a conca (fig. 1271) si disporrà una centina principale secondo l'ellisse direttrice EF. Due mezzecentine secondo le semiellisse GH. Altre mezzecentine poste simmetricamente per rapporto al piano GH secondo diverse semiellissi generatrici. Tutte queste mezzecentine dovranno ben collegarsi colla centina principale.

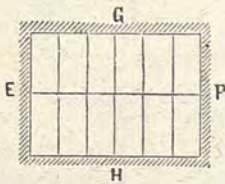


Fig. 1271.

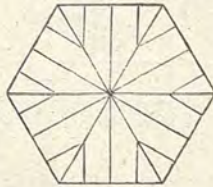


Fig. 1272.

Per le vólte a vela sferiche e sferoidiche si disporranno delle centine secondo le linee d'imposta, e tante mezzecentine disposte in piani verticali passanti per la saetta e pei vertici del poligono d'imposta; altre porzioni di centine secondo piani verticali passanti per la saetta e normali ai lati del poligono suddetto;

altre secondo piani verticali paralleli e simmetrici rispetto agli ultimi accennati, e infine delle altre centine intermedie alle ultime, se ciò fosse necessario.

Nella fig. 1272 si è rappresentata in proiezione orizzontale l'armatura per una vólta a vela su base esagona.

Le armature per le vólte aventi per intradosso porzione di un'ovoloide a rivoluzione o di ellissoide a tre assi sono analoghe a quelle delle vólte a vela sferiche e sferoidiche.

Per la vólta a vela anulare rappresentata nella fig. 1046 si disporranno tre centine principali nei piani verticali, che hanno per traccia orizzontale le tre rette UV, AB, CD. Altre si disporranno in piani verticali intermedi e paralleli ai primi. Tutte queste centine risultano evidentemente circolari. È bene che non siano discoste le une dalle altre più di 50 cm. per potere adottare pel manto dei pezzi di tavola piuttosto corti, in modo da risulturne una superficie poliedrica, poco discosta da quella d'intradosso, da potersi convenientemente regolarizzare con uno strato di terra o di sabbia umida.

Per il vólto a vela su pianta rettangolare (fig. 1033) si disporranno delle centine secondo i piani verticali passanti pei lati di base; una centina secondo la direttrice DC. Altre centine secondo diverse generatrici.

Per il vólto a strombatura rappresentato nella fig. 1058 si disporranno due centine secondo i piani verticali passanti per AB e DC, altre centine secondo piani verticali intermedi e paralleli agli accennati.

Per il vólto a padiglione (fig. 1273) si disporranno delle centine principali secondo gli spigoli, altre secondo i piani verticali passanti pel vertice del vólto e perpendicolari ai lati di base. Altre porzioni di centine si disporranno in piani verticali perpendicolari ai lati, fissandole sulle centine principali.

Per la vólta a botte con teste di padiglione, rappresentata in pianta nella fig. 1274, si collocheranno delle centine secondo i piani normali alle basi del trapezio e passanti pei vertici E ed F. Si dividerà la retta EF in un conveniente numero di parti e tante centine si disporranno nei piani verticali passanti per quei punti di divisione

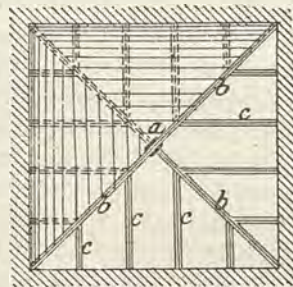


Fig. 1273 — Centinatura per vólte a padiglione.

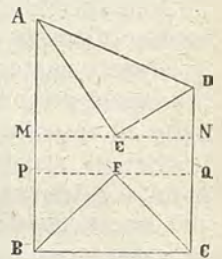


Fig. 1274.

parallelamente a quelle già collocate. Quattro mezze centine si disporranno secondo gli spigoli EA, ED, FB, FC del vòlto, le quali si collegheranno per bene colle centine PN e QN. Altre porzioni di centina si disporranno secondo piani verticali perpendicolari ai lati AD e BC, e queste si fisseranno alle centine collocate secondo gli spigoli. Una disposizione analoga si adotterà per le centine proiettantesi nei triangoli EAM, EDN, QFC, BFP.

L'armatura per una vòlta a schifo (vedi fig. 1089) si comporrà di porzioni di centine disposte nei piani verticali che passano per gli spigoli. Queste saranno per l'estremità inferiore sostenute da ritti o da mensole e le estremità superiori fissate saldamente ad un robusto telaio, formato con tavole dirette secondo i lati del poligono IKML, e sostenute con ritti diretti secondo le verticali passanti pei suoi vertici. Altre porzioni di centina si collegheranno in piani perpendicolari ai lati del poligono di base, spaziate fra loro da 60 centimetri ad 1 metro e fissate superiormente ai lati del telaio. Le tavole del manto si disporranno secondo le generatrici delle varie superficie cilindriche. Il manto corrispondente alla parte piana sarà costituito da tavole adagiate sul telaio, e sostenute da travi o travicelli, secondo la grandezza della parte piana.

Nel vòlto a schifo con gavetta si adotteranno per l'armatura le stesse disposizioni, ad eccezione della parte centrale, che, dovendo essere coperta con vòlto a padiglione, sarà necessario di armarla come si è detto parlando di queste vòlte, e le centine, che servono allo scopo, dovranno inferiormente unirsi al telaio ed ai ritti su cui il telaio è appoggiato.

Per le vòlte a crociera con unghie cilindriche o cilindroidiche si collegheranno delle centine nei piani verticali passanti pei lati del poligono coperto, che assecondino le linee d'imposta del vòlto. Si collegheranno delle centine principali secondo gli spigoli del vòlto. E finalmente delle porzioni di centina contenute in piani verticali paralleli alle curve d'imposta e colle loro estremità ben unite alle centine principali. Le tavole del manto si disporranno secondo le generatrici delle diverse unghie.

Le armature per le vòlte a crociera con unghie sferiche consteranno ancora di centine disposte secondo le linee d'imposta, di centine secondo gli spigoli del vòlto e di altre disposte in piani paralleli alle curve d'imposta, cioè secondo tante generatrici dell'unghia. Queste centine saranno evidentemente archi circolari.

Per le armature delle vòlte lunulate si disporranno le centine come se si trattasse di un vòlto senza lunette. Vi si inchiederà sopra il manto, avvertendo che questo si potrà risparmiare per le porzioni corrispondenti alle lunette. A questa armatura si collegheranno porzioni di centine disposte secondo gli spigoli delle lunette, ed a queste ultime si collegheranno le altre porzioni di centine che occorreranno per formare l'armatura dell'unghia cilindrica o sferica che deve costituire la lunetta.

Più semplice ancora sarà l'armatura delle vòlte che presentano quelle specie di lunette indicate a pag. 575 (fig. 1189), poichè le vòlte che devono coprire le interruzioni del vòlto principale sono pressochè piane, si possono armare con poche tavole convenientemente tagliate e collegate all'armatura principale.

Per le armature delle vòlte a fascioni si adottano delle robuste centine collocate nei piani di testa dei fascioni. Sulle due centine corrispondenti a ciascun fascione si disporranno le tavole del manto secondo le generatrici della superficie d'intradosso del fascione. Rese poi le armature dei diversi fascioni ben ferme mediante opportuni sbadacchi, si passa alla costruzione degli arconi costituenti i fascioni. Le armature per le vòlte che devono coprire i vani lasciati dai fascioni saranno quelle che convengono alla forma che vuolsi assegnare alle superficie d'intradosso di quelle vòlte, e serviranno a sorreggere quelle armature. le centine dei fascioni, i fascioni stessi ed i muri a cui dette vòlte si devono impostare.

Le armature per le vòlte a cupola composta, di piccole dimensioni, si potranno ottenere disponendo delle porzioni d'armatura di vòlta a vela e collegandovi l'armatura di una vòlta a bacino o di una vòlta a padiglione, a seconda della composizione della cupola.

Per una cupola composta di grandi dimensioni sono insufficienti le armature formate con centine di tavole e bisogna ricorrere a robuste armature formate con tavoloni o con travi convenientemente collegate fra loro.

Calcolo della pressione normale su una centinatura. — La pressione dell'arco o vòlta sulla centina cresce dall'imposta alla chiave, come indica la fig. 1275, nella quale i raggi compresi fra le due curve AB ed AC misurano la intensità della pressione nei vari punti.

Le membrature dell'armatura dovranno naturalmente essere più robuste là dove la pressione è maggiore ed essere così disposte da resistere bene allo sforzo a cui

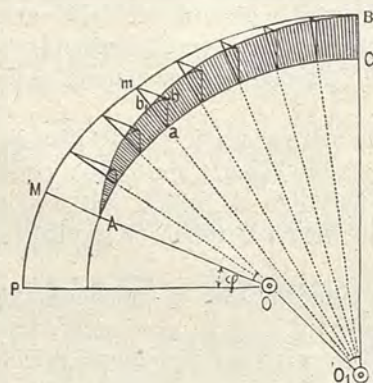


Fig. 1275. — Pressione normale sulla centinatura.

Se α è l'angolo che un giunto fa colla verticale, δ la grossezza della vòlta e γ il peso dell'unità di volume del materiale della vòlta, la pressione radiale in corrispondenza al giunto considerato, a vòlta chiusa, sarà:

$$R = \gamma \delta \cos \alpha (1 - \operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \alpha),$$

equazione che corrisponde alla rappresentazione della fig. 1275 e che dà il valore minimo di R , cioè $R = 0$ per $\alpha = 90 - \varphi$ e il massimo di R , cioè $R = \gamma \delta$ per $\alpha = 0$.

Se si indica con n il numero dei giunti da BC in MA, R_1, R_2, \dots, R_n gli sforzi esercitati sulla centina dall'arco; $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ le pressioni normali sui giunti inferiori dei conci; P_1, P_2, \dots, P_n i pesi dei conci o porzioni d'arco 1, 2, \dots, n ; Z_1, Z_2, \dots, Z_n la lunghezza dei giunti inferiori dei conci; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ gli angoli dei giunti inferiori colla verticale; f il rapporto fra attrito e pressione; y il valore della coesione che deve esser vinta per generare lo scorrimento dei giunti, si ha l'equazione generale:

$$R_n = -T_{n-1} (1 + f^2) \operatorname{sen} (\alpha_n - \alpha_{n-1}) + y Z_{n-1} \cos (\alpha_n - \alpha_{n-1}) - f \operatorname{sen} (\alpha_n - \alpha_{n-1}) + P (\cos \alpha - f \operatorname{sen} \alpha) - y Z_n$$

colla quale si può trovare R in chiave osservando che allora $T = 0$ e $y Z_0 = 0$, e sul primo giunto $R_1 = P_1 (\cos \alpha_1 - f \operatorname{sen} \alpha_1) - y Z$, essendo $T_1 = P_1 \operatorname{sen} \alpha_1$, e così di seguito.

Supponendo che la forza di coesione sia nulla, allora le equazioni diventano:

$$T_n = T_{n-1} [\cos (\alpha_n - \alpha_{n-1})] + f \operatorname{sen} (\alpha_n - \alpha_{n-1}) + P_n \operatorname{sen} \alpha_n$$

$$R_n = -T_{n-1} (1 + f^2) \operatorname{sen} (\alpha_n - \alpha_{n-1}) + P_n (\cos \alpha_n - f \operatorname{sen} \alpha_n).$$

Si dovrà quindi, per conoscere il carico totale ripartito sulle centine, fare il calcolo per ciascun concio o porzione di arco, finchè $\cos \alpha - f \operatorname{sen} \alpha = 0$; al disotto di questo punto la centina non sopporterà più nessun carico.

Il Desjardins dà per valore della pressione di una vólta sulla sua centina, riferita all'unità di lunghezza dell'intradosso, secondochè la vólta è o non circolare, le espressioni:

$$p = M \left(c + \frac{c^2}{r} \right), \text{ oppure } p = \left(c + \frac{c^2}{R} \right)$$

in cui p è la pressione normale sulla centina per unità di lunghezza dell'intradosso, M il peso della muratura, c la grossezza in chiave, r il raggio dell'intradosso, R il raggio di curvatura dell'intradosso in chiave. Queste formole danno la pressione in chiave. In esse non si tien conto nè dell'attrito, nè della coesione, e quindi si può ritenere che esse danno il *limite superiore* della pressione normale.

Distanza fra le centine, struttura del manto e delle altre parti dell'armatura. — Una volta conosciuta la pressione sulla centina, bisogna calcolare le parti che la compongono e che devono essere combinate nel modo più economico. Bisogna dapprima fissare il distanziamento delle centine, poichè se queste sono troppo distanziate sopportano, come il manto, un carico troppo forte, da cui la necessità di adoperare dei legnami di maggior squadratura, più costosi per acquisto e per collocamento in opera. Se invece sono troppo vicine si otterrà una grande economia sul valore dei materiali, ma viceversa aumenterà la mano d'opera per ogni metro cubo.

In pratica si fa variare il distanziamento fra metri 1,20 e 2 e si arriva anche a m. 2,50. A parità di costo è però meglio attenersi al distanziamento minore per ottenere migliori risultati nel disarmo.

Quando si sia stabilita la distanza fra le centine restano a determinarsi le dimensioni del manto, i cui organi si possono paragonare a pezzi appoggiati agli estremi, onde per essi si può ricorrere alla formola:

$$\frac{pL^2}{8} = \frac{Rbh^2}{6}$$

in cui p è il carico uniformemente distribuito per metro, L la lunghezza del pezzo, R il coefficiente di resistenza del legno = 750,000, b la lunghezza e h l'altezza del pezzo. Se si tratta di tavole si può ricorrere alla formola:

$$h = \frac{40}{1000} l \sqrt{e}$$

in cui h è la grossezza delle tavole, l la distanza fra le centine ed e la grossezza della vólta in chiave.

Per accrescere la resistenza dei pezzi del manto s'inchiodano le estremità di essi sulle centine: così essi servono anche a collegare le centine alla sommità, ove è più facile il rovesciamento. In generale questi pezzi sono più lunghi dello spazio fra due centine, sicchè appoggiano su tre o quattro centinature, ciò che contribuisce ad aumentarne la resistenza, poichè allora si trovano nel caso di solidi a più appoggi. Il distanziamento dei pezzi del manto dipende dalla natura della muratura della vólta. Quando essa è di materiali minuti o di calcestruzzo, il vano fra un listello e l'altro deve essere di 3 ÷ 4 cm.; se si tratta di cunei di pietra si può mettere un solo listello sotto a ciascun concio. Però non bisogna abusare, per economia, di questo maggiore distanziamento: si avrebbero poi dei legnami di dimensioni troppo grandi e quindi più costosi.

In tutte le centinature le sole membrature che lavorano alla flessione sono quelle formanti la centina, ossia direttamente sorreggenti il manto e i falsi puntoni. Queste

membrature non devono assumere freccia sensibile, potendo ciò nuocere alla stabilità e alla curvatura dell'intradosso. È quindi prudente di ridurre al minimo la lunghezza di tali membrature. Tutti gli altri organi non lavorano che a compressione e non sono d'altra parte esposti che a una debole flessione sotto tale pressione di punta. Del resto la freccia, sovente inapprezzabile, dovuta a detta flessione, può essere ancora diminuita, aggiungendo delle ganasce che colleghino i vari organi. Quello che è da temersi è l'avvicinamento in certe commesure, in causa di irregolarità nella lavorazione delle membrature. Si può però rimediare a tale inconveniente stringendo le commettiture con staffe di ferro o altri mezzi.

Riguardo alla combinazione particolare delle diverse membrature delle centinate non si possono dare regole generali: bisogna soltanto ricordare che si deve:

1° impedire l'innalzamento della centina in chiave, mediante ganasce o briglie dirette dalla chiave all'imposta, oppure, come già si disse, mediante un sovraccarico in chiave durante la costruzione dei reni delle volte;

2° comporre tutti gli sforzi, fin dove sia possibile, in risultanti orizzontali che si neutralizzino; ciò che si ottiene costruendo la volta contemporaneamente dalle imposte alla chiave.

In generale tutte le membrature devono essere disposte in modo che il loro insieme formi tanti triangoli indeformabili, i cui tre angoli siano possibilmente uguali fra di loro. Così l'insieme forma un sistema rigido, che riporta tutta la pressione sui puntelli d'appoggio.

Posa delle centine. — Quando si colloca una centina si ha l'abitudine di darle un certo rialzamento per compensare l'abbassamento prodotto dal cedimento della volta, che può avvenire tanto per l'assetto dei materiali, che si stima di 0,007 della portata per archi semicircolari in laterizi e di 0,01 per archi ribassati, quanto durante il disarmo. Si è già detto, trattando degli archi (pag. 464), che è difficile determinarne questo rialzamento e che esso in media si tiene fra $\frac{1}{200}$ e $\frac{1}{30}$ dalla corda dell'arco. Del resto molti opinano che detto rialzamento non è indispensabile, come si dirà più innanzi trattando del disarmo.

La deformazione f che subiscono le centine flessibili, cioè senza puntelli interni, è diversa da quelle delle centine fisse, ed essa può così esprimersi:

$$\begin{array}{l} \text{per centine flessibili di mediocre esecuzione } f = 0.019 (c - s) \\ \text{> > di buona > } f = 0,01 (c - s) \\ \text{> fisse di > } f = 0.005 (c - s) \end{array}$$

essendo $c = \text{corda}$. $s = \text{saetta}$.

Armature per soiai di getto. — Queste si fanno come le armature di centina, soltanto che esse, in generale, sono armature fisse, a meno che si tratti della costruzione di ponti o di opere, per le quali la puntellatura verticale, compresa fra le spalle, riesca troppo costosa o di difficile attuazione. Queste armature consistono generalmente in casse di legno costituenti la forma delle nervature principali e secondarie e quindi in un tavolato che riempie gli spazi fra le dette casse e sul quale viene fatto il getto della cosiddetta *soletta*, ossia del piano del solaio. Nel formare queste armature bisogna ricordare che il calcestruzzo, appena impastato e posto nella sua forma, ha un peso considerevole, superiore a quello del calcestruzzo stagionato, che è di 2200 Kg. circa per m^3 e che i replicati colpi dei pestelli per la pigiatura, contribuiscono assai a smuovere cunei e puntelli e ad affondarli nel suolo su cui appoggiano. E siccome è indispensabile, per la buona riuscita del lavoro, che le armature siano rigide e stabili, così si avrà cura di osservare che i puntelli siano appoggiati sopra un fondo molto solido, e che per mezzo di banchine il peso incombente ad ogni puntello venga distribuito sulla maggior superficie possibile di suolo. Sarà poi bene che i cunei per il

disarmo siano chiodati o altrimenti fermati, sì che durante la formazione del getto non abbiano a smuoversi e produrre dei dannosi cedimenti. Siccome poi sotto il peso morto dell'impasto i legnami qualche cedimento lo fanno sempre, così si cercherà di dare alle casse delle nervature, specie se di una certa lunghezza, un po' di monta, la quale sarà maggiore o minore, a seconda della minore o maggiore rigidità della armatura, e portata della trave.

Legname occorrente per una centina. — Il volume approssimativo del legname occorrente per una centina si ottiene moltiplicando la corda per la freccia e per il numero costante 0,40. Per ogni m³ di legname occorrono da 6 ÷ 8 Kgo. di ferramenta e giornate 2 ÷ 3 di carpentiere per la formazione e collocazione in opera. Il consumo varia fra 1/10 e 1/20, e per il disfacimento occorrono da 1/2 ÷ 1/3 di giornata da carpentiere e da 2/3 ÷ 1/2 di manovale per m³. Pei fabbricati si ritiene in generale che il volume del legname per la centinatura di un m² di vòlta sia di m³ 0,07 per vòlte di quarto, m³ 0,10 per vòlte a botte, m³ 0,12 per vòlte a schifo e m³ 0,20 per vòlte a crociera; per la mano d'opera relativa, in giornata di muratore coadiuvato da manovale, si aggiunge 0,15 al volume del legname occorrente per m² (Viappiani).

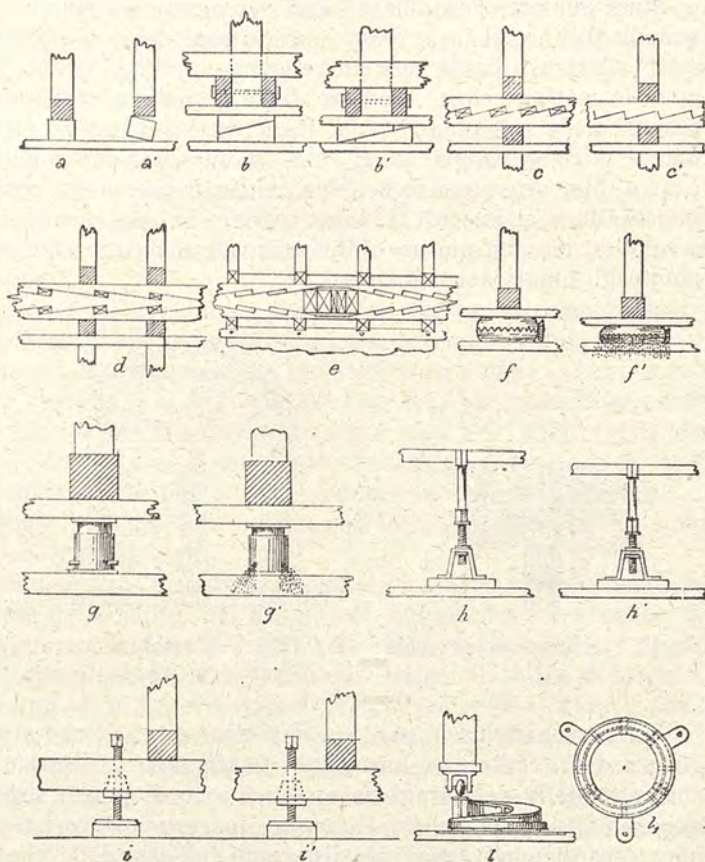


Fig. 1276. — Vari sistemi di disarmo.

a, a', con grossezze; b, b', con cunei; c, c', con dentiera; d, con dentiera doppia; e, con dentiera doppia e cunei; f, f', con sacchi di sabbia; g, g', con scatole a sabbia; h, h', con martinelli a vite; i, i', con viti; l, l', con elica.

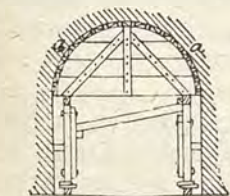


Fig. 1277. — Armatura su cunei.

Disarmo. — Il disarmo degli archi e delle vòlte si eseguisce in diverse maniere. Nella fig. 1276 si sono rappresentati i vari sistemi. Quello a — a' non si usa che raramente e trattandosi di opere di piccolissima importanza. Sotto ai puntelli si collocano delle grossezze, che vengono poi fatte scorrere e levate a forza di colpi di mazza. Il disarmo qui avviene di colpo, potendo produrre un abbassamento troppo rapido e talvolta dannoso della vòlta. Questo sistema è anche pericoloso per gli operai. Il sistema più in uso è quello a cunei (b cunei chiusi, b' cunei aperti). Coll'uso dei cunei si ottiene un disarmo graduale, tanto di porzioni di centina (fig. 1267 c), come di tutta l'intera centina (fig. 1277), e si può così tener d'occhio i

movimenti dell'arco o del solaio di getto, e sospendere il disarmo se si rileva qualche movimento anormale, capace di compromettere la costruzione o la sicurezza degli operai. Qualche volta si prova una grande difficoltà a fare scivolare un cuneo sull'altro, in causa del forte peso che ad essi sovraincombe. Talora questa pressione è tale che, quando il cuneo si leva, viene lanciato con forza; bisogna quindi che gli operai usino tutti i riguardi affinchè non ne vengano colpiti. Al primo momento del disarmo, sebbene le centine cedano, l'effetto del disarmo non riesce visibile, sia perchè lo spazio reso libero è riguadagnato dal legno, la cui elasticità aumenta a misura che diminuisce la compressione su di esso, sia anche in causa del piccolo assetto della vòlta o arco. Ma, proseguendo nell'operazione, il giuoco fra centina e vòlta riesce più visibile e allora si è sicuri di poter togliere completamente i cunei. Sarà però sempre meglio tardare un giorno o due affine di aspettare che possano manifestarsi pienamente gli effetti del cedimento.



Fig. 1278. — Disarmo con sacchi di sabbia.

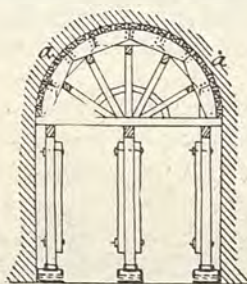


Fig. 1279. — Armatura sopra sacchi di sabbia.

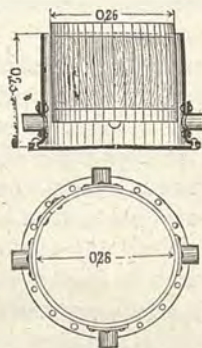


Fig. 1280. — Scatola da disarmo per sabbia.

Un altro sistema è quello a *dentiera semplice*, che si applica sotto tutta la lunghezza della centina (*c* armata, *c'* disarmata). Il disarmo si effettua scacciando le chivette della dentiera. Una modificazione di questo sistema è quello della *dentiera doppia* (*d*) e della *dentiera doppia con cunei centrali* (*e*) colla quale il disarmo si opera scacciando i cunei che si trovano sull'asse della centina e quindi le chivette.

Tutti questi sistemi furono però vantaggiosamente sostituiti dall'impiego dei *sacchi di sabbia* (*f, f'*). Sotto i puntelli, o sotto le banchine, si collocano dei sacchi di tela forte riempiti di sabbia bene asciutta e, meglio ancora, torrefatta, ben chiusi. Quando si vuol disarmare non si ha che da scuire i sacchi e lasciare uscire la sabbia, la quale bisogna però rimuovere con un'asta di ferro o di legno per facilitarne l'uscita. Questo sistema offre un mezzo semplice, facile ed economico di disarmo, molto regolare e senza scosse. La fig. 1278 mostra come il sistema si possa applicare anche a centine fatte, e quando per avventura l'armatura sia sostenuta da un legname così tagliato o connesso, che durante o dopo il compimento delle vòlte stia per cedere o rovesciarsi.

Nella fig. 1279 si vede una centina appoggiata su sacchi di sabbia.

I sacchi di sabbia sono sovente sostituiti da scatole di lamiera piene di sabbia (fig. 1276 *g, g'*), delle quali si dà un particolare nella fig. 1280. Nel perimetro presso la base, esse sono bucate, ed è da questi fori che la sabbia sfugge quando si tolgono i tappi di legno o di sughero che chiudono i fori stessi e tengono la sabbia nel recipiente durante tutto il tempo in cui si deve tenere l'armatura a posto. Queste scatole si collocano, come i sacchi e i cunei, agli appoggi della centinatura, sotto i puntelli, ecc., e quando si opera il disarmo un operaio collocato presso ciascuna di esse è incaricato di produrre lo sgorge della sabbia più o meno rapido, o anche di sospenderlo a seconda delle circostanze.

In ognuno di questi sistemi si devono calcolare le dimensioni da darsi alle diverse membrature, conoscendo il carico che ciascuna di esse deve sopportare. Oltre a ciò pei cunei si deve stabilire l'angolo d'inclinazione in modo da impedire lo scorrimento sotto il carico e ottenere solo la necessaria aderenza; per le scatole di lamiera si deve calcolare l'altezza di sabbia affinchè questa resista al carico e non produca un abbassamento: la grossezza della lamiera deve essere ricavata dalla pressione che la sabbia esercita contro di essa; in questo caso essa lavora a tensione.

Un altro sistema di disarmo è quello a *martinello a vite* (fig. 1276 *h*). La centinatura appoggia ordinariamente sopra cunei durante l'esecuzione delle vólte: per il disarmo si alza un poco la vite compresa fra le due banchine, affine di poter levare senza sforzo i cunei, e poi la vite si allenta, avvenendo così il disarmo nel modo più regolare possibile.

Sistema simile è quello della semplice *vite* (fig. 1276 *i*), nel quale la vite è collocata di fianco al puntello o sostegno.

Un sistema che può essere applicato vantaggiosamente, specie nei grandi lavori, e che fu usato per il disarmo dei grandi archi di Nogent-sur-Marne, è quello riprodotto nella fig. 1266 *l, l'*. Si compone di un'elica avente la forma di un doppio T, munita sulla faccia inferiore di rulli che servono al suo movimento. Essa è appoggiata su una piastra di ghisa, a sua volta provvista di rulli. I sostegni sono muniti di rotelle che appoggiano sulla parte superiore dell'elica. Quando si vuol disarmare si fa girare l'elica, e la rotella della centina, scivolando sul piano inclinato, fa discendere la centina dell'altezza del passo. La centina non si muove dal suo posto: essa non fa che discendere: è la sola elica che gira e produce la discesa.

Il tempo durante il quale si lascia armata una vólta e il modo di disarmo hanno una grande influenza sulla presa delle malte, pei movimenti che avvengono appunto nell'operazione del disarmo, e per conseguenza nella presa delle malte che deve proseguire colla stagionatura. Gli ingegneri procedono secondo due sistemi. Il primo consiste nel disarmare prima che la malta abbia fatto completa presa e facendo variare il tempo secondo cui si deve lasciare la vólta armata fra 8 e 20 giorni, in relazione alla corda della vólta e al grado di idraulicità della malta impiegata. Il secondo sistema consiste nel lasciare invece la vólta armata da 2 a 4 mesi, cioè fino a quando la malta abbia completata la presa. La prima maniera, generalmente adottata, sembra offrire migliori condizioni di solidità, perchè i movimenti che si producono nelle vólte, durante il disarmo, avvenendo prima che la malta si sia solidificata, questa non si spezza, ma si comprime, e i materiali prendono il loro assetto definitivo, lasciando che l'azione chimica della presa avvenga nella posizione definitiva e dia così speranza che si raggiunga più sicuramente lo scopo di ottenere fra i materiali un tale intimo collegamento da ritenersi la vólta come monolitica. Questo sistema dando luogo ad un calo maggiore che non il secondo, bisogna tenerne conto nel collocamento delle centine, e rialzarle di quel tanto che si suppone abbia da calare l'arco o la vólta. Il secondo modo non dà che poco o nessun calo, ma ad ogni modo un movimento può avvenire quando la massa è abbandonata a sè, e le malte già indurite si fendono e in qualche punto si sgranano, formando così delle soluzioni di continuità anche visibili, e che tolgono alla massa parte del suo pregio di monolitismo. Oltre a ciò questa seconda maniera di disarmo è anche molto costosa nei grandi lavori, ove si reimpiegano le centine, per la gran quantità di legname che richiede in cantiere, e pei ponti sui fiumi, ove conviene disarmare al più presto in causa delle piene, può occasionare gravi inconvenienti e danni. Del resto è evidente che quanto più un'armatura di vólta resta in posto, tanto più tardi si possono compiere gli altri lavori di compimento. Sarà quindi bene attenersi al primo sistema, il quale dà anche affidamento di più sicura riuscita sotto l'aspetto della solidità dell'opera e offre notevoli vantaggi economici, perchè è pure ovvio che quanto più presto un'opera è ultimata, per tanto meno tempo si tengono immobilizzati dei capitali, senza alcun utile.

Paragone fra i vari generi di centine. — Le centine fisse sono, in generale, più economiche, ma specie per archi grandi non permettono un calo uniforme in tutti i punti dell'arco come le centine a sbalzo. Queste presentano anche il vantaggio di disarmare contemporaneamente tutte le centine, e di lasciar libero tutto lo spazio fra i piedritti, ciò che, specie in caso di ponti, è assai utile. Sarà dunque sempre preferibile l'uso delle centine a sbalzo sia o non flessibili.

XIV. — COSTRUZIONE DELLE CUSPIDI O GUGLIE DELLE TORRI E CAMPANILI

Le guglie o cuspidi sono quelle costruzioni piramidali o coniche, talvolta acutissime, massiccie o vuote, traforate o non, che s'innalzano alla sommità delle torri, dei campanili e di talune cupole, tanto allo scopo di proteggerle dalle intemperie a guisa di acutissimo tetto, quanto per servir loro di coronamento e di decorazione; tali sono la guglia della Cattedrale di Strasburgo, quelle del Duomo di Milano (fig. 1281), di Sant'Antonio di Padova, del campanile di San Marco a Venezia (fig. 1282) (1), della Mole Antonelliana a Torino (fig. 1236), di San Gaudenzio a Novara (fig. 1224).

Si hanno guglie di pietra, di mattoni, oppure con ossatura di legname o di ferro. Le guglie con ossatura di legname vennero già trattate al vol. I, p. 1^a, cap. IV-4, di quelle con ossatura di ferro si parlerà in seguito; il presente capitolo formerà argomento delle guglie di pietra viva e di mattoni.

Nel medio evo generalmente tutte le torri ed in ispecial modo quelle delle chiese ricevevano alla sommità una guglia di pietra o di legno, preferibilmente di pietra, che in tal caso si decorava con modanature ed ornamenti a traforo, i quali servivano anche ad alleggerire la costruzione.

Le guglie coniche o a base quadrata dei monumenti più antichi e dell'epoca lombarda (fig. 1283) sono poco elevate rispetto all'altezza delle torri che sovrastano; in progresso di tempo acquistarono maggior importanza, presero la forma piramidale a base ottagonale e finirono per diventare acutissime ed avere spesso un'altezza eguale a quella della torre sottoposta. Dapprima a pareti piene, poi con aperture od abbaini, per ultimo finalmente traforate; tali le guglie delle cattedrali di Strasburgo, di Friburgo, di Burgos in Ispagna, del Duomo di Milano (fig. 1281), ecc.

Gli architetti del medio evo, costruttori abilissimi, hanno posto il massimo studio nello sviluppo di queste grandi piramidi vuote di pietra innalzate ad altezze talvolta considerevoli ed esposte a numerose cause di distruzione. In lavori così difficili hanno manifestato una cognizione profonda delle leggi di stabilità e d'equilibrio dei materiali impiegati e dell'effetto degli agenti atmosferici sulla loro superficie, dando prova spesso d'una finezza d'osservazione molto rara.

Prima di quest'epoca i coronamenti più o meno acuti dei campanili solo a base circolare o quadrata non erano che tetti di pietra o di legno di minima importanza, somiglianti piuttosto ad ammassi che a composizioni architettoniche; tali coperti, malgrado gli sforzi dei loro costruttori, non si legano ai corpi di fabbrica cui sono annessi e non sono che sovrapposizioni, mentre le guglie anche le più antiche formano, colle loro basi, un tutto, una composizione omogenea.

(1) Il campanile di S. Marco a Venezia rovinò, insaccandosi, il 14 luglio 1902; aveva circa 1004 anni di età.

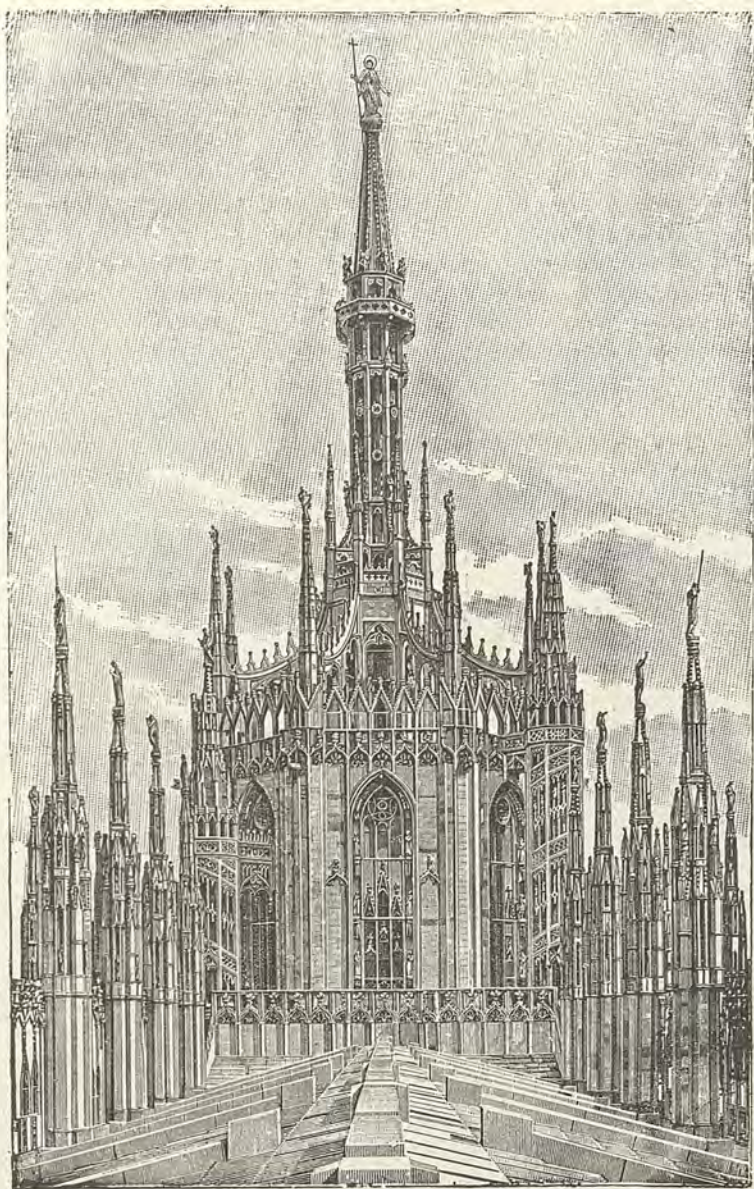


Fig. 1281. — Guglia maggiore del duomo di Milano.

Non avendo quindi avuto esempi nell'antichità gli architetti del medio-evo ne fecero, si può dire, una creazione, ed il loro studio si esplicò specialmente nel saper raccordare, con passaggi abilmente condotti, la base quadrata e massiccia della torre colla sommità acuta della punta estrema, dando in ciò somma importanza all'effetto delle masse.

L'esperienza di ogni giorno dimostra che gli oggetti che si distaccano sul cielo perdono od acquistano della loro importanza relativa secondo certe leggi che sembrano molto singolari a prima vista, ma di cui si può però rendersi conto colla riflessione. Queste leggi erano perfettamente note agli architetti che innalzarono le immense guglie del medio-evo e se ne riscontra l'osservanza anche nelle loro opere le più comuni.

Verso la fine del periodo gotico le guglie in pietra divennero sempre più rare; più tardi, e fino ad un'epoca assai recente, si rinunciò quasi a questo sistema di costruzione; oggi, benchè non abbiano l'importanza che loro si annetteva nel medio-evo, pure sono in qualche caso adottate. Ultimamente da noi l'Antonelli mostrò di far rivivere le belle tradizioni del medio-evo innalzando quelle due meraviglie della statica, quantunque non in stile gotico, quali sono la Mole Antonelliana a Torino e la cupola di San Gaudenzio a Novara, già citate.

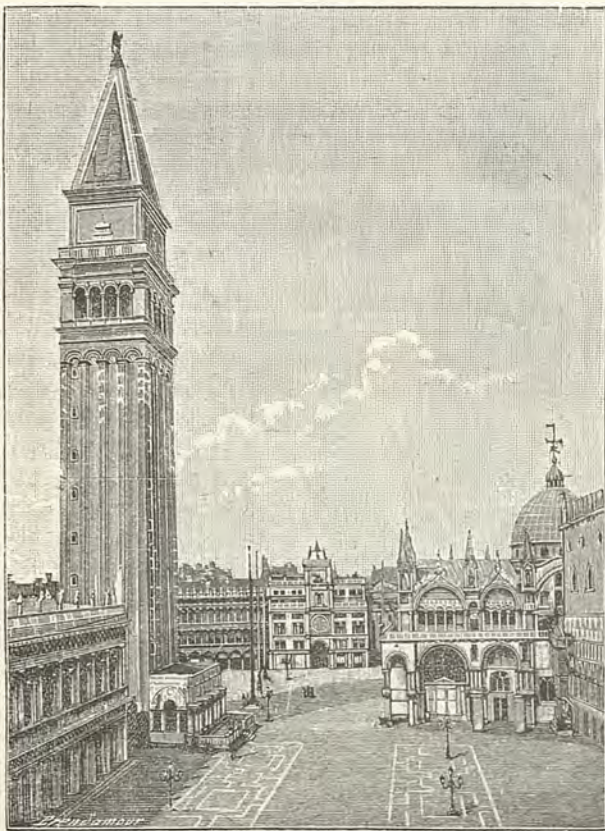


Fig. 1282. — Campanile di S. Marco a Venezia.
(Caduto il 14 luglio 1902).

3° Maggior durata e resistenza all'azione delle intemperie quando l'esecuzione è inappuntabile e che i materiali impiegati sono di buona qualità, ciò che ha grande importanza specialmente per la difficoltà dei restauri, che in tal caso non si presentano necessari se non dopo molti anni. Si può citare come esempio la guglia della chiesa di Greifenhagen, che con un'altezza di 25 metri ed una grossezza di muratura di soli metri 0,25, e benchè costruita da circa 500 anni, si trova tuttavia in buonissimo stato di conservazione.

4° Le punte in mattoni poi presentano anche il vantaggio del minor costo rispetto a quelle in legno o in ferro.

Più sono erte, ripide le faccie di tali guglie tanto più esse resistono all'azione delle intemperie e tanto minore spinta esercitano sui muri del piano superiore del campanile, cioè, la cella campanaria. Del resto questa spinta è relativamente piccola, in conseguenza della limitata grossezza che è necessario dare alle pareti di queste punte. Come grossezza basta da $\frac{1}{10}$ ad $\frac{1}{9}$ della lunghezza di un lato della base, però non meno di 12 centim. per materiali impermeabili e 25 centim. per materiali porosi,

Sia che si tratti delle guglie in pietra viva, sia di quelle in mattoni, il modo di costruzione resta press'a poco lo stesso e non differisce che nella dimensione dei materiali impiegati.

I vantaggi che militano in favore delle guglie, tanto di pietra quanto di mattoni, sono i seguenti:

1° Facilità di esecuzione offerta dall'uniformità dei materiali impiegati. Benchè questa condizione sia sempre desiderabile in tutte le costruzioni, essa ha però una grande importanza in questo caso particolare, in vista dell'altezza a cui viene eseguito il lavoro, e specialmente perchè le punte slanciate a guglia non si possono più considerare come un tetto. Ne risulta anche maggior unità d'aspetto ed un effetto di insieme più monumentale;

2° Sicurezza contro l'incendio, principalmente nel caso che il fulmine venga a colpire la guglia;

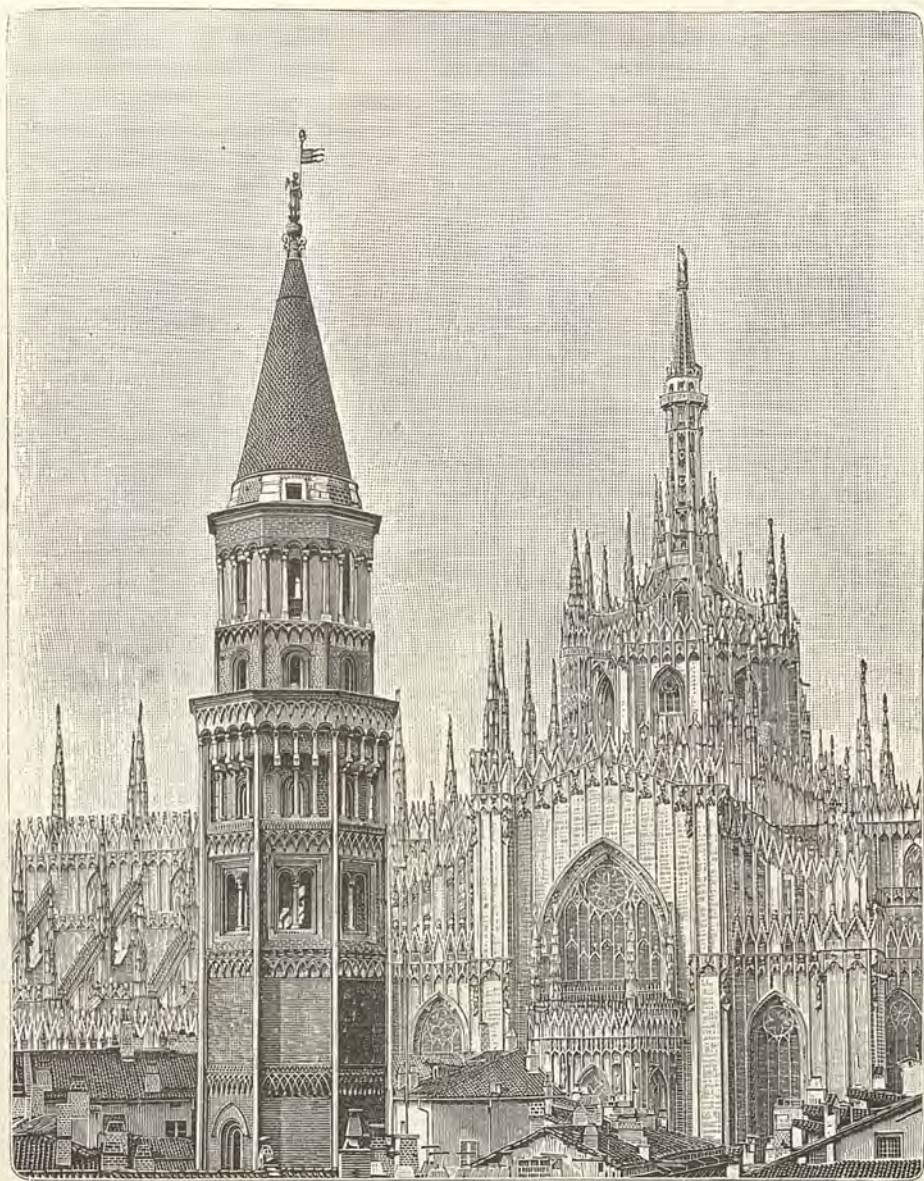


Fig. 1283. — Torre di S. Gottardo a Milano.

onde evitare il pericolo di infiltrazione dell'acqua di pioggia. Troviamo, per esempio, nella punta non traforata della chiesa di N. S. a Worms una grossezza di $\frac{1}{19}$ soltanto e in quella traforata del Duomo di Friburgo di $\frac{1}{15}$ del lato dell'ottagono-base, mentre la grossezza della muratura al piano delle campane è rispettivamente di $\frac{7}{32}$ e $\frac{5}{32}$ dello stesso.

Per rapporto d'inclinazione delle faccie di queste guglie si prende da $1:3 \div 1:4$, adottando sempre una pendenza più ripida per quelle a sezione quadrata, giacchè in queste gli spigoli risultano molto meno inclinati di quelli delle piramidi a sezione ottagonale. Siccome occorrerebbe, anche in quelle a base quadrata, aumentare la grossezza delle pareti, così si preferiscono generalmente le guglie poligonali. Le connes-

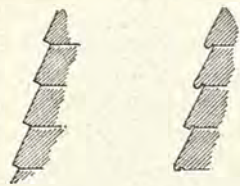


Fig. 1284. Fig. 1285.
Profilo dei conci nelle pareti
esterne delle guglie.

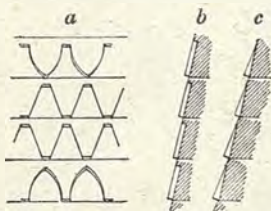


Fig. 1286. — Paramento
esterno di guglia.



Fig. 1287. — Parte piena
della guglia, con coro-
namento in pietra viva.
a b, asta di ferro; *a*, cappello;
b, chiavetta di ritegno.



Fig. 1290. — Asta
assicurata con reg-
gette di ferro ripie-
gate a tenaglie.



Fig. 1288. — Asta
attorcigliata.



Fig. 1289. — Asta assi-
curata con ricci di
ferro.

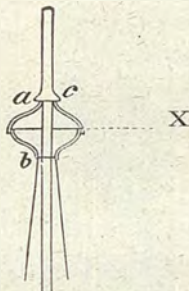


Fig. 1291. — Globo me-
tallico in due parti *a*
e *b*; *c*, sporgenza del-
l'asta.

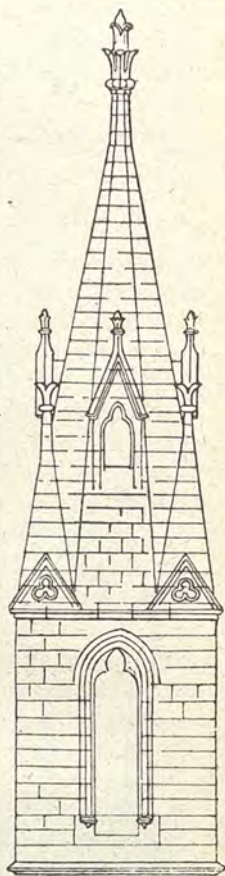


Fig. 1292. — Guglia con
finestre ad abbaino.

sure nelle cuspidi massicce possono essere orizzontali o perpendicolari all'inclinazione delle faccie. Quest'ultima disposizione è particolarmente adatta nelle guglie rotonde, in quanto che colla direzione radiale delle connessure di testa ogni corso risulta un anello di volta in un piano orizzontale, similmente a quanto avviene nelle cupole. Sono quindi in certo modo le differenze tra la costruzione a vólto e quella a successive sporgenze che caratterizzano i due sistemi.

L'altezza dei singoli corsi nelle guglie in pietra da taglio si sceglie in rapporto alla misura abituale dei pezzi di pietra. Per la rastremazione verso l'alto diminuisce il numero dei pezzi medesimi, finchè le pareti interne s'incontrano in un punto, a partir dal quale verso l'alto la guglia è piena, con circa 60 cm. di grossezza. I conci esterni dei vari corsi presentano sovente il loro spigolo inferiore tagliato come nelle fig. 1284 e 1285 e specialmente nelle cuspidi francesi il paramento esterno è lasciato come indica la fig. 1286, contribuendo così per sè stesso alla decorazione di tutta la massa.

Per coronamento serve un pezzo in vivo, oppure in piombo o rame: attraverso a questo e a tutta la parte piena della guglia passa un'asta di ferro, che in *a* (fig. 1287) è appoggiata per mezzo di un ingrossamento e in *b* è trattenuta con una chiavetta di ferro o con una madre vite. Il rigonfiamento in *a* foggiato a guisa di cappello deve

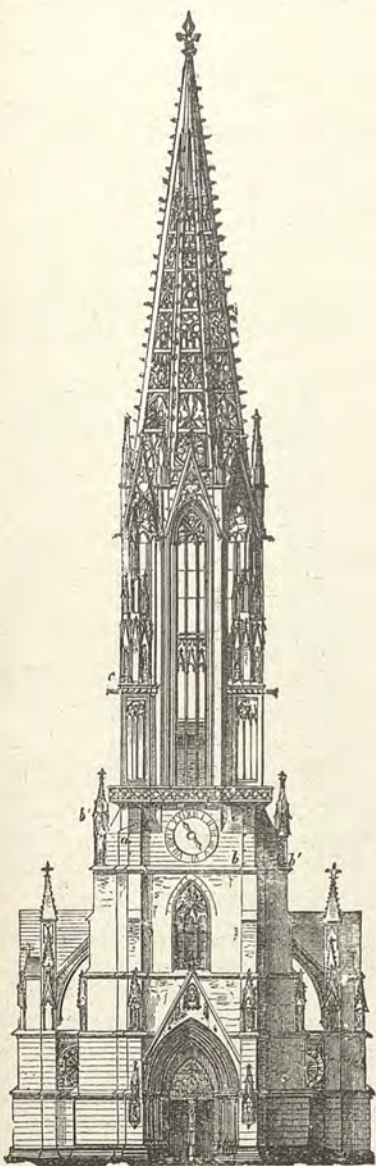


Fig. 1293. — Lato di ponente del duomo di Friburgo.

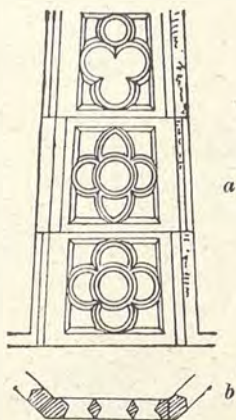


Fig. 1294 a, b. — Parete di guglia a riparti di eguale altezza.

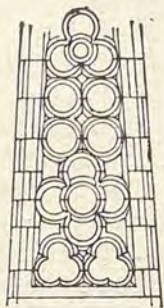


Fig. 1295. — Pareti a traforo in diversi pezzi uniti con arpioni di bronzo.



Fig. 1296. — Nervatura agli spigoli.

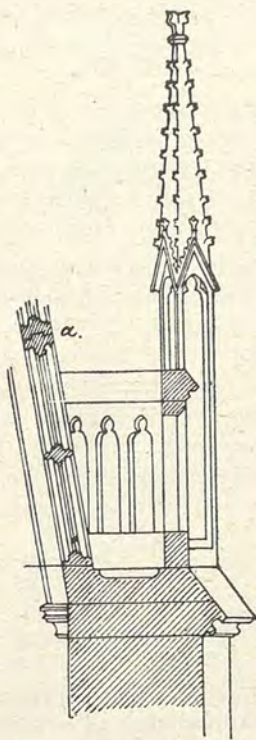


Fig. 1297. — Unione della parete della guglia coi muri della cella campanaria e passaggio all'ingiro della piramide in parete unita a maschio e femmina.



Fig. 1298.

essere accuratamente lavorato; col ribattere il ferro si impedisce l'accesso alla neve ed all'acqua nell'apertura del coronamento. L'asta di ferro porta poi alla sommità, a seconda dei casi, una croce, un globo, od una banderuola girevole. Per rendere più resistenti le aste deboli si possono attorcigliare (fig. 1288), ad assicurare con ricci ripiegati contro la sommità della pietra (fig. 1289), od infine con reggette di ferro che abbraccino la sommità stessa a guisa di tanaglie (fig. 1290). Il globo in piombo od in rame si fa in due parti *a* e *b* (fig. 1291) e si colloca sull'asta, meglio sotto ad una sporgenza *c* fucinata sulla medesima.

Sui campanili si trova spesso sopra il coronamento una croce a fioroni in pietra viva, che dev'essere pure accuratamente assicurata con caviglie di rame.

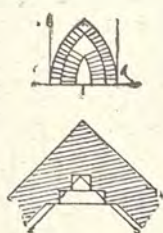


Fig. 1299 *a, b*. — Passaggio dal quadrato all'ottagono interno del campanile.

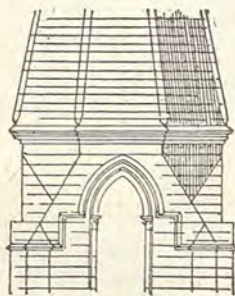


Fig. 1300. — Passaggio dal quadrato all'ottagono esterno del campanile.



Fig. 1305. — Tipo speciale di mattone d'angolo.



Fig. 1301-1302. — Guglia divisa in due parti: *a*, da un tamburo intermedio; *b*, da una loggetta sporgente all'ingiro.

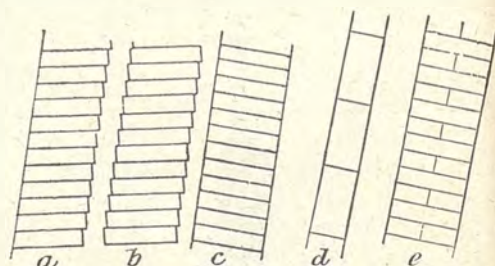


Fig. 1303 *a-e*. — Diversi modi di disporre i mattoni nelle pareti delle guglie.

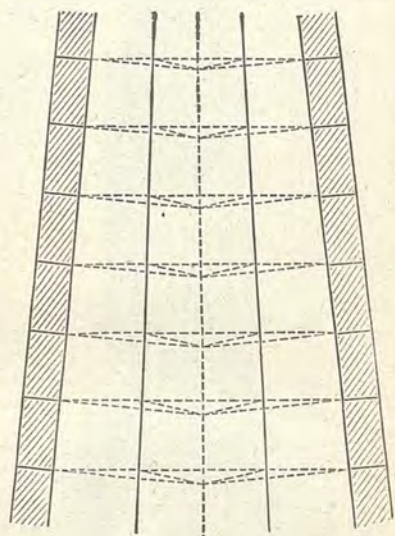


Fig. 1304. — Punti di concorso dei diversi corsi di mattoni.

Danno un effetto assai più mosso e vivace alle punte dei campanili le finestre ad abbaino praticate in esse. Dette finestre servono anche, colle loro pareti verticali, ad aumentare la stabilità della guglia (fig. 1292); miglior effetto ancora si ottiene coll'inserire sulle pareti delle guglie delle lastre di pietra lavorate a trafori, di cui offre bellissimo esempio la Cattedrale di Friburgo (fig. 1293). Nei casi più semplici si formano per tali punte dei riparti trapezi, con altezza eguale al lato dell'ottagono e si collocano uno sopra l'altro, in modo che i giunti verticali di testa si alternino l'un coll'altro negli spigoli (fig. 1294 *a* e *b*). Per maggiori dimensioni i lati dell'ottagono vengono composti di diversi pezzi, colla condizione che i contorni dei trafori vengano sempre tagliati dalle connesure ad angolo retto: tutti i pezzi si devono poi accuratamente assicurare con caviglie ed arpioni di bronzo impiombati (fig. 1295) o, come mostra la fig. 1297 in *a*, unendo un pezzo all'altro a maschio e femmina. Spesso le nervature degli spigoli, per maggior rinforzo sporgono all'infuori e all'interno (fig. 1296).

La fig. 1297 mostra in sezione il collocamento della punta di campanile sopra i muri della cella campanaria; vi si vede anche praticato un passaggio tutto all'ingiro della piramide. Se le pareti di questa sono piene, si prolunga anche verticalmente fino ad incontrare la superficie interna dei muri della cella campanaria (fig. 1298).

Il passaggio dal quadrato all'ottagono si può costruttivamente ottenere in diversi modi, come, per esempio, si è già visto nelle vólte a padiglione. Una disposizione

simile è rappresentata nella fig. 1299 *a* e *b*. Come si possa ottenere lo scopo all'esterno si vede dalla fig. 1300: dalla stessa si scorge, che le nervature sporgenti si prestano molto bene a rinforzare il collegamento negli spigoli delle punte massiccie, continue.

Molte volte la guglia viene divisa all'altezza che si desidera in due parti o con una loggetta sporgente all'ingiro (fig. 1301 *b*), o con un tamburo intermedio sfornato da finestre (fig. 1302 *a*). In questo caso la grossezza della muratura nelle pareti verticali del piano intermedio può essere maggiore di quella della sottostante parete inclinata; infatti, essa deve essere sufficiente per offrire resistenza alla spinta della piramide superiore. Le grossezze delle due parti della guglia sono date dalle dimensioni delle medesime, così che detta grossezza può essere minore nella piramide superiore che nell'inferiore.

La costruzione di una guglia in muratura di mattoni segue essenzialmente gli stessi principî di quella in pietra da taglio; abbisogna tuttavia di maggior semplicità nel disegno e negli ornamenti speciali. Si hanno tre diverse maniere di esecuzione:

1° I mattoni vengono disposti a strati orizzontali ed all'esterno sono tagliati obliquamente, secondo l'inclinazione delle faccie, per modo da formare superficie continue (fig. 1303 *a*): è il modo migliore, ma anche il più costoso, perchè occorrono sempre mattoni formati espressamente.

2° I mattoni vengono disposti ancora a corsi orizzontali; sono di forma comune e si fanno sporgere l'uno sopra l'altro da ambe le parti, producendo così un profilo a gradini formati dalla grossezza dei mattoni (fig. 1303 *b*). Ora questi risalti si possono scorgere stando al basso, se la torre non è tanto alta; ma per alte torri, essendo insignificante la larghezza dei risalti stessi in causa della ripida inclinazione delle pareti, dal basso si scorgono appena. Però per un'inclinazione di 1 : 4 o di 1 : 5 le riseghe presentano già 7 od 8 mm. di larghezza. In ogni caso l'umidità vi si trattiene più a lungo e penetra poi facilmente nelle connesure, arrecando danno alla costruzione. Per evitare questi inconvenienti è meglio far uso del terzo sistema.

3° I letti di posa dei mattoni sono disposti perpendicolarmente alla superficie inclinata delle faccie (fig. 1303 *c, d, e*) e concorrono per un medesimo corso verso lo stesso punto dell'asse (fig. 1304). Propriamente dovrebbero in tal caso i pezzi d'angolo avere una forma speciale, come è indicato nella fig. 1305, e cioè presentare la punta che si applica verso lo spigolo, ripiegata all'insù, in modo da formare un angolo diedro rientrante nella faccia superiore ed un angolo diedro saliente sul letto di posa; tuttavia si possono invece adottare mattoni d'angolo come quelli segnati nella fig. 1308, che sono piani, perchè, per la forte inclinazione delle faccie della piramide non possono manifestarsi che piccole irregolarità e queste scompaiono nella grossezza dei giunti. Dei mattoni speciali, come quelli della fig. 1305, che sono anche di difficile costruzione, se ne dovrebbe avere di diverso angolo, a seconda dell'inclinazione delle faccie nei diversi tipi di piramidi.

La sommità, come per le guglie in vivo, viene murata massiccia ed il coronamento si fa o con un pezzo in pietra da taglio sovrapposto, o con un cappello in terracotta, o finalmente colla piastrina di rame o di piombo, che riveste il piede dell'asta di ferro e copre il giunto (fig. 1306 *a, b, c*).

La decorazione delle faccie delle piramidi dipende dal materiale con cui queste vengono fabbricate; nelle costruzioni in mattoni si ottiene nel modo più semplice ed opportuno con disegni nella muratura, formati con mattoni di diversi colori, oppure mettendo in rilievo gli spigoli, il che è facile ottenere, essendo essi il più delle volte costituiti da mattoni speciali. Si possono anche praticare dei trafori nelle faccie, come finestre d'abbaino, in forma di feritoie; oppure circolari, trilobate o polilobate (fig. 1307).

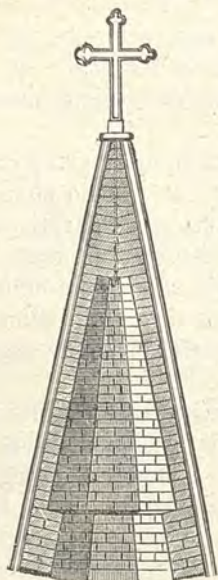


Fig. 1306 a. — Coronamento di una punta di campanile in mattoni.

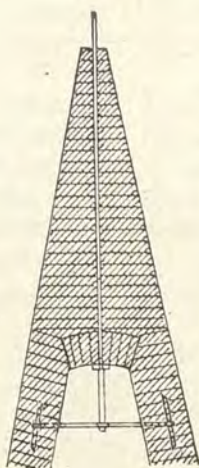


Fig. 1306 b. — Ancoramento dell'asta.

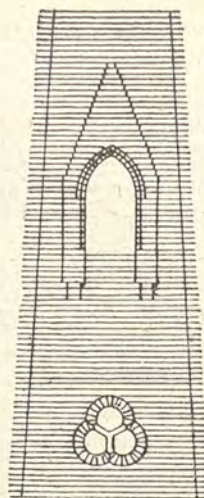


Fig. 1307. — Faccia con finestra ad abbaino e finestra trilobata.

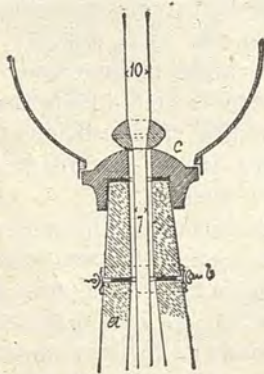


Fig. 1306 c.



Fig. 1308. — Disposizione dei mattoni negli spigoli.

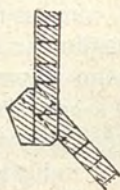


Fig. 1309. — Mattoni d'angolo rinforzati con nervature.

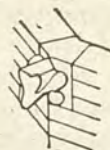


Fig. 1310. — Spigolo decorato con fogliame.

Una costruzione a traforo completo non è tuttavia consigliabile, se anche eseguibile (chiesa di Lauban in Slesia), sia perchè i pezzi isolati vengono facilmente guasti dal gelo, e mentre non si ottiene che un piccolo effetto architettonico, bisogna andare incontro alla difficoltà di collegare con malta e ferro le singole parti.

Un ottimo materiale è la prima condizione per la costruzione delle guglie dei campanili e sono da raccomandarsi a tal uopo mattoni duri, di prima qualità ed il meno porosi che sia possibile; meglio se vetrificati e già provati alle intemperie. Nella torre azzurra a Lubeca, che data dal XV secolo, gli strati di mattoni scuri vetrificati si sono conservati perfettamente finora, mentre quelli non vetrificati sono corrosi per parecchi centimetri (1).

(1) Il crollo avvenuto nel 1902 del campanile di Corbetta, presso Milano, che si era da poco sovralzato, valendosi delle vecchia torre, e quello del campanile di S. Marco, pure avvenuto nel 1902, dimostrano all'evidenza come per le torri, e specialmente quelle campanarie, non sia mai troppa la cura nella scelta dei materiali, nella confezione delle malte, nell'uso di queste e nella posa dei materiali.

Per eseguire gli spigoli d'angolo occorrono mattoni espressamente formati (fig. 1308), che possono essere rinforzati anche con listello sporgente o con più grossa nervatura, come mostra la fig. 1309. Per una più ricca decorazione degli spigoli servono anche dei fogliami, i cui pezzi vengono introdotti, a certa distanza, nelle nervature o negli spigoli delle guglie senza nervatura (fig. 1310).

Per poter eseguire le riparazioni non devono mai mancare all'esterno, come sui camini, dei ferri zincati per salire; all'interno bastano una carrucola e un paio di spranghe trasversali. Si deve aver gran cura per ottenere che le superficie siano perfettamente piane e gli spigoli della piramide rettilinei quanto più è possibile; questa condizione soprattutto è importante, poichè il minimo difetto nella rettilineità degli spigoli si manifesta facilmente all'occhio. Per questo motivo sarà bene eseguire la costruzione coll'aiuto di un'armatura completa, che faciliterà l'esecuzione, permetterà di accomodare esattamente la punta dei mattoni d'angolo nella giusta posizione e servirà a sollevare il globo od altro pezzo di coronamento.

I mezzi di consolidamento impiegati qualche volta per impedire l'allargamento delle pareti della piramide, come catene, chiavi, ancoramenti, spigoli rinforzati, smussatura degli angoli e fascie orizzontali nell'interno, si rendono in questo caso superflui, perchè la muratura delle piramidi non presenta tendenza ad allargarsi, il peso della punta esercitando piuttosto una pressione che si trasmette quasi verticalmente sulla muratura sottostante e fino alla base della piramide.

Sarà invece tanto più necessario di munire solidamente di chiavi il piano della base, non tanto per resistere alla spinta prodotta all'inizio dalle pareti della piramide, quanto per opporsi ai cedimenti ineguali che potrebbero prodursi nella muratura

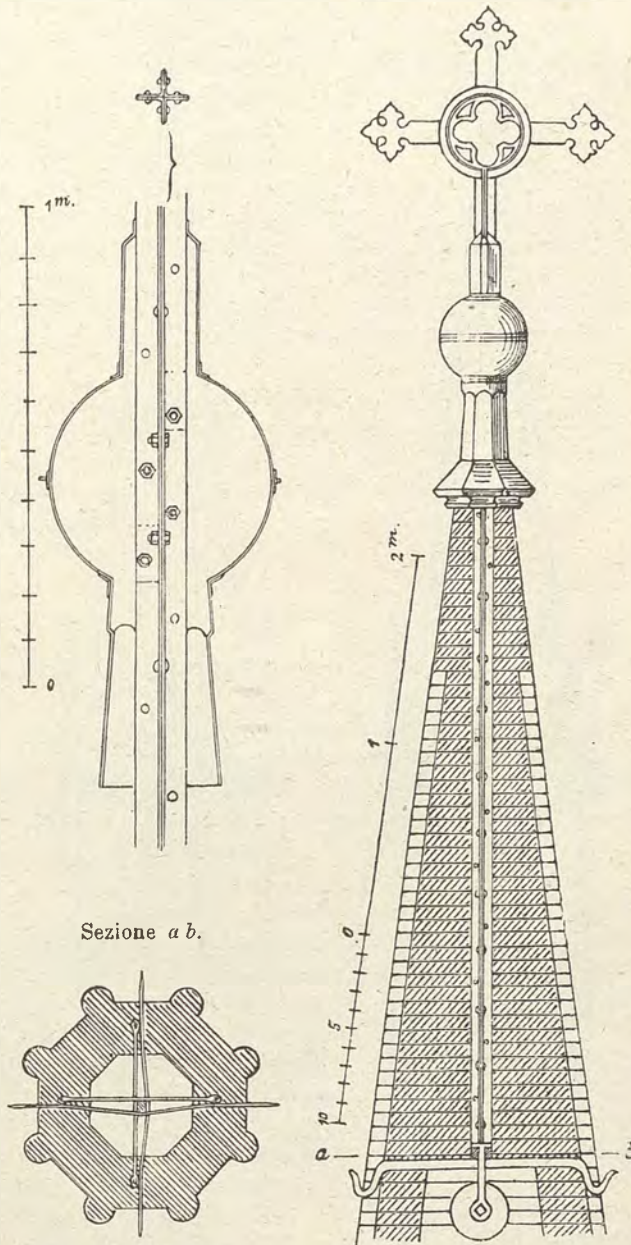


Fig. 1311 a-d. — Guglia di campanile della chiesa di Lauenburg.

e per resistere agli scuotimenti causati dai venti impetuosi durante le bufere o dal movimento prodotto dalle oscillazioni delle campane, specialmente se il castello di

queste non è di perfetta disposizione ed esecuzione, od è di costruzione leggera.

Nel medio-evo si costruiva sempre la muratura delle guglie con malta di calce ed è infatti la migliore che possa usarsi, poichè la malta di cemento non dà buoni risultati che nel caso in cui si possano eseguire i giunti con molta acqua e molta cura, ciò che difficilmente si può ottenere in queste speciali costruzioni.

È invece da consigliarsi un'aggiunta di cemento alla malta di calce, cioè una parte di cemento per 1 di calce e 6 di sabbia. La grossezza di mezzo mattone deve essere considerata come insufficiente per la costruzione di queste guglie, non dando luogo che ad un'economia relativamente insignificante rispetto alla grossezza di un intero mattone; questo invece è sempre sufficiente per le altezze ordinarie.

L'asta di ferro che supporta la croce o la sfera o la banderuola s'attacca ad un piccolo volantino alla sommità della guglia (fig. 1306 *b*), o a spranghe di ferro disposte a croce ed incastrate cogli estremi nella muratura delle pareti. Questo sistema è quello indicato nella fig. 1311 *a d*, che rappresenta la guglia del campanile della chiesa di Lauenburg. All'altezza (*a b*) quattro sbarre di ferro, disposte a croce, ritengono l'asta della punta facendo la funzione d'ancoramento. Queste sbarre sono terminate esternamente ad uncino allo scopo di sopportare le scale durante il tempo delle riparazioni. In questo caso speciale l'asta verticale è formata da 4 ferri d'angolo inchiodati insieme, per cui ne resta assicurata la rigidità in tutti i sensi. Alla sua estremità inferiore vi è applicata una carrucola per poter innalzare i pezzi d'armatura ed

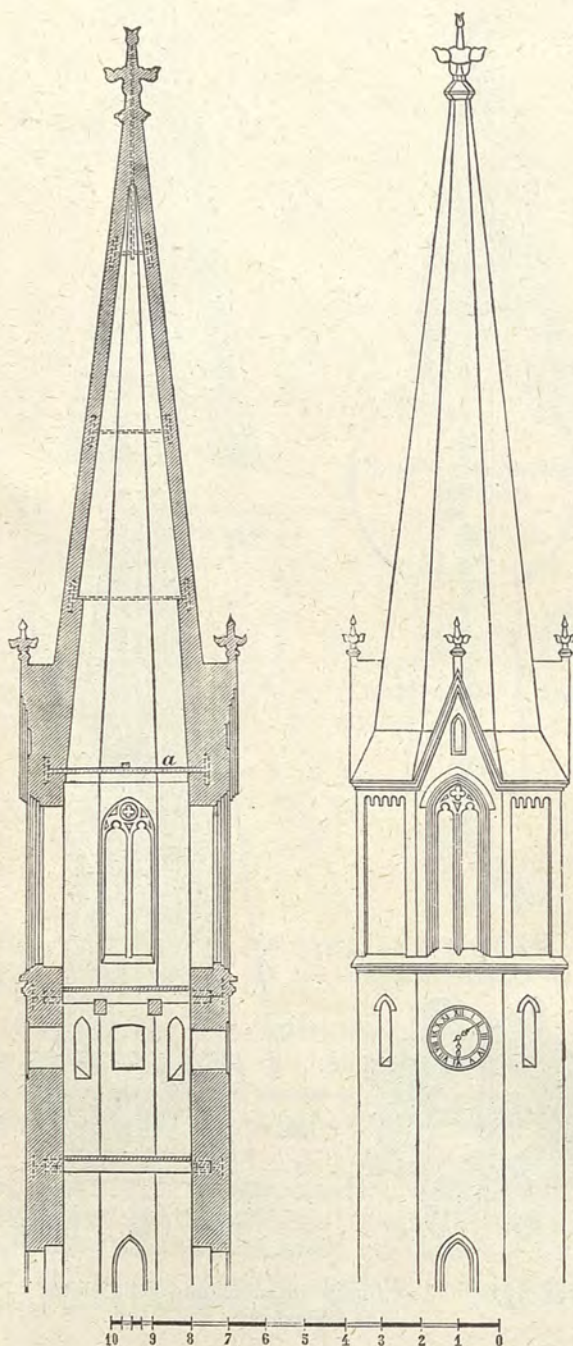


Fig. 1312. — Prospetto e sezione verticale di una guglia in mattoni.

dati insieme, per cui ne resta assicurata la rigidità in tutti i sensi. Alla sua estremità inferiore vi è applicata una carrucola per poter innalzare i pezzi d'armatura ed

i materiali occorrenti per le riparazioni della piramide. In vicinanza dei ramponi le pareti della guglia sono attraversate da fori larghi in modo da permettere il passaggio d'un operaio. Il globo coi suoi accessori è di rame battuto ed il modo con cui è fissato all'asta risulta chiaramente dalla figura.

La figura 1312 mostra un altro esempio di guglia ottagonale in mattoni. La sua altezza è di 16 metri, l'inclinazione delle sue faccie di 1:4. La grossezza delle pareti è di un mattone e mezzo alla sua base e di un mattone nella parte superiore. In più punti le pareti sono rilegate da catene di ferro assicurate a bulloni e la base è solidamente ancorata in *a* per resistere agli scuotimenti.

Se le punte di campanile sono chiuse da tutte le parti non ha alcuna uscita l'aria che sale dal basso della torre e che è più calda e spesso più carica d'umidità dell'aria esterna e perciò, col raffreddamento, una parte di quest'umidità si condensa depositandosi sulle pareti interne della muratura. Poichè l'umidità permanente può essere molto pericolosa per la stabilità della punta, è una precauzione di molta importanza il procurare con opportuni espedienti un attivo scambio d'aria fra l'esterno e l'interno.

Fra le cuspidi di muratura sono da comprendersi quelle di getto, e specialmente di calcestruzzo cementizio armato, col quale si può ottenere una costruzione solidissima e nello stesso tempo leggera, perchè si può formare con costoloni inclinati e nervature orizzontali di rilegamento, e con riempimenti delle riquadrature risultanti di minima grossezza, anche di soli cm. 10 ÷ 12.

XV. — SCALE

Trattando delle scale di legno (vol. I, parte I, cap. I) e delle abitazioni civili (cap. I, vol. II, parte I) si sono già espote le denominazioni delle varie parti di una scala e le generalità sulle forme e disposizioni, sia proprie sia relative, che assume questo importantissimo elemento di un edificio. Qui dunque si esporrà solo ciò che si riferisce alla parte costruttiva delle scale in muratura, dando anche alcuni esempi di importanti scale e scaloni.

Gli scalini possono essere sostenuti da muri laterali, da vòlte, da arcate, da travi, ecc., oppure essere solo incastrati ad un'estremità e liberi all'estremità opposta, cioè essere *a sbalzo*. Nelle scale in vivo sottomurate, per esempio, nelle scale esterne, si può scegliere per gli scalini una sezione rettangolare semplice, lasciando greggia la faccia inferiore (fig. 1313*a*): gli scalini sopravvanzano l'uno sull'altro da cm. 3 ÷ 4 (fig. 1313*a, b*). Se la rampa di scala dev'essere visibile anche al disotto allora bisogna lavorare anche le faccie sottostanti degli scalini. Colla disposizione della fig. 1313 *c, d* si impedisce qualsiasi scorrimento di uno scalino sul sottoposto, e con quella delle figure 1315 *a, b* si impedisce la filtrazione dell'acqua fra uno scalino e l'altro: però questa disposizione riesce alquanto costosa. In generale lo spigolo anteriore dello scalino si munisce di listello o cordone, o anche semplicemente si smussa, per renderne ottuso l'angolo e quindi meno facili le rotture. Il profilo che si dà alla parte anteriore dello scalino varia anche a seconda della natura del materiale: sono rappresentati parecchi profili nelle fig. 1313 a 1316. Quando le scale sono visibili al disotto, in generale gli scalini si tagliano triangolarmente in modo da ottenere un solo piano per la faccia inferiore delle rampe (fig. 1315 *c* e 1316), e siccome le commisure restano sempre visibili, si formano con una piccola modanatura *a* (fig. 1316). La stessa sezione triangolare hanno per lo più gli scalini appoggiati su vòlte, solo

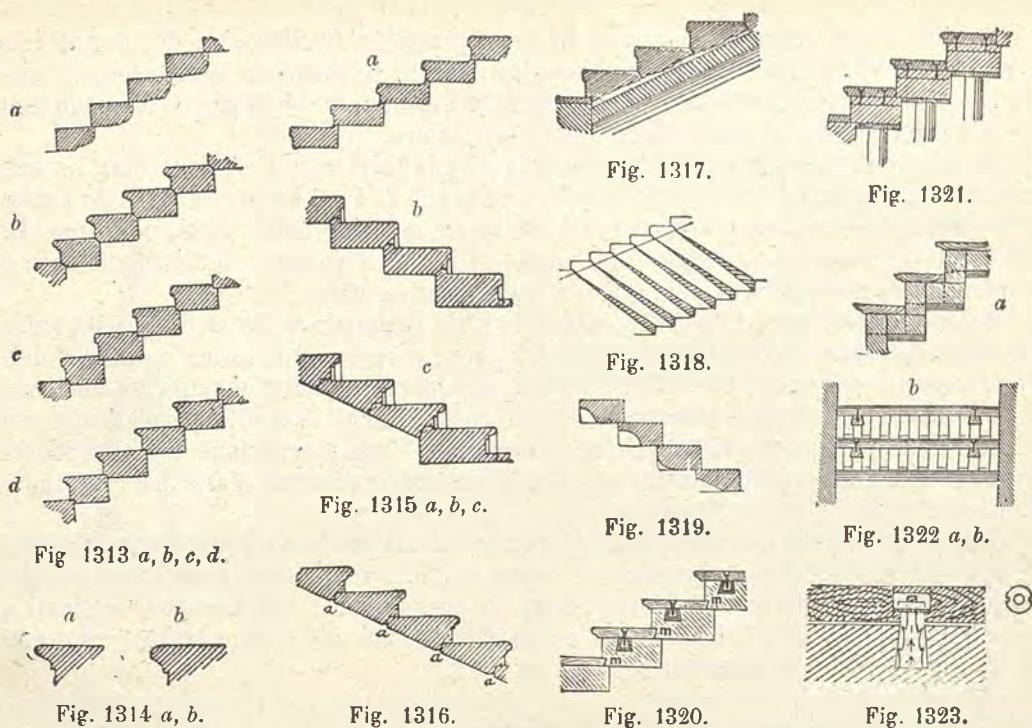


Fig. 1313-1323. — Forme e disposizioni diverse per gli scalini delle scale.

che in tal caso la loro faccia inferiore si lascia greggia (fig. 1317) ed i giunti fra gli scalini possono essere più semplici. Per rendere più solido l'incastro nel muro, e così più resistente lo scalino, si può in una testata rendere lo scalino triangolare, lasciandolo invece rettangolare in quello incastrato: allora la rampa presenta al disotto una superficie gobba (fig. 1318). Per ottenere maggior altezza libera fra le rampe sovrapposte ed anche per ottenere miglior aspetto, spesso si lavorano gli scalini in pietra, come è indicato nella fig. 1319, in modo però che le estremità incastrate rimangano sempre rettangolari.

Gli scalini di arenaria o di pietra tenera, siccome si consumano facilmente, si coprono con pedate di legno (fig. 1320) fissata sulla pietra mediante vite ingessata e posteriormente incastrata nello scalino. In qualche caso però anche le scale di pietra dura si muniscono di pedate di legno, come, ad esempio, nei ricoveri per vecchi, ove facili sono le cadute e quindi è necessario che gli urti avvengano su materiale elastico per diminuirne le conseguenze, ed anche per le scale degli artisti nei teatri, specie quelle destinate alle ballerine, onde togliere l'impressione del freddo ai piedi leggermente calzati e quindi le cause di malanni. Così fece il Garnier nel famoso teatro dell'Opéra di Parigi.

Quello che si è detto per le scale di arenaria vale per le scale di cotto. Se gli scalini sono collocati di costa su una volta, bisogna che ciascuno sia appoggiato sopra un arco piatto o piattabanda, nel qual caso naturalmente ogni rampa deve avere appoggi laterali. Colla disposizione della fig. 1321 si può raggiungere tutt'al più un'alzata di cm. 13. Migliore è la disposizione della fig. 1322 a, b, in cui le linee punteggiate indicano come sono collocati i mattoni in ogni corso successivo. Specialmente le scale dei sotterranei sono spesso coperte in tal modo. Durante l'esecuzione ogni scalino dev'essere sostenuto a sè (fig. 1321). Prima di collocare le pedate di legno bisogna impregnarle d'olio di lino per impedire che si contorcano. Il metodo più usato

per assicurare le pedate di legno agli scalini è quello d'introdurre in appositi fori delle caviglie di legno: però è sempre meglio avvitare dette tavolette a bulloni sigillati nella pietra o nei mattoni con cemento (fig. 1323). Il foro intagliato nel legno, per permettere l'avvitamento, viene poi chiuso con un disco tondo di legno. Trattando delle scale di legno si è anche accennato al modo di fermare le pedate sugli scalini di muratura (vedi pag. 132).

Nelle scale su vòlta la costruzione riesce assai semplice. Le pedate di legno entrano alquanto sotto alla coltellata e vengono perciò tenute ferme (fig. 1324), e nelle scale secondarie vengono spesso assicurate con alie di ferro. Un altro sistema consisterebbe

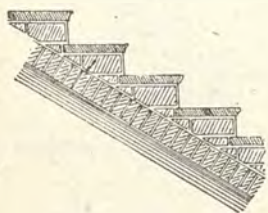


Fig. 1324. — Scalini con pedate di legno.

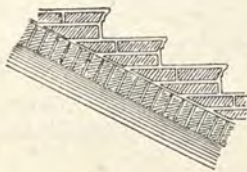


Fig. 1325. — Scalini intonacati.

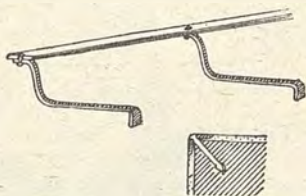


Fig. 1326. — Rivestimento metallico dello spigolo degli scalini.

nell'ingessare entro la muratura un lungo tassello di legno sul quale avvitare con due viti la pedata (fig. 1321). Spesso i gradini in muratura di cotto vengono anche intonacati con cemento (fig. 1325). Però questo sistema non è da seguirsi perchè l'intonaco è di poca durata. Gli scalini in pietra artificiale (in calcestruzzo o in terracotta formati con forme di legno) sono da preferirsi ai precedenti. A tali scalini si dà la forma dei comuni scalini massicci, e affinchè riescano leggeri si possono anche fare cavi. Nelle caserme, nelle scuole, ecc., gli scalini hanno talvolta lo spigolo anteriore munito di stecca metallica o ferro d'angolo per proteggerli contro la corrosione. Queste parti metalliche si assicurano con piccole alie o con viti (fig. 1326).

Le pietre più convenienti e preferibili per la formazione degli scalini sono quelle dure, le arenarie e i calcari compatti, il granito, la trachite, la sienite, la lava, purchè non di facile levigatura, essendo questa assai pericolosa. Il gneis che è duro, resistente e non levigabile, fornisce le migliori lastre per scalini comuni. Nel Piemonte è molto usata la pietra di Luserna, Borgone, San Giorio; in Lombardia la così detta *bevola* o sarizzo. Dal gneis si possono ricavare lastre di grandi dimensioni che servono egregiamente per pianerottoli.

I gradini di peperino, travertino, marnoscisto, selenite silicea ed arenaria semidura dopo un po' di tempo si corrodono nel mezzo, specialmente nelle scale strette, e la corrosione può raggiungere un grado pericoloso. Lo stesso dicasi per gli scalini di marmo, pei quali però occorre tempo maggiore per corrodersi. Notevole è la corrosione degli scalini che conducono alla sommità della guglia del Duomo di Milano, fatti con marmo di Gandoglia.

In molti paesi si usano per le scale massiccie anche le pietre tenere. Così nel Padova è diffuso l'uso della pietra Custozza, la quale per la sua bianchezza impartisce un bell'aspetto alla scala, ma non è di nessuna durata.

Un aspetto signorile e di lusso assumono le scale con scalini di marmo, sia massicci, sia colla sola pedata e alzata. Molto impiegato è il marmo bianco ordinario di Carrara e il bardiglio.

a) Scale a collo.

Le *scale a collo* sono quelle che hanno gli scalini sostenuti per tutta la loro lunghezza, o mediante un ripieno sottostante o da vòlte, oppure gli scalini appoggiati alle

estremità sopra muri, archi, o sopra fianchi in pietra sostenuti da pilastri o da colonne. Le scale *esterne* sono quasi sempre di questo genere. Per scale interne l'uso di quelle simili alle esterne è limitato a scale di importanza secondaria, oppure per brevi rampe di

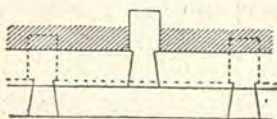


Fig. 1327.

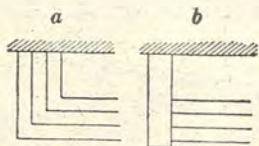


Fig. 1329 a, b. — Scale esterne.
a, con scalini risvoltati; b, con scamilli.

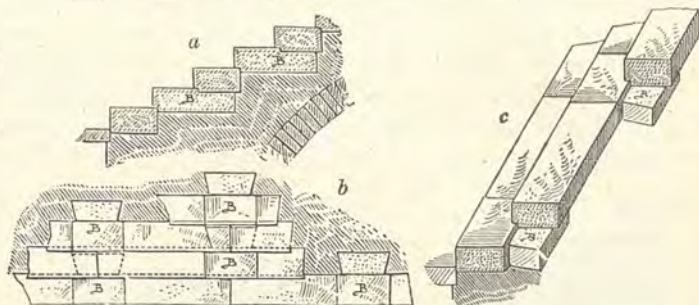


Fig. 1328 a, b, c. — Forma degli scalini della scala esterna del Palazzo Universitario a Strasburgo.

vestiboli, o per rampe di cantine e simili. Le scale esterne devono avere una fondazione robusta. I gradini si devono porre in opera con una pendenza di circa $\frac{1}{2}$ cm., perchè l'acqua ne scorra via bene. Le commessure sigillate in cemento sono soggette al gelo, perciò spesso si sigillano con piombo, che però bisogna inzeppare non solo da

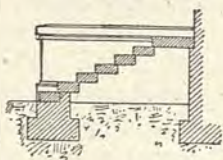


Fig. 1330. — Scala esterna con scalini appoggiati sugli scamilli o pulladiane.

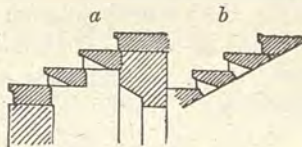


Fig. 1332 a, b. — Scala esterna cogli scalini aventi un intaglio nell'alzata per illuminare i sotterranei.

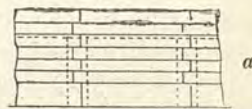
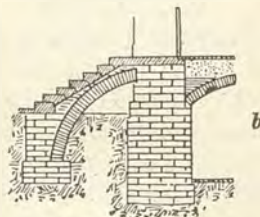
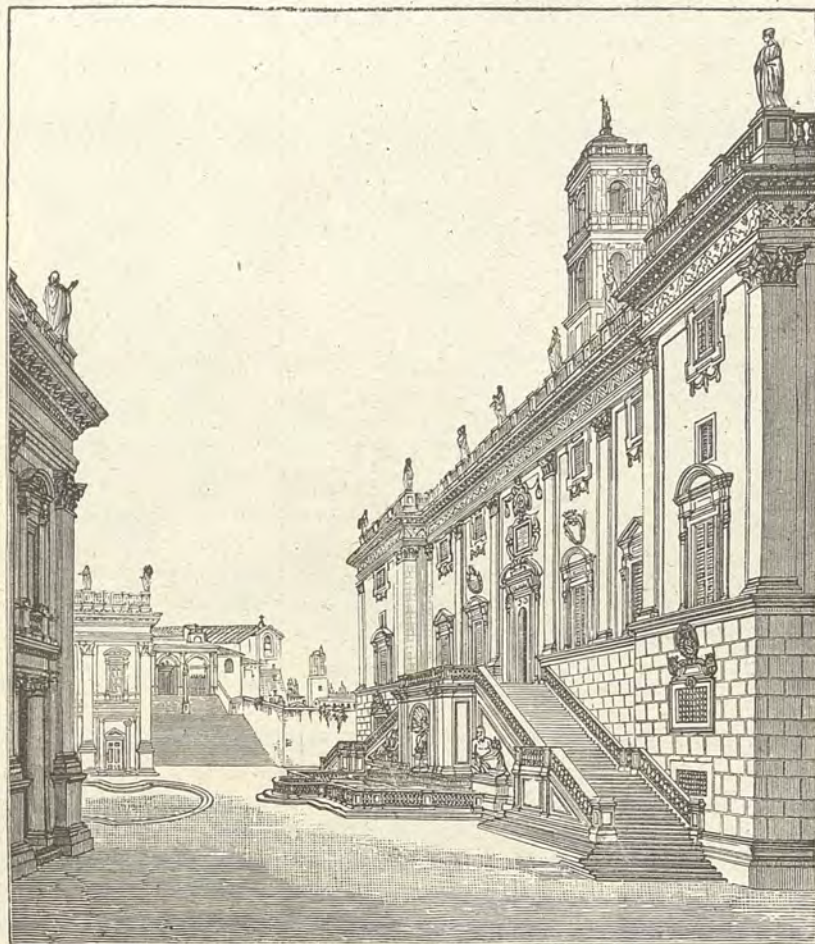
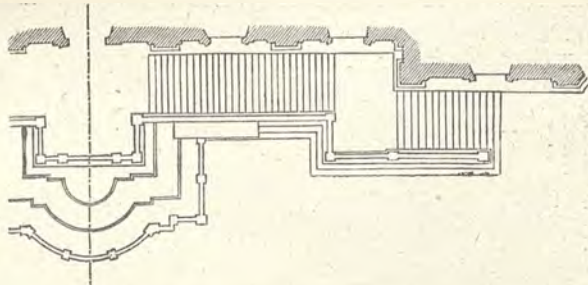


Fig. 1331 a, b. — Scala esterna con gradini su volta o su archi rampanti.

principio, ma anche ripetutamente in seguito, perchè coll'azione del caldo e del freddo i giunti si riaprono sempre di nuovo. Per impedire degli smovimenti per la stessa causa, si adottano anche spesso delle pietre formanti chiavetta a coda di rondine (fig. 1327). Nella grande scala esterna del palazzo dell'Università a Strasburgo le parti a coda di rondine hanno la coda incastrata nella muratura e le altre parti si appoggiano una sopra l'altra mediante battuta (fig. 1328 a, b, c). Per risparmiare muratura di fondazione si fanno solo delle spallette triangolari e sopra di queste si sostengono i gradini, che restano così appoggiati solo nelle estremità. Gli scalini di granito possono in tal modo avere da $2 \div 3$ metri di portata libera, e quelli d'arenaria o di pietre meno resistenti da m. $1,25 \div 2$ metri, secondo il loro profilo e la durezza del materiale.

Le scale esterne nelle testate possono avere gli scalini risvoltati (fig. 1329 a), oppure essere conterminata da spallette dette scamilli (fig. 1329 b). In questo caso nelle piccole scale viene sottomurato solo lo scalino più basso per tutta la lunghezza, mentre gli altri sono sostenuti solo nelle estremità sopra riseghe delle spalle (fig. 1330). Se la scala invece è alta, cosicchè la sottomurazione richiederebbe troppa spesa, si possono appoggiare gli scalini sopra una volta. La volta può estendersi per tutta la larghezza e lunghezza della rampa, oppure formare solo archi salienti di muratura in corrispondenza dei giunti dei gradini (fig. 1331 a e b), i quali risultano così appoggiati alle loro estremità.

Pianta dello scaloneFig. 1333 *a, b*. — Scalone esterno del Palazzo dei Senatori a Roma.

Il pavimento di un vestibolo deve sempre essere di circa 15 mm. più basso della soglia del portone onde lasciare a questo sufficiente battuta. È anche vantaggioso collocare questa soglia un po' più alta del pianerottolo che termina la scala esterna od almeno inclinare il pianerottolo alquanto verso l'esterno, affinché l'acqua di pioggia non possa penetrare nell'interno. Se sotto alle scale esterne si trovano delle finestre da sotterraneo bisogna tagliare i gradini (fig. 1332 *a e b*) in modo che lascino passare un po' di luce. Molte sono le scale esterne che si potrebbero portare ad esempio, per la loro grandiosità. Così quella del Campidoglio (fig. 1333 *a, b*), quella del Caval Bianco

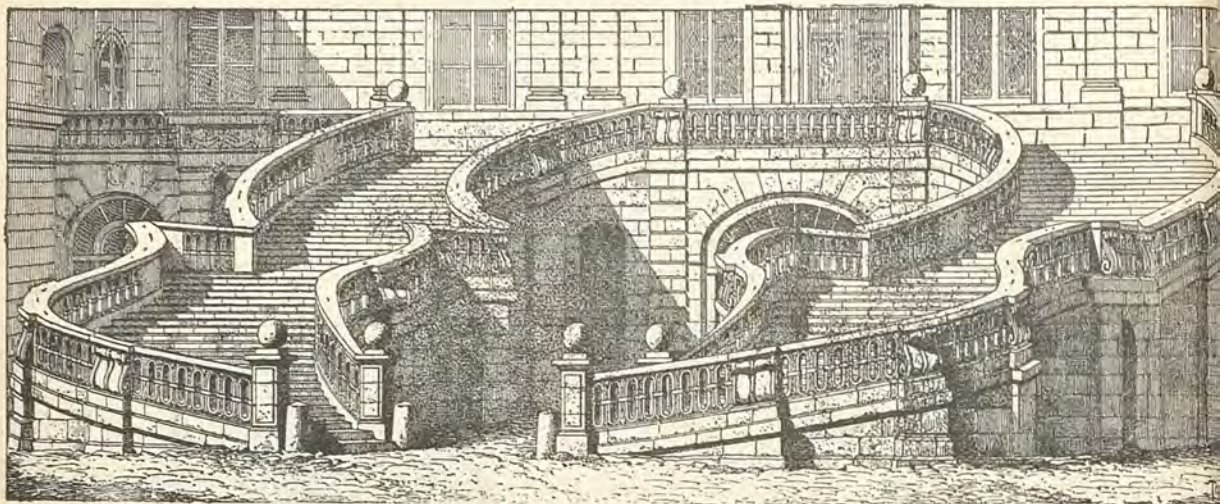


Fig. 1334. — Scala nel cortile del Caval bianco a Fontainebleau.

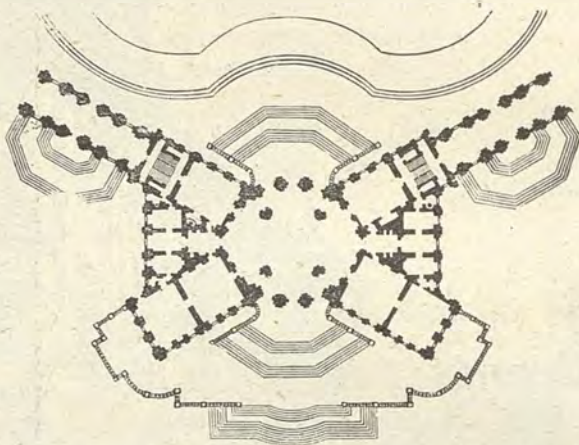


Fig. 1335. — Scalee del Reale Palazzo di Stupinigi presso Torino.

a Fontainebleau (fig. 1334), di cui la prima rampa al basso di ogni girata ha gli scalini a ventaglio, lo scalone del palazzo di Longchamps a Marsiglia: le scalee del palazzo reale di Stupinigi presso Torino (fig. 1335); la scalinata che da piazza di Spagna, a Roma, conduce al piazzale della Trinità dei Monti; quella della Basilica di Santa Maria Maggiore a Roma; lo scalone dei Giganti a Venezia (fig. 1336); la scalinata che circonda il palazzo del Trocadero a Parigi; quella del giardino della Montagnola a Bologna e la simile di Cagliari, ecc. Nella figura 1337 si è rappresentata una scalea doppia che serve a mettere in comunicazione due vie a diverso livello, come per esempio le scalee dei Murazzi lungo Po di Torino, che mettono in comunicazione la via alzaia del fiume col viale superiore.

Anche le rampe a cordonata possono essere costruite a guisa di scala per passo semplice o doppio, ed anche per poterle salire a cavallo (fig. 1338), come le così dette rampe alla romana.

Le scale interne di forma più semplice hanno nel mezzo un muro di divisione triangolare sul quale poggiano le teste dei gradini, che devono avere almeno una grossezza di 25 cm. (fig. 1339 a).

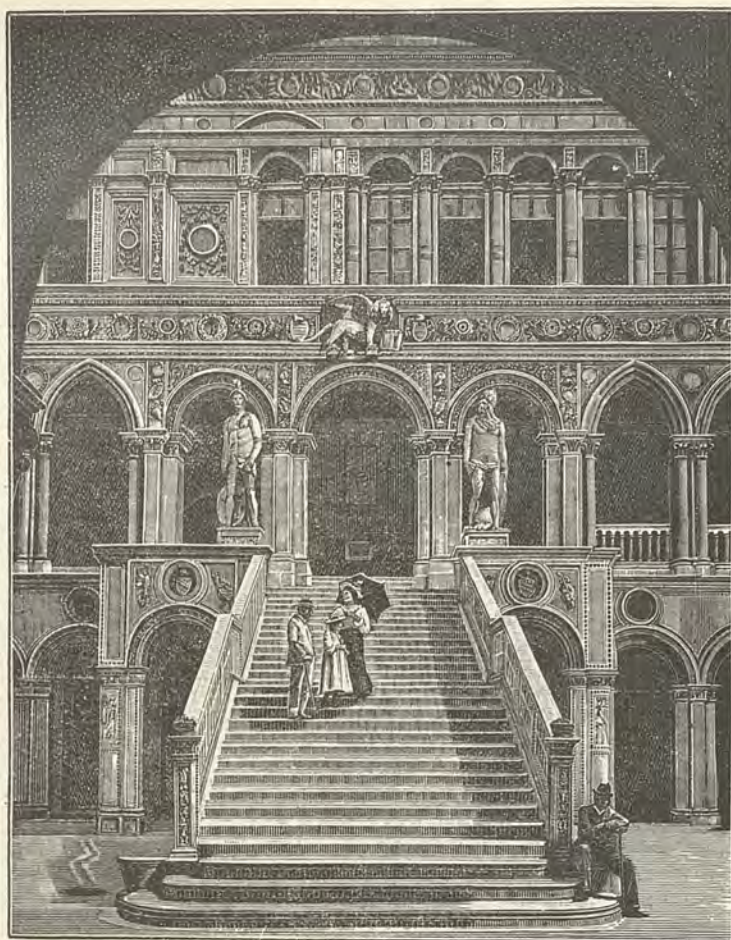


Fig. 1336. — Scala dei Giganti (Palazzo Ducale) a Venezia (Da *Calli e Canali*).

Le lastre dei ripiani possono consistere in una sola lastra di pietra appoggiata su tre lati, ma quando il pianerottolo è molto lungo si usano anche due pezzi, congiunti e sostenuti o da due travi *aa* a battuta (fig. 1339 *b*) o da un arco *bc* in muratura (fig. 1339 *a*). Si può anche ricorrere a 2 mensole in *b* e *c*, come è indicato nella fig. 1339 *c*. Nel senso *cd* occorrono archi in muratura solo quando il pianerottolo debba essere a vòlta, come ad esempio dalla parte della scala che sbocca in un corridoio.

Se la larghezza della rampa non è considerevole si può costruire la scala semplicemente appoggiando od incastrando gli scalini sui due muri di fianco: ma se le branche hanno notevole larghezza, allora fra questi si getta una vòlta e gli scalini si fanno appoggiare su di essa per tutta la loro lunghezza (fig. 1340). Così dicasi pei pianerottoli. Per queste scale con muro longitudinale interno si usa preferibilmente la vòlta a botte saliente, cioè colle generatrici inclinate secondo la branca di scala: i pianerottoli si sostengono con vòlte a botte a generatrici normali ai muri di testa della scala, come sarebbe per la vòlta rappresentata in sezione in alto della figura 1340, oppure da vòlta a botte con lunette, come quella che si vede nel basso della figura. Questa disposizione non presenta inconvenienti quando la scala si compone di sole due branche e finisce col pavimento al primo piano, per cui il muro longitudinale interno finisce sotto il parapetto della seconda branca: ma se le branche sovrapposte sono parecchie

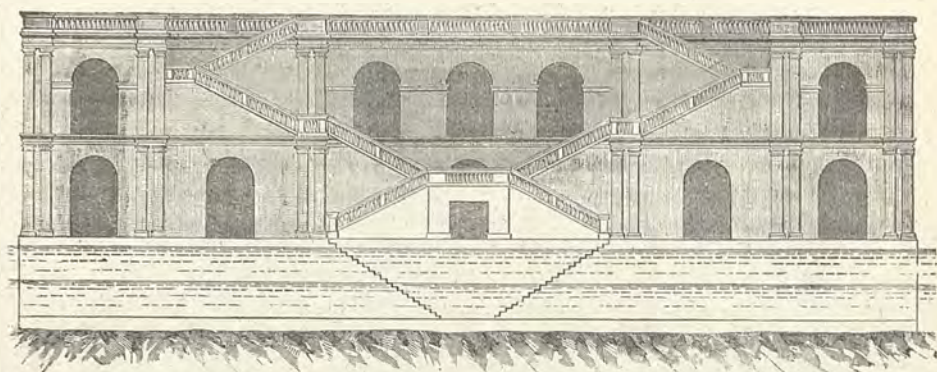


Fig. 1337. — Scale per mettere in comunicazione due vie a diverso livello.



Fig. 1338. — Rampa a cordonata.

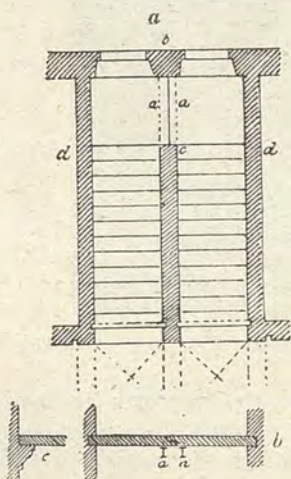
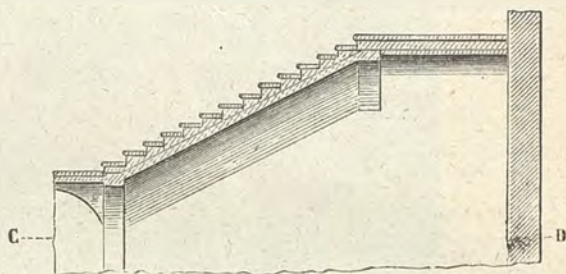


Fig. 1339 a, b. — Scala con rampe sostenute da muri.

Sezione A B



Sezione C D

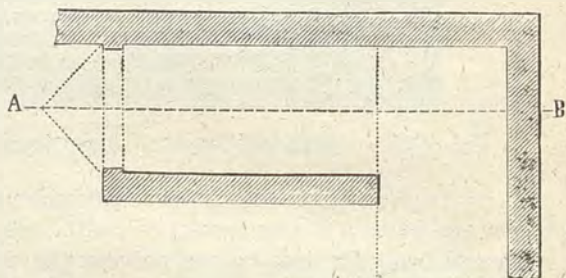
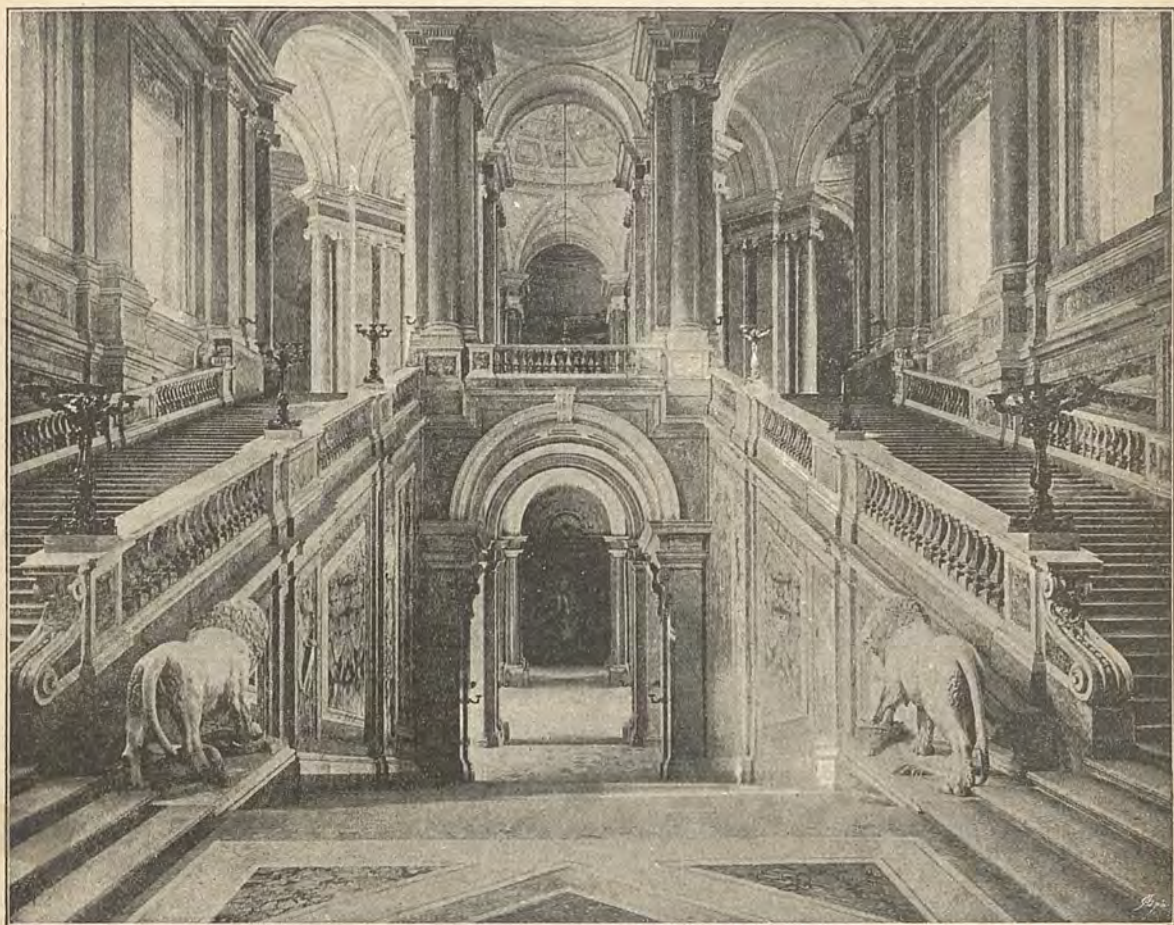


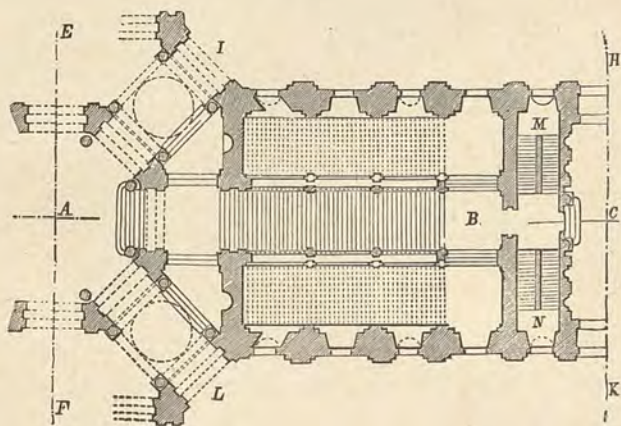
Fig. 1340. — Scala con rampe sostenute da vólte.

e specialmente di poca larghezza, la scala riesce di brutto aspetto. Però in palazzi antichi si usò questo sistema, ma adottando per le branche larghezza tale da impartire ugualmente alla scala un aspetto grandioso. Così fecesi per la scala d'oro del palazzo Ducale di Venezia (fig. 1341), che ha branche larghe m. 3,60, coperte da vólte a botte in ascesa, decorate riccamente a cassettoni.

Uno scalone grandioso con muro pieno sotto le branche verso il pozzo, è quello del palazzo Reale di Caserta (Tav. VIII), eretto nel 1752 dall'architetto Vanvitelli per ordine di Carlo III. La gabbia misura circa 24 m. di lunghezza per 19 di larghezza: le tre branche che la suddividono risultano con larghezza libera, cioè esclusi i parapetti, di m. 4,30 circa. Dall'atrio A del pianterreno mediante la branca centrale AB si arriva al pianerottolo B. Quivi la scala si sdoppia, e percorrendo a piacimento i quattro gradini di destra o di sinistra e poscia la successiva corrispondente branca laterale, si



Veduta dal pianerottolo B.



Pianta-scala di mm. 1,4 per metro.

Scalone del Palazzo Reale di Caserta (anno 1752). — Architettura di Vanvitelli.

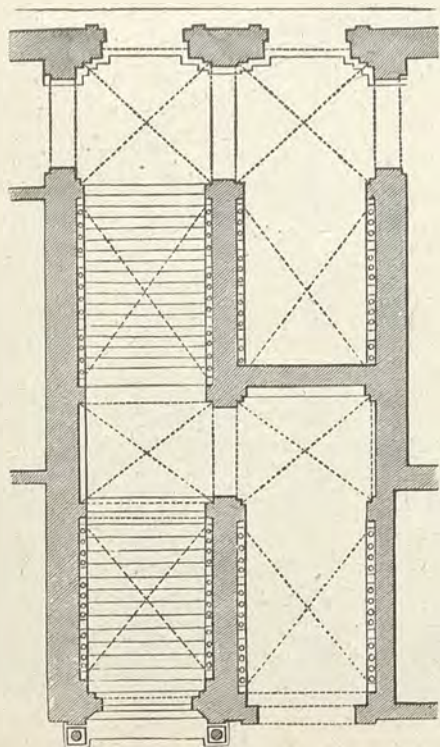


Fig. 1341. — Pianta dello scalone del Palazzo Ducale di Venezia.

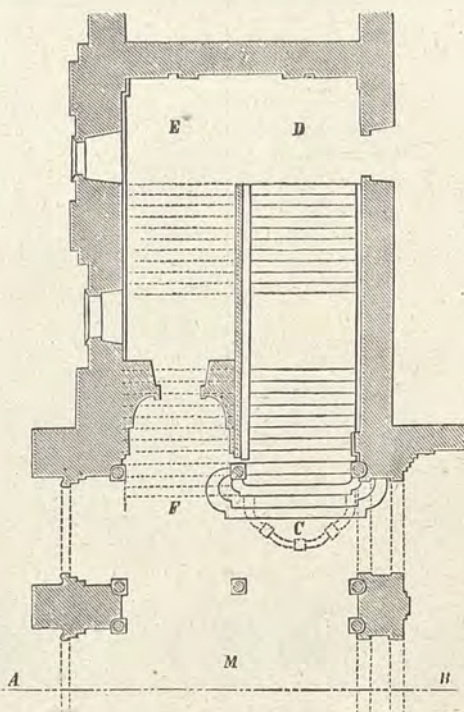
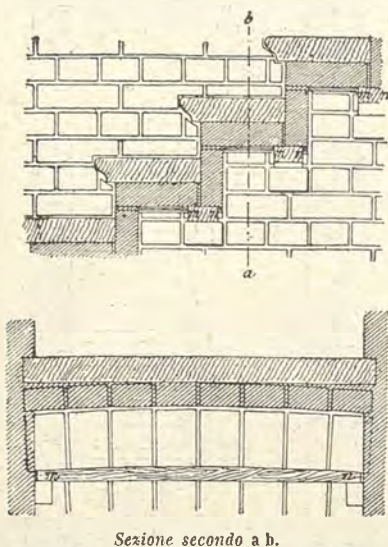


Fig. 1342. — Mezza pianta dello scalone del Palazzo Madama in Torino.

raggiunge l'atrio del primo piano soprastante all'atrio A. Da questo, mediante le aperture come I ed L, si prospetta su quattro cortili. Gli scalini ed il parapetto della scala sono di marmo bianco di Carrara. Sui pilastri che scompartiscono la balaustrata in tre parti si ergono ricchi candelabri di bronzo. I parapetti delle due branche laterali sono decorati sulla fronte con grandiose volute. Due leoni in marmo si ammirano alla sommità della branca centrale e ciascuno serve da scamillo ai 5 scalini laterali al pianerottolo centrale. Colonnati, trofei, statue completano la decorazione del vasto e ricco scalone.

Altra opera consimile si ammira nello scalone del palazzo Madama di Torino (Tav. IX e fig. 1342). Di questo magnifico scalone costruito dal Juvara si dà solo metà della pianta nella fig. 1342, poichè l'altra metà è perfettamente simmetrica rispetto all'asse AB. Il parapetto è di marmo bianco con balaustrini a sezione quadrata e colla sagomatura inclinata secondo il pendio delle rampe. I parapetti delle branche che discendono dal pianerottolo centrale del primo piano terminano sui pianerottoli intermedi con una maestosa voluta decorata superiormente da aggraziate teste di donna. Dall'atrio M per salire al primo piano si superano 8 metri mediante 46 scalini, comodissimi, aventi l'alzata di m. 0,145 e la pedata di m. 0,43. La gabbia è lunga complessivamente m. 47 e larga circa m. 9. La larghezza libera di ciascuna branca, cioè dedotti i parapetti, risulta di circa m. 4. Al primo piano lo scalone è abbondantemente illuminato da 5 grandi arcate chiuse da vetrate. Esso è poi coperto da vòlte a botte con teste di padiglione, la cui imposta si trova a m. 14 sul livello del primo piano.

Per gli scalini delle scale interamente sostenute da vòlte si può adoperare, per così dire, qualunque materiale. Si possono costruire in muratura, in arenaria, in granito, con



Sezione secondo a. b.

Fig. 1343 a, b. — Scalini su voltini leggeri.

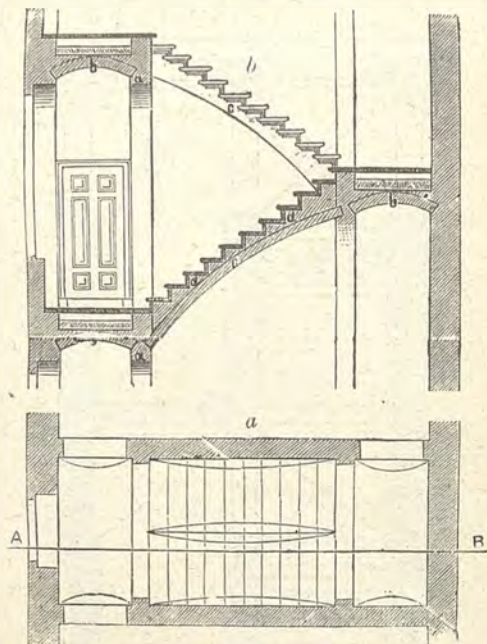
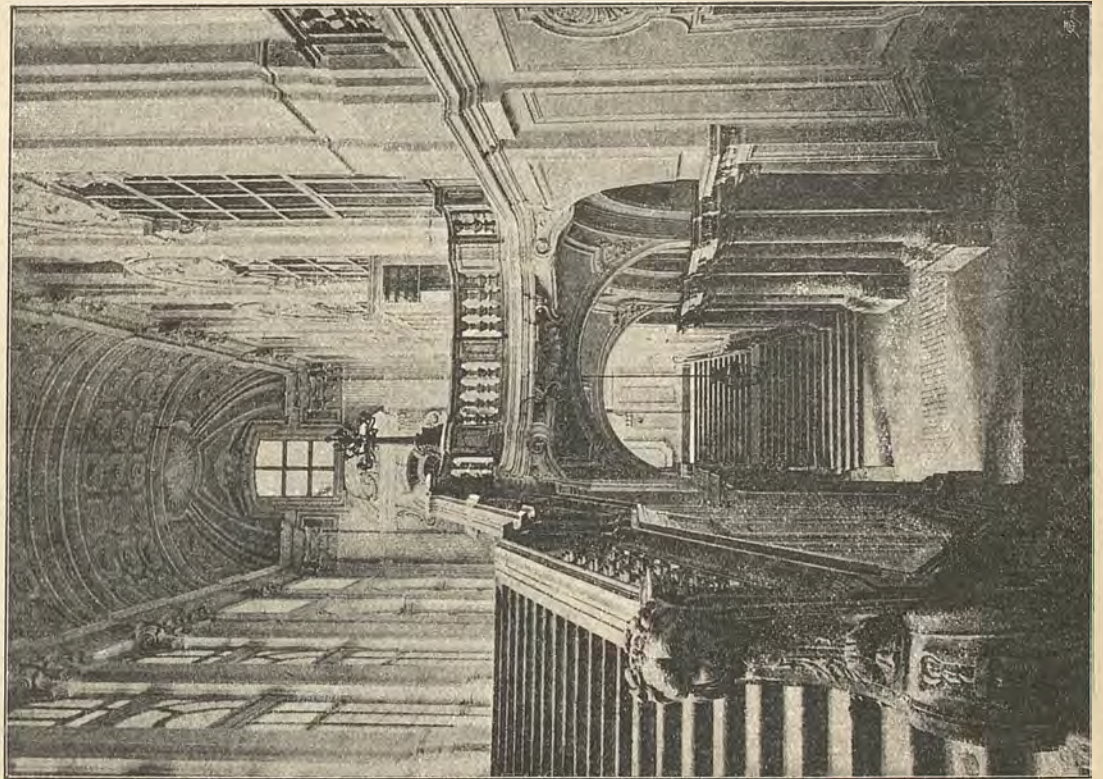
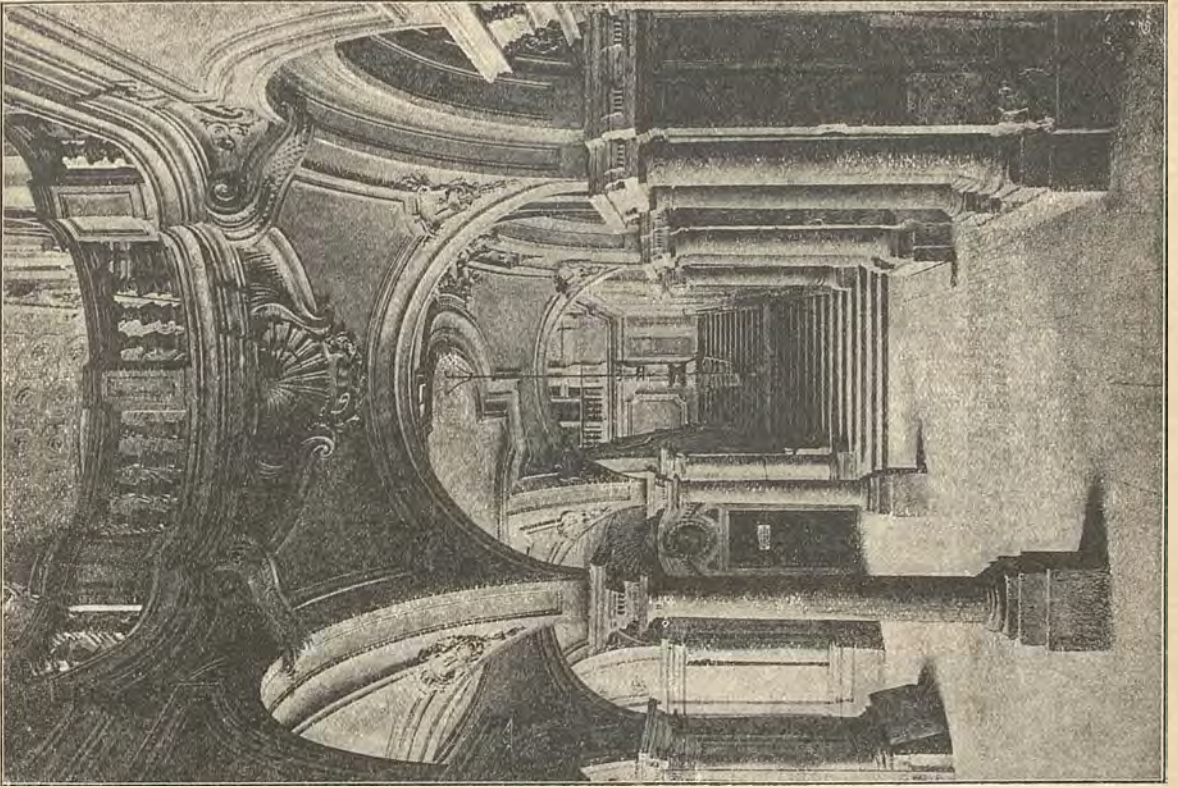


Fig. 1344 a, b. — Branche di scala su vólte impostate sui pianerottoli.

ricoprimento in legno, in lastra di pietra, di marmo, ecc., ricordando che, in generale, sono ritenute dai regolamenti come sicure contro il fuoco anche le scale con ricoprimento in legno dei gradini. La forma più semplice di scala sostenuta da vólta è quella con branche comprese fra due pareti piene di muratura, come già si disse. Si può in tal caso, come si usa nelle scale di cantina e come si è già rappresentato nelle figure 1320-1322, murare ad arco ogni singolo scalino, oppure ciò che è ancor più semplice, gettare fra le pareti delle voltine rampanti sulle quali si posano gli scalini in costa, come si è già visto nelle figure 1324 e 1325. Le più leggere di simili vólte si possono costruire come nella fig. 1343 a e b; su di una pietra sporgente, che può essere poi utilizzata come mensola, si colloca una centina di legno *mn*, sulla quale si eseguono in vólto di quarto con pochissima monta i gradini e i controgradini o frontalini: al disopra si collocano le pedate di legno incastrate alle due estremità nelle pareti e che quindi possono reggersi da sè anche senza i voltini sottostanti, i quali servono a preservarli dal pericolo d'incendio. Si può avere una sensibile facilitazione coll'eseguire contemporaneamente le pareti e i voltini degli scalini. Per brevi branche di scala si possono anche appoggiare le voltine rampanti contro gli archi dei pianerottoli (fig. 1344 a e b). Questi devono essere costruiti con mattoni forti e malta di cemento ed assicurati con chiavi ai muri d'ambito. Le vólte dei pianerottoli anzichè essere girate nel senso della larghezza del pianerottolo, il che necessita l'arco di sostegno del ripiano verso il pozzo, si possono girare nel senso della lunghezza (fig. 1345 a, b, c, d). Però queste vólte devono costruirsi in modo che la linea in chiave della superficie d'intradosso proiettantesi nel punto *m* nella sezione CD, risulti più bassa della retta orizzontale *rs* del pianerottolo di tanto da potersi avere sulle fronti del vólto dei convenienti rettangoli per l'imposta della vólta zoppa sostenente la branca ascendente e discendente. Questi rettangoli hanno lunghezza uguale a quella delle branche, e la loro altezza risulta di 45 cm. circa, tenendo calcolo di 25 cm. di grossezza per l'impostatura delle vólte di sostegno delle branche e osservando ancora che la superficie d'estradosso di queste vólte all'imposta superiore deve stare sotto il primo scalino, cioè



Scalone del Palazzo Madama in Torino (anno 1718). — Architettura di Juvara.

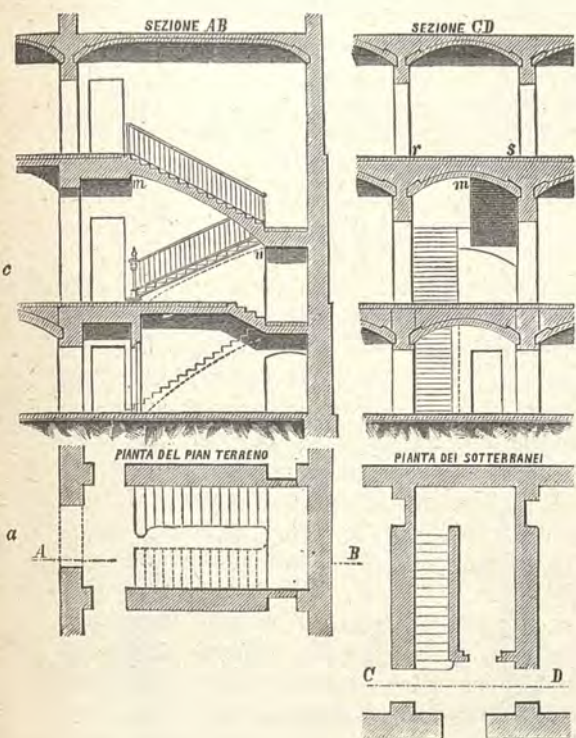


Fig. 1345 a-d. — Scale con pianerottoli su vólte a botte e branche su vólte a collo.

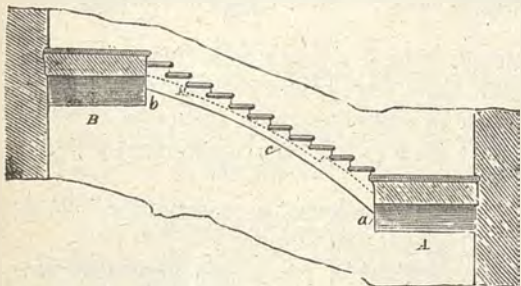


Fig. 1346.

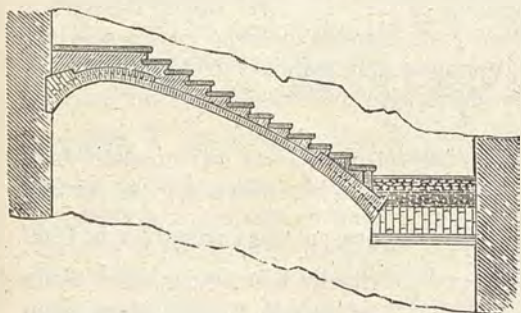


Fig. 1347.

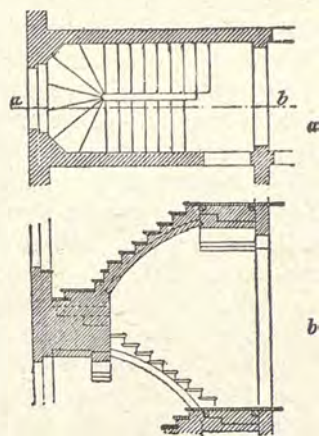


Fig. 1348 a, b. — Branche di scala con gradini a chiocciola.

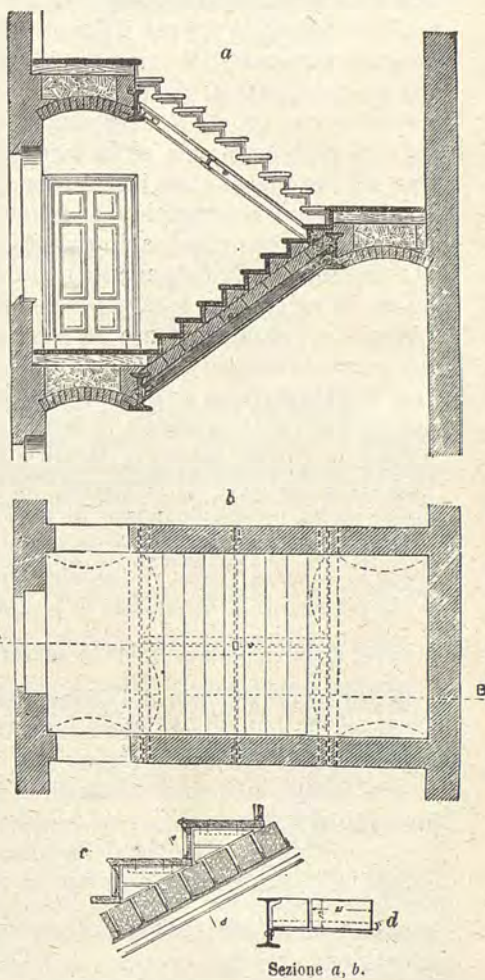


Fig. 1349 a-d. — Scala con voltine sostenute da ferri a I.

circa 20 cm. sotto il livello *r s.* Le vòlte a collo delle branche devono avere una saetta di circa $\frac{1}{18}$ della corda, ed essendo la grossezza della vòlta nel suo mezzo di 12 cm. ne viene che l'estradosso deve trovarsi, considerate le grossezze degli scalini, a distanza di circa 18 cm. dall'angolo rientrante dello scalino mediano.

Nelle scale con pozzo interno presentanti tre rampanti su tre lati successivi della gabbia e pianerottolo sul quarto lato, questo si sostiene con vòlta a botte impostata sui muri opposti della gabbia, mentre le branche e i pianerottoli d'angolo si sostengono con vòlte zoppe (fig. 1346) e con vòlte a collo d'oca (fig. 1347), delle quali si è già parlato a pag. 497.

Un altro modo di sostenere le branche e i pianerottoli della scala è quello colle vòlte dette *alla romana*, descritte a pag. 542. Nelle scale a chiocciola, ossia con gradini a piede d'oca, la voltina del ripiano assume un'altezza ed un peso piuttosto rilevanti in causa del riempimento sotto gli scalini giranti (fig. 1348 *a e b*) e l'altezza libera pel passaggio resta diminuita. Si è perciò proposto di lasciar vuoto lo spazio tra la voltina e i gradini e sostenere questi ultimi con voltini speciali nel modo già visto. In luogo della vòlta rampante della fig. 1344 si può gettarne una, come nella fig. 1349 *a e b*, tra due travi di ferro (*poutrelles*), che limitano il pianerottolo. Il voltino rampante da una parte si appoggia contro il muro della gabbia e dall'altra contro il ferro a I che si imposta sulle travi dei pianerottoli. Sul ferro a I rampante è chiodato un ferro d'angolo che fa da imposta al primo mattone del voltino (fig. 1349 *c, d*). Se la larghezza del pianerottolo non supera m. 1,20, una sola trave a I collocata nel suo margine libero può riuscire sufficiente; ma se la larghezza supera m. 1,20, è meglio disporre due travi, una sul margine e l'altra intermedia, oppure disporre oltre alla trave del margine, altre travi nel senso trasversale e adottando tre o più voltine a padiglione od a botte con teste di padiglione invece di una sola, come si rileva dalla fig. 1350 *a*. Questi ferri trasversali fanno l'ufficio di mensole: devono perciò essere incastrati nel muro almeno per 30 cm. In alcuni casi sarà possibile ottenere delle robuste mensole di sostegno semplicemente col prolungamento dei ferri a doppio T che costituiscono l'armatura dei solai dei locali adiacenti alla gabbia della scala.

Per le branche si può seguire lo stesso sistema, come è indicato nella stessa fig. 1350, che rappresenta l'armatura in ferro di una delle scale a tre branche del palazzo Martini e Rossi in Torino, dell'arch. Riccio. La gabbia della scala misura in pianta m. 7,20 di lunghezza per 6,10 di larghezza: le branche e i pianerottoli sono larghi circa m. 1,50, onde risulta un ampio pozzo di m. 4,20 × 3,10.

Sul lato di sinistra vi è un pianerottolo in corrispondenza di ciascun piano e al secondo e terzo piano vi ha pure un pianerottolo sul lato minore *cd*.

Il pianerottolo di sinistra è sostenuto da tre voltine a padiglione impostate: al muro di sinistra della gabbia; ad un ferro a doppio T con sezione retta di mm. $\frac{260 \times 130}{10 \times 14}$ disposto quasi sull'orlo del pianerottolo secondo la *ac*; ad altri due ferri pure a doppio T colle stesse dimensioni di sezione retta disposti in senso trasversale col'estremità di sinistra incastrate per 32 cm. nel muro della gabbia e colle estremità di destra fissate, mediante cantonali, al ferro predetto, cioè come risulta in I nel particolare dell'armatura.

Le voltine di sostegno della branca e dei pianerottoli siti sul lato opposto della gabbia si impostano: alla destra al muro della gabbia, alla sinistra ad un ferro a doppio T pure con sezione retta di mm. $\frac{260 \times 120}{10 \times 14}$ che presenta una piegatura in D ed un'altra in B in modo da assecondare colla parte intermedia BD l'inclinazione della branca e da riescire colle due porzioni estreme orizzontali per l'impostatura delle voltine dei pianerottoli.

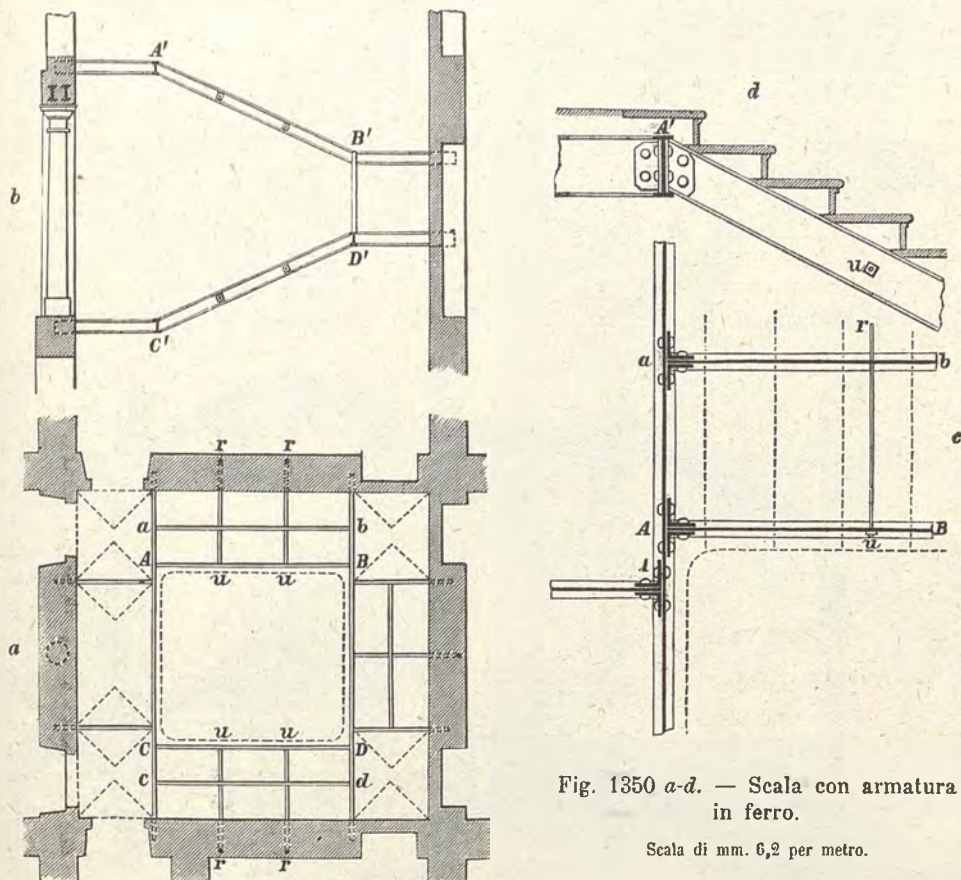


Fig. 1350 a-d. — Scala con armatura in ferro.

Scala di mm. 6,2 per metro.

In vicinanza di dette piegature vengono a fissarsi le estremità delle travi trasversali che sono per l'altro estremo incastrate nel muro di destra della gabbia. Queste travi trasversali servono contemporaneamente a consolidare la trave disposta secondo bd ed a formare due delle impostature delle voltine a padiglione che sorreggono i pianerottoli.

A completare l'armatura per l'imposta delle voltine che sorreggono la branca intermedia ai suddetti pianerottoli, è disposta ancora una trave a doppio T con sezione retta di $\frac{180 \times 90}{10 \times 12}$ secondo la maggiore mediana del rettangolo di quella branca che resta così sostenuta da due voltine a botte con corda di soli 70 centimetri e con piccola saetta, cosicchè poco materiale di imbottitura si richiede per ottenere il soffitto piano della branca stessa.

A sostegno delle due altre branche, la superiore e l'inferiore, sono disposti 4 ferri a doppio T con sezione retta $\frac{180 \times 90}{10 \times 12}$ che si rilevano in pianta in ab , AB , CD e cd e che assecondano il pendio di quelle branche e sono fissate colle loro estremità ai predetti ferri disposti secondo ac e bd . Due coppie di voltine si impostano sui quattro ferri in modo analogo a quello indicato per la branca di destra. ru , ru sono piccole barre cilindriche che attraversano i ferri suddetti; una loro estremità termina ad occhio per essere incastrata nel muro con bolzone; l'altra estremità, quella verso il pozzo, è filettata a vite; si può con ciò collegare i ferri a doppio T fra loro e col muro

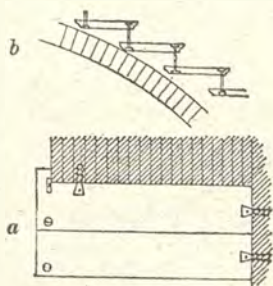


Fig. 1351 a, b.

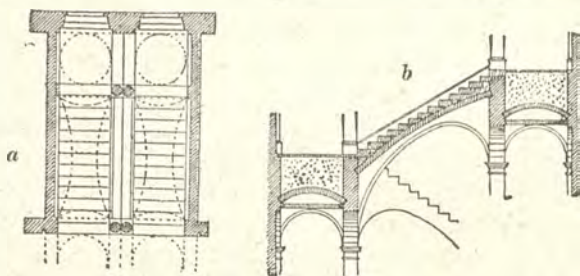


Fig. 1352 a, b. — Scala con rampe sostenute da fianchi ad arco, vòlte a collo e colonne.

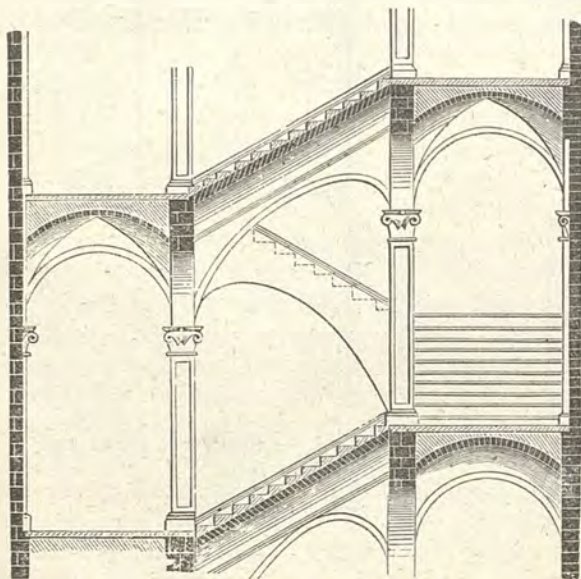


Fig. 1353. — Scala con rampe sostenute da fianchi ad arco, vòlte a botte e pilastri.

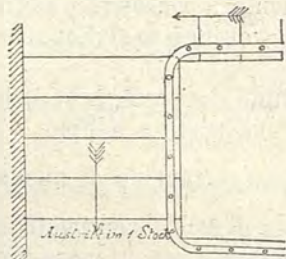


Fig. 1355.

ed impedire le flessioni in senso laterale provocate nei ferri stessi dalle spinte delle voltine.

I ferri sul limite del pozzo sono mascherati dall'arricciatura previo rivestimento di stuoie per evitare le macchie che col tempo immancabilmente si formerebbero nelle tinteggiature, dovute alla superficiale ossidazione dei ferri.

Per l'assicurazione del rivestimento in legno su tasselli già visto alle fig. 1320-1322 si può anche, come nella fig. 1351 a e b unire insieme con chiavarde lo spigolo posteriore di un gradino coll'anteriore del gradino soprastante, ovviando così al

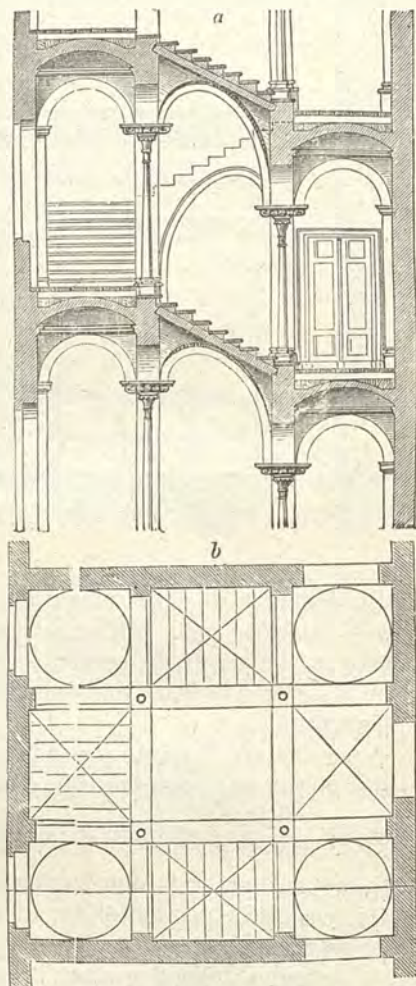


Fig. 1354 a, b. — Scale con rampe sostenute da fianchi ad arco, vòlte a crociera e colonne.



Fig. 1356 a. — Scalone del Palazzo Braschi a Roma.

contorcimento del legname. Inoltre si può assicurare questo ricoprimento in legno con zanche ingessate nel muro. I rivestimenti in marmo vengono collocati in posto su un letto di malta di gesso, ma vengono poi uniti gli scalini coi loro sottogradini o frontalini, mediante caviglie (o spine) di bronzo o di ottone.

Trattandosi di scale con gabbia molto ampia e di branche importanti per lunghezza e larghezza, allora i pianerottoli e le branche si sostengono dalla parte del pozzo mediante archi a lor volta sorretti da pilastri o colonne. Gli archi trasversi dei pianerottoli devono essere archi a tutto sesto molto rialzati, perchè altrimenti gli archi rampanti riuscirebbero troppo depressi. Una condizione essenziale è una buona assicurazione con chiavi. La fig. 1352 *a, b* rappresenta una scala a due branche vicine, cioè senza pozzo; per ogni branca occorre un arco e quindi due colonne o pilastri accoppiati. Invece delle voltine a collo di poca monta o delle vòlte a botte trasversali per le rampe (fig. 1353) si adottano meglio vòlte a calotta od a crociera rampanti (fig. 1354 *a e b*). Se le branche non sono più larghe di 2 m. basta una testa di mattone per grossezza delle vòlte: per larghezze maggiori si devono introdurre degli archi di

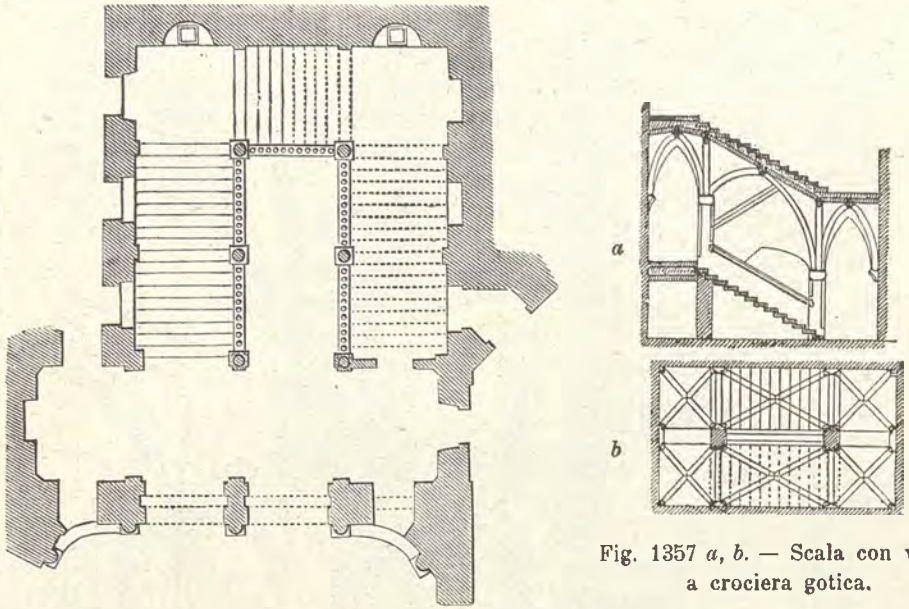


Fig. 1357 *a, b*. — Scala con volte a crociera gotica.

Fig. 1356 *b*. — Pianta dello scalone del Palazzo Braschi a Roma.

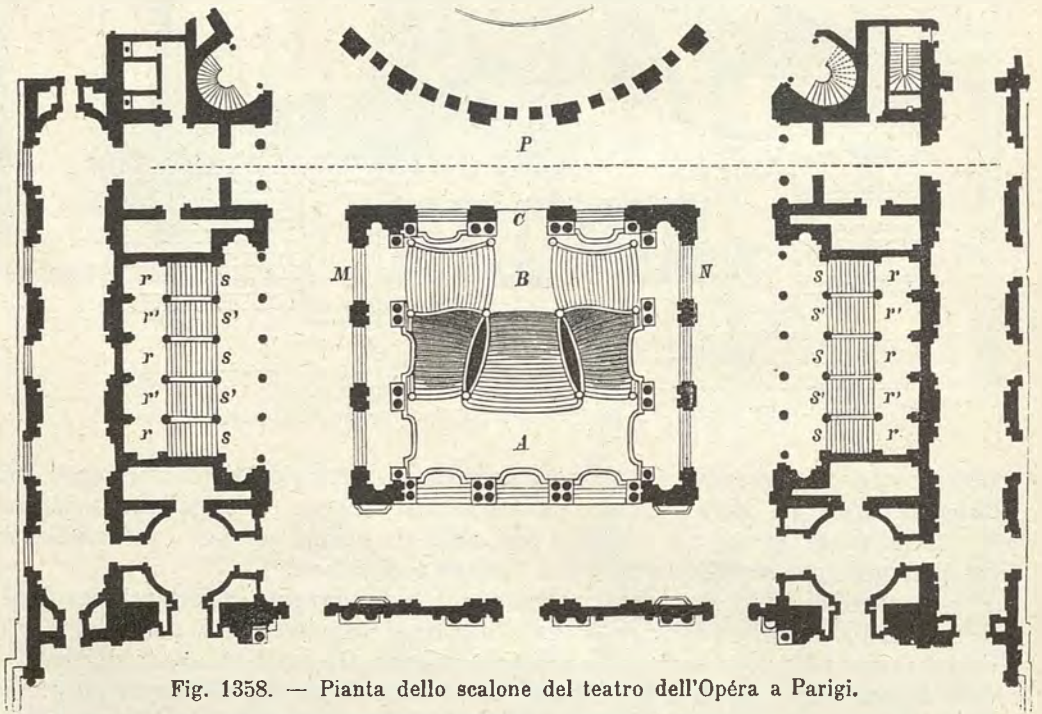


Fig. 1358. — Pianta dello scalone del teatro dell'Opéra a Parigi.

rinforzo. Nei pianerottoli d'angolo di simili scale il gradino superiore della branca inferiore viene protratto innanzi (fig. 1355) in modo che il corrimano del parapetto possa continuare senza gomito. Un bell'esempio di questo genere di scale è fornito dallo scalone del palazzo Braschi a Roma (fig. 1356 *a, b*).

Le figure 1357 *a* e *b* mostrano come si possano applicare anche degli archi acuti alle branche di scala.

Nelle scale a tenaglia si hanno una o più branche a collo ma a volo, e allora gli scalini sono sostenuti o semplicemente sui fianchi o da vòlta rampante. I fianchi possono essere ad arco o rettilinei e la vòlta essere a botte o a crociera, ecc. Di queste scale a tenaglia con rampe a volo si hanno moltissimi esempi nei palazzi pubblici e privati. Uno grandioso lo si ritrova nello scalone del teatro del Nuovo Opéra di Parigi, dell'architetto Garnier (fig. 1358 e Tav. X). La gabbia è rettangolare con un lato di m. 21,50

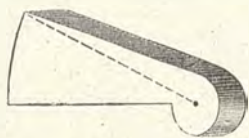


Fig. 1359. — Scalino a tutta alzata di scala a chiocciola.

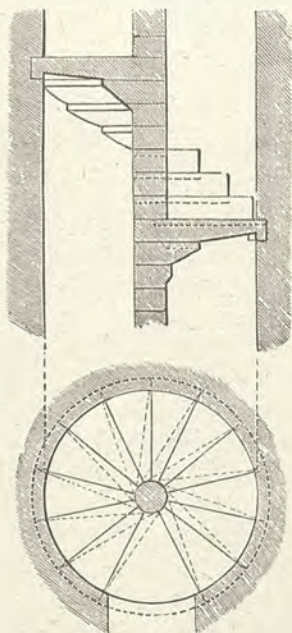


Fig. 1360. — Scala a chiocciola con scalini massicci.

e l'altro di m. 17,50. La branca centrale, a volo, è all'invito larga m. 7 e alla sommità m. 4,50. Sul pianerottolo B che segue la prima branca si ha in fronte la grande porta d'ingresso alla platea, decorata da cariatidi che sostengono una trabeazione, alla cui sommità spicca lo stemma di Parigi. Dallo stesso pianerottolo B si dipartono simmetricamente in direzione normale all'asse della prima branca due altre rampe che immettono a due opposte gallerie del vestibolo circunte la gabbia dello scalone, a livello della 1^a galleria. Dai lati del pianerottolo A del pian terreno con due branche parallele

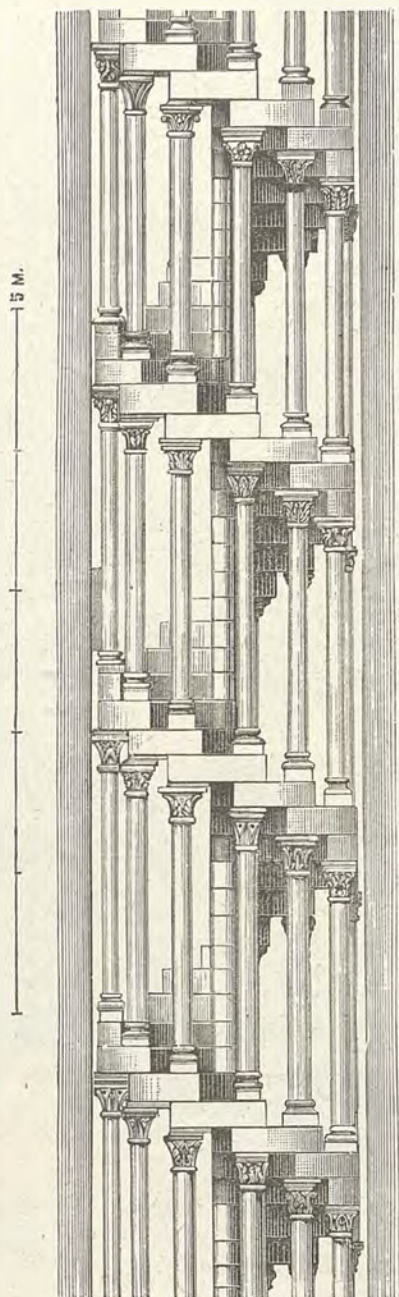


Fig. 1361. — Scala a chiocciola della torre nella Cattedrale di Laon.

dal pian terreno con due branche parallele

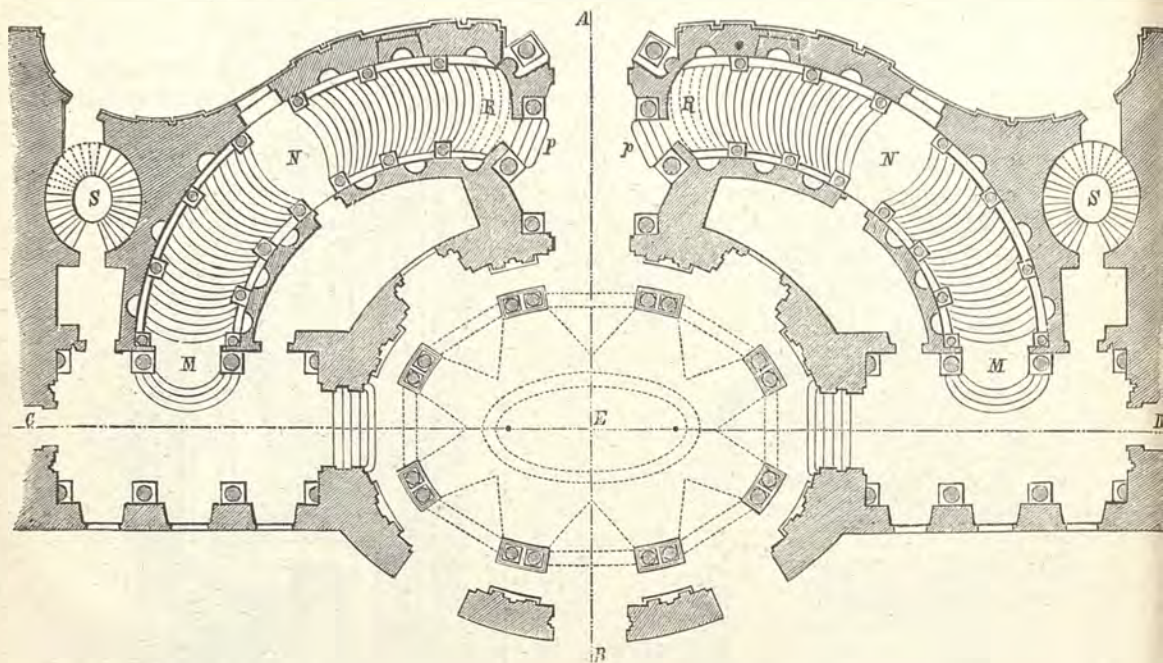


Fig. 1362 a. — Scaloni della parte antica del Palazzo Carignano a Torino.
(Architettura del Guarini).

si discende alla galleria, situata sotto il vestibolo che circonda la platea. Tutte le branche sono fornite di parapetti curvilinei. In *sr* e *s' r'* si hanno le scale che salgono alle diverse gallerie del teatro: le loro branche sono larghe metri 2,25. Dalla prima galleria si dipartono i tre rampanti *sr* che mettono ad un pianerottolo comune, da cui si sale al vestibolo della 2^a galleria mediante le attigue branche *r' s'*. Marmi, stucchi, bronzi, dorature, pitture sono profusi in questa opera ammirevole per concezione e di effetto veramente sorprendente e magico.

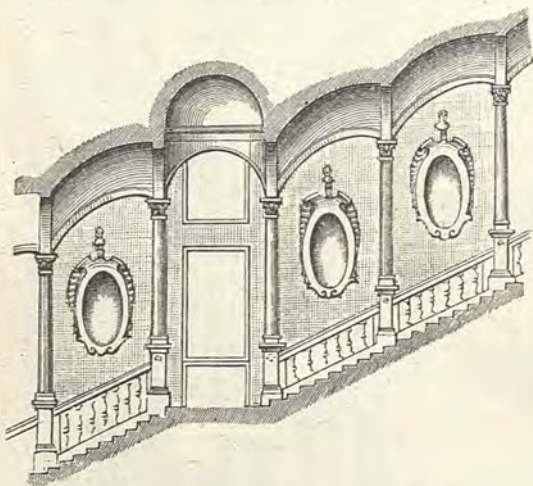
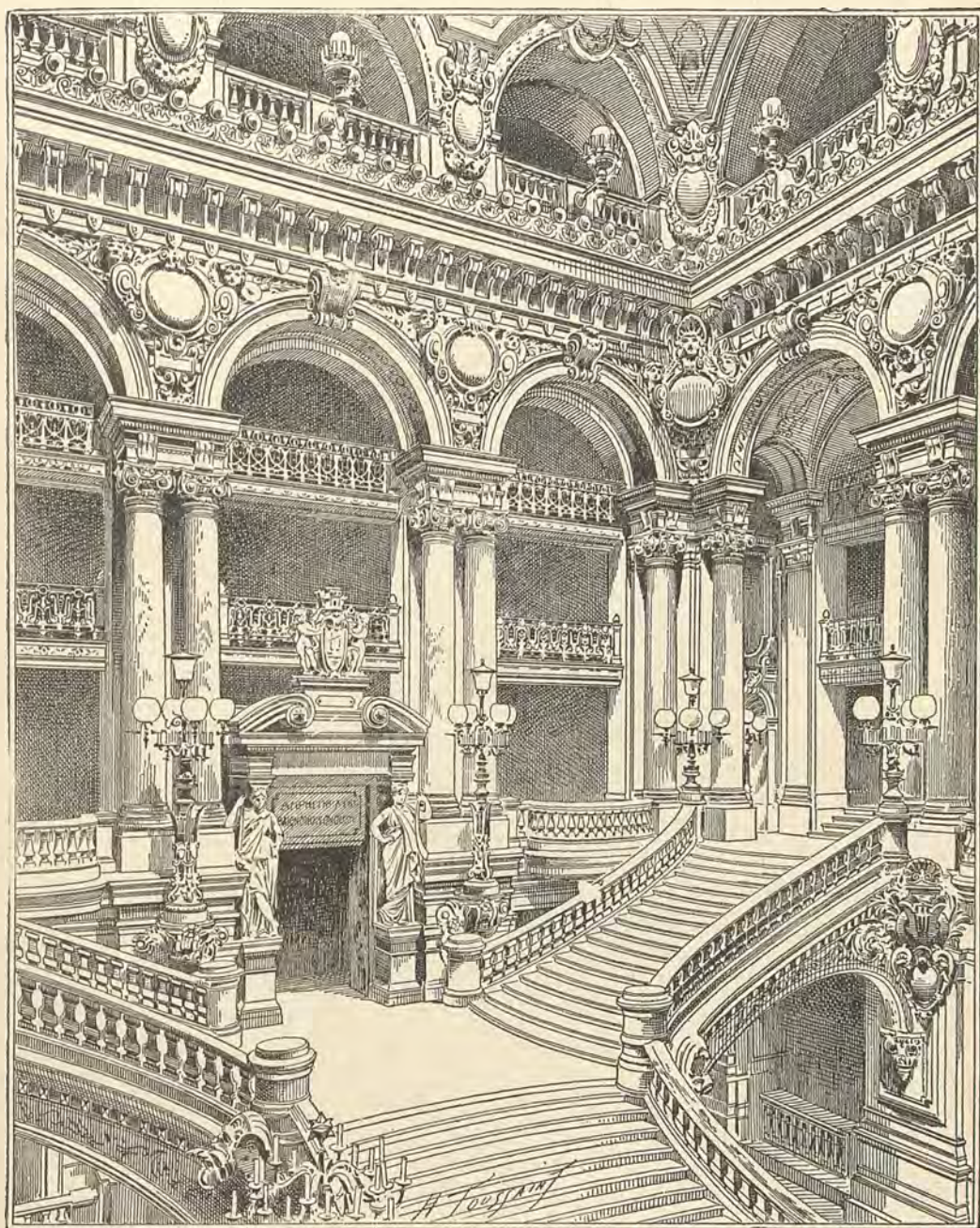


Fig. 1362 b. — Scalone Palazzo Carignano a Torino.

Porzione di sezione longitudinale secondo l'asse della branca *MN*, in corrispondenza del pianerottolo *N* (svilupata).

Fra le scale a collo sono da notarsi quelle curve, dette a ventaglio, a chiocciola, a pie' d'oca, ecc. Anche per queste gli scalini possono essere a tutta alzata, oppure solo rivestiti, e appoggiati solamente sui fianchi o per tutta la larghezza. Così anche l'anima di queste scale può essere piena o vuota, formando pozzo. Per salire alle guglie, alle torrette e simili si trovano delle scale a chiocciola con anima piena, in cui gli scalini a tutta alzata hanno la forma di quello rappresentato nella fig. 1359. Sovrapponendo uno all'altro gli scalini secondo la punteggiata, e incastrandolo nel muro di contorno, le appendici circolari di ciascuno vengono a formare nel mezzo l'anima piena (fig. 1360). Riuscendo le scale così formate molto solide, si può tenere il muro di contorno assai sottile, da 12 a 25 cm. e farlo anche a trafori.



Prospettiva dello scalone del teatro dell'Opéra a Parigi. — Architettura di Garnier.



Fig. 1363. — Scalone del Tribunale di Commercio a Parigi.

Gli scalini invece di essere incastrati nei muri possono anche appoggiarsi a colonnine, come nella fig. 1361, e come si pratica per le scalette di molte guglie traforate. Scale del tipo di quelle della figura 1361 si trovano nella cattedrale di Mayence, a Reims, ecc. Una scala in curva originale è quella del Palazzo Carignano di Torino, dovuta al padre Guarini (fig. 1362 *a, b*) che innalzò nel 1680 il detto palazzo per ordine

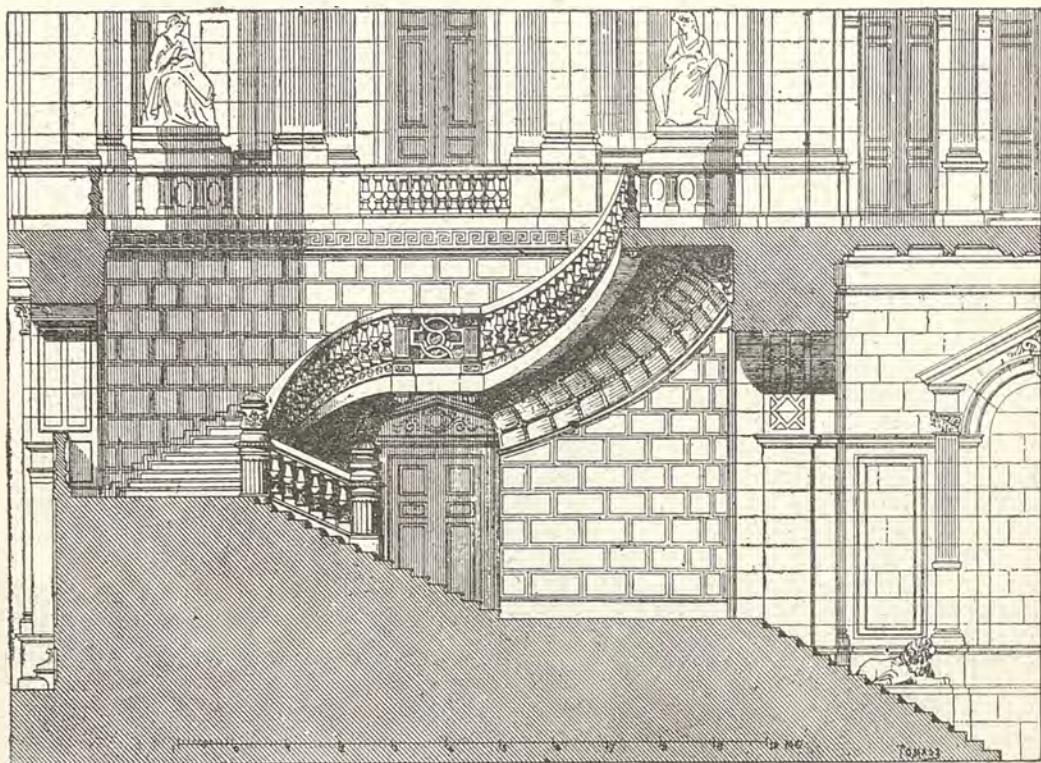


Fig. 1364. — Sezione dello scalone del Tribunale di Commercio di Parigi.

di Emanuele Filiberto. Gli scalini sono in parte convessi, in parte concavi e ciò per dare maggior ampiezza al pianerottolo N: la loro larghezza libera è di m. 3 e di m. 4,20 la distanza fra le pareti laterali. Queste sono decorate da colonne reggenti archi rampanti a monta molto depressa, e archi a tutto sesto nel senso trasversale delle rampe. Gli scomparti fra tali archi sono coperti con vòlte a cupola. Questa scala di effetto scenico non è però troppo comoda nè da imitarsi.

Un altro bell'esempio di scala curva si ha nello scalone del Tribunale di commercio di Parigi (fig. 1363 e 1364). I parapetti sono in pietra e la gabbia è coperta da una cupola sorretta da 8 cariatidi.

Se la gabbia della scala a chiocciola è un quadrato talmente ampio che si debba ricorrere alla costruzione di vòlte per sostenere gli scalini, la superficie d'intradosso di queste vòlte può essere generata come indica la fig. 1365 *a, b*. Secondo i due piani verticali diagonali che si proiettano in AC, BD si immaginino due mezze ellissi uguali coi diametri maggiori orizzontali e ad uguale altezza dalla pedata degli scalini che verticalmente gli corrispondono e precisamente proiettantisi in AC e CD. I semiassi verticali di queste mezze ellissi sieno uguali a metà larghezza della branca, cosicchè esse si proietteranno verticalmente nelle due mezze circonferenze A' C' e D' B'. Una retta AB, A' B' passante per le estremità di queste due ellissi che si muova appoggiandosi costantemente alle medesime e mantenendosi parallela alla parete che limita questa branca, genera una superficie rigata che si può assumere per intradosso della vòlta in ascesa. I materiali di costruzione del vòlto si possono disporre in modo da assecondare coi loro giunti le dette generatrici. Invece di due mezze ellissi si potrebbero scegliere due archi di circolo. Parlando delle vòlte anulari elicoidali (pag. 517) si

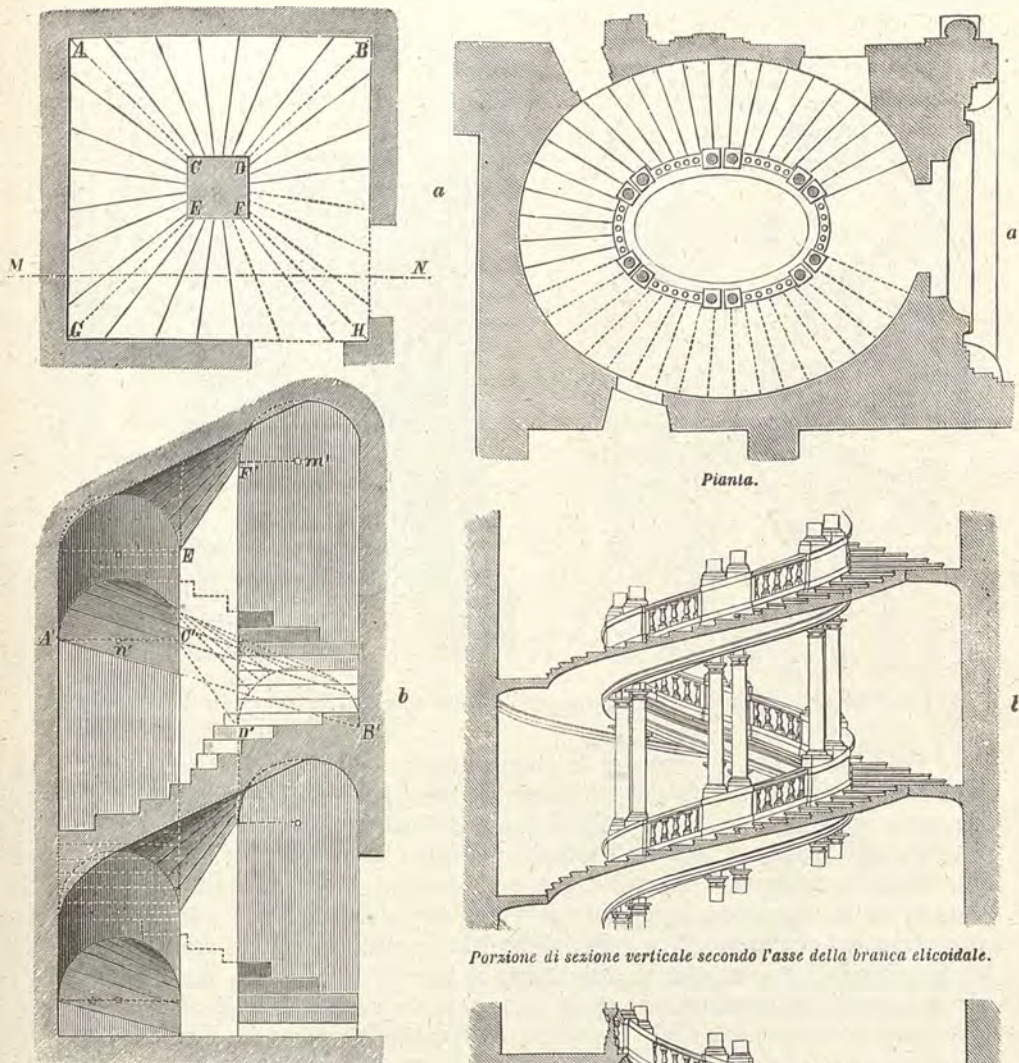


Fig. 1365 a, b. — Scala a chiocciola su pianta quadrata e anima piena.

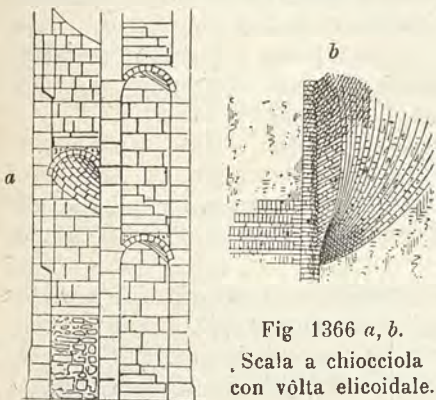
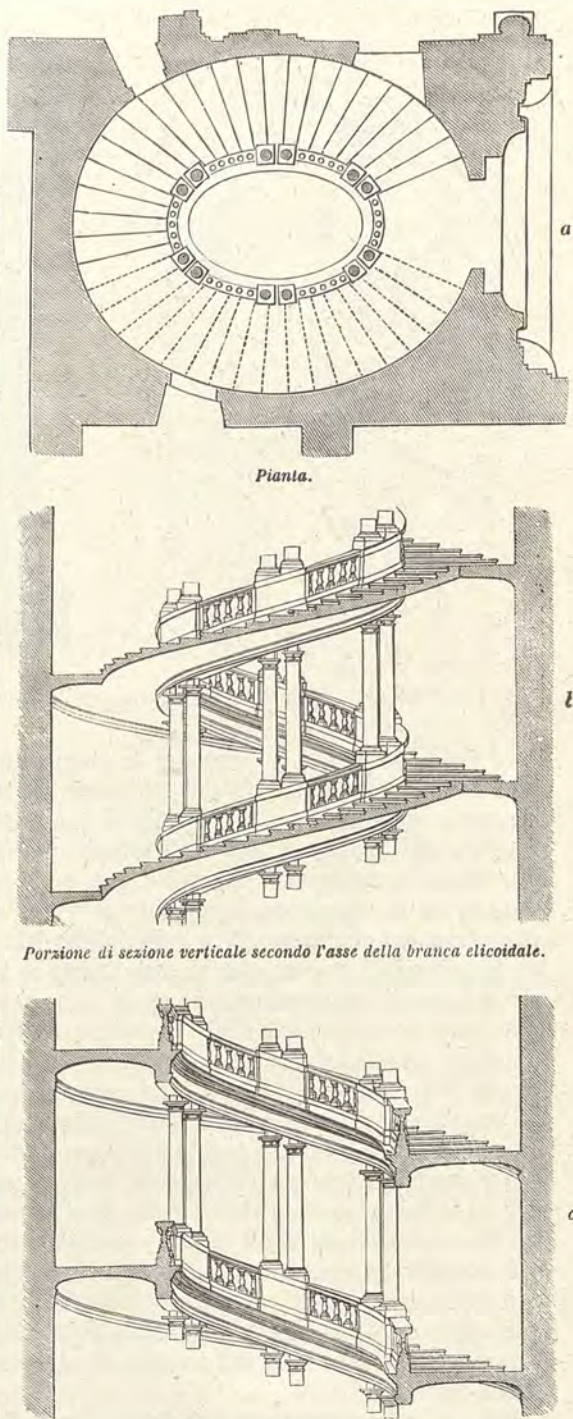


Fig 1366 a, b.
Scala a chiocciola con volta elicoidale.



Pianta.

Porzione di sezione verticale secondo l'asse della branca elicoidale.

Porzione di sezione verticale secondo l'asse maggiore.

Fig. 1367 a, b, c. — Scala ovale nel Palazzo Barberini a Roma.

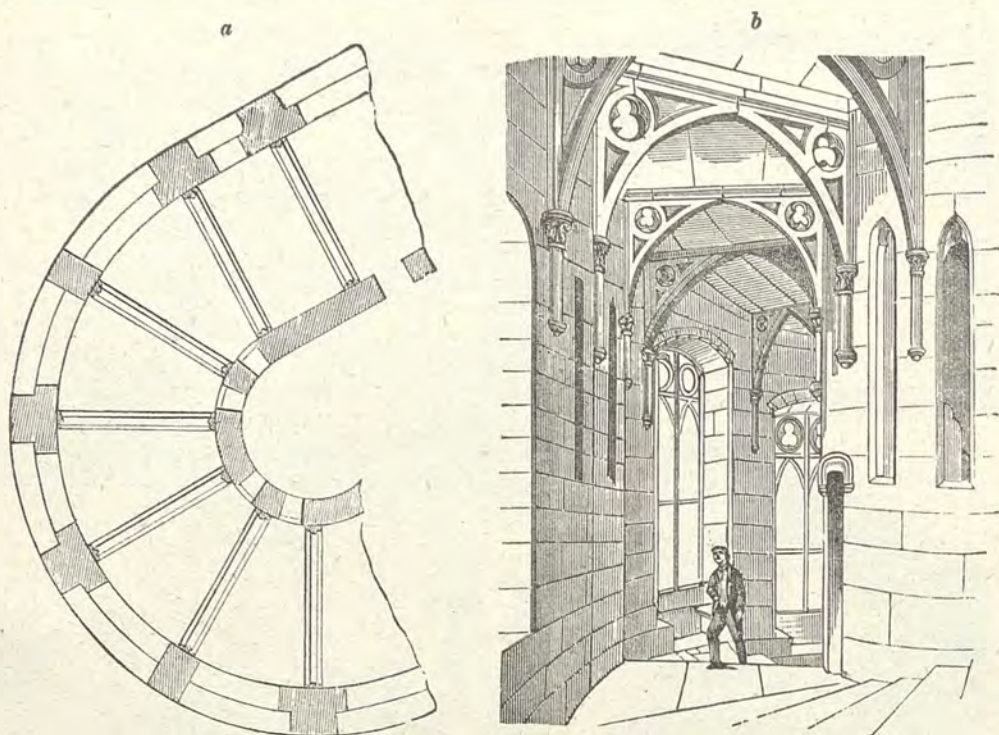


Fig. 1368 a, b. — Scala a chiocciola con lastroni e scalini su nervature trasversali.

è già visto come esse servano per la costruzione delle scale a chiocciola (fig. 1366) e si è allora riportata la scala del Belvedere a Roma, del Bramante, la quale è a pozzo. Una scala simile, ma su pianta ovale, è quella del palazzo Barberini a Roma (fig. 1367 a, b, c). L'asse maggiore dell'ovale misura m. 9,40 e il minore m. 7,85; la larghezza delle branche, compresi i parapetti, è di m. 2,40. La branca curva di ciascuna girata è sostenuta da 12 colonne accoppiate di ordine dorico disposte su piedestallo, ricavato sull'altezza del parapetto. Non poche difficoltà dovettero superarsi dall'architetto per ben distribuire i ripiani che vi sono lungo il percorso di questa scala e conciliarli coll'andamentò del parapetto, il quale verso il pozzo si mantiene di altezza costante, come pure la cornice elicoidale che forma trabeazione al colonnato. Verso gli scalini il parapetto invece ha altezza variabile, e la differenza di altezza è tutta accollata allo zoccolo. Il profilo dei balaustrini, dei capitelli, le sagomature, ecc., sono tutte di disegno così corretto da far dire al Letarouilly, che pure biasima il Borromino per le sue stravaganze in altre opere, « questa scala meglio la si studia e più la si apprezza ».

Nel medio evo invece delle vòlte elicoidali si usò di sostenere le branche mediante serie di archi disposti a risalti colle loro impostature in piani orizzontali, che con qualche scorniciatura negli angoli riuscivano anche di aggradevole aspetto.

Si costruirono delle scale a chiocciola assai spaziose appoggiando delle grandi lastre di pietra sopra ad arconi o nervature trasversali, magari lavorati a traforo (fig. 1368 a, b). Sulle lastre di pietra, che formavano soffitto delle branche, venivano poi appoggiati gli scalini. Usate furono pure nel medio evo le vòlte stellate per le scale a chiocciola, come si vede nella fig. 1369 a, b.

Nella Mole Antonelliana a Torino (opera dell'Antonelli e di cui già si è parlato trattando delle cupole) vi sono delle scale a chiocciola in muratura di così ingegnosa struttura che meritano di essere ricordate, specialmente perchè mentre risultano di una ammirabile leggerezza presentano tuttavia la voluta stabilità. Una di esse è dise-

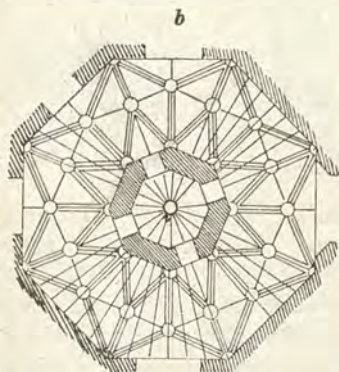
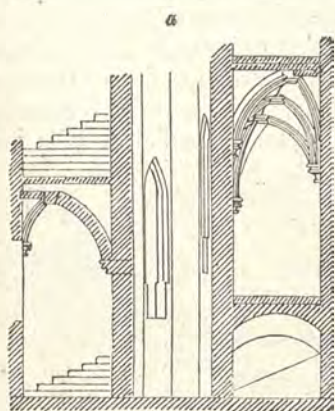


Fig. 1369 *a, b*. — Scala a chiocciola a volta rampante stellata.

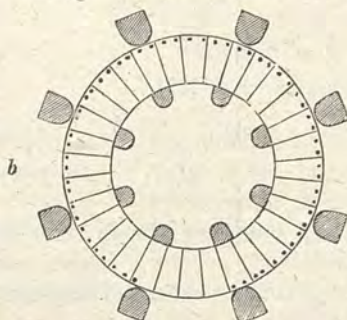
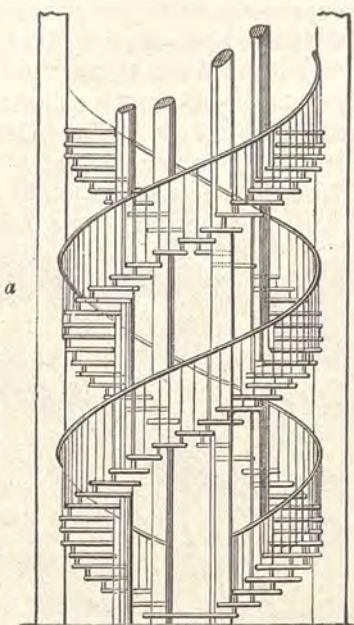


Fig. 1370 *a, b*. — Scala doppia a chiocciola della Mole Antonelliana a Torino.

gnata nella fig. 1370 *a, b*, ed è quella che serve a salire dalla sommità della cupola al vertice della guglia. Essa è formata con ben 227 scalini e supera l'altezza di 37 metri. È a doppia girata, cioè formata da due scale a chiocciola incrociantisi: il suo pozzo centrale, del diametro di m. 1,75, è formato da 8 pilastri, a cui ne riscontrano altri 8 sulla periferia esterna. Gli scalini, della grossezza di 3 centimetri, sono sostenuti dai pilastri e da ferri di collegamento degli stessi.

b) Scale a volo.

Sono dette *a volo* quelle scale in cui il fianco interno o anche l'esterno non sono sostenuti che al basso e alla sommità della scala, oppure le scale i cui scalini non sono sostenuti che ad una sola estremità, cioè sono *a sbalzo*.

Le scale a volo hanno un aspetto molto più leggero di quelle a collo, e le scale a sbalzo, specialmente quando la gabbia è grande, multiplo il numero delle branche e queste sono molto larghe, assumono un aspetto leggerissimo, che talvolta fa nascere persino il dubbio sulla solidità della scala.

Per comprendere come i fianchi delle scale a volo possano non solo reggersi da soli, bastando di essere appoggiati al piede e alla sommità, ma reggere anche gli scalini, si immagini il ripiano $A B C D$ (fig. 1371) nel cui punto A vengano a risvoltarsi i due fianchi delle rampe ascendente e discendente, secondo le direzioni $A E$, $A F$ e si supponga che il fianco $A F$ sia fisso al piede F . La forza agente secondo $E A$ si scompone in una verticale G e in una orizzontale H , la quale viene distrutta dalla resistenza del muro O . Ma la G si scompone in due altre forze L e I , agenti secondo il fianco $A F$ e il ripiano $A E$: quest'ultima è vinta dalla resistenza del muro P e l'altra dalla reazione

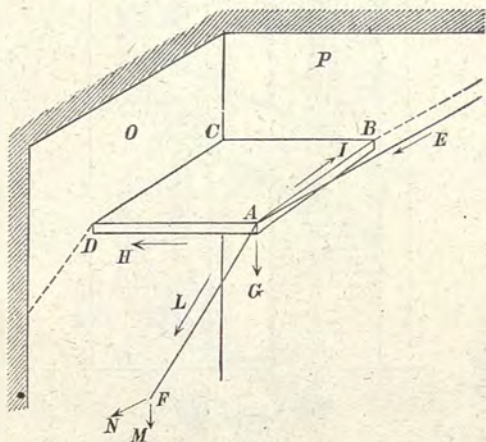


Fig. 1371.

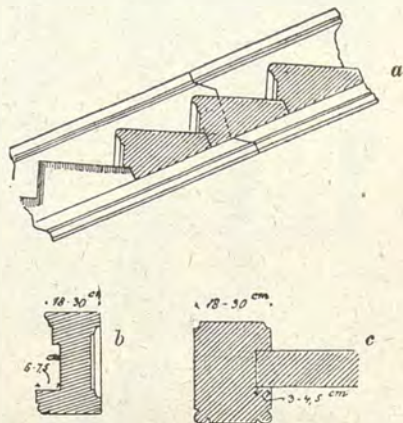


Fig. 1372 a, b, c. — Fianchi di scala a volo.

del punto F ; reazione che dovrà opporsi alle due forze M ed N in cui la forza L si scompone al piede di $A F$: in altre parole, questo piede non dovrà nè cedere verticalmente, nè scorrere.

Le scale a volo con fianchi sono una imitazione delle scale di legno, e non sono raccomandabili, sia perchè i fianchi non presentano la maggior resistenza, sia perchè esigono un grande consumo di materiale e un grande lavoro, soprattutto nelle scale curve, riuscendo perciò molto costose. Per queste ragioni infatti il loro uso è assai limitato.

La lavorazione e la posa dei fianchi per branche rettilinee è cosa semplice. La fig. 1372 a, b, c, ne dà un esempio: in essa sono anche indicate le dimensioni: i vari pezzi con cui sono formati si riuniscono con arpioni di ferro e caviglie. Ordinariamente non si mette fianco contro le pareti della gabbia, e gli scalini vengono solidamente incastrati in queste, in modo che essi servono a portare anche il fianco interno, il quale, più che ad altro, serve a impedire lo spostamento degli scalini. Se in qualche caso si collocano i fianchi contro parete, essi sono semplicemente addossati alla parete tanto sopra quanto sotto agli scalini, nello scopo di ottenere uno zoccolo sopra le rampe e una cornice al disotto che faccia simmetria alle parti corrispondenti del fianco. Quando la scala è a ripiani, ogni rampa ha il suo fianco che appoggia in basso ed in alto ai ripiani e ove i ripiani, per la loro lunghezza, sono in più lastre, presentano anche un architrave od un arco di pietra contro cui si impostano i fianchi delle rampe ascendenti e discendenti. Se poi i pianerottoli, nel punto d'incontro dei fianchi, sono sostenuti da colonne o pilastri, allora la scala, sebbene presenti i fianchi che reggono gli scalini, a rigore rientra in quelle a collo (fig. 1373).

Trattandosi di scale curve la lavorazione dei fianchi porta a un lavoro lungo di tracciamento e di taglio della pietra. Il sistema di tracciamento è quello stesso che si è già indicato trattando delle scale curve di legno.

Un sistema che fu usato per le scale a volo è quello di sostenere i margini dei pianerottoli con mezzi archi ai quali fanno fronte gli archi formanti fianco (fig. 1374), di cui ogni concio corrisponde alla testa di uno scalino. Apparentemente gli intradossi degli archi dei fianchi e dei pianerottoli si incontrano, facendo l'effetto che la costruzione non possa reggersi: ma siccome effettivamente la linea delle pressioni segue

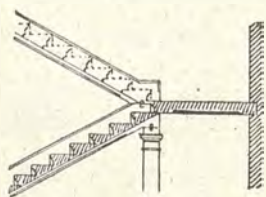


Fig. 1373.

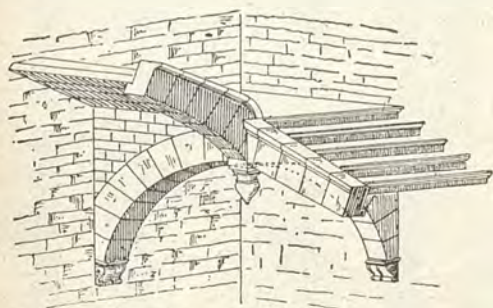


Fig. 1374.

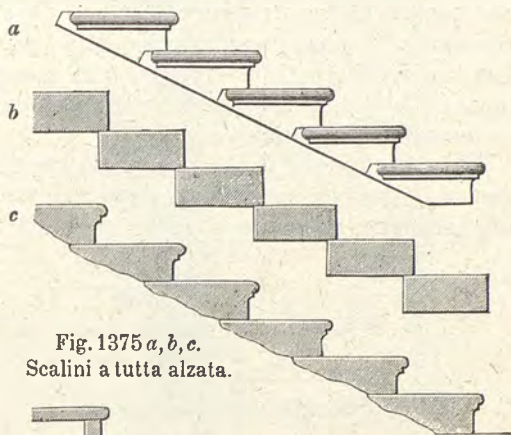
Fig. 1375 a, b, c.
Scalini a tutta alzata.

Fig. 1376. — Scalini di lastra.

una curva continua da un muro all'altro, così la stabilità non è per nulla compromessa. Il ripieno dei pianerottoli è sostenuto con vòlte a crociera a spigoli rinforzati nell'estradosso, e i fianchi sorpassano di circa 6 cm. gli scalini.

Mentre nelle scale a volo con fianchi, la larghezza di queste, variabile da 18 a 30 cm., è tutta a danno della larghezza utile della branca, invece nelle *scale a sbalzo* tutta la larghezza della branca è utilizzabile, poichè anche il parapetto, invece di fissarsi sopra gli scalini, si fissa lateralmente ad essi, dandogli anzi un po' di collo, ciò che contribuisce all'allargamento della branca. Nelle scale a sbalzo si può quindi tenere la gabbia di dimensioni minori, cioè più stretta di tanto quanta è la larghezza dei fianchi, oppure conservando la gabbia delle stesse dimensioni si possono fare le branche più larghe.

Gli scalini a sbalzo si collocano a misura che si elevano i muri della gabbia incastrandone la estremità da $12 \div 25 \div 30$ centimetri, a seconda della larghezza delle branche e della grossezza dei muri della gabbia.

Gli scalini si dicono *a tutta alzata* (fig. 1375 a, b, c e 1313, 1315, 1316, 1319) se sono massicci, ossia se la grossezza di essi in fronte è uguale all'alzata: negli altri casi (fig. 1376) si fa la pedata di lastra e l'alzata di muratura oppure anche di lastra, come per le scale di marmo. Tanto lo scalino massiccio quanto quello di lastra gravita sullo scalino sottostante, cosicchè tutti gli scalini si sorreggono a vicenda onde si può dire che l'incastro nel muro serve soltanto ad impedire allo scalino di inclinarsi, dal che segue che il primo scalino di ogni rampa e quello di ripiano devono essere collocati in modo ben stabile. Se si considera infatti lo scalino B (fig. 1377) si vede che mentre esso porta lo scalino A è sorretto dal C. Lo scalino A gli trasmette il peso P, a cui va aggiunto il peso proprio p di B: ne nasce da ciò una risultante R agente verso la coda di B: ma siccome C sorregge B così per l'equilibrio deve agire su B dalla parte opposta una

reazione R . Queste due forze eguali e contrarie producono una coppia tendente a far rotare B : ma a ciò si oppone appunto l'incastramento, il quale provoca nello scalino una serie di resistenze c , formanti coppia di senso contrario alla precedente e che perciò l'annulla. Ecco la ragione per la quale anche se l'incastro degli scalini è poco profondo le rampe a sbalzo si sorreggono benissimo, mentre apparentemente parrebbe che non dovrebbero reggersi. Quando gli scalini sono a dente (fig. 1375 *a*, 1315 *c*) la resistenza è ancor meglio assicurata, poichè uno scalino non potrebbe rotare senza spingere innanzi lo scalino sottostante, al che si oppone la resistenza del ripiano.

Si è appunto per il detto appoggio reciproco che nelle scale a sbalzo si assegna agli scalini una larghezza maggiore di quella che si dà agli

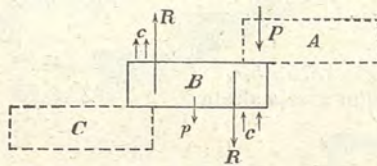


Fig. 1377.

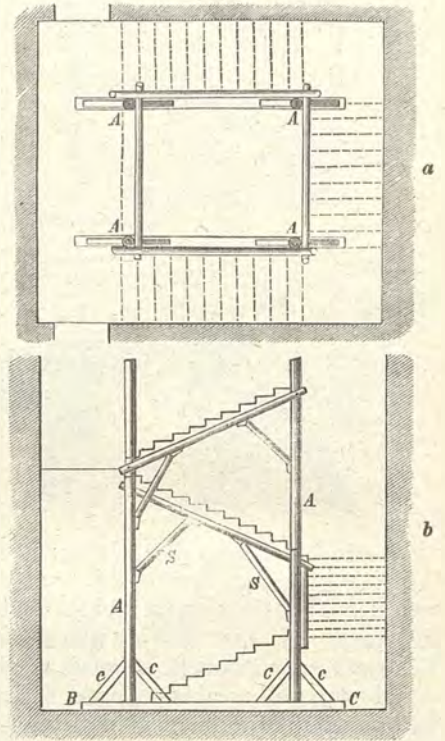
scalini delle scale a collo. Tale larghezza corrisponde a $3 \div 4$ cm. per gli scalini a tutta alzata, e alla larghezza della parte formante alzata per gli scalini di lastra.

Dalle esperienze pratiche eseguite si conlude che non di due ma di tre scalini è formato il gruppo di scalini sorreggentisi a vicenda e sui quali si distribuisce il peso che può gravitare sopra lo scalino di mezzo, peso che si ritiene da 750 a 1000 Kg. per m^2 di proiezione orizzontale del gruppo. Il calcolo si fa come per una trave incastrata all'estremità. Poichè difficilmente si trovano i dati relativi alla resistenza

del materiale che si dovrà impiegare per la scala a sbalzo, così è bene sottoporre ad un carico di prova qualche scalino del materiale che si deve adoperare. Si raccomanda di adottare un carico di sicurezza da $4 \frac{1}{2} \div 8$ volte quello effettivo. Nelle scale curve la pressione si trasmette a più di tre scalini e a un numero tanto maggiore quanto più stretta è la curva, ossia più ripida la spirale. Siccome poi ogni gradino di una scala rettilinea a sbalzo si deve considerare come un braccio di leva che tende a sollevare la parte di muro sovrastante alla sua porzione incastrata, così bisogna stabilire l'egualianza fra il momento statico della leva e la condizione di stabilità del muro.

Molte volte, specialmente per scale di sotterranei, si fanno scale a sbalzo di lastra senza alzata; in tal caso ogni scalino si regge da sè, e se il materiale non è più che resistente, conviene di mettere almeno un sostegno nel suo mezzo e all'estremità libera, con che si riduce il momento flettente, e si fanno portare vicendevolmente gli scalini. Nè ciò può portare pregiudizio anche nel caso in cui si sia soppressa l'alzata per lasciar passare la luce al disotto della rampa.

Nella fig. 1378 *a, b* è rappresentata l'armatura che può convenire per una scala a sbalzo di tre rampe con pozzo interno, quando gli scalini vengano posati a misura che

Fig. 1378 *a, b*. — Armatura per scala a sbalzo.

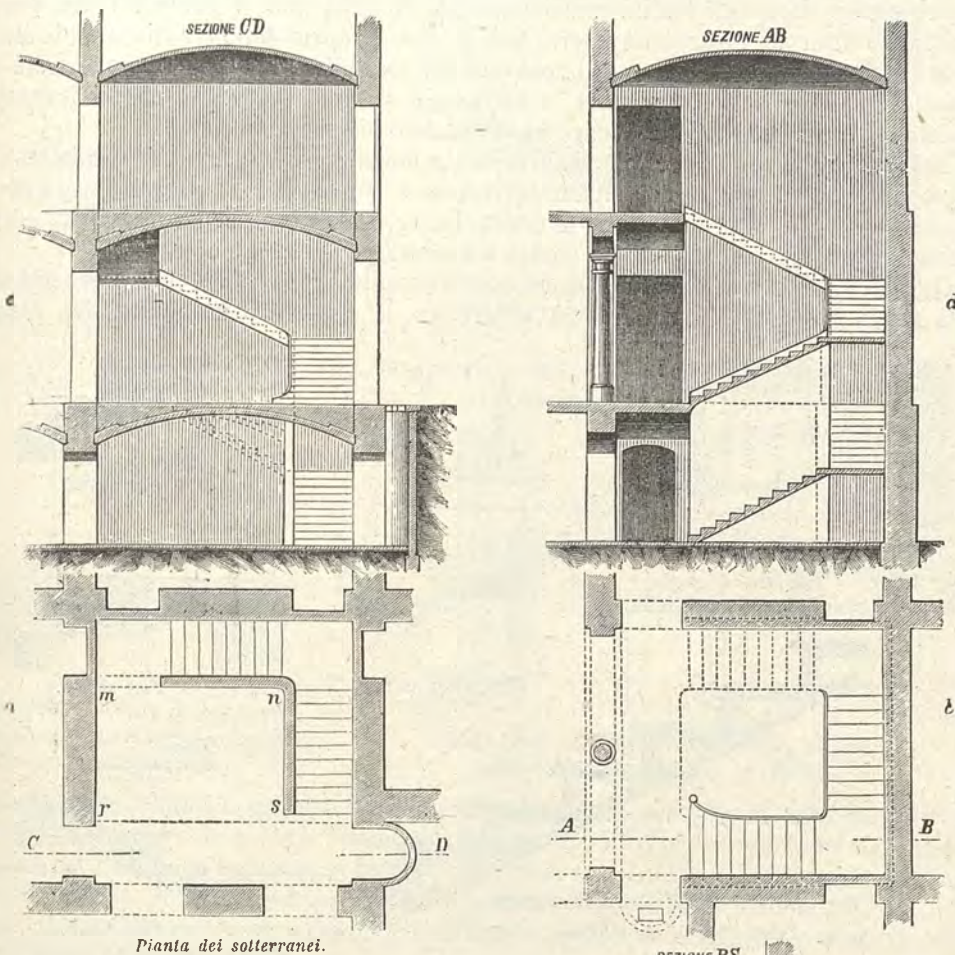


Fig. 1379 a, b, c, d, e. — Scala a sbalzo a tre rampanti.

Scala di mm. 5,3 per 1 metro.

si elevano i muri d'ambito. Sui quattro angoli del pozzo si ergono quattro antenne A, incastrate al piede in due banchine BC e rinforzate da due saette *c c*. Altre travi disposte sotto le branche e sotto il pianerottolo del primo piano pure rinforzate da saettoni come SS, tenuti a sito da gattelli, caviglie e fasciature di fune o di reggia di ferro, servono contemporaneamente a collegare fra loro le antenne ed a fornire appoggio alle estremità libere degli scalini durante la loro collocazione in opera. Le travi BC non si collocano soltanto per collegare al piede fra loro le antenne, ma essenzialmente per ripartire su ampia base il peso trasmesso dalle antenne stesse. Quando questa pressione non sia causa di inconvenienti si può anche far a meno delle travi BC fissando in qualche altro modo i piedi delle antenne. Per una scala a sbalzo con due sole rampe, con pozzo centrale non molto largo, basteranno due antenne. All'armatura bisogna dare un po' di *giuoco*, perchè la scala possa fare il suo assetto insieme coi muri.

Particolari di un ripiano d'angolo all'1:100.

Si può anche dare agli scalini un'inclinazione di circa mm. 4 verso il muro, perchè all'atto del disarmo, l'estremità libera, per il peso proprio dello scalino, si abbassa di altrettanto. Per rendere meno dannoso che sia possibile il movimento della scala nel disarmo, si porrà a ogni armatura, o sotto ogni scalino, dei cunei, che si leveranno gradatamente, in modo da provocare un cedimento lento e uniforme.

Nella fig. 1379 *a, b, c, d, e* si è rappresentata una scala a sbalzo con pianerottoli di arrivo sostenuti da vòlte e con ripiani intermedi a sbalzo. In *e* si vede la forma che si dà a tali ripiani e come si mettono in opera. La fig. 1380 rappresenta invece un pianerottolo intermedio per una scala a sbalzo a due rampe parallele.

Gli scalini nella testa libera possono essere risvoltati (fig. 1375 *a*) ed essere spianati nella faccia inferiore, formando così addirittura la superficie inferiore della rampa,

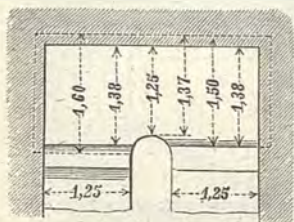


Fig. 1380. — Ripiano di scala a sbalzo a due rampe parallele.

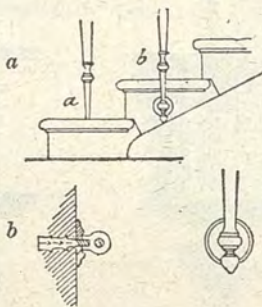


Fig. 1382 *a, b, c*.

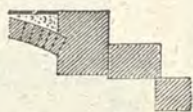


Fig. 1383.

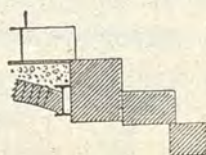


Fig. 1384.

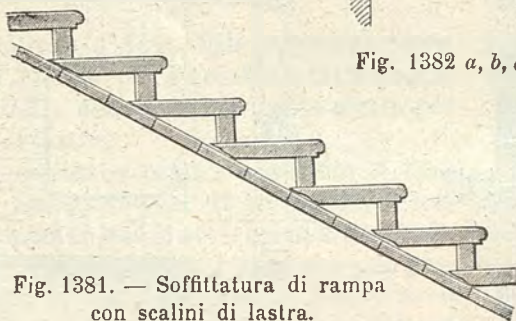


Fig. 1381. — Soffittatura di rampa con scalini di lastra.

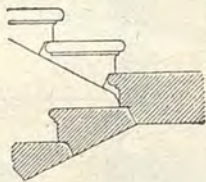


Fig. 1385.

superficie che può essere riquadrata con sfondi o cornicette, quando gli scalini siano debitamente lavorati. Si adottano in questo caso i piccoli giunti normali alla superficie inferiore della rampa, e ciò per evitare l'angolo acuto, che presenterebbe posteriormente ciascun scalino facile a guastarsi nel trasporto e nella posa in opera. Questi giunti si fanno alti 3 ÷ 4 cm. Se gli scalini sono lasciati rustici al disotto (fig. 1375 *c*) bisogna ricorrere all'arricciatura per render liscia o scorniciata la superficie inferiore della rampa, a meno che si tratti di scale da sotterraneo, o dove detta superficie non riesce visibile, nei quali casi si tralascia l'arricciatura, oppure si riempiono appena gli angoli, in modo da ottenere una superficie ondulata (fig. 1376). Si forma pure il soffitto delle rampe con gradini di lastra, costruendo sotto agli scalini (fig. 1381) un tavellato con malta di gesso, senza riempire completamente le rientranze fra pedate e alzate, ma solo lasciando dei nuclei di gesso contro le pareti degli angoli salienti per meglio assicurare l'aderenza delle tavelle agli scalini. I bastoncini del parapetto si impiombano in fori di 4 ÷ 5 cm. di profondità fatti nella superficie superiore dello scalino (vedi *a*, fig. 1382 *a*), oppure, specialmente se la rampa è poco larga, si impianta nel fianco dello scalino una vite (vedi *b*, fig. 1382 *a*), sulla quale si infila una rosetta per coprire la impiombatura e poi si avvita un occhio, in cui si introduce poi il bastoncino della scala, fissato all'occhio dalla testa, che si avvita sul verme della estremità inferiore del bastoncino.

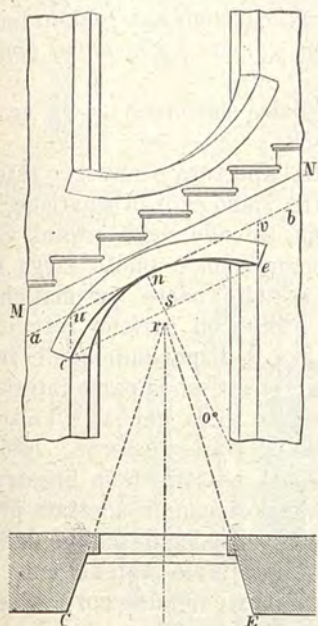


Fig. 1386. — Modo di sostenere scalini a sbalzo in corrispondenza di un'apertura.

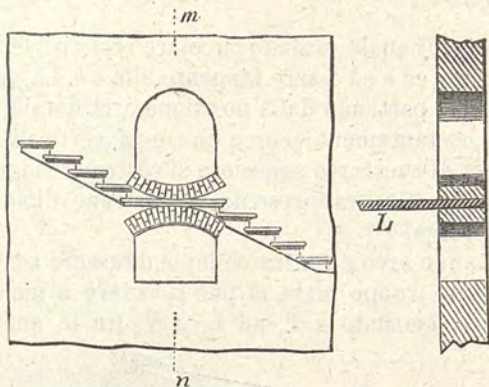


Fig. 1387. — Modo di sostenere un ripiano a sbalzo in corrispondenza di un'apertura.

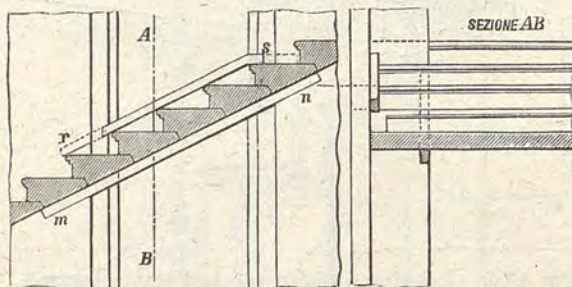


Fig. 1388. — Scale secondarie a sbalzo nella Mole Antonelliana di Torino.

Nelle scale comuni in granito il pianerottolo si forma sovente col solo margine di granito, contro cui si imposta il voltino del ripiano (fig. 1383) e per non indebolire detto margine col ritaglio d'imposta, si imposta il voltino su un ferro a I addossato al margine (fig. 1384). Se lo spigolo anteriore del pianerottolo è lavorato con sagomature, queste allora finiscono contro l'appoggio inclinato contro cui si adagia lo scalino della rampa ascendente (fig. 1385).

Durante la costruzione delle scale a sbalzo bisogna badare che sopra la parte incastata di ogni scalino e dei pianerottoli vi sia una sufficiente altezza di muratura per modo che non avvenga il rovesciamento degli scalini o dei pianerottoli. Generalmente se la branca ha larghezza minore di 1 m. può bastare la sopraelevazione di 1 m. di muro: se è di m. 1,30 sono necessari circa 2 m. In ogni caso, come già si è detto, si può fare il calcolo relativo conoscendosi la sporgenza dello scalino e la sua rientranza nel muro.

Se i muri della gabbia non sono maestri, possono avere anche la grossezza di soli 25 cm. Tale grossezza si giudica sufficiente poichè si costruiscono così molte scale a sbalzo rettilinee e curve di tre e quattro piani.

Quando una parte di rampa a sbalzo interseca il vano di una finestra, o altro vano, onde viene a mancare l'incastro, si ricorre alle disposizioni indicate nelle fig. 1386, 1387, 1388. La disposizione della fig. 1386 consiste nel serrare le code degli scalini fra due archi zoppi, l'uno diritto e l'altro rovescio. Per tracciare questi archi si segna la retta ab parallela al soffitto MN della rampa e distante da essa della grossezza che si vuole assegnare all'arco (se l'apertura non supera m. 1,50 si può ritenere quest'altezza di m. 0,25); si conduce una parallela ad ab distante da essa di $\frac{1}{5} \div \frac{1}{7}$ del segmento uv compreso fra gli spigoli dello sguancio della finestra. I punti c ed e d'incontro di questa retta coi detti spigoli sono le estremità della linea di intradossò

dell'arco, il quale essendo circolare resta perfettamente determinato perchè deve passare per c ed e ed essere tangente alle ab . La superficie d'intradosso è generata da una retta, che partendo dalla posizione orizzontale iniziale Cr si mantiene orizzontale toccando costantemente l'arco cne e la verticale innalzata in r , punto d'incontro degli sguanci. Il contrarco superiore si costruisce identicamente.

La fig. 1387 rappresenta un lastrone di una scala a sbalzo sostenuta da un arco e contrarco.

Quando arco e contrarco ingombrassero soverchiamente l'apertura o stessero esteticamente troppo male, si può ricorrere a ganascie di ferro, siano esse prismatiche, o di ferro sagomato a T, ad L, a V, fra le quali si serrano le code degli scalini. Se

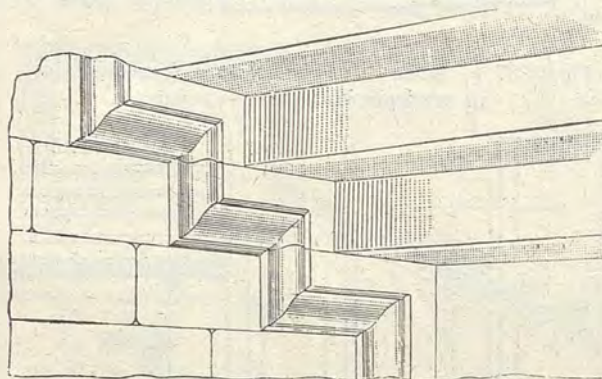


Fig. 1389. — Scalini a sbalzo con sottostante mensola di sostegno formante cornice.

l'apertura non è molto larga si usano delle barre prismatiche (fig. 1388) con sezione retta di cm. 5×8 , disponendo quella inferiore mn verso la parte interna del muro della gabbia e l'altra verso la parte esterna, ossia contro la battuta della finestra. Tale disposizione fu adottata per sostegno di alcuni scalini delle scale della Mole Antonelliana a Torino, poste nei due corpi sporgenti posteriori.

In alcune costruzioni medioevali si trovano delle scale a

sbalzo a tutt'alzata i cui scalini hanno sezione retta rettangolare, onde la superficie delle branche risulta a riseghe, e sovente sotto agli scalini dalla parte del muro sono poste delle mensole di pietra scorniciate, formanti nel loro complesso una cornice decorativa (fig. 1389).

L'incontro del soffitto della rampa ascendente col proprio ripiano costituito da un semplice lastrone non riesce di bell'aspetto, se il lastrone non è molto grosso; in tal caso o si fa ricorrere una cornice sotto il lastrone e sui muri di perimetro, oppure si costruisce con tavelle una finta vòlta a botte a monta molto ribassata, estendentesi a tutto il pianerottolo, se questa occupa la larghezza della gabbia, ed avente l'intradosso in chiave a tale livello da presentare, compresa la grossezza del lastrone, un'altezza conveniente pel raccordamento delle fasce nel risvolto. Contro la fronte di queste finte vòlte vengono a terminare le superficie inferiori delle branche.

In Toscana sono assai in uso gli scalini a tutta alzata, fatti con pietra *serena*: però è prudente non superare con tale pietra la lunghezza di m. 1,50.

In Piemonte e Lombardia si fanno scale a sbalzo con scalini massicci di granito, o con scalini di lastra. In Piemonte si usano le lastre di Malanaggio o di S. Giorio o di Luserna; in Lombardia le lastre di Bevola. Col granito si possono fare branche larghe anche due metri, come appunto si fece per le scale principali interne della Mole Antonelliana a Torino, ove si vedono pure dei pianerottoli rettangolari lunghi m. 4,62, larghi m. 2,25 costituiti da un solo lastrone di granito, della grossezza di cm. 13,5 incastrati su tre lati. Nei pianerottoli longitudinali si impiegarono dei lastroni lunghi m. 6 incastrati su un lato al muro e appoggiati nelle due teste a due dei lastroni sopraccennati. Gli scalini di Bevola e di Luserna si fanno da 5 a 7 cm. di grossezza.

A Napoli e a Roma si usa il travertino di Sgorgora, che serve a fare scalini massicci.

Bellissime ed eleganti riescono le scale a sbalzo con scalini massicci di marmo, risvoltati e lavorati anche nella faccia inferiore. Riescono però alquanto costose.

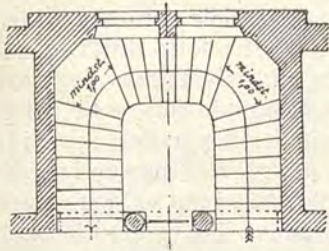


Fig. 1390. — Scala a sbalzo con parte degli scalini in curva.

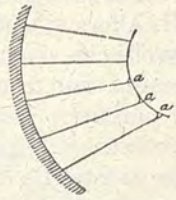


Fig. 1391.

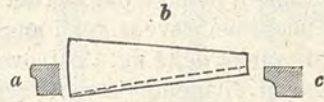
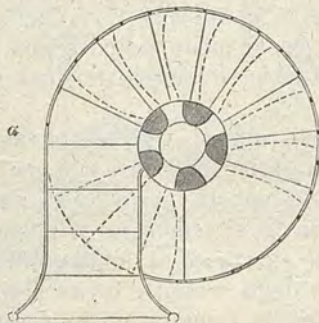
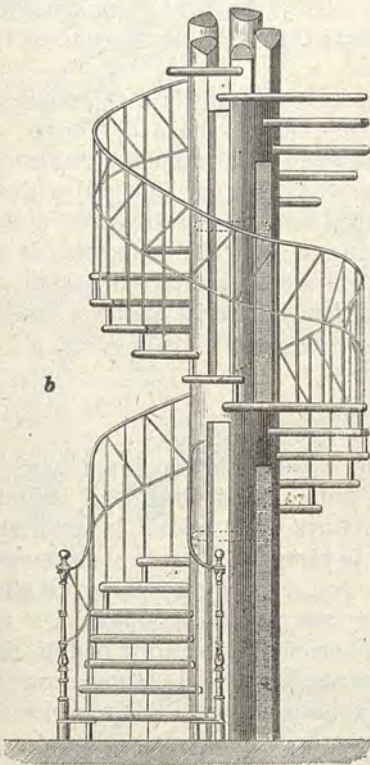
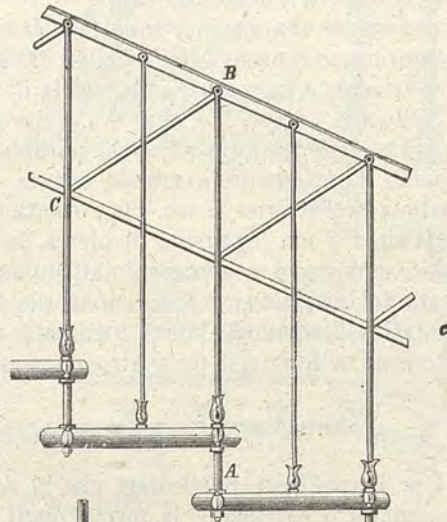


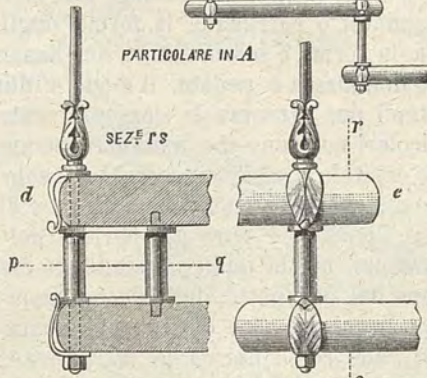
Fig. 1392 *a, b, c.*



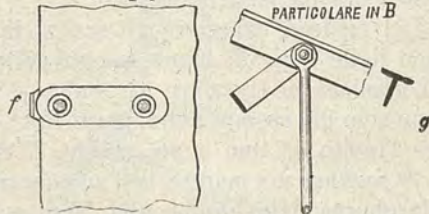
Scala di 1 : 500



PARTICOLARE IN A



SEZ. p q



c, d, e, f, g. — Particolari del parapetto.

Fig. 1393 *a, b, c, d, e, f, g.* — Scala a chiocciola nella Mole Antonelliana a Torino.

Si fanno a sbalzo anche le scale circolari e quelle a chiocciola con anima piena. Riguardo al modo di tracciare gli scalini delle scale curve già si è detto trattando delle scale di legno a pag. 39 del vol. II. Allora si trattò anche del tracciamento degli orecchioni nei risvolti degli angoli, risvolti che si avrebbero ad esempio nelle scale del tipo di quella della fig. 1390, ove gli scalini sono tracciati conservando paralleli i primi tre, e poi dividendo in parti uguali il perimetro della curva del pozzo e unendo i punti di divisione con quelli della linea mediana delle rampe sulla quale sono successivamente portate delle larghezze uguali alla pedata. Da ciò ne risultano i due pianerottoli intermedi. Se la curva interna del pozzo fosse molto ristretta, allora gli scalini verrebbero ad incontrare tali curve sotto un angolo molto acuto; perciò si arrotonda detto angolo come si vede in *a* nella fig. 1391.

Per offrire una maggior superficie di appoggio al piede nel salire, si può intagliare maggiormente il profilo dello scalino dalla parte stretta (fig. 1392 *a, b, c*), come si vede in molte scale a spirale ed a chiocciola del medio evo.

Nelle fig. 1393 *a, b, c, d, e, f, g* è riprodotto il disegno della scala a chiocciola che dal piano delle gallerie ad archi parabolici della Mole Antonelliana di Torino sale al piano d'imposta della grande cupola. Essa si compone di un'anima centrale cava con diametro esterno di cm. 60, formata da 5 pilastri di mattoni, collegati a convenienti altezze con legamenti di pietra. In tali pilastri sono incastrati gli scalini della grossezza di cm. 6, e sporgenti dall'anima di circa 64 cm., cosicchè deducendo la larghezza del mancorrente si ha cm. 60 per larghezza libera della rampa. Gli scalini sono collegati all'estremità libera mediante un apparecchio che serve anche a fissare i bastoncini in ferro del parapetto, come si vede in *c* e nei particolari in *d, e, f, g*.

c) Particolari delle scale.

Fra i principali particolari che si notano nelle scale si hanno i parapetti, gli appoggiaioi o corrimani, la forma degli scalini d'invito, di risvolta, degli scalini in curva, la forma e scorniciatura dei fianchi, la sagomatura degli scalini, la determinazione dell'alzata e pedata, il modo d'illuminazione, le rampe di discesa ai sotterranei, i sistemi per ottenere la sicurezza contro il fuoco, ecc. La maggior parte di questi particolari non sono che finimenti estranei alle opere murarie di cui si occupa il presente capitolo. Qui interesserebbero solo la determinazione dell'alzata e pedata, della quale già si è detto trattando delle case di abitazione (cap. I, vol. II), la sagomatura degli scalini, di cui si è pure già parlato nel presente capitolo, la forma e la scorniciatura dei fianchi, per la quale, dipendendo essa dalla forma della scala, dal modo di applicazione del parapetto, dalla decorazione generale della scala, non è possibile indicare norme precise. Se ne dànno però alcuni esempi nelle fig. 1394 a 1397. Nelle prime tre si vede come finisce la fascia esterna del fianco al piede della prima rampa. Queste figure forniscono anche esempi di parapetti in ferro e misti, dei quali si parla nelle opere da fabbro-ferraio.

Del modo di tracciare gli scalini in curva e di risvolta si è già detto tanto trattando delle scale di legno, quanto delle case di abitazione: così pure si è già indicata una maniera di tracciare gli scalini d'invito (pag. 42 vol. II, parte I); si aggiungerebbero solo gli esempi delle figure 1398, 1399, 1400, in cui si vede come si possa estendere l'invito da uno a più scalini. Il colonnino del parapetto si impianterà sul 1°, 2°, 3° scalino, ma mentre coll'aumentare il numero degli scalini d'invito si aumenta la larghezza delle rampe alla base e si avvantaggia la grandiosità della rampa, si viene per contro a sopprimere nei primi scalini l'appoggiaio, ciò che non è conveniente. In tal caso si può rimediare terminando il parapetto con una voluta che si addossi al colonnino o in altro modo, come è indicato ad esempio nella fig. 1401.

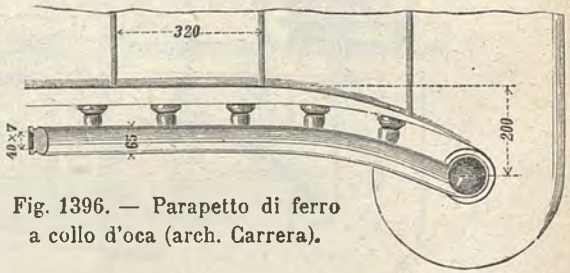
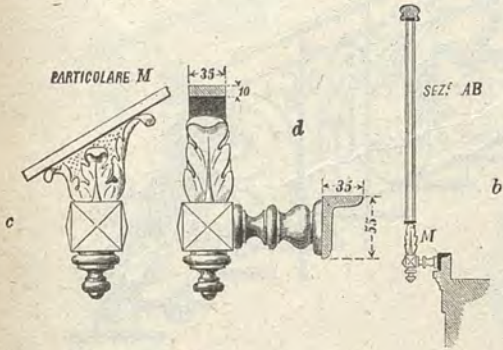
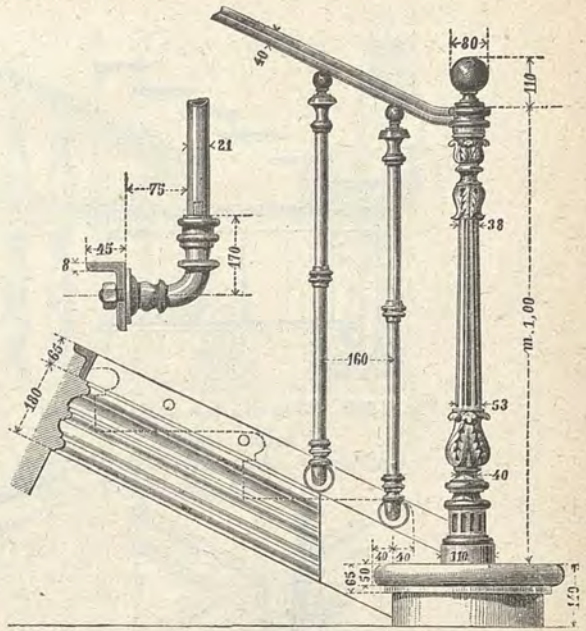
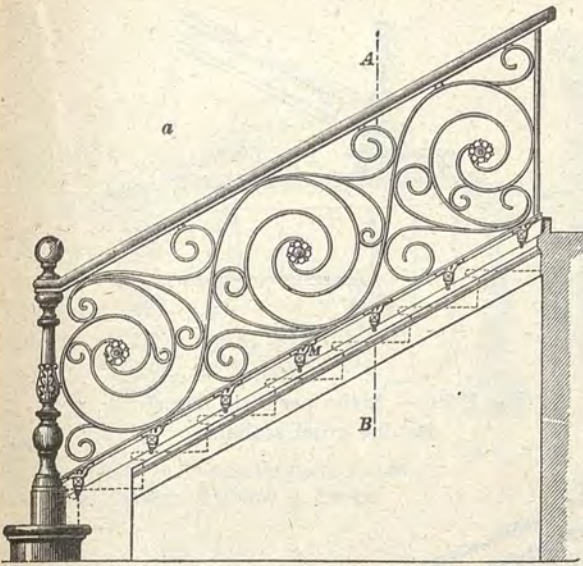


Fig. 1394 a, b, c, d. — Parapetto di ferro a collo d'oca (arch. Debernardi).

Fig. 1396. — Parapetto di ferro a collo d'oca (arch. Carrera).

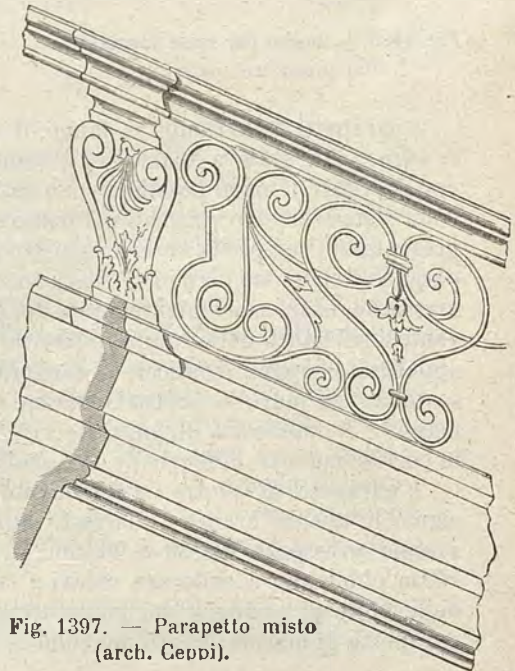
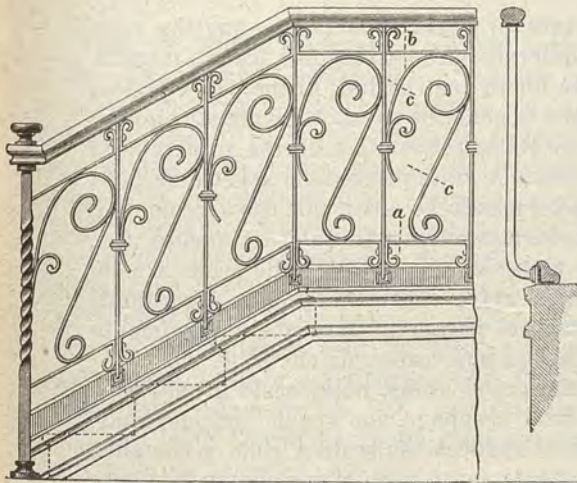


Fig. 1395. — Parapetto di ferro a collo d'oca (ing. Caselli).

Fig. 1397. — Parapetto misto (arch. Ceppi).

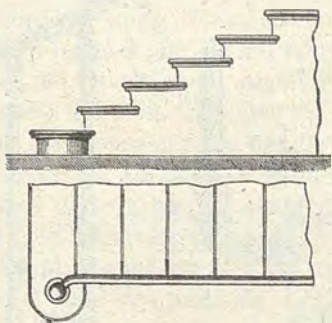


Fig. 1398. — Invito per scala limitato al primo scalino.

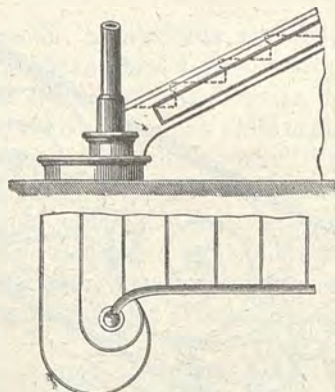


Fig. 1399. — Invito per scala formato dai due primi scalini.

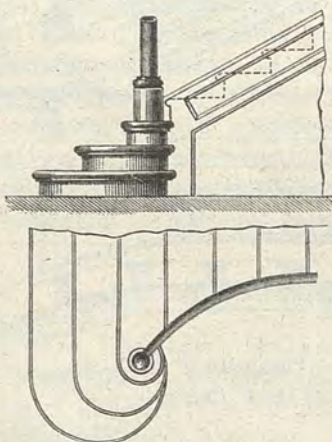


Fig. 1400. — Invito per scala formato dai primi tre scalini.

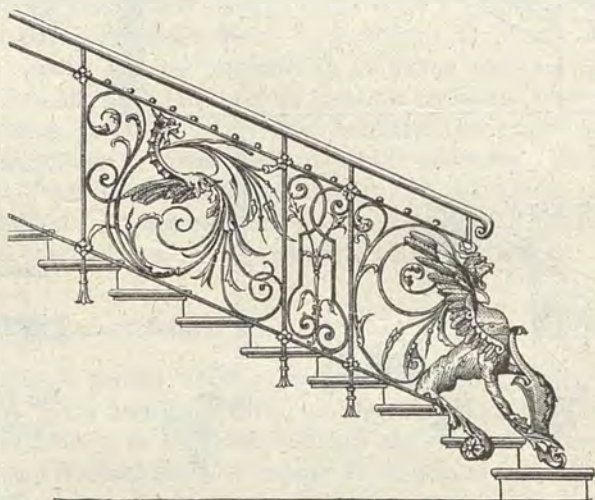


Fig. 1401. — Ringhiera di ferro battuto.

I parapetti delle rampe si fanno di muratura, di pietra, di metallo, e qualche volta di legno. Per scale a sbalzo si adottano in generale parapetti leggeri, cioè di metallo, per gravitare il meno possibile sulla estremità libera degli scalini. Anche per le scale a vòlta senza sostegni verticali nel pozzo si usano in generale parapetti di metallo, poichè presentando sempre la scala un aspetto leggero suonerebbe sopra di essa un parapetto pesante. Si possono però in tal caso, specie quando le vòlte presentano aspetto un poco massiccio, usare convenientemente dei parapetti massicci o misti, cioè con zoccolo, elevantesi sul fianco delle rampe, pilastrini di pietra naturale o artificiale, di cemento, ecc., appoggiatoio pure massiccio e riempimenti metallici (fig. 1397). Nelle scale a collo sostenute da muri, da pilastri, colonne e archi, si usano con ottimo effetto i parapetti massicci di muratura, di pietra, ecc. L'altezza del parapetto misurata verticalmente in corrispondenza dell'orlo di una qualsiasi pedata può variare da cm. 85 ÷ 95.

I parapetti di pietra, specialmente di marmo, si usano nelle scale grandiose e signorili aventi branche piuttosto larghe. Essi occupano uno spazio considerevole, avendo grossezze da 30 ÷ 40 cm., e se sono applicati su scale a collo a semplice vòlta, obbligano a collocare chiavi e radiciamenti molto robusti per elidere le spinte delle vòlte di sostegno dei pianerottoli a cui le branche fanno capo. Bellissimo è il parapetto di marmo bianco del celebre scalone del palazzo Braschi a Roma (fig. 1356).

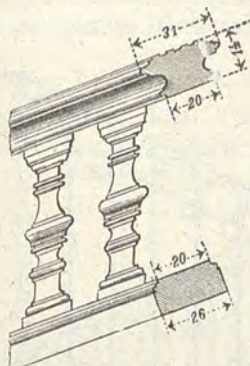


Fig. 1402. — Parapetto dello scalone del Palazzo Madama a Torino.

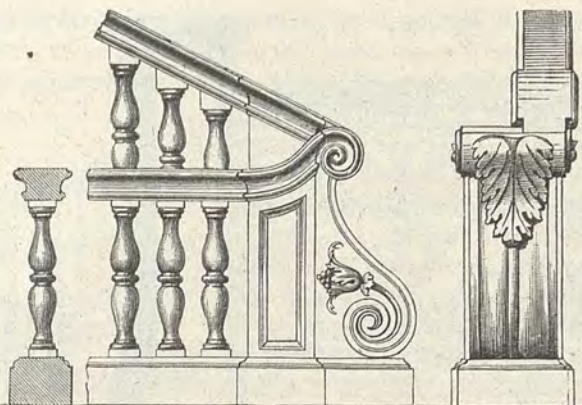


Fig. 1404. — Parapetto della scala sotto la Galleria Nazionale a Torino (ing. Riccio).

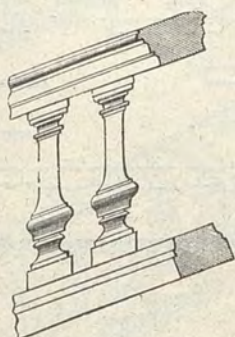


Fig. 1403. — Parapetto dello scalone del Palazzo dell'Accademia Filarmonica a Torino.

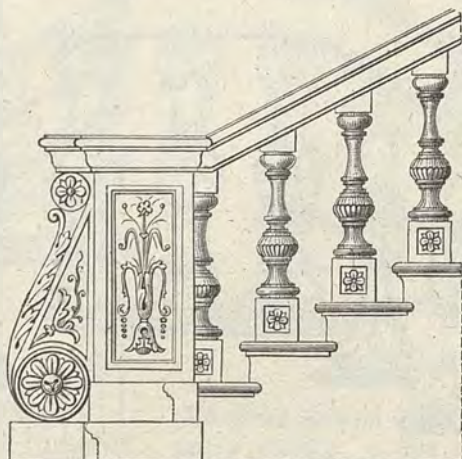


Fig. 1405.

Nella fig. 1402 è disegnato il parapetto del Palazzo Madama di Torino (v. fig. 1342 e Tav. IX) avente i balastrini di sezione quadrata e le sagomature parallele al pendio delle branche. Altro parapetto simile è quello rappresentato nella fig. 1403. Qualche difficoltà si incontra talvolta nelle risvolte dei parapetti massicci, sia per la disposizione degli scalini, sia per lo scomparto del parapetto stesso. Perciò nello studiare la disposizione degli scalini e dei pianerottoli si terrà conto anche della forma e delle dimensioni del parapetto. Ove lo spazio non fa difetto si potrà sempre trovare una buona soluzione, ricorrendo a pilastrini speciali, sormontati da vasi, statue, candelabri e simili, contro i quali vanno a finire i parapetti delle branche e dei pianerottoli. Ove lo spazio è limitato, la soluzione non è sempre facile. Se ne presenta una imitabile nella fig. 1404, e un'altra nella fig. 1405. Altre se ne vedono negli esempi di scale già riportati (Tav. VIII, IX, X, fig. 1363). Un esempio di parapetto misto si ha nella fig. 1397; lo stesso parapetto sui pianerottoli è rappresentato nella fig. 1406. Questi parapetti misti con ripieni metallici, in ispecie di ferro battuto, sono di bellissimo aspetto.

I parapetti metallici si fanno di ferro, di ghisa, di struttura mista di ferro e ghisa, e talvolta con decorazioni in ottone e bronzo. Molto in uso sono oggi le ringhiere di

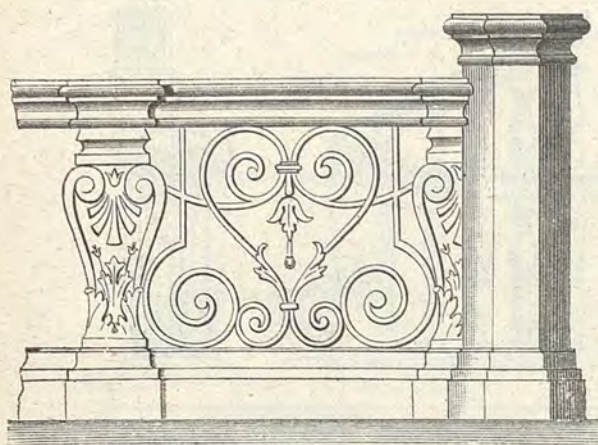


Fig. 1406.

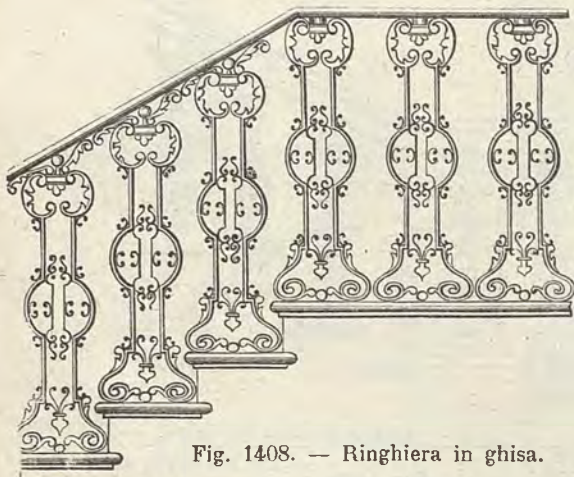


Fig. 1408. — Ringhiera in ghisa.

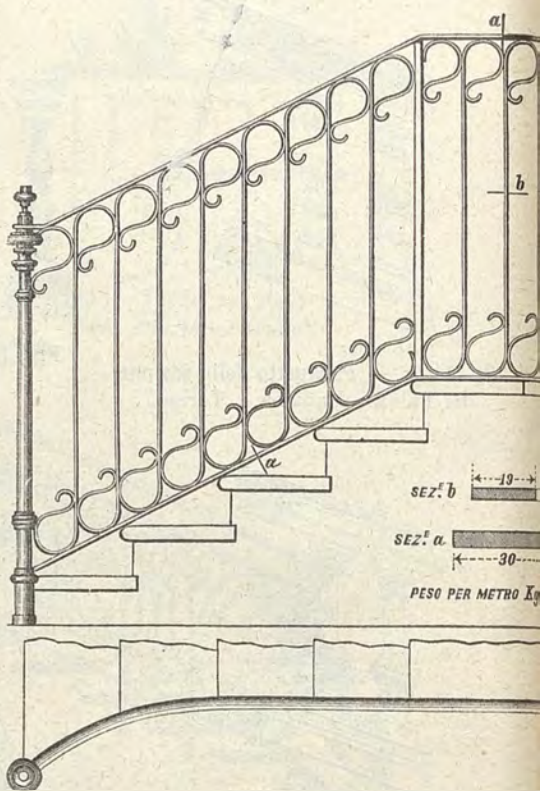


Fig. 1407.

ferro battuto con ornamenti a fogliami, grifoni, ecc. Bisogna però avere l'avvertenza, pur troppo trascurata, di fare in modo che verso l'interno delle rampe non sporgano punte, ricci, ecc., di ferro, contro cui si possano impigliare gli indumenti delle signore o ferirsi le mani dei ragazzi, o le persone che per avventura cadendo andassero a battere contro il parapetto. Di tali parapetti forniscono esempi le fig. 1394, 1395, 1396, 1401; altri se ne vedono nel capitolo che tratta delle opere da fabbro-ferraio. Eleganti riescono i parapetti verniciati in nero opaco, o anche lucido, con leggere dorature dei passanti, delle punte dei riccioli, delle bacche, ecc., dei fogliami, volute, risvolte, cartocci, ecc., di ferro battuto.

Il pilastro, la voluta, il colonnino posti al piede della prima rampa, detti *caposaldo* del parapetto, devono essere rigidamente fissati; ciò che si ottiene immurando il colonnino non solo nello scalino da cui sorge, ma più profondamente nella muratura sottostante, e munendone la estremità di tre ripiegature in ferro, formanti triangolo, o di parte a vite che si avvita poi in una madrevite murata nel basamento degli scalini d'invito.

Nelle scale con pozzo largo e in quelle a due rampe parallele in cui il pozzo supera i 30 cm. di larghezza conviene sempre usare le ringhiere aggettate, ossia a collo d'oca, come indicano le fig. 1394, 1395, 1396, 1401, poichè così si approfitta meglio di tutta la

larghezza della rampa. Se il pozzo ha larghezza minore di 30 cm. o quando le branche sono già abbastanza larghe, si ricorre ai parapetti appoggiati tanto sopra il fianco della rampa quanto direttamente sopra gli scalini (fig. 1407, 1408). Nel risvolto sui pianerottoli intermedi d'angolo, per evitare il risalto del mancorrente (fig. 1409) si usa l'artificio di assegnare alla fascia una pendenza diversa da quella determinata dalla retta tangente al profilo dei successivi scalini, per modo che il profilo superiore della fascia risulta, al piede della branca, tangente o di pochi centimetri più

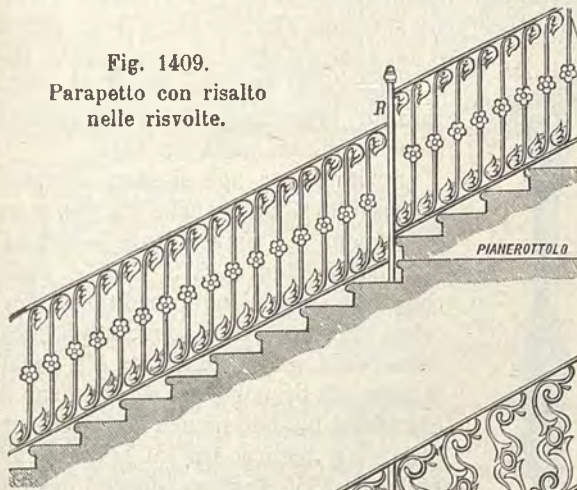


Fig. 1409.
Parapetto con risalto
nelle risvolte.

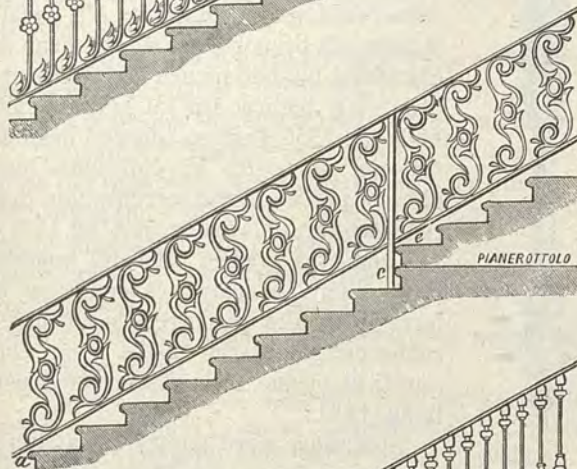


Fig. 1410.
Parapetto senza risalto
nelle risvolte.

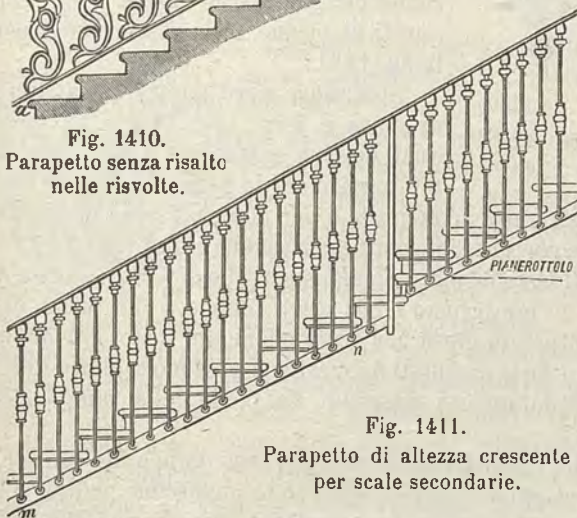


Fig. 1411.
Parapetto di altezza crescente
per scale secondarie.

superiore tangente agli scalini, e inclinare questo nel piccolo risvolto, in modo che lo spigolo segua una linea continua, alla quale sarà parallela quella del mancorrente.

Nelle scale secondarie, per ottenere la massima economia, si usa spesso la disposizione della fig. 1411, con scalini risvoltati e ringhiera in aggetto il cui corrente inferiore $m n$ è fissato sotto al risvolto delle pedate. Tale corrente, costituito da una lama di ferro, è fermato mediante alie di ferro poste a distanza fra loro di 80 ÷ 100 centimetri.

I ferri d'angolo, che usualmente si impiegano per formare il corrente inferiore, hanno

alto dello spigolo anteriore del primo scalino, e alla sommità tangente non all'ultimo scalino della branca, ma bensì al primo della branca successiva (fig. 1410). Sul pianerottolo di arrivo o sui pianerottoli intermedi lunghi, si tiene il livello superiore della fascia all'altezza del primo scalino della rampa ascendente dal pianerottolo. Nelle scale a due branche parallele e quando il pozzo abbia 30 ÷ 50 cm. di larghezza si possono tenere le fascie delle branche col loro spigolo

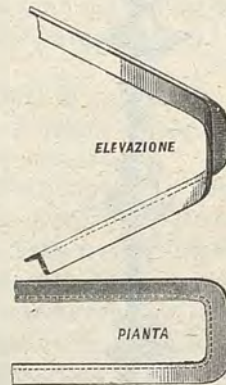


Fig. 1412.

alto dello spigolo anteriore del primo scalino, e alla sommità tangente non all'ultimo scalino della branca, ma bensì al primo della branca successiva (fig. 1410). Sul pianerottolo di arrivo o sui pianerottoli intermedi lunghi, si tiene il livello superiore della fascia all'altezza del primo scalino della rampa ascendente dal pianerottolo. Nelle scale a due branche parallele e quando il pozzo abbia 30 ÷ 50 cm. di larghezza si possono tenere le fascie delle branche col loro spigolo

le dimensioni indicate nella figure 1394, 1396. Talvolta una delle ali è disposta in alto, come nelle dette figure, tal altra in basso (fig. 1395). I vani triangolari che rimangono tra i ferri e gli scalini si chiudono con tavelle per formare la fascia, esternamente sagomata. Nella disposizione della fig. 1395 si usa comunemente di collocare contro il corrente un listellone di legno sagomato. Detti correnti si fissano alla muratura della branca

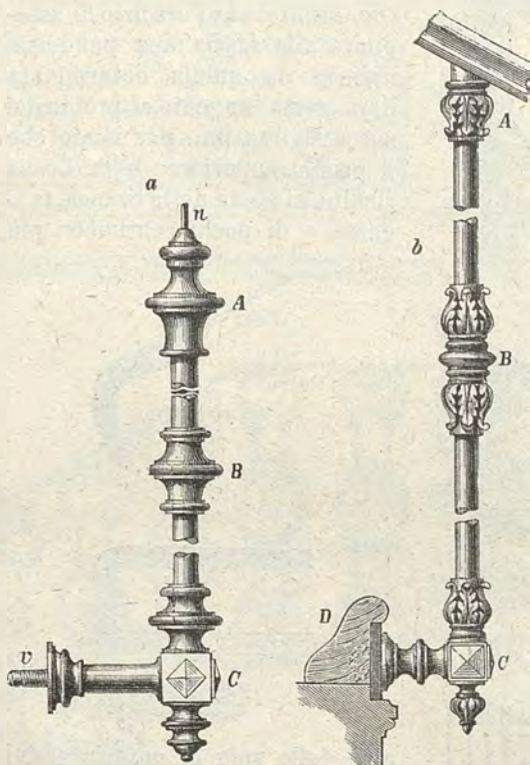


Fig. 1413 *a, b*. — Bastoncini in parecchi pezzi per ringhiere di scale.

giato a collo, con coda filettata all'estremità orizzontale *v* per poterlo fissare mediante chiocciola alla lama di ferro formante corrente inferiore e con tenone cilindrico all'estremità verticale per calettarvi il fusto; il fusto formato da un'asta o tubo di ferro; la testa *A* di ghisa con tenone come il pezzo *C* per il fusto e con altro tenone *n* che entra nel mancorrente; un manicotto o passante *B* in ghisa per decorazione del fusto, del quale però si può far a meno. Essendo così i fusti disgiunti dal resto, si possono tagliare della lunghezza voluta, la quale andrà gradatamente crescendo dal piede della rampa alla sommità.

Un altro modo di costruzione delle ringhiere aggettate pel caso delle scale con scalini risvoltati consiste nel fissare direttamente negli scalini sotto a ciascuna pedata dei pezzi di ghisa (fig. 1414), che si biforcano in modo da presentare due braccia *BB* con incavature cilindriche (punteggiate in figura), per il calettamento di due successivi bastoncini di ferro, ciascuno dei quali si fissa al corrente superiore nel modo già indicato, cioè mediante due altri pezzi di ghisa. La porzione *DC* da incastrarsi nella muratura della branca si fa lunga da 10 ÷ 12 cm.; la porzione *AD* determina l'aggetto del parapetto e si fa da 10 ÷ 14 cm. Affinchè i bastoncini riescano fra loro equidistanti bisogna tenere la distanza *a* uguale alla metà delle pedate; se questa fosse maggiore di 30 cm. i vani riuscirebbero un po' larghi ed in tal caso bisognerebbe munire i

o nel fianco degli scalini mediante alie a distanza di 60 ÷ 80 cm. Essi nelle risvolte presentano delle ripiegature come è indicato nella fig. 1412.

Se in pianta non si sono adottate, nel risvolto delle branche fra loro o fra le branche e i pianerottoli, le disposizioni delle figure 1379, 1380 e 1355, colle quali è possibile risvoltare il corrente inferiore e il mancorrente a elica, conservandogli la continuità e il parallelismo alle branche, per conservarne la continuità quando manca il risvolto circolare o il distacco fra gli scalini come nella fig. 1355, bisogna tenere i bastoncini del parapetto di differente lunghezza, perchè il mancorrente non può risultare parallelo al ferro *mn* (fig. 1411). Ciò non crea grande difficoltà quando la ringhiera si costruisca con aste di ferro; difficoltà che invece si incontrerebbe coi balastrini fusi, a meno che questi si posino sulla fascia come per la fig. 1410.

Si possono però adottare ringhiere di ghisa e ferro (fig. 1413 *a, b*), nelle quali ciascun bastoncino è costituito da più parti, cioè: un pezzo *C* inferiore foggiato a collo, con coda filettata all'estremità orizzontale *v* per poterlo fissare mediante chiocciola alla lama di ferro formante corrente inferiore e con tenone cilindrico all'estremità verticale per calettarvi il fusto; il fusto formato da un'asta o tubo di ferro; la testa *A* di ghisa con tenone come il pezzo *C* per il fusto e con altro tenone *n* che entra nel mancorrente; un manicotto o passante *B* in ghisa per decorazione del fusto, del quale però si può far a meno. Essendo così i fusti disgiunti dal resto, si possono tagliare della lunghezza voluta, la quale andrà gradatamente crescendo dal piede della rampa alla sommità.

bastoncini di ricci o di altri ornamenti che riducessero tale larghezza, oppure attenersi ad altro tipo di ringhiera.

Se si userà l'avvertenza di non tenere gli spigoli anteriori dell'ultimo e primo scalino di due rampe successive sulla stessa linea dello spigolo interno del pianerottolo, oppure che si incontrino nel vertice dei pianerottoli d'angolo, ma si userà la disposizione delle figure 1379, 1380, cioè facendo negli angoli dei risvolti di raggio di $10 \div 20$ cm. allora le fasce di due successivi rampanti, o di un rampante e del pianerottolo si raccordeeranno con una superficie cilindrica *ac* (fig. 1379 *e*) e il mancorrente prenderà una forma elicoidale.

Nella fig. 1413 *b*, è indicato un balaustrino coll'estremità inferiore risvoltata ad angolo retto per il suo collegamento mediante tenone al corrente inferiore costituito da una lama di ferro di sezione retta mm. $60 \times 1,2$. A questo ferro piatto devono inchiodarsi, a distanza di circa 60 cm. fra loro, dei pezzi di ferro *pp*, piegati ad angolo alle loro estremità (fig. 1415), i quali, incastrati nella muratura della branca, rendono ferma la ringhiera. Per mascherare le teste dei tenoni e le risvolte dei ferri serve un listellone di legno sagomato *D*.

Nelle figure 1416 e 1417 si sono rappresentati due colonnini di capo saldo: essi in generale terminano superiormente con un pomo o pigna di vetro, di porcellana, di ottone, di bronzo, oppure sorreggono un candelabro od altro ornamento.

In quanto al mancorrente esso è in generale di legno, avvitato sopra la lama superiore del parapetto, detta piattabanda. Trattando delle scale di legno si è pure parlato del corrimano e si diedero parecchi esempi della sua forma. Nelle scale di lusso si fanno anche mancorrenti oltre che di legni fini, di legno intarsiato (fig. 1418), e nelle scale secondarie o di edifici industriali, rurali e simili, si usano mancorrenti di ferro sagomato. Si è pure già accennato nel cap. I, vol. II, p. I e nelle scale di legno, ai mancorrenti ricavati nei muri della gabbia e di quelli a cordone, onde non si aggiunge altro sull'argomento.

Sovente nelle scale signorili, e in ispecie nelle scale di marmo, ove riesce facile scivolare, si copre la parte centrale degli scalini con tappeti, i quali si tengono fermi mediante bastoncini metallici al basso dell'alzata. I bastoncini sono infilati entro due occhi murati nell'alzata, di cui la fig. 1419 ne rappresenta due forme. Questi occhi possono anche avere la coda filettata, che si avvita entro madreviti infisse nell'alzata. Se poi non si vuole guastare l'alzata con fori, allora il bastoncino si introduce entro guaine murate nel muro di gabbia e nel fianco esterno della scala.

In generale la scala di discesa ai sotterranei si ricava nella stessa gabbia della scala che mette ai vari piani dell'edificio: allora si ricorre al sistema indicato nella fig. 1379. In tal caso la vòlta che sostiene il pavimento della gabbia si imposta da una parte sopra uno dei muri di gabbia e dall'altra sopra uno dei muri laterali interni delle rampe discendenti al sotterraneo. Questi muri si fanno in generale grossi $25 \div 40$ cm. e servono anche a sostenere i gradini di dette rampe; sopra il livello del pavimento della gabbia essi si elevano fin sotto alle prime branche, in modo che vi si possa aprire la porta di entrata alle rampe del sotterraneo e servono solo a chiudere dette rampe, impedendone la vista, e anche l'accesso dell'aria fredda delle cantine nella gabbia della scala. Perciò questi ultimi muri, che non hanno in generale ufficio di sostenere gli scalini, si fanno grossi 12 cm., oppure di soli mattoni in costa. In essi si praticano anche delle finestre circolari, ovali o di altra forma per illuminare la scala delle cantine. Per illuminarla maggiormente si possono addirittura sostituire completamente tali muri con inferriate, ma questo si farà solo nelle scale di servizio o di edifici rurali e simili.

Della *illuminazione delle scale* si è già trattato nel capitolo relativo alle case di abitazione (V. pag. 44, vol. II, parte I).

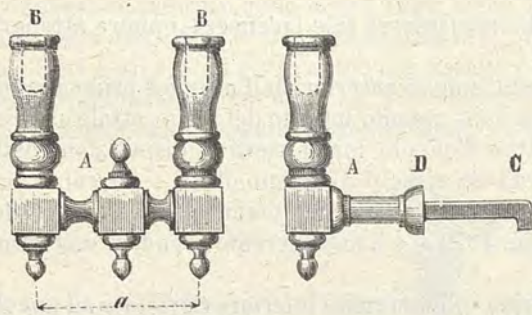


Fig. 1414. — Basi di ghisa per bastoncini di ringhiere da scala.

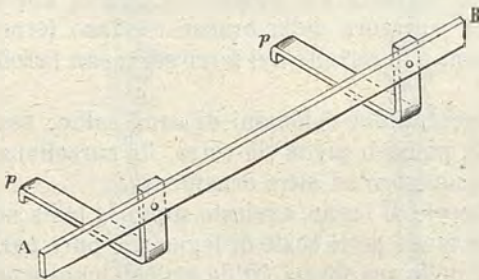


Fig. 1415. — Modo di fissare il corrente inferiore delle ringhiere di scala.

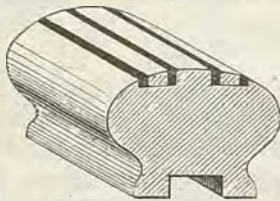


Fig. 1418. — Mancorrente con intarsi per ringhiere di scala.

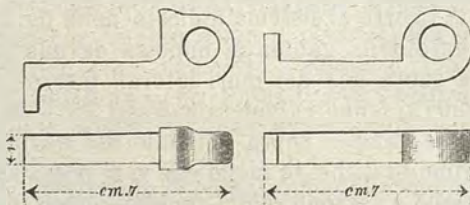


Fig. 1419. — Occhi per bastoncini da tappeto per scale.

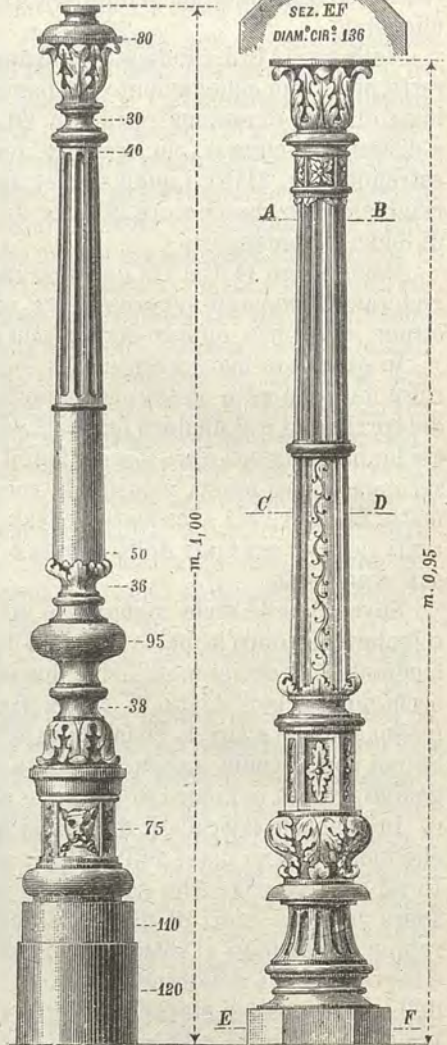


Fig. 1416.

Fig. 1417.

Colonnini di capo-saldo per scale.

Riguardo alla *sicurezza contro il fuoco*, bisogna osservare che se nella costruzione di qualsiasi fabbricato si deve sempre usare di tutti quei mezzi che meglio giovino ad impedire la trasmissione del fuoco da un locale all'altro, e impartiscano nel maggior grado possibile la incombustibilità all'edificio, per le scale è assolutamente indispensabile ottenere la completa sicurezza, poichè esse costituiscono l'unica via di scampo alle persone raccolte in un fabbricato che per avventura si incendi.

Nella costruzione delle scale si dovrà quindi in via assoluta prescrivere che i materiali siano incombustibili. È perciò condannabile il sistema, specialmente usato nel Veneto, di scale miste di legno e pietra. Il fianco della rampa e dei pianerottoli si forma con delle grosse travi squadrate, sulle quali si appoggiano gli scalini di pietra massicci. Questo sistema, già pericoloso in sè stesso, poichè il legname a lungo andare si tarla e si indebolisce, e per la sua elasticità e la sua contrazione nell'essiccamento continuo della stagionatura, dà luogo a cedimenti che si rivelano nelle screpolature che si formano nei muri della gabbia, è quanto di più pericoloso si possa immaginare per rispetto agli incendi.

Meno pericolose sono le scale miste di ferro e pietra, poichè il ferro, anche se investito dalle fiamme, abbisogna di un certo tempo prima di riscaldarsi al punto di perdere la sua resistenza e di contorcersi in modo da provocare la rovina di una o più rampe. In tal caso converrà sempre rivestire le parti metalliche con intonachi, specialmente di cemento, i quali le preservino dal contatto della fiamma.

Non consigliabili sono le scale completamente metalliche. Migliori sotto l'aspetto della sicurezza sono le scale a collo sostenute con archi, vòlte, ecc. e anche quelle a sbalzo. Assolutamente sicure sono le scale costruite in calcestruzzo armato, materiale che resiste a qualsiasi fuoco, per violento che esso sia. Non sarà quindi mai raccomandato abbastanza di attenersi a questo materiale nella costruzione delle scale, e specialmente per quelle di edifici in cui il fuoco può facilmente manifestarsi, come magazzini di materie infiammabili, stabilimenti industriali, teatri, ecc.

Quanto si è detto si riferisce in particolar modo alla costruzione delle rampe, ma vale anche per la copertura della gabbia della scala, copertura che deve essere fatta in modo non solo da resistere per sè stessa al fuoco, ma da resistere sia all'urto dei materiali del coperto che vi cadessero sopra quando il coperto s'incendiasse, sia all'effetto dei getti d'acqua provenienti dalle pompe di estinzione. Questa copertura si farà dunque con vòlte reali, con voltine su travi di ferro e in calcestruzzo armato, mai di legno. Dei detti sistemi, il meno sicuro è il secondo, quello completamente sicuro è il terzo. Se si impiega questo, si potrà poi sopprimere addirittura il coperto, almeno per la parte corrispondente alla scala, e formare invece una terrazza. Si ovvierà così al pericolo dell'urto dei materiali del coperto, pericolo però che sarebbe sempre senza effetto quando il soffitto in calcestruzzo armato fosse calcolato per reggere a un conveniente sovraccarico.

Si suppone naturalmente che i muri della gabbia siano incombustibili. Perchè la scala costituisca una via di scampo sicura e offra anche sicuri l'accesso e il luogo di manovra pei pompieri, non basta averne resa incombustibile la gabbia: bisogna anche diminuire al massimo il pericolo che il fuoco si propaghi ad essa dal resto del fabbricato. Questo si otterrà non solo colle disposizioni planimetriche della scala, ma col fare in modo che siano poche, e ridotte alla minor dimensione compatibile coll'uso, le porte e le finestre che si hanno da aprire nei muri di gabbia. Negli stabilimenti industriali, nei magazzini di materie infiammabili o pericolose, nei teatri e simili si eviterà anzi in via assoluta di aprire finestre o spiragli nei muri di gabbia, e le porte si faranno di lamiera metallica, o per lo meno si rivestiranno da ambo i lati con lamiera di ferro.

Del resto in apposito capitolo si tratta dell'argomento della sicurezza dei fabbricati contro gli incendi, e particolarmente dei teatri. Là si troveranno ricordate tutte le altre avvertenze che si devono usare nella costruzione di questo importantissimo elemento costitutivo dei fabbricati, per la cui migliore disposizione si rimanda ai numerosi esempi dei vari generi di edifici esposti nel vol. II.

XVI. — MURI DI FONDAZIONE O FONDAMENTI

a) Grossezza dei muri di fondazione.

La grossezza dei muri di fondazione si determina in relazione alla grossezza e alla altezza dei muri della fabbrica, del carico dovuto al peso dei solai e del tetto, e finalmente alla natura del terreno su cui devono impiantarsi i muri stessi.

Per muri di fondazione si intendono quelle parti di muro che stanno al di sotto del suolo del sotterraneo di un fabbricato. Quelli che circondano le cantine o in genere i sotterranei, si diranno appunto muri di sotterraneo o di cantina, anche allorchè per tutta la loro altezza restano al di sotto della superficie del terreno circostante.

Prima condizione da osservarsi si è che la base delle fondamenta sia posta ad una profondità sufficiente perchè non vi giungano gli effetti del gelo. Un muro che s'innalza sopra un terreno umido, soggetto a congelamento, viene spinto all'insù durante il gelo, e torna ad assestarsi quando sopravviene il disgelo, dal che ne provengono guasti sensibili a tutto l'edificio. Però le fondazioni dei muri interni di una fabbrica, quando il terreno è buono, possono spingersi a minor profondità dei muri d'ambito, appunto perchè per essi non esiste il pericolo del congelamento.

Oltre al gelo, per determinare la profondità delle fondamenta, si deve aver riguardo alla mobilità delle varie parti del terreno. Se ad un fabbricato pesante si dà un fondamento quasi superficiale, vi è il pericolo che le particelle del terreno compresse dal carico sfuggano lateralmente, pericolo la cui importanza dipende dalla natura del terreno e dal suo stato di umidità. Per prevenirlo è necessario un certo approfondimento della fondazione, che non deve in ogni caso essere minore di 30 cm. all'incirca.

In generale si distingue il terreno di fondazione in buono e cattivo. Nel primo si annoverano i terreni rocciosi, ghiaiosi e sabbiosi, come anche l'argilla sabbiosa, mentre ai terreni meno buoni o cattivi appartengono le sabbie paludose e mobili, l'argilla grassa, specialmente se a strati alternati con altre qualità di terreno, ed il terreno vegetale.

I terreni rocciosi possono venir caricati corrispondentemente al grado della resistenza alla compressione che possiede la qualità di roccia della quale sono formati. Il limite del carico ammissibile veramente è fornito dalla resistenza della malta, ma poche pietre soltanto (tufo vulcanico, schisti, alcune arenarie) presentano resistenza inferiore a quella della malta. Del resto, nelle fondazioni su rocce, ha un'influenza prevalente la loro stratificazione; se gli strati sono molto inclinati è necessaria molta previdenza nel determinare il carico da sovrapporre, ed eventualmente si deve eseguire un maggior escavo e quindi una fondazione più profonda.

La sabbia asciutta (senza parti sdruciolevoli), ben stivata, può essere caricata con 6 ad 8 Kg. per cm^2 se il piano di fondazione è profondo; così pure un terreno argilloso compatto, quando sia asciutto e non soggetto ad infiltrazioni. I terreni argillosi e cretacei hanno la proprietà di gonfiarsi bagnandosi e di contrarsi nell'essiccamento, quindi bisogna andar cauti nel sottoporli a forti carichi.

Nei viadotti della ferrovia Metropolitana di Berlino si assunse un carico del terreno sabbioso fino a Kg. 4,5 per cm^2 , tenendo conto della maggior pressione che si sarebbe verificata sugli spigoli dei pilastri, in causa delle vibrazioni a cui essi sarebbero andati soggetti. Le pile del ponte sull'East River caricano il suolo cretaceo, sul quale sorgono, di Kg. 7,1 per cm^2 . Simili elevate pressioni si presentano di sovente nei campanili e negli alti camini industriali.

Vi sono dei regolamenti edilizi che ammettono il carico di 25 000 Kg. per m², sopra un buon terreno di fondazione.

Nella fondazione non si deve tener conto solo della qualità del terreno, ma anche della maniera secondo cui il carico è applicato, poichè questo si potrà elevare o si dovrà diminuire a seconda delle minori o maggiori sue variazioni. Perciò, nella costruzione di campanili, camini di fabbrica, ecc., nei quali per effetto del vento si verificano le maggiori variazioni nella pressione, si prenderà per base una capacità di resistenza del terreno minore di quella sopra rammentata, ordinariamente non superiore ai 15 000 Kg., nè inferiore ai 7500 Kg. per metro quadrato.

Tabella LXV. — Resistenza dei vari terreni in Kg. per cm².

<i>Rocce, tufi rocciosi: la resistenza specifica di tali materiali.</i>			
Terreni molto consistenti	24,50	Sabbia argillosa e acquifera	2
Marne o argille compatte	8,00	Ghiaia terrosa	2÷5
Sabbia umida mista a ghiaia	6÷10	Terra vergine non umida	2
Ghiaia, ciottoli	4÷5	» vegetale di riporto costipata e battuta	1
Sabbia fina, umida	5	Sabbia di fiume di riporto costipata e battuta	0,8
Argilla compatta umida	3	Terreni fluenti	0,27

Le fondazioni di una fabbrica devono essere così estese che non venga sorpassato il carico ammissibile per unità superficiale del terreno di fondazione.

Si possono a questo riguardo assumere i seguenti pesi propri per materiali, solai, soffitti, pavimenti, tramezze e sovraccarichi accidentali per solai:

Tabella LXVI. — Peso specifico di alcuni materiali in Kg. per m³.

Muratura di mattoni fresca	1550÷1700	Muratura di pietre calcari asciutta	2410÷2450
» » asciutta	1470÷1590	» di mattoni porosi	1300
» di granito e pietra da taglio in genere	2500÷2700	» » forati	1100
» di pietrame fresca	2200÷2400	Terra e argilla	1600
» » asciutta	2150÷2400	Smalto o calcestruzzo ordinario	2000÷2200
» di pietre calcari fresca	2430÷2500		

Tabella LXVII. — Peso proprio o permanente di solai in Kg. per m² senza nè pavimento nè soffitto.

Solai di legno (travicelli e assito) per stanze ordinarie	35
» » » » per grandi sale	50÷65
» » per magazzini da 3 a 8 metri di portata	50÷80
» con travicelli di ferro, sbadacchi di legno e assito per stanze ordinarie	40
» » » » » volte di mattoni di quarto, riempimento, per stanze ordinarie	250
» » » » » forati di quarto, riempimento, per stanze ordinarie	220
» » » » » » » » per grandi sale	260
» » » » » » » » per magazzini o botteghe a pianterreno per merci leggere	245
» con travi e travicelli di ferro e volte di mattoni per magazzini di merci o sostanze pesanti di 3 a 8 m. di portata	330÷450
» di calcestruzzo armato, sistema Hennebique, con travi in vista o a semplice soletta o soffittabili, per stanze ordinarie o anche grandi sale, in media	300
» di calcestruzzo armato, sistema Hennebique, con travi in vista o a semplice soletta o soffittabili, per magazzini di merci pesanti	450÷500

Tabella LXVIII. — Peso proprio di pavimenti, soffitti e tramezze in Kg. per m².

Pavimento di legno semplice colla propria armatura	20÷30	Soffitto di stuoie e intonaco semplice	20÷30
» » a intolato	40÷70	» di correntini con stucchi	70÷120
» di piastrelle ceramiche di 20 mm. di grossezza, posate su sottile strato di cemento	40	Tramezze leggere di mattoni bucati coll'intonaco posati di piatto	110
» di piastrelle di cotto con letto sottostante	60÷90	» di mattoni pieni di quarto o in costa	130
» di asfalto di 20 mm. di grossezza senza sottofondo	30	» di tavelloni di gesso Bruckner grossi 6 cm.	55÷60
		» » » » 8 »	75÷80

Tabella LXIX. - Carichi accidentali e sovraccarichi per solai in Kg. per m².

Stanze ordinarie di abitazione	75÷100	Magazzini per farina, patate, orzo, crusca, semi di colza e lino per ogni metro di altezza	650
Sale per ricevimenti, saloni	130÷250	Fienili per ogni metro di altezza di fieno	100
» per riunioni, concerti, ecc.	230÷320	Magazzini per sale e legumi	800
Saloni per grandi riunioni e ove si può formare affollamento	300÷400	» per miglio	850
Sale da ballo	400	» per avena	500
» per ospedali	200	» per lignite e coke	450
Aule scolastiche	200÷250	» per torba	600
Cameroni, dormitori, caserme	250÷300	» per cemento	1200
Magazzini di merci ingombranti ma leggere	300÷350	» generali, 1° piano	1500
» » pesanti	700÷900	» » 2° piano	1250
» da grano, segale e zucchero in mucchi per ogni metro di altezza	600÷750	» » 3°, 4°, 5° piano	1000
» da grano in sacchi fino a 6 m. di altezza	4100	» » 6° piano	800
		Scale ordinarie	400

Non si è indicato il peso proprio delle vòlte, essendochè queste sono di genere troppo vario, e il loro peso si distribuisce assai diversamente a seconda della loro struttura o forma, da cui dipende anche la struttura e il peso dei rinfianchi, dei riempimenti e spianamenti.

Si aggiungerà che per le *scale a vòlta* si può assumere il peso di 1000 Kg. per m² di proiezione, compreso il sovraccarico che si tiene sempre di circa 400 Kg. per m² e per i tetti di struttura ordinaria, con copertura a tegole curve o piane, Kg. 250 per m² orizzontale, comprendendo la pressione del vento e il peso della neve.

Per determinare la grossezza dei muri, secondo questi dati, valgono i seguenti valori di pressione ammissibile secondo le qualità di muratura:

1. Muratura in pietre calcari e malta di calce comune	5 per cm ²
2. » di pietrame forte e malta comune	9 »
3. » » e malta idraulica	14 »
4. » di pietre da taglio	40 »
5. » di mattoni ordinari con malta comune	7 »
6. » » con malta di cemento	11 »
7. » » forti	12-14 »
8. » » porosi	3-6 »

Siccome bisogna sempre prevedere una più o meno grande compressibilità del terreno di fondazione, bisogna aver riguardo all'*assetto* del fabbricato, che deve specialmente essere *uniforme* e limitato quanto più è possibile. Se in casi particolari vi è da temere un assetto ineguale di diverse parti di un fabbricato, le parti devono essere eseguite senza unione rigida tra loro, oppure devesi incominciare la costruzione dalle parti più pesanti della fabbrica molto tempo prima di quella delle altre parti.

Se la causa del presumibile assetto ineguale non risiede nel peso ineguale delle diverse parti della fabbrica, si può rimediare alle screpolature o al distacco che si teme abbiano a verificarsi, od almeno si può diminuirli di assai, aumentando la coesione tra le parti stesse con lunghe striscie di ferro piatto (od anche con filo-ferro) introdotte nelle commessure della muratura, senza dare alla massa una rigidità che faciliterebbe il disgregamento.

Un altro processo applicato con buon esito nel caso precedente, consiste nell'inserire tra la fondazione e la muratura soprastante, una piattaforma formata con rotaie fuori d'uso. Gli strati superiori della muratura di fondazione vengono formati con materiali scelti e con malta di cemento, e vi vengono poi collocate due o tre rotaie a giunti alternati, in un letto di mattoni e malta. Si potrà fare un'unione a stecche negli angoli, oppure le estremità delle rotaie, che stanno sotto alla parete meno pesante,

vengono prolungate sopra quelle dell'altra parete contigua, senza collegarle insieme; anche gli strati inferiori della muratura soprastante si eseguono con materiali scelti e con malta di cemento. Il graticcio di rotaie forma in certo qual modo una travatura elastica di grande resistenza, che conguaglia le differenze che si verificano nella contropressione del suolo contro la base di fondazione. Il concetto fondamentale di questo sistema ha trovato la sua completa esplicazione nelle fondazioni di calcestruzzo armato, di cui si parla più innanzi.

Trattandosi di maggiori ineguaglianze nella saldezza del terreno, e principalmente se la profondità di fondazione delle singole parti della fabbrica presenta grandi differenze, può esser prescritto di dipartirsi dalla regola dell'uniformità delle fondamenta, e di adottare diversi modi di fondazione l'uno accanto all'altro per la medesima fabbrica, ciò che del resto è logico e razionale. Si terranno divise le singole parti della fabbrica, ma soprattutto si farà solo scarso assegnamento sulla resistenza del terreno, perchè, coll'aumentare della pressione, si aumenta anche il pericolo della formazione di fenditure. Un esempio rimarchevole offre la fabbrica dell'Istituto Fisiologico di Berlino, nella quale in una superficie relativamente limitata, si adottarono, l'una accanto all'altra, cinque maniere diverse di fondazione.

Per diminuire la pressione unitaria dei muri sul terreno, come anche per aumentare la stabilità di una fabbrica, si usa di diminuire la grossezza dei muri a misura che si innalzano, facendo delle rientranze, dette riseghe o banchine, da una parte o da ambe le parti.

Variando convenientemente la grossezza dei muri, si può uniformare abbastanza bene la pressione sul piano di fondazione e contenerla nei limiti stabiliti. Se fosse eccessivo l'allargamento del muro di fondazione, se fosse cioè $b \geq h$ (fig. 1420), sorgerebbe il pericolo di una rottura della parte allargata. D'altra parte non si fa b più piccolo di 12 ÷ 15 cm. Potendosi ripartire uniformemente la pressione su tutta la larghezza del muro di fondazione, essa si potrà considerare come applicata al centro di gravità della fondazione, la quale dovrà quindi avere forma simmetrica. Se oltre al peso entrano in campo altre forze, per es., delle spinte prodotte da arcate, allora può essere necessario di dare alla fondazione una forma non simmetrica (fig. 1421), il che diventa per forza necessario nei muri di confine addossati a muri di altra proprietà (fig. 1422). Se in singoli punti della fabbrica molto caricati non si può raggiungere la necessaria larghezza del fondamento, senza che i ritagli eccedano i limiti sopra segnati, non rimane altro che aumentare la profondità della fondazione.

In causa di diversità di natura del terreno, si può esser costretti a rimuovere del terreno soffice od instabile; in tal modo le basi dei muri di fondazione si troveranno a profondità diverse. In questo caso però non si presenta così facilmente la necessità di ineguali larghezze delle fondamenta, giacchè la saldezza del terreno cresce in generale colla profondità, in causa della compressione prodotta dalle masse di terra sovrastanti. Perciò è vantaggioso di collocare ad una profondità maggiore le fondazioni delle parti di fabbrica specialmente pesanti, come i campanili, per es., relativamente a quella del resto del fabbricato: ciò però quando la qualità del terreno si mantenga eguale, perchè in caso diverso l'approfondamento potrebbe essere un grave errore.

Oltrechè colle riseghe, cioè coll'allargamento delle fondazioni, si può diminuire la pressione sul terreno anche col riunire singole fondamenta mediante archi rovesci (archi su terra) o vólte rovescie, di cui si tratterà più avanti.

Fig. 1421.

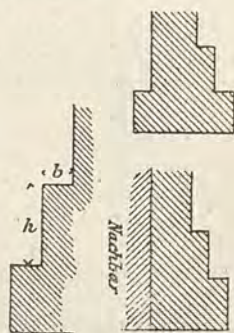


Fig. 1420. Fig. 1422.

b) Esame o scandaglio del terreno di fondazione.

Dalla qualità del terreno di fondazione si desume in generale il modo di fondazione. Perciò occorre un'esatta conoscenza del terreno, la quale nel caso più semplice, e specialmente quando la si può desumere da costruzioni prossime, e non si vuole averne che la conferma, si può ottenere mediante un semplice scavo. Colla infissione della sonda o del ferro di esame, grosso $2 \div 2,5$ cm. e lungo $2 \div 3$ m., appuntato, e provvisto di gancio o di leva per maneggiarlo, si può arguire della durezza del terreno a seconda della profondità a cui penetra la sonda. Però questa prova è sempre poco sicura. La sabbia lascia il ferro pulito mentre l'argilla vi aderisce.

Soltanto colla trivellazione si può avere una qualche certezza; con essa si possono eseguire scandagli a grandi profondità, quasi senza limiti, anche indipendentemente



Fig. 1423.
Trivella a valvola.

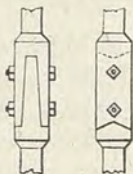


Fig. 1425.
Unione delle aste
da trivella.

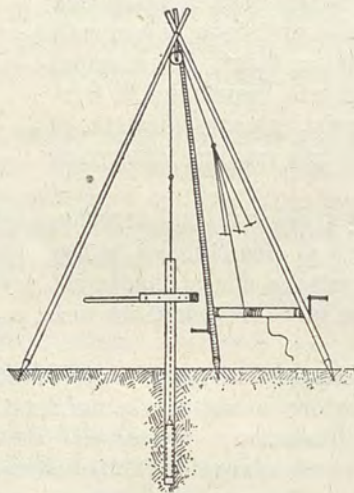


Fig. 1424. — Capra per trivella.

dall'acqua del sottosuolo, e riconoscere esattamente la qualità, la posizione e la resistenza dei diversi strati di terra. A cagione del subito cambiamento che si riscontra negli strati del terreno bisogna fare parecchi assaggi colla trivella, nonostante che si conosca abbastanza il terreno su cui giace un prossimo fabbricato.

Per mezzo di queste trivellazioni si riconosce anche la posizione dello strato acquifero, il quale ha una grande influenza sul sistema da adottarsi per la fondazione, e che molte volte indica a quale profondità si deve collocare il pavimento dei sotterranei. Questo deve sempre tenersi almeno 30 cm. al disopra della falda acqua, a meno che essa sia poco sotto alla superficie del suolo, nel

qual caso le fondazioni e i sotterranei rimarranno nello strato acquifero e si ricorrerà alle opere di protezione di cui si è già parlato.

Di rado però le ricerche isolate possono dare indicazioni sicure sulla massima falda acqua, per avere conoscenza della quale bisogna far ricerche numerose e in varie epoche dell'anno. Nella generalità è regola, che uno strato di terreno buono di $3 \div 4$ m. di grossezza sia sufficiente per erigervi un fabbricato di tre piani del solito peso, anche quando al disotto vi si trovasse uno strato meno buono. L'idea che una casa, sotto tutti i rapporti, sia tanto più solida quanto più profondamente fondata è erronea, perchè scavando troppo profondamente può accadere di scavare lo strato di sufficiente resistenza.

Per forare il terreno si adoperano vari generi di trivelle, le quali sono fatte di buon ferro con punta acciaiata, e ora girate, ora infisse. I fori che si fanno per esaminare il terreno hanno $10 \div 15$ cm. di larghezza e tutt'al più 20 m. di profondità.

Per tutte le qualità di terre, argille, sabbia e terreni acquiferi, ed anche per i terreni ghiaiosi, ma non per gli strati petrosi, si adopera la trivella a valvola della fig. 1423. Questa consiste in una canna di $10 \div 13$ cm. di diametro, lunga da $50 \div 80$ cm., aperta alle due estremità, e che all'estremità superiore porta una forcina, la quale si unisce coll'asta, mentre all'estremità inferiore è provveduta di una valvola a ventola, dalla quale il terreno entra coll'affondarsi del cilindro metallico.

Sollevando l'arnese la valvola si chiude, in causa del peso del terreno che si è introdotto nella canna, del quale si potrà conoscere la qualità, mentre la profondità sarà data dalla lunghezza delle aste. Di 50 in 50 cm. circa di profondità i saggi del terreno vengono accuratamente raccolti e conservati.

Per forare si procede nel modo seguente. Nel luogo dove si vuole eseguire il foro si colloca una capra a tre gambe, consistente in tre lunghi e rotondi pali coi piedi

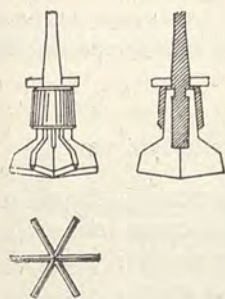


Fig. 1426. — Punta stellata. Fig. 1427. — Scalpello. Punta quadrangolare.

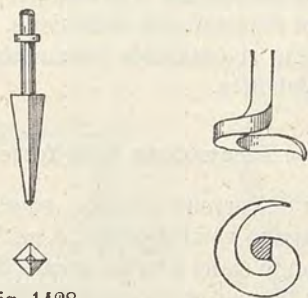


Fig. 1428.

Fig. 1429.

Fig. 1426 a 1428. — Ordigni per rompere gli ostacoli nel terreno da trivellarsi.

Estrattore di pietre.

appuntati e di ferro, riuniti nella parte inferiore da un bolzone di ferro e provvisti di una puleggia a gola di circa 50 cm. di diametro, sopra la quale si accavalcia una corda robusta. Quest'ultima si avvolge al basso sopra un arganello fermato per mezzo di due perni di ferro in due delle gambe della capra (fig. 1424). All'altra estremità della corda è attaccata la trivella colla sua asta di ferro. Ciascuna parte di quest'ultima è lunga da 4 a 5 metri. Il modo di unione delle aste si vede nella figura 1425. La corda serve non solo allo scopo di estrarre per mezzo del verricello la trivella, ma anche di alzare e lasciar cadere la trivella per mezzo di corde più sottili attaccate a quella stessa della trivella. Questa si fa girare entro un tubo a parete sottile di ferro, del diametro di $13 \div 15$ cm., composto di porzioni lunghe ciascuna $5 \div 6$ m., congiunte insieme per mezzo di vite. Il tubo viene approfondito a misura che la trivella entra nel terreno. Se questo non si può ottenere, allora bisogna girare avanti e indietro il tubo mediante una manovella fermata con un morsetto di legno; si può anche sforzare le pareti del morsetto con pezzi di ferro. Si esclude il battipalo per non guastare il tubo a pareti sottili: però per aumentare la rotazione potrebbero adoperarsi parecchi morsetti uno sotto l'altro. Se il foro è più profondo dell'altezza della capra, allora tutte le volte che si deve alzare la trivella per pulirla bisogna scomporre le sue aste. Se si trova un ostacolo, tronco di albero o pietra che non possa entrare nel tubo, bisogna distruggere l'ostacolo, oppure, se ciò non è possibile, abbandonare il foro e aprirne uno nuovo in prossimità del primo. Per rompere o rimuovere l'ostacolo si adopera o la *punta stellata* (fig. 1426), o lo *scalpello* (fig. 1427), o la *punta quadrangolare* (fig. 1428) oppure l'*estrattore di pietre* (fig. 1429), che serve ad estrarre le piccole pietre. Scelta la posizione del foro, e presa cognizione della qualità della terra nelle diverse profondità, si levano i tubi di ferro mediante catene e leve, anche coll'aiuto della corda e del verricello della capra o di

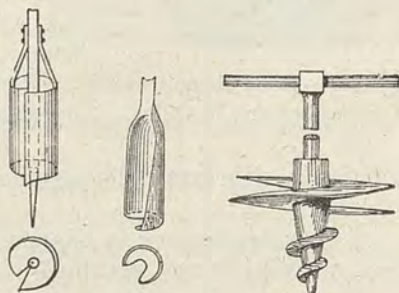


Fig. 1430. Fig. 1431. Fig. 1432.

Fig. 1430-1432. — Ordigni per trivellare terreni duri, tigliosi, ecc.

forti binde. Nei terreni duri, tigliosi oppure ripieni di barbe di piante, si adoperano gli ordigni delle fig. 1430, 1431, 1432, i quali tutti devono essere girati con robuste aste. Questi si lasciano infiggere per 1 o 2 m. nella sabbia compatta e servono spesso per allargare un foro più profondo destinato all'infissione nella terra dei pali di fondazione, e simili.

L'esame della solidità del terreno di fondazione non si può fare ordinariamente colla infissione dei pali di prova, perchè i fabbricati posti nelle vicinanze soffrirebbero dalle scosse dei colpi per l'infissione.

Essa si eseguisce solamente quando si ha l'intenzione che la fondazione sia fatta con palafitte.

c) Escavazione delle fosse di fondazione e puntellamento delle loro pareti.

In un terreno asciutto, ed alquanto consistente, le pareti degli scavi poco profondi si reggono verticalmente, e tutt'al più diventano minaccianti solo in causa della pioggia o quando siano sovraccaricate dal peso della terra scavata. Ma per maggiori profondità, e per terreni poco compatti, le pareti dello scavo devono essere a scarpa. Quando lo scavo è più profondo di m. $1,50 \div 2$, si interrompe l'inclinazione della scarpa con una banchina di almeno m. 0,40 di larghezza, la quale serve non solo a trattenere la terra che cade dal ciglio, ma anche per poter portar in alto la terra scavata, senza

bisogno di sussidi speciali, e in seguito serve poi al deposito dei materiali per la costruzione del muro (fig. 1433).

Le pareti laterali delle fosse che si debbono scavare in prossimità di fabbricati, per mancanza di spazio, devono essere eseguite quasi verticali e puntellate. Si usano rivestimenti di tavole, poste orizzontalmente e fissate a pali verticali, oppure di tavole verticali fissate a filagne orizzontali.

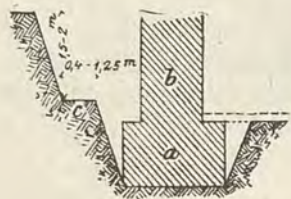


Fig. 1433. — Fossa di uno scavo di fondazione con banchina.

Per un buon puntellamento, detto in questo caso sbadacchiatura, si devono soddisfare le seguenti condizioni:

1° l'opera deve essere abbastanza solida per garantire la sicurezza delle persone che lavorano nella fossa o nella sua immediata vicinanza;

2° deve richiedere la minima quantità di legname, non tanto per risparmio di spesa, quanto per non restringere lo spazio della fossa;

3° questo legname deve essere il meno che sia possibile tagliato o lavorato, per poterlo poi reimpiegare;

4° i pezzi di rivestimento devono essere abbastanza piccoli per potersi maneggiare facilmente a mano;

5° si devono poter facilmente togliere i legnami senza che la parete, a cui è tolto l'appoggio, abbia a cadere nello scavo.

a) Per la sbadacchiatura orizzontale bastano nel caso più semplice due tavole, che vengono tenute in posto da un puntello di legno tondo, cacciato a forza con cunei di legno (fig. 1434). In fosse più grandi si conficcano nel terreno, a distanza di $1,25 \div 2$ m. l'un dall'altro, dei pali di $12 \div 15$ cm. di lato o di diametro, e dietro a questi si dispongono le tavole, di $4 \div 6$ cm. di grossezza, in modo che le estremità vengano a trovarsi sempre dietro un palo, o meglio, in corrispondenza a questo si sormontino alquanto. Lo spazio che rimane tra la scarpa e le tavole viene riempito (fig. 1435). Per forte spinta laterale si devono collocare i pali o più profondamente conficcati o più fitti od anche inclinati, oppure puntellarli contro la parete opposta (fig. 1436), e se questa manca, contro il fondo della fossa obliquamente, e più tardi,

quando sia eseguito il muro di fondazione, contro la risega dello stesso. I puntelli vengono per lo più uniti ai pali solo con chiodatura. Se non è ammissibile un restringimento della fossa coi puntelli, si possono ammannare i pali posteriormente nel terreno (fig. 1437).

In fosse strette e profonde è difficile cacciar dentro i lunghi pali e disporre il rivestimento senza che la scarpa abbia a cadere. In questi casi, per terreni non troppo sciolti, si eseguisce la sbadacchiatura (fig. 1438) a gradini, formandola a misura che si progredisce nel lavoro di escavo, rinforzandola verso il basso dove è maggiore la pressione della terra. Non riesce sempre possibile di ottenere il rivestimento piano ed

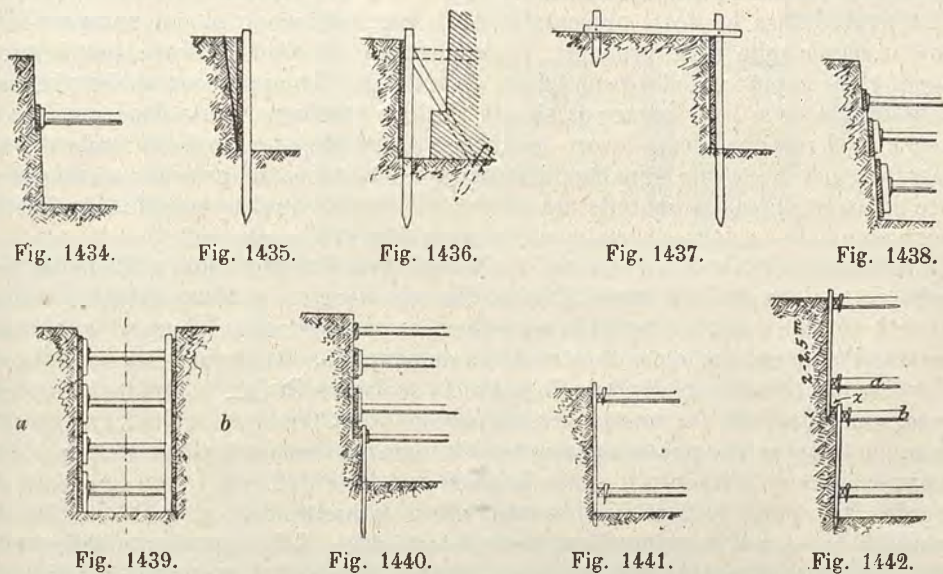


Fig. 1434 a 1442. — Vari mezzi di puntellamento delle fosse di fondazione.

unito dal piano del suolo al fondo della fossa coll'impiego di brevi pezzi di legno verticali (fig. 1439 a) e di rendere così possibile di togliere questi ultimi sostituendoli con altri di lunghezza corrispondente alla profondità dell'escavo (fig. 1439 b). Il disarmo è più facile quando siensi impiegati brevi pezzi verticali, come nella fig. 1439 a.

Se col fondo dell'escavo si arriva al livello dell'acqua, la sbadacchiatura orizzontale può eseguirsi solo fino a tale livello; più in basso si devono conficcare delle tavole verticali, le quali, quando si debba trattenere la sabbia fluente, dovranno sovrapporsi ed eventualmente essere unite a scanalature; si adopereranno anche sbadacchi trasversali (fig. 1440).

b) La sbadacchiatura verticale viene principalmente impiegata nelle strette fosse di fondazione. Le tavole di 4 ÷ 8 cm. di grossezza e 2 ÷ 2,50 m. di lunghezza, vengono trattenute almeno in alto ed in basso (e per grandi lunghezze anche nel mezzo) da filagne con sbadacchi. Per le filagne si adoperano legnami grossamente squadrati di 12 ÷ 15 cm. di grossezza, per gli sbadacchi legni tondi di 10 ÷ 15 cm. (fig. 1441).

Le estremità superiori delle tavole (o palanconi) devono essere guernite con reggia di ferro per difenderle dallo scheggiarsi battendovi sopra col martello. Negli scavi profondi vengono disposte, secondo la profondità, parecchie di queste puntellature l'una sopra l'altra: si deve perciò fare corrispondentemente maggiore la larghezza della fossa, oppure, per non restringere troppo la base di questa, si possono conficcare le tavole obliquamente (fig. 1442). La filagna x, segnata nella fig. 1442, è necessaria

solo quando il terreno sia tenero o quando lo spazio tra gli sbadacchi *a* e *b* sia un poco rilevante. I tubi di condotta, che attraversino la fossa, si appendono con funi o catene a legnami disposti trasversalmente sopra la fossa stessa.

Ognuna delle due maniere indicate per sostenere le pareti delle escavazioni ha i suoi vantaggi particolari. Il sistema *orizzontale* ha i seguenti: è poco limitata la misura di lunghezza dei legnami e le tavole non sono guastate come avviene nel conficcarle; si può facilmente rinforzare dal basso la puntellatura, in corrispondenza ad una maggior spinta della terra: il sistema è meno costoso per escavi lunghi e poco profondi e, nelle circostanze ordinarie, è anche più facilmente applicabile nelle escavazioni che non abbiano due pareti opposte a distanza limitata.

La puntellatura *verticale* presenta invece i seguenti pregi: si può spingere facilmente in basso nelle fosse profonde; restringe meno in fondo la fossa, per il minor numero e per la più comoda disposizione dei puntelli, che si possono anche più facilmente cambiare; si può serrare da sè ogni singola tavola verticale con cunei contro la terra, e si possono anche levare facilmente le tavole a lavoro finito; solo di rado va perduta qualche tavola. Finalmente riesce meno dannosa un'invasione anche abbondante di acqua, che nella puntellatura orizzontale: perciò quella verticale è preferibile in terreno umido e sciolto, specialmente in fosse di breve lunghezza.

È soltanto possibile di scavare nel modo ordinario il terreno fino a 30 cm. di profondità sotto il livello dell'acqua. Per profondità maggiori si deve estrarre l'acqua mediante secchie a mano, cucchiaie, norie, coclee o pompe, mosse a mano o meccanicamente. Può darsi anche che il terreno sia da scavarsi sotto acqua. Per non estrarre anche l'acqua, è bene di dividere lo scavo in sezioni e di fare la fondazione anche per sezioni. L'unione fra queste diverse sezioni è da farsi con molta cura, perchè l'acqua che sopravviene può compromettere le murature ancora fresche. Colle palafitte bisogna scavare il terreno più profondo di 60 cm. circa dalla superficie superiore del zatterone, per poter togliere i pali e provvederli di biette. Soltanto nei terreni molto permeabili lo scavo si fa prima di collocare lo zatterone. Nel collocamento delle capre, come delle macchine elevatrici dell'acqua, bisogna fare molta attenzione nel disporre gli scavi di fondazione e nella determinazione delle loro dimensioni. Le strade pei carri devono avere la pendenza non maggiore di 1:6 e in conformità devono essere tracciate le scarpe.

Se un fabbricato deve sorgere in immediata prossimità dell'acqua, deve difendersi l'escavo per la fondazione dall'invasione dell'acqua stessa. Ciò può ottenersi o con una semplice diga di terra (tura), la quale generalmente si forma colla terra scavata, dando alla superficie piana superiore una larghezza eguale al quadruplo dell'altezza dell'acqua, oppure con paratie od argini di terra.

d) Paratie.

Le paratie, le quali oggi si fanno qualche volta di lamiera ondulata, servono sia per impedire al terreno di cadere nello scavo, sia a trattenere quello scavato, oppure a impedire l'invasione dell'acqua nello scavo, ed anche per ambedue gli scopi. Esse servono pure per deviare le acque di una corrente quando in essa si deve eseguire una costruzione. Per le paratie di legno i tavoloni non devono essere grossi meno di 10 cm. e larghi non meno di 25 ma non più di 35, altrimenti vi sarebbero o troppe fessure, oppure il legno si spaccherebbe e vi sarebbe grande perdita. Per lunghezze maggiori di 2 metri, le tavole devono essere più grosse di 1 o 2 cm. per ogni metro di lunghezza. Il legno secco non serve bene per questo lavoro. Esso gonfierebbe troppo, e renderebbe difficile l'infissione col battipalo e può anche avvenire che si spacchi la scanalatura gonfiandosi la linguetta. Il modo di unione migliore è quello a lin-

guetta quadrata uguale ad $\frac{1}{3}$ della grossezza del legno. Per paratie più forti si infiggono pali di legno uno vicino all'altro. Queste paratie si dicono palizzate e sono qualche volta senza alcuna unione. Questa è da farsi accuratamente colla pialla dopo aver prima preparato il legname coll'ascia. Le tavole sono da tagliarsi in sbieco simmetricamente, con un taglio lungo 2 a tre volte la grossezza del tavolone e con taglio piano.

Bisogna badare che questi sbiechi fatti a scalpello siano in linea retta, altrimenti le tavole si svierebbero col batterle. Per questo bisogna mettere vicine da 20 a 30 tavole e segnare, per mezzo di un allineamento in basso, la posizione degli sbiechi.

Sono da evitarsi forme complicate di sbiechi ed unioni, perchè si guastano facilmente durante l'infissione. Eventualmente si può fare uno sbieco nella parte più stretta della tavola se il terreno è tenero (fig. 1443) e allora le tavole si avvicinano. Le puntazze di ferro sono da evitarsi; se si vogliono applicare riesce vantaggioso di applicare a più tavole una sola puntazza, come si applica a due teste di tavole un solo anello di ferro per infiggere nello stesso tempo ambedue le tavole

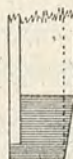


Fig. 1443.

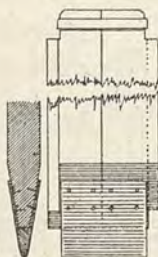


Fig. 1444.



Fig. 1445.

(fig. 1444). Questi anelli si fanno di lama di ferro grossa cm. 3 e larga cm. 7, e si applicano quando sono roventi. Ogni tavola è da provvedere, da tutte e due le teste, di una marca a fuoco e di un numero per impedire che vengano tagliate o trafugate dagli operai a contratto. Agli angoli si mettono dei pali più grossi con semplice scanalatura e qualche volta se ne mettono a distanza nelle pareti per rinforzarle (fig. 1445).

L'affondamento si eseguisce per pali corti con mazzeranghe, per gli altri con battipali a corda, a scatto o a vapore. Per il battipalo a tiro gli operai stanno all'estremità inferiore delle corde e tirano a scosse con un'altezza di caduta di m. $1,25 \div 1,50$; $25 \div 30$ colpi consecutivi formano una « volata ». Col battipalo a scatto si può avere un'altezza di $2 \div 8$ m., avvolgendo la corda sopra un verricello con manubrio e svolgendola tutta di un tratto lasciando cadere liberamente il peso. Perciò occorre un numero minore di operai ($4 \div 5$) che non per il battipalo a tiro, ma il maglio cade meno spesso. Il peso dei magli per i battipali a tiro è di $300 \div 500$ Kg., per quelli a scatto di $600 \div 800$. Il battipalo a vapore dà o pochi colpi, $3 \div 10$ al minuto per un peso del maglio di $700 \div 1000$ Kg. e una caduta di $2 \div 6$ m., o $75 \div 100$ colpi al minuto con maglio pesante 2500 Kg., per un'altezza di $0,80 \div 1,00$.

Per legni deboli, che si possono spezzare sotto il maglio, bisogna adoperare magli leggeri e cadute non grandi. Prima bisogna fare la prova per conoscere la penetrazione dei pali, e solamente dopo fare il contratto cogli operai battitori. Perciò non bisogna basarsi sul numero dei colpi, ma sul completo affondamento dei pali fino alla profondità necessaria. La profondità a cui devono scendere i pali nel terreno naturale, dipende dalla spinta laterale alla quale devono resistere dopo lo scavo che si deve eseguire. Prima di palificare, bisogna scavare il terreno possibilmente profondamente ed esaminare col ferro se si trovano nel terreno profondo degli ostacoli, tronchi d'alberi, pietre, ecc.; i quali debbono allontanarsi. 20 a 30 pali si piantano in una volta, e perchè rimangano tutti a posto su una fila, si trattengono con filagne fatte con tavoloni oppure con travi. Questi vengono da ambe le parti rilegati con un palo per mezzo di caviglie. Nel progredire dell'affondamento si usano più filagne una sull'altra. Per tenere bene riuniti insieme i pali si usa di un cuneo posto all'ultimo palo (fig. 1446). I pali sono da infiggere in fila, nè tutti in una volta alla voluta profondità, ma a poco a poco, a seconda dell'affondamento. Se si devono mettere i pali per un'intera parete, è bene che si infiggano a cominciare dai lati andando verso il

mezzo, così il palo di mezzo fa da chiave. Perciò il battipalo deve venire trasportato più volte oppure se ne adoperano due. Il formare a cuneo il palo centrale non è vantaggioso, anzi potrebbe cagionare uno spostamento nei pali della paratia. Per impedire gli spostamenti le paratie devono essere assicurate per mezzo di puntelli alle filagne (fig. 1447).

Dopo che la parete è stata affondata, la si provvede di una lungarina, che ha inferiormente una scanalatura nella quale entrano i pali con una linguetta. I vari pezzi della lungarina sono collegati da lame di ferro, ed è pure collegata con grappe (fig. 1448)

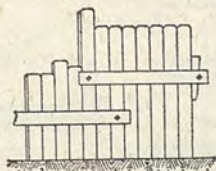


Fig. 1446.

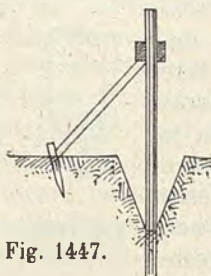


Fig. 1447.

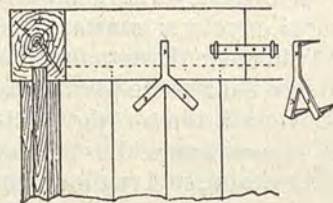


Fig. 1448.

alle travi per impedire che la spinta dell'acqua sollevi la lungarina. Le paratie non sono mai impermeabili, e per renderle tali durante l'aggotamento dello scavo, occorre di calafatarle, ciò che si ottiene turando le fessure mediante canapa incatramata. Un sicuro riparo contro il passaggio dell'acqua si può anche ottenere chiodando sulle paratie tela di vela, che sia stata preventivamente bagnata in una miscela di catrame di legno e di pece. Chiusure con pali di ferro si adoperano solo per costruzioni sopra terra, e per paratie poco profonde, e per lavori provvisori si usa la lamiera ondulata, la quale si lascia facilmente affondare nel suolo, è impermeabile, e si lascia anche facilmente togliere. Si usa meglio la lamiera ondulata per pilastri isolati. Si forma allora un cassone di lamiera che si affonda man mano nel terreno a misura che si toglie il terreno che vi resta dentro. Il battere questi cassoni non è conveniente. Se al di fuori della paratia vi è acqua corrente o stagnante, allora la paratia non è sufficiente, e bisogna munirla di argini in terra.

In calcestruzzo armato di sistema Hennebique si costruiscono pure paratie e palificazioni. Queste strutture sono di forma prismatica a sezione quadrata, con angoli smussati per i pali, ed a sezione rettangolare per i tavoloni delle paratie. I pali in cemento armato sono rivestiti nella punta da cuspidi metalliche, analogamente a quanto si fa per i pali di legno. Per impedire che il conglomerato si guasti sotto i colpi del maglio, si muniscono le teste dei pali con cuffie metalliche con sottostante imbottitura di sabbia e segatura di legno. I lastroni per paratie o palafitte hanno la parte inferiore tagliata in sbieco, e lateralmente presentano delle scanalature che vengono riempite di cemento dopo che i lastroni sono in posto.

e) Argini o dighe di ritegno.

Per argini bassi è sufficiente un tavolato da appoggiare su pali infissi nel terreno, le cui tavole sono appuntate e vengono pure infisse (fig. 1449). Contro questo tavolato viene gettata della creta mescolata con un po' di sabbia fina ma scevra di radici o altre parti vegetali e simili, e possibilmente compressa. Non è raccomandabile di adoperare argilla pura, perchè anche dopo la compressione resterebbero dei rami nell'argine. Per lo stesso scopo si può naturalmente adoperare anche una paratia. Quando l'acqua è profonda si adopera un così detto cassero, la cui larghezza corrisponde alla sua altezza quando questa non è maggiore di m. 2,5: per altezze maggiori si fa uguale

a m. $1,25 + \frac{1}{2} h$. Se la diga non è molto robusta deve venire puntellata e rinforzata gettandovi continuamente buon materiale. Nei casi più difficili, se si può temere l'invasione dell'acqua, si adopera del letame molto grasso oppure si ricorre ad una bettonata, la quale può anche servire da fondamento alla fabbrica, quando la paratia sia all'esterno (fig. 1450). Di solito la parete è interna mentre quella esterna si fissa con tavoloni oppure con tavole intiere poste contro pali distanti fra di loro di

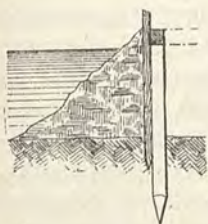


Fig. 1449.

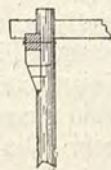


Fig. 1451.

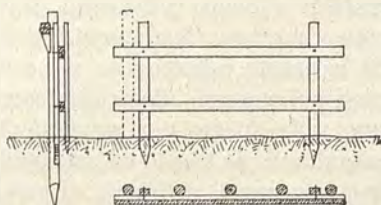


Fig. 1452.

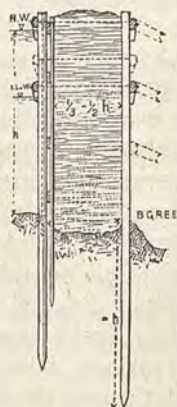


Fig. 1454.

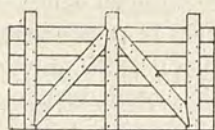


Fig. 1453.

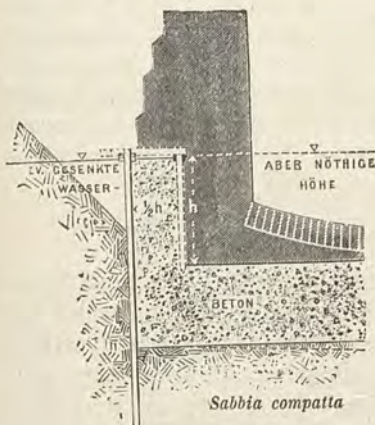


Fig. 1450.

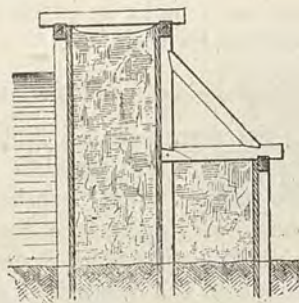


Fig. 1455.

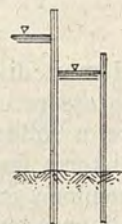


Fig. 1456.

m. $1,25 \div 1,50$. I pali vengono muniti di una lungarina, la quale viene unita colla lungarina della parete ogni m. $1,50 \div 2,00$. Questa lungarina è disposta come nella figura 1451, e deve collegarsi coi pali con un tallone e non indentarsi come per le pareti. L'omettere le lungarine, che devono impedire il cedimento di alcuni pali, non è da consigliarsi. Le tavole delle pareti esterne vengono fissate verticalmente e un po' inclinate sul terreno appoggiandole contro dei telai formati con tavoloni, come nella figura 1452, oppure con tavolati intieri lunghi m. $4 \div 6,5$, appoggiati contro i pali (fig. 1453). Per collocare questi tavolati si fa nel terreno una piccola scanalatura. Così pure prima di riempire l'argine bisogna pulire il terreno dal fango e dalla torba, perchè l'argine possa riunirsi bene col terreno. Si deve gettare il materiale sollecitamente e possibilmente da due parti e per tutta l'altezza perchè si possa comprimere in modo conveniente. Per chiuder bene i vani che possono essere rimasti si adopera della sabbia fina, la quale lascia passare poca acqua. Si può anche nei punti non sufficientemente impermeabili mettere della tela da vela, la quale per la pressione dell'acqua, che è rimasta dentro, si adagia bene contro le pareti di tavole e poi si riempie col materiale. Se l'argine si appoggia contro una muratura o una paratia,

per tale appoggio si ha sempre una grande difficoltà di chiusura. Per ciò, in tal caso, il materiale di riempimento dev'essere scelto e compresso con gran cura. Se la massa del terreno non è abbastanza a tenuta, non resta altro da fare che toglierla e mettere altro materiale. Se l'acqua corrente guasta la superficie, allora si deve, come già si è detto, adoperare tela da vela oppure sacchi di sabbia e pietre, immergendoli nel luogo difettoso.

Per grandi pressioni d'acqua gli argini devono puntellarsi, come risulta dalla figura 1454, e anche contro le fondamenta dell'erigenda costruzione, a distanza circa di 2 metri. Se la parete è molto alta, e i pali, essendo molto lunghi, presentano pericolo di incurvarsi nel mezzo, allora si ricorre ad un secondo argine più basso (fig. 1455). Del resto si fa spesso per ambedue le pareti un argine con paratie, di cui l'esterna si leva tagliando le tavole od estraendole, mentre l'interna, se si teme che l'acqua sia sotto le fondamenta, si lascia. Si può anche qualche volta (fig. 1456) adoperare due paratie con diverso livello d'acqua. Nei terreni rocciosi il lavoro di arginatura diventa assai difficile: bisogna allora fare dei buchi colla trivella ed infiggervi dei pali di ferro; indi battere le tavole verticali finchè coi loro spigoli inferiori vengano ad aderire alla roccia. Il tutto dev'essere poi accuratamente puntellato. Per livelli d'acqua variabili gli argini devono tenersi da 30 ÷ 50 cm. più alti del più alto livello conosciuto dell'acqua. Se però l'acqua è molto rapida, e si teme la sua irruzione, allora è da preferirsi, quando l'acqua è alta, di porre tutta la costruzione sott'acqua mediante una chiavica, perchè allora il danno sarebbe assai minore che se l'acqua si lasciasse irrompere. È necessario di sempre segnare l'altezza d'acqua sull'argine per conoscere quando l'acqua sta per uscire e poter prendere le necessarie misure in tempo. Anche per i pali e le pareti degli argini o dighe si può ricorrere con grande vantaggio al sistema Hennebique.

f) Protezione delle fondamenta contro i franamenti.

I muri di sostegno dei terrapieni e i fabbricati che sono costruiti su pendii possono essere compromessi nella loro stabilità, ancorchè le loro fondazioni siano ben fatte e solide, quando posino sopra terreno in cui si succedano strati di argilla e di terra marnosa, anch'essi inclinati, e che nella primavera, durante le piogge, si rendono scorrevoli gli uni sugli altri. Si deve, in tempo debito, per mezzo di scandagli, prendere cognizione di tali condizioni del terreno. In generale si ammette che pei fabbricati in vicinanza di scarpe la linea che unisce il punto esterno e più profondo del fondamento col punto più profondo del pendio, non faccia un angolo maggiore di 20° coll'orizzontale.

Tante volte si può prevenire questi movimenti mediante profondi scavi; se questo non fosse possibile, si devono fare dei drenaggi per deviare l'acqua nei modi già sopra descritti. Trattandosi di grandi costruzioni, si può essere anche costretti di aprire, sul pendio, delle gallerie sotterranee per deviare le acque, come le gallerie da minatori.

g) Dei diversi generi di fondamenti.

a) Semplice alzamento di un muro.

Quando non vi è acqua nello scavo, la fondazione non offre difficoltà. Prima di tutto bisogna fare il calcolo del peso, come si è visto a pag. 676, che gravita sul terreno e da questo dedurre la larghezza del piano di fondazione. È bene che il piano di posa sia alquanto ingrandito agli angoli del fabbricato. Ordinariamente il muro di fondazione è fatto con pietra greggia, la quale è meno costosa di quella lavorata. Sarà sempre meglio che i pezzi siano molto larghi. Per murature molto grosse e profonde occorre anche, quando non vi è acqua, malta di calce idraulica, perchè la malta di calce aerea nell'interno della muratura non indurirebbe.

β) Pavimentazione in pietra

Un suolo molto compressibile si può rendere atto a reggere una costruzione, anche incastrandovi col battipalo dei massi di pietra in strati di 30 cm. di grossezza; però la riuscita non è sempre sicura. In ogni modo il sottosuolo dev'essere tutto della stessa natura; e questo sistema deve essere adoperato soltanto quando si tratta di edifici di poca importanza. Questa stessa cosa si dice per rivestimenti all'asciutto fatti con pietre grosse e piane unite tra loro, a meno che si proceda come per la fondazione della casa Grave a Berlino, e cioè sullo strato granitico si dispongono delle travi di ferro a doppio T, in doppia fila sotto i muri di perimetro e in una sola sotto ai muri interni, e sopra di esse si getti una platea di calcestruzzo e quindi si costruiscano i muri di fondazione (fig. 1457). Ove la pietra resistente non è di prezzo troppo elevato si può ricorrere a questo sistema, ma però sarà sempre miglior partito ricorrere alla platea di calcestruzzo.

γ) Gettata di sabbia.

Un miglioramento del terreno di fondazione per mezzo di gettata di sabbia è stato impiegato nei fabbricati tanto sottostanti quanto soprastanti al livello della falda acqua. Questo sistema di fondazione si presta quando il suolo è uniformemente e fortemente compressibile.

Specialmente atta è la sabbia a grani grossi e acuti, perchè i grani si uniscono così fortemente gli uni agli altri da produrre una certa compressione. Generalmente si

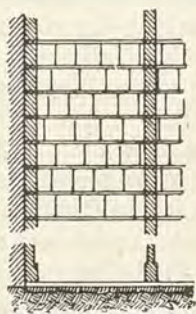


Fig. 1457. — Fondazione con platea di granito.

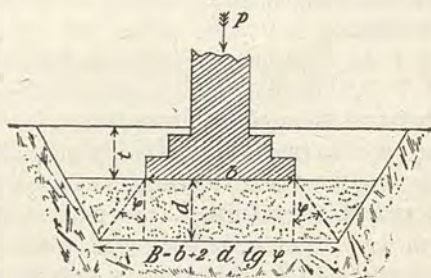


Fig. 1458. — Fondazione su gettata di sabbia.

ammette che la direzione della pressione si fa sotto un angolo di 45° , sebbene di ciò non vi sia l'assoluta certezza. Nel caso più favorevole la linea della scarpa della gettata (fig. 1458) deve fare colla verticale un angolo compreso nell'angolo φ della scarpa naturale. Quanto più piccolo sarà questo angolo della scarpa naturale e tanto più grossa sarà la gettata per ottenere una migliore distribuzione del peso sopra il terreno di fondazione. Un'influenza sfavorevole all'angolo della scarpa proviene dalla gettata fatta sott'acqua, e in questo caso la gettata dev'essere più grossa di quanto lo sarebbe con terreno asciutto. Queste indicazioni non sono ancora state sufficientemente riconosciute con prove, onde la resistenza di una gettata di sabbia non si può ancora indicare con sicurezza. In questi casi sono molto da raccomandare le prove dei carichi. Una gettata di sabbia non può impedire un abbassamento generale dell'edificio, ma formerà un suolo, il quale trasmetterà la pressione del fabbricato in modo uniforme anche da un terreno meno compatto a uno più compatto. Bisogna aver cura che la gettata non si espanda ai lati, ciò che specialmente potrebbe accadere col terreno acquifero in cui lo strato d'acqua è sempre variabile. Per impedire questo fatto si

forma un recinto con paratie, le quali sono già necessarie coll'acqua e servono a scavare il terreno di fondazione. Le gettate di sabbia si fanno in strati di 13 ÷ 30 cm., sono battute o, ciò che è meglio, cilindrate bagnandole. Quando il terreno è acquifero per la bagnatura, si pompa l'acqua del sottosuolo da uno strato più profondo. La grossezza dell'intera gettata è ordinariamente di 1 ÷ 2 metri. Una gettata grossa 2 metri deve poter sopportare un peso 20 ÷ 30 mila Kg. per m². Si raccomanda un carico provvisorio mediante materiali di costruzione e una costruzione uniforme e lenta, e l'uso di malta a pronta presa.

δ) Platea di calcestruzzo semplice e di calcestruzzo armato.

La fondazione per mezzo di calcestruzzo viene eseguita quando il suolo è fortemente compresso e nei luoghi in cui vi è mancanza di sabbia, ma specialmente la si fa con paratie là dove l'acqua è abbondante ed impedisce la costruzione delle fondamenta. Ciò che riguarda il calcestruzzo è già stato detto, però si completa qui l'argomento. Come pietrisco si possono adoperare pezzi di mattone, ghiaia grossa, e meglio ancora pietre spaccate o naturali, poco porose, granito, basalto, calcare e simili. Ogni elemento può avere un diametro di 5 cm. Si può anche adoperare sabbia grossa ed acuta invece della ghiaia e specialmente quando si tratta di avere una platea molto solida. Per le costruzioni sopra terra, il calcestruzzo ordinariamente è fatto a mano e si prepara nel seguente modo: le pietre vengono passate attraverso uno staccio di 1,5 cm. di maglia e quindi caricate su carriole col fondo a maglia, o su qualunque altro oggetto a maglia e quindi dilavate finchè l'acqua che ne scola sia limpida. Questo è tanto più necessario per le pietre porose, mattoni, arenarie e simili, le quali assorbono acqua, e quindi la prenderebbero dalla malta a danno della bontà di quest'ultima.

Per l'uso della miscela ordinariamente adoperata, cioè 1 parte di cemento, 3 1/2 di sabbia, 7 parti di pietra, si gettano sull'aia di lavorazione 0,14 cm³ di sabbia e vi si aggiungono 0,04 cm³ di cemento, mescolando bene tutto insieme all'asciutto. Poi bisogna bagnare con un inaffiatoio e fare la mescolanza. Per impedire una prematura presa del calcestruzzo sono necessari due tavolati di lavoro, uno al coperto per la miscela asciutta, l'altro per la bagnatura. La preparazione del calcestruzzo si fa poi sopra un tavolato largo m. 1,50 e lungo m. 3,00, cogli orli di circa 10 a 13 cm. di altezza. Sopra questo si distendono cm. 0,28 di pietrisco e si coprono colla malta già preparata mescolando in modo che le pietre ne vengano uniformemente ricoperte. Questa è la miscela che è contenuta ordinariamente nelle casse.

La fondazione di calcestruzzo in luogo di gettata di sabbia in terreno asciutto ma compressibile, può essere di 0,70 ÷ 1 metro di grossezza. Si ammette che con una distribuzione di pressione a 45° una gettata di calcestruzzo di 1 metro di grossezza in terreno poco compressibile può portare con sicurezza da 4 ÷ 5 Kg. per cm² di superficie utile e solamente Kg. 2,5 se il suolo di fondazione è compressibile e non uniforme. È però meglio che lo strato di calcestruzzo oltrepassi solamente i 3/4 della sua grossezza sopra la suola delle fondamenta.

Il massiccio di calcestruzzo si eseguisce a strati e possibilmente con sollecitudine, si batte fortemente e si ripara in modo che l'aria non vi entri e non lo dissecchi, per il che lo si tiene per molto tempo umido, perchè altrimenti il calcestruzzo, perdendo troppo presto della umidità necessaria, non si indurirebbe bene. Dopo 14 giorni si può cominciare la costruzione superiore. Per lo più le costruzioni in calcestruzzo si eseguono quando vi è affluenza di acqua entro le paratie. Queste fondazioni sono da eseguirsi con precauzione, e quando il calcestruzzo si indurisce bisogna evitare di cavare l'acqua, sia perchè il terreno sottostante si rammollisce, sia perchè l'acqua dilava la malta di cemento. Il terreno viene scavato, quanto più è possibile, in mezzo

alle paratie e sotto l'acqua mediante i sacchi a rete (fig. 1459), o i palotti (fig. 1460), o la pala, oppure, ma più raramente, con draghe a mano e a vapore. Per mezzo dei palotti e delle pale si può scavare fino a 2 metri di profondità d'acqua e coi sacchi a rete anche a 6 e più metri. Le grosse pietre si cerca possibilmente di approfondirle nello scavo e lasciarle sul fondo. Se questo non è possibile, si deve pescarle per mezzo di tanaglie a gancio o di rastrelli di ferro, ciò che è sempre da farsi pei tronchi d'albero. Questi ultimi si possono anche rompere per mezzo di palanchini e di scalpelli. Quando lo scavo è pronto si procede alla platea di calcestruzzo. Pei fabbricati pesanti, oppure dove il suolo non è solido, si palifica con pali a distanza di 1 metro, e si getta sopra, ed anche tra le teste dei pali, la platea. Si fa anche uno strato più sottile di calcestruzzo e nei luoghi ove i muri o le pareti devono portare il peso, si mettono due travi a doppio T, di 15 ÷ 20 cm. di altezza, le quali però alle estremità non vengono collegate. Questo graticciato di ferro viene sommerso in un secondo strato più alto di calcestruzzo. Sotto il campanile alto m. 130 della chiesa di S. Nicolò in Amburgo si è fatta una platea di m. 3,45; la platea sotto la chiesa è di m. 2,50. Quando si

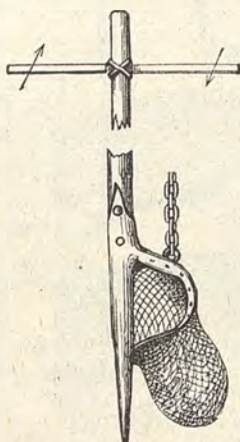


Fig. 1459. — Sacco a rete per scavare.

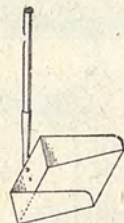


Fig. 1460. — Palotto per scavare.

ha da temere la rottura della platea per la spinta dell'acqua, allora per grossezza d di essa si prende $d = \frac{t}{g}$ in cui t è la profondità dell'acqua in metri e g il peso di 1 m³ di calcestruzzo, il quale è di 2000 ÷ 2200 Kg. Se si vuol fare la platea in curva, allora bisogna fare calcoli più precisi, i quali si trovano specialmente nel Brennecke (vedi *Bibliografia*).

Il getto del calcestruzzo si fa a strati affinché se qualche punto cede si possa livellare con un nuovo strato, e l'operazione si deve fare con prestezza: non però quella del vuotamento delle casse affinché la malta non venga dilavata.

Il miglior sistema è quello di adoperare delle casse di ferro semicilindriche (fig. 1461 *a, b, c*) di circa $\frac{1}{3}$ di m³ di capacità, le quali pendono da cavalletti con rulli mobili onde possano trasportarsi su ogni punto dello scavo.

Pei grandi scavi i rulli o verricelli sono portati da zattere formate con botti vuote da petrolio, oppure da barche piatte. Pei piccoli scavi si possono usare casse di legno (fig. 1462 *a, b, c*), oppure tramogge di legno (fig. 1463 *a e b*). La compressione e il distendimento del calcestruzzo dopo il getto è da evitarsi, perchè la malta geme al disopra delle pietre e il cemento resta come una poltiglia. Le pompe per l'estrazione dell'acqua bisogna farle lavorare quando il calcestruzzo si è sufficientemente indurito del tutto, ciò che si può vedere anche per mezzo di ferri di assaggio; del resto mai prima di 14 giorni a 4 settimane: in autunno e in primavera, con temperatura mite, possono occorrere anche 6 settimane.

Se si trovano ancora nel calcestruzzo dei punti deboli, non resta altro a fare che lasciare nella muratura dei piccoli canali per i quali l'acqua possa scorrere, altrimenti essa attraverso le fessure laverebbe la malta.

Alle platee di calcestruzzo semplice, specialmente quando esse assumono una grande importanza in causa della rilevante grossezza, si sostituiscono con moltissima economia di spesa e di tempo e con maggiore garanzia di solidità, le platee di calcestruzzo armato di sistema Hennebique. E anzi nelle fondazioni che questo sistema,

in poco tempo tanto generalizzatosi, trova una fra le più razionali sue applicazioni, poichè nulla di più ovvio che di ridurre al minimo la grossezza della platea, e di ottenere da essa quella rigidità e insieme quella elasticità che le impediscono di spezzarsi sotto ad una eventuale variazione di carico o di resistenza nel terreno, e quindi di cedere

parzialmente con danno della costruzione sovrastante. Queste platee non si eseguono in generale di tutta grossezza, ma come pei solai dello stesso sistema, cioè con nervature e solette, collocando le nervature principali in corrispondenza dei muri, e le nervature secondarie a rinforzo della soletta.

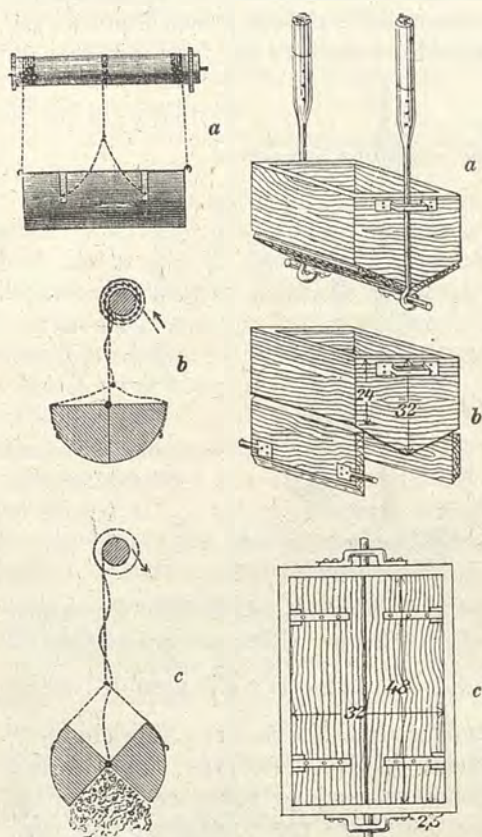


Fig. 1461 a, b, c.

Fig. 1462 a, b, c.

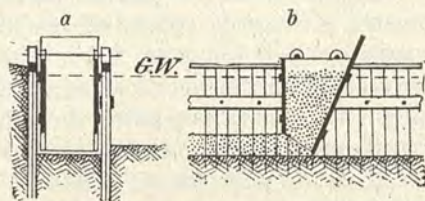


Fig. 1463 a, b.

Fig. 1461 a 1463. — Casse e tramoggia da calcestruzzo.

Queste nervature si fanno ora al disotto ora al disopra della soletta: ciò a seconda delle condizioni dei terreni, dei carichi, ecc. Specialmente per edifici molto pesanti, o per quelli molto alti, e che sotto all'influenza dei venti provocano saltuariamente sul terreno pressioni varie e maggiori della normale, questo sistema di fondazione è indicatissimo. Così gli alti camini industriali, i campanili, le torri e simili, non dovrebbero fondarsi che

sopra platee di calcestruzzo armato, colle quali si può ottenere di far lavorare il terreno al minimo e quindi garantirsi della perenne stabilità della fabbrica.

Si può anzi dire che il principale vantaggio del sistema si è precisamente quello di poter con bene studiate disposizioni ridurre al minimo il lavoro del terreno, talchè qualunque costruzione diventa possibile anche in terreni cattivi, e senza spingersi collo scavo a grande profondità, il che è specialmente di grande interesse allorquando si ha a che fare con terreni il cui strato acquifero è prossimo alla superficie.

Si potrebbero ormai citare una infinità di costruzioni fondate col sistema Hennebique; ne ricorderemo solo qualcuna: i silos e i docks di Genova, con nervature inferiori e soletta superiore; lo stabilimento Società Concimi di Legnago, lo stabilimento di Cinzano, ambedue con nervature superiori; il camino della Filatura di Rozzano, la casa Ferrario a Milano, la Termotecnica e lo stabilimento Leumann a Torino, lo stabilimento Borsalino ad Alessandria, costruito su terreno di riporto, ecc.

e) Fondazioni per mezzo di pozzi in muratura o di legno.

Pei pozzi in muratura si fa dapprima sul fondo un anello tagliato in sbieco, formato con parecchie tavole o tavoloni riuniti insieme da chiodi o da chiavarde, e che ha precisamente la larghezza e il diametro della canna superiore di muratura (fig. 1464).

Sovente l'anello è riunito con chiavi di ferro lunghe m. $1 \div 1,50$ alla muratura che vi si deve costruire sopra. La miglior forma per questi pozzi è la rotonda con luce di m. $1,25 \div 2,00$; però se ne trovano anche di quelli fatti con quattro archi. Una leggera rastremazione nella parte inferiore del pozzo verso l'alto diminuisce sensibilmente l'attrito per l'affondamento. Per ottenere questo bisogna scavare più profondo che si può il pozzo, e messo sul suo fondo l'anello del pozzo vi si costruisce sopra la

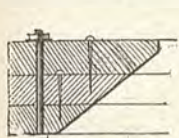


Fig. 1464.
Anello da pozzo.

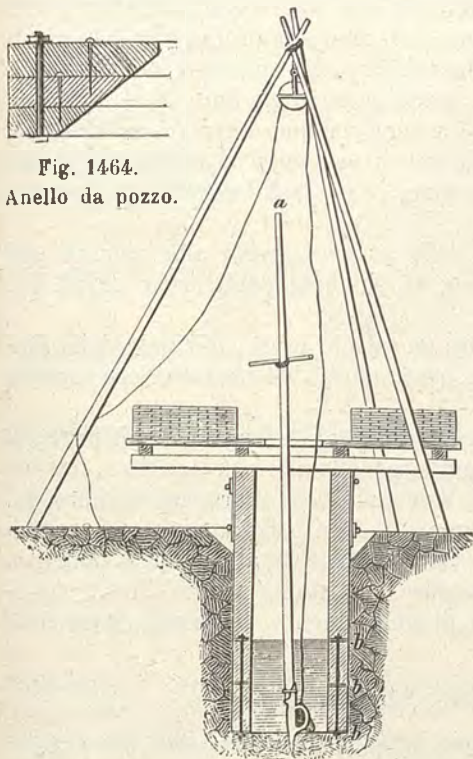


Fig. 1465. — Scavamento di un pozzo.



Fig. 1466.

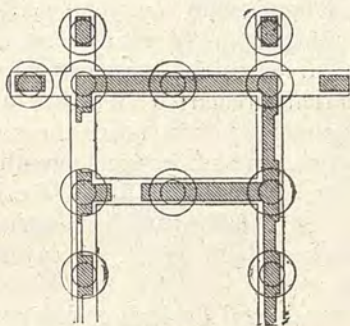


Fig. 1467.

Fig. 1466-1467. — Pozzi d'angolo.

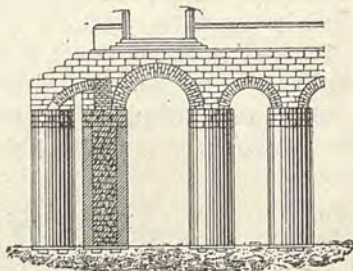


Fig. 1468.

canna per l'altezza di m. $1,5 \div 2$ in malta di cemento, in modo che sopra il suolo formi da parapetto. Le sue pareti sono arricciate con cemento liscio, prima perchè la terra non vi entri, poi per renderle impermeabili all'acqua quando nel pozzo si dovesse pompare. Dopo che la muratura è indurita, vi si fa sopra una piattaforma di legno, nel mezzo della quale è un foro per cui può passare il sacco da scavare (fig. 1465). Sopra tutto si pone una capra con girella, colla quale si estrae il sacco dopo che è stato riempito. La terra viene in parte distesa sulla piattaforma per aiutare l'affondamento del pozzo. Per impedire che la muratura superiore si fenda viene rivestita da tavole messe verticalmente e legate da catene o corde tenute ben strette da cunei.

Gli ostacoli, come tronchi d'albero e grosse pietre, non trovati durante lo scavo, ma che si rinvenissero costruendo la muratura, devono venir levati, poichè altrimenti nel pozzo si vedrebbero presto delle fenditure. Per queste ragioni, un tal genere di fondazione non si può eseguire in un terreno molto ingombro. Quando il pozzo ha raggiunto il terreno sodo, allora si getta del calcestruzzo per l'altezza di 1 metro e poi si cominciano a manovrare le pompe. Per piccoli pozzi la parete può essere di un mattone, per pozzi più grandi di $1 \frac{1}{2} \div 2$ mattoni.

Le fondazioni per mezzo di pozzi in legno si fanno nello stesso modo. Per piccole lunghezze si infiggono quattro stili tagliati a punta e vi si chiodano dei tavoloni

orizzontalmente (fig. 1466) grossi cm. 5 ÷ 6,5. Per diminuire la resistenza d'attrito, si devono fare le casse rastremate in alto, come pure si devono tagliare i tavoloni in sbieco. Per casse più grandi occorrono 6 ÷ 8 pali, da appuntare prima di introdurli nel terreno. Questi pali sono un ostacolo allo scavo. Del resto l'esecuzione è precisamente la stessa come pei pozzi in muratura. Solo che lo strato di calcestruzzo deve essere dell'altezza della falda acqua. Per profondità maggiori le casse sono da innestare cosicchè bisogna legare gli stili di varia altezza con lame e con inchiavardature. La fondazione con pozzi di legno o di muratura si fa fino alla profondità di 12 metri e anche più. In generale si fanno pozzi sotto ai maschi delle finestre, negli angoli e negli incroci dei muri esterni coi muri interni. Questi pozzi, dopo finiti, si coprono con cerchi circolari o ribassati, e specialmente gli ultimi vengono ancorati in direzione diagonale per impedire che si allarghino. Negli angoli principali si fanno allo stesso scopo anche due pozzi piccoli oppure in diagonale, i cui archi servono da sperone per contropinta (fig. 1467 e 1468).

Se il fabbricato è cantinato, il pavimento delle cantine arriva alla sommità del vertice degli archi; se invece non ha cantine, la sommità degli archi arriva fino al suolo.

Ad ogni fondazione con pozzi deve precedere un calcolo esatto del peso della fondazione e di tutto il fabbricato superiore. Questo peso non dev'essere superiore a quello che si ha nelle fondazioni ordinarie.

Per eseguire le fondazioni di un muro di cinta a Lione col sistema dei pozzi, si ricorse a un mezzo singolare. La discesa del tamburo di lamiera nel quale si doveva poi costruire la muratura, si otteneva mediante lo scoppio di una cartuccia di dinamite, che, per mezzo di un foro centrale, si faceva scendere al disotto del tamburo. Lo scoppio aveva per effetto di rompere la coesione del terreno sottostante al cassone o tamburo, il quale poteva così abbassarsi. Il terreno ghiaioso circostante veniva invece costipato e serviva poi di centinatura per gli archi di collegamento dei pozzi riempiti di calcestruzzo.

2) Fondazioni con zatteroni e palificate.

Come regola per le fondazioni con strutture in legno è da ritenersi che l'estremità superiore di queste abbia a rimanere almeno 30 cm. sotto il più basso livello conosciuto della falda acqua sotterranea, poichè altrimenti il legname andrebbe soggetto a putrefazione. Non sono quindi applicabili le fondazioni in legname dove manca l'acqua sotterranea.

Si distinguono lo *zatterone* e la *palafitta*. La prima di queste due strutture è in parte applicabile negli stessi casi dove, per costruzioni più leggiere, si può impiegare la gettata di sabbia. Collo zatterone si deve prosciugare la fossa di fondazione, ciò che non è necessario colla gettata di sabbia. Anche colle fondazioni a zattera è difficile si possa far senza di affondare paratie, e ciò è necessario per impedire i cedimenti laterali del terreno, compressibile. Lo zatterone può pertanto essere impiegato con un terreno uniformemente cedevole, che lascia presupporre un assettamento uniforme dell'edificio.

Per fabbriche d'ordine affatto secondario si usa una zattera di tavoloni. Per costruirla si dispongono sul fondo dell'escavo di fondazione, spianato orizzontalmente e battuto, dei tavoloni di 8 ÷ 10 cm. di grossezza parallelamente al lato maggiore del muro e distanziati l'uno dall'altro quanto lo permette la qualità di pietre adoperate per la muratura; in ogni modo non più discosti che la larghezza dei tavoloni. Miglior consiglio è disporre sul piano di fondazione, secondo la larghezza del muro, dei tavoloni distanziati da m. 1 ÷ 1,75, collocando poi sopra di questi, e secondo la direzione longitudinale, un altro ordine di tavoloni saldamente inchiodati ai primi.

Molto più solido è lo *zatterone* di travi. Le traverse di 24 ÷ 31 cm. di larghezza per 16 ÷ 24 di altezza vengono disposte orizzontalmente sul suolo a distanza di 1 m. fino a 1,75 l'una dall'altra; al disopra vengono disposte altre travi formanti graticcio colle prime ed incassate in quelle per cm. 5 circa di profondità; si fanno in legno forte di

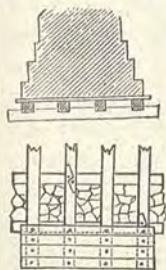


Fig. 1469.

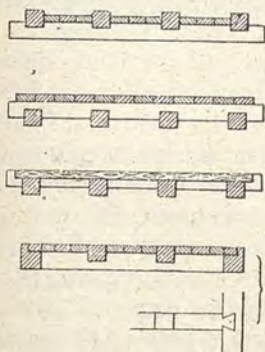


Fig. 1471.

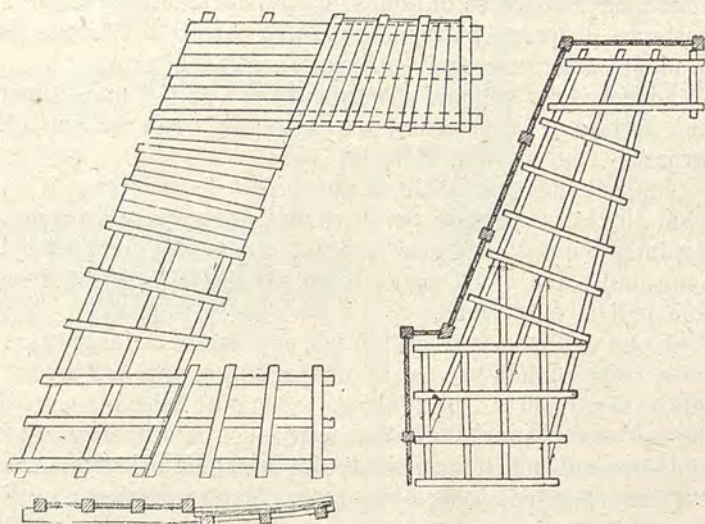


Fig. 1470.

Fig. 1472.

Fig. 1469 a 1472. — Zatteroni.

sezione $\frac{18}{21}$, $\frac{21}{24}$, $\frac{21}{26}$, $\frac{24}{31}$. Laddove due trasversoni debbono essere congiunti in prolungamento, se ne ritagliano a coda di rondine le estremità, oppure si fanno combaciare i due pezzi tagliati ad angolo ottuso, assicurandoli con arpioni di ferro (fig. 1469). Su uno di questi trasversoni non deve cadere più di un giunto. Gli interstizi del graticcio vengono riempiti con creta, con argilla ben costipata, con calcinaccio di fabbrica e simili materiali; preferibile però è l'impiego a tal uopo di calcestruzzo o di muratura con malta di calce idraulica. Per ultimo si ricopre il tutto con tavole grosse da cm. 8 ÷ 13 da congiungersi con chiodi di legno; l'orlo di queste, come pure le teste delle traverse, sporgono cm. 20 ÷ 40 dallo spigolo della muratura di fondazione. La paratia non deve mai essere collegata collo zatterone, perchè altrimenti ne impedirebbe l'assetramento e lo inclinerebbe.

Se lo zatterone fa un angolo (fig. 1470), le lungherine di un lato passano sopra quelle dell'altro. Di tal guisa il tavolato d'una parte viene ad essere più elevato rispetto a quello dell'altra: entrambi però devono essere coperti dalla falda acqua sotterranea. Per motivi di economia si tiene più bassa la parte più corta o più stretta, risparmiandosi anche nel lavoro di prosciugamento. La muratura deve essere eseguita lentamente ed in modo uniforme, ed essersi consolidata prima che si raggiunga il carico completo, e sotto alle grandi aperture la muratura è collegata, occorrendo, con archi rovesci, al fine di ottenere un assetramento, il più che sia possibile, contemporaneo, evitando le screpolature e fessure nella muratura stessa.

Nelle fig. 1471 e 1472 si hanno altri particolari costruttivi.

Si chiama zatterone palificato quello portato da pali battuti nel terreno. Un cattivo terreno di fondazione può avere o no sotto di sè uno strato solido ad una profondità

raggiungibile col mezzo di pali. Nel primo caso i pali debbono penetrare per qualche tratto nel terreno solido. Nel secondo caso è invece il terreno molle che viene costipato coi pali, i quali esercitano il loro ufficio per effetto dell'attrito. Col tempo però questa costipazione del terreno scema alquanto, giacchè la compressione sotto la quale il terreno è sottoposto si equilibra. Si osserva infatti che dei pali battuti fino a rifiuto, dopo qualche decorso di tempo, si possono affondare ancora. Un calcolo sulla capacità portante di questi pali può condurre quindi a risultati per nulla sicuri e perciò è prudenza sempre eseguire prima dei carichi di prova.

Invece della zattera, disposta sopra i pali, si può formare sopra le teste di questi una gettata di calcestruzzo, per modo che i pali entrino per circa cm. 30 nel calcestruzzo, come si vede dalla fig. 1473.

Pei pali delle palafitte si impiegano di preferenza il pino resinoso, perchè cresce assai diritto; si possono per altro impiegare anche il faggio, l'ontano, la quercia, principalmente quest'ultima pei lunghi pali che con una parte della loro lunghezza sporgono dall'acqua o dal suolo, come pei ponti in legno. Per le palafitte si adoperano solo pali di fondazione.

I pali debbono avere al più per ogni metro di lunghezza cm. 1,5 di deviazione dalla linea retta, quindi, per es., al più cm. 12 per pali di 8 metri. Il legno verde è preferibile al secco, perchè quest'ultimo facilmente scheggia o si fende nella battitura. I pali devono essere spogliati di corteccia, nodi, protuberanze, ma non devono squadrarsi, onde non indebolirli inutilmente. La loro lunghezza, quando si sappia a che profondità è il buon terreno, è facile ad essere determinata, ma quando tale profondità non si conosce, bisogna infiggere alcuni pali di prova. Ordinariamente si reputa sufficiente che questi dopo 25 colpi di battipalo penetrino 5 cm., supponendo di adoperare un battipalo a tiro con un maglio del peso di Kg. 300 ed un'altezza di caduta di m. 1,25. Adoperandosi un battipalo a scatto con un maglio del peso di Kg. 500, il palo negli ultimi 10 colpi per un'altezza di caduta di m. 6 non deve penetrare più di cm. 10; però, trattandosi di fondazioni difficili, occorrono prove più precise, oltre alle calcolazioni. Riguardo all'affondamento si deve tenere un apposito registro nel quale sono notati il numero d'ogni palo, la lunghezza e la grossezza, il numero dei colpi che occorrono pel completo affondamento, e così via. Del resto si procede come per l'affondamento di una paratia. Se il palo viene ad incontrare un oggetto resistente, lo si riconoscerà dal suono chiaro e dal rimbalzare del maglio. Si può stabilire esattamente la posizione dell'ostacolo per mezzo del ferro da sonda. Se non è possibile rimuoverlo, si deve tirar fuori il palo, oppure tagliarlo e conficcarne un altro in prossimità. Se i pali provvisti sono troppo corti bisogna infiggerli più fitti o intestar l'uno in prolungamento dell'altro, ciò che è sempre rischioso (fig. 1474-1475). È pertanto preferibile ordinare i pali di cm. 30 ÷ 50 più lunghi e ritagliarne da ultimo quel che sopravvanza. Tutti i pali devono essere affondati fino a circa cm. 60 sotto il più basso livello dell'acqua sotterranea. La testa viene superiormente tondeggiata in forma alquanto convessa (fig. 1476) perchè il battipalo colpisca sempre nel centro; l'orlo è alquanto smussato. Un grosso anello di ferro serve di difesa contro le sfaldature, come per le paratie.

Se i pali devono essere conficcati più giù di quanto lo consenta la caduta dal maglio, si deve ricorrere ad un ometto (fig. 1477). Questo pezzo intermedio, un breve tronco d'albero munito di cerchiatura di ferro alle estremità di una caviglia in ferro come per le giunture dei pali, è guidato per mezzo di un braccio che lo collega all'incastellatura del battipalo e lo mantiene nella giusta posizione. Però tanto le giunture dei pali quanto l'inserzione di un pezzo intermedio danno sempre risultati meno favorevoli all'infissione di un palo battuto direttamente. Ad ogni modo non si debbono ammettere giunture di parecchi pali lungo una medesima orizzontale, altrimenti si corre pericolo di un piegamento.

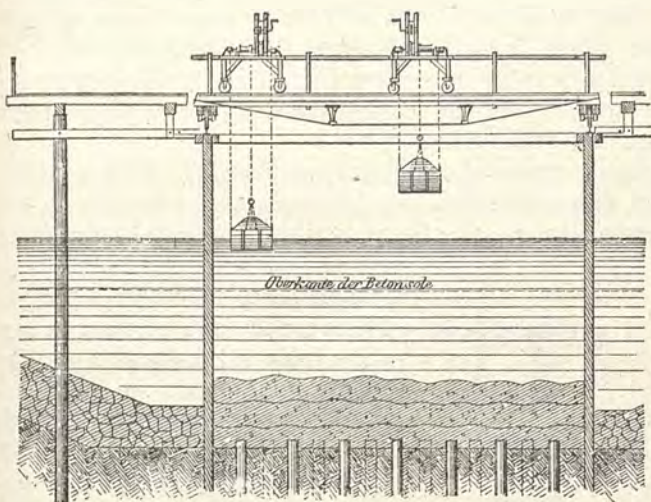


Fig. 1473. — Gettata su pali.



Fig. 1474.



Fig. 1476.



Fig. 1475.



Fig. 1477.

Fig. 1474 a 1477. — Particolari dei pali per palafitte.

La grossezza di un palo deve all'incirca regularsi secondo la formola $d = 12 + 3l$, oppure $d = 15 + 2,75l$, essendo l la lunghezza del palo in metri, d il diametro in centim.

Se i pali sono affondati in un terreno resistente, non cedevole, si possono caricare finchè lo permette la resistenza allo schiacciamento. Ordinariamente si ammette un carico di Kg. 20 per cm^2 di testa del palo per pali lunghi e terreno alquanto sciolto, e Kg. 40 per pali corti e terreno sodo.

I pali si tagliano a punta a quattro faccie (fig. 1478), e pei terreni sassosi si muniscono di una guarnitura in ferro del peso di Kg. 7,5 ÷ 10 (fig. 1479). Se viene ad esercitarsi una pressione obliqua sul graticcio, i pali esterni devono essere infissi obliquamente ed il graticcio della palizzata viene ad avere una posizione normale alla linea di pressione, sebbene questo porti difficoltà notevolmente maggiori nell'infissione dei pali. Con una pressione obliqua l'insieme dei pali deve penetrare m. 2 ÷ 3 nel terreno sodo od anche essere mantenuto in direzione da pali infissi obliquamente a guisa di puntelli o saette. Se ne comincia sovente l'infissione con un battipalo leggero, per continuare poi con altro più pesante fino all'infissione completa. Talvolta si comincia con una berta a tiro, per adoperarne poi una a scatto od una a vapore.



Fig. 1478. — Punta di palo.



Fig. 1479. — Guarnitura metallica per punta di palo.

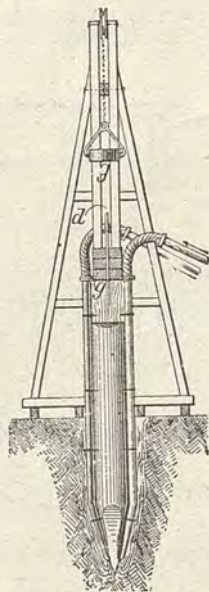


Fig. 1480. — Infissione di palo col sussidio di un getto d'acqua.

Per un terreno di sabbia fina od anche di ghiaietto o ciottolini, si raccomanda di accompagnare il palo con un getto d'acqua (fig. 1480). Due tubi di ferro, di circa cm. 5 di diametro, sono assicurati con uncini al palo e sono connessi ad una condotta d'acqua, ad un pulsometro o simili. L'acqua che sgorga sotto la punta del palo ne

favorisce l'affondamento che viene accelerato colla sovrapposizione di pesi al palo stesso. Si può spingere a questo modo l'affondamento fino a $\frac{5}{6}$ della lunghezza del palo, l'ultimo sesto devesi spingere a colpi dopo aver ritirati i tubi: si ottiene con questo metodo economia di spesa e di tempo; si possono anche applicare contemporaneamente i due metodi: immissione d'acqua e battitura.

I pali vengono disposti ordinariamente a distanza di m. 0,80 ÷ 1,50 in semplici serie longitudinali e trasversali, non a scambio, ciò che riescirebbe incomodo per la battitura e del resto senza scopo. Dopo la battitura si devono tagliare orizzontalmente e munire di biette di cm. 15

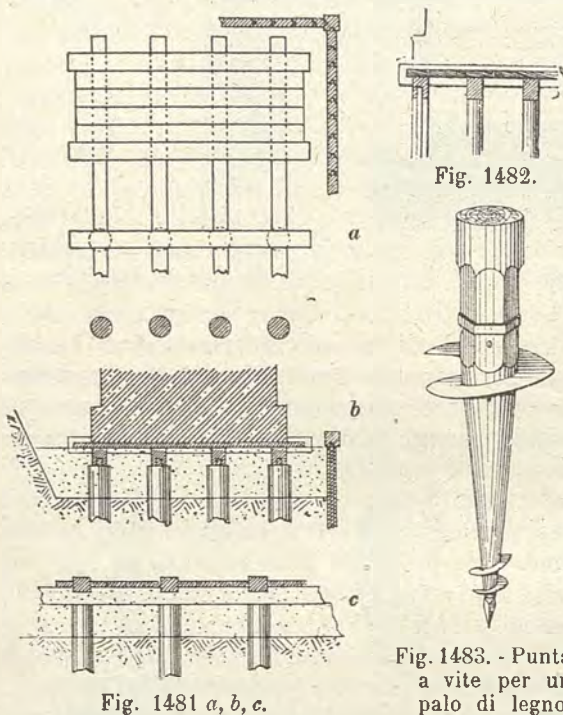


Fig. 1481 a, b, c.

Fig. 1482.

Fig. 1483. - Punta a vite per un palo di legno.

di lunghezza per 9 di larghezza; al disopra si collocano in costa le lungarine della sezione cm. $\frac{21}{26}$ fino a $\frac{28}{31}$. Se la fondazione può eseguirsi solamente a brevi tratti, invece delle lungarine si adoperano delle traversine. Gli allungamenti si eseguono sulle mezzarie dei pali a taglio obliquo con stecche laterali, naturalmente scambiandoli. Sopra le lungarine ed alla distanza di uno a due intervalli di pali si dispongono le traversine incastrate entro quelle per alcuni centimetri e saldamente assicurate con chivarde. Tra queste traversine si inchiodano sulle lungarine delle tavole di cm. 6,5 ÷ 10 di grossezza. Si deve aver cura che il piano superiore di queste tavole coincida con quello delle traversine, oppure quelle di queste ultime sopravvanzi di una grossezza di mattone, per evitare di dover inutil-

mente rompere mattoni nella costruzione del muro di fondazione. La fig. 1481 a, b, c, mostra la disposizione del graticcio.

Il graticcio che sovrasta la palificazione deve essere solidamente collegato in tutte le direzioni, onde negli angoli, come nei zatteroni, le lungarine di uno dei muri si prolungano come traversine dell'altro. Delle grosse paratie di tavole, ben affondate, possono sostituire una serie di pali, essendo collegate con tutto il restante (fig. 1482).

Gli intervalli fra i pali si sogliono con vantaggio scavare per circa cm. 60 di profondità e riempire con calcestruzzo, il quale impedisce il dislocamento delle teste dei pali. Quando però vi ha una paratia, basta anche un riempimento sotto il piano delle tavole con *argilla grassa* o con pietrisco o con mattoni spezzati.

Nelle vicinanze di edifici non si possono battere pali a motivo delle scosse prodotte da quest'operazione. Si ricorre in tal caso a pali a vite, di legno, di ghisa o di ferro, che vengono fatti entrare nel terreno mediante una chiave a leva o con un mozzo sovrapposto da far girare a mano o con argano. La vite deve essere di passo forte, tanto più grande quanto più molle è il suolo. La fig. 1483 mostra la punta a vite di un palo di legno.

Anche per le palificate si fa uso di pali in calcestruzzo cementizio semplice ed armato. Si fanno dei fori nel terreno fino alla profondità necessaria e quindi vi si cola dentro l'impasto cementizio, producendo così nel terreno dei pali artificiali, i quali

hanno il grandissimo vantaggio di presentare una maggior resistenza e una stabilità indefinita. I pali in calcestruzzo armato si infiggono invece a guisa dei pali di legno, come si è già accennato parlando delle paratie.

b) Sistemi speciali di fondazione.

a) *Fondazioni a pilastri e archi.* — Invece di fondamenta continue si adottano molte volte quelle a pilastri che vengono riuniti con arcate. A questo sistema si ricorre il più delle volte quando si voglia risparmiare nel lavoro di escavo e di muratura, specie trattandosi di fabbricati leggeri, bassi, come pure di fabbriche a pilastri nell'interno, e allorchè questi non siano gravati da pesi rilevanti, e il buon terreno di fondazione sia molto profondo ma privo di

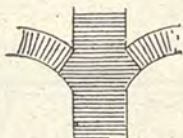


Fig. 1484.



Fig. 1486. — Fondazione con archi rovesci.

acqua. L'unione dei pilastri fra di loro e colle pareti perimetrali mediante arcate, impedisce gli spostamenti laterali.

Nei due casi sopraddetti si raccomanda una fondazione a pilastri, particolarmente quando il pavimento del fabbricato è elevato sopra il piano circostante, così che i muri di fondazione colla loro platea sono immediatamente sotto terra.

Si deve però sempre stabilire una esatta valutazione di costo comparativo, massimamente per la fondazione a pilastri, computando le rilevanti spese che può richiedere il puntellamento, ecc., delle singole fosse.

I pilastri di fondazione si devono collocare sempre sotto i maschi tra le finestre e in corrispondenza agli assi di divisione simmetrica del fabbricato. I pilastri d'angolo devono essere particolarmente rinforzati ed assicurati con chiavi ai vicini per impedire ogni cedimento che potrebbe essere causato dalla spinta laterale delle arcate. Per avere la spinta minima si ricorre agli archi semicircolari, non sempre applicabili però a motivo della grande saetta. Agli archi ribassati non si suole assegnare una monta minore di $\frac{1}{4}$ della portata: le sommità degli archi devono rimanere al disotto del piano del terreno circostante. La sagoma o centinatura per gli archi viene facilmente formata colla terra sottostante.

Allorchè gli archi colleganti i pilastri non sono caricati, si fanno sporgere accuratamente i piedritti (fig. 1484) in modo che gli archi non appoggino l'uno contro l'altro, poichè il cuneo formantesi in x (fig. 1485 a) tenderebbe a disgiungerli. Quanto più l'arco è rialzato e tanto maggiormente cresce questo pericolo, sicchè i meno adatti sono gli archi a tuttò sesto o a sesto acuto.

Per risparmiare muratura si può anche concentrare la pressione di varie parti di fabbrica sopra singoli pilastri di fondazione riuniti da archi. Viceversa, quando il

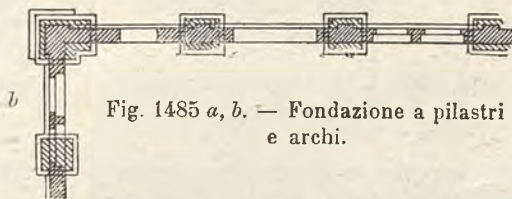
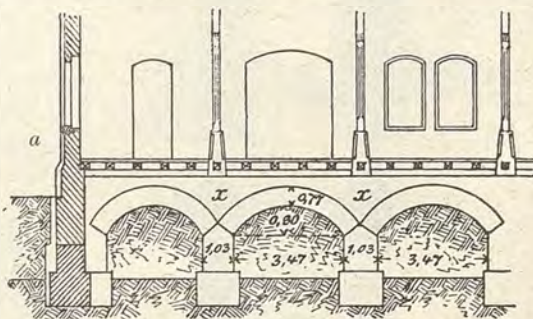


Fig. 1485 a, b. — Fondazione a pilastri e archi.

terreno di fondazione si presenta di natura uniforme ma non solido, si può prendere il peso di singoli pilastri (maschi, colonne di magazzini, di chiese, ecc.) e ripartirlo sul terreno interposto tra i pilastri, mediante archi rovesci (fig. 1486). In tal caso bisogna necessariamente chiudere al disopra con arcate i vani fra i pilastri delle fronti per potervi poi costruire sopra i parapetti di finestre, ecc. L'ingrandimento della superficie di fondazione per mezzo di archi rovesci, è particolarmente favorevole nel caso che l'altezza v del fondamento sia molto piccola in rapporto della larghezza w , sicchè un allargamento del pilastro, od anche una banchina continua,

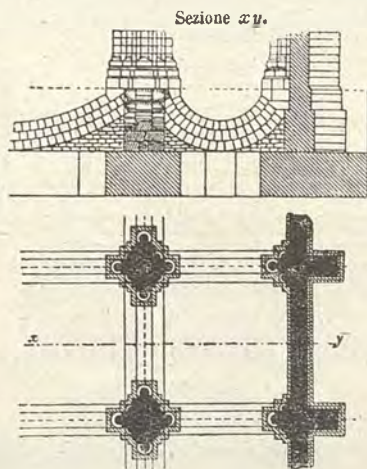


Fig. 1487. — Fondazione a pilastri ed archi rovesci.

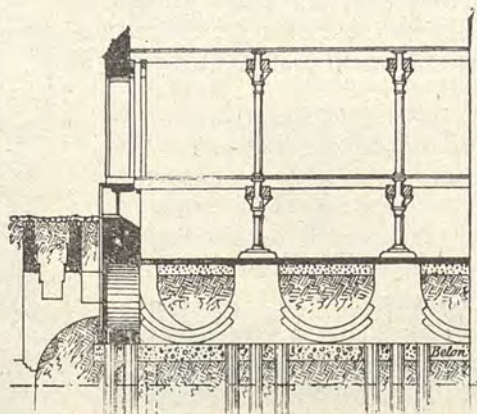


Fig. 1488. — Fondazione a pilastri ed archi rovesci sopra palificate.

caricherebbe la fondazione inegualmente, anche facendo astrazione dal pericolo di rottura in seguito alla eccessiva sporgenza. Inoltre con questo sistema si fa risparmio di materiale, e si ha anche il vantaggio di poter comodamente introdurre nel fabbricato per le aperture tra i pilastri tutti i tubi di condotta, i canali di ventilazione e così via.

Per arcate grosse, e specialmente multiple, l'una sopra l'altra, è poi opportuno incastrare l'imposta nel muro di fondazione, non secondo un piano come in x nella fig. 1486, ma a vari gradini in numero maggiore o minore, a seconda della grossezza dell'arco (fig. 1487). Un allargamento della fondazione, come quello in discorso, è particolarmente adottato per le chiese e pei magazzini, per impedire il più che sia possibile un cedimento non uniforme dei pilastri. Il modo di esecuzione è indicato dalla fig. 1487, come anche dalla fig. 1488, ove la fondazione è disposta su palizzata con platea di calcestruzzo fra le teste dei pali.

Talvolta il cattivo terreno di fondazione obbliga ad un allargamento delle fondamenta di un nuovo fabbricato, che sia a contatto con un fabbricato vecchio avente fondazione insufficiente. Il mezzo di sottomurarne le fondamenta, di cui si parlerà più innanzi, è applicabile solo quando il terreno sodo si trova ad una profondità tale che si possa fabbricarvi direttamente senza fondazioni intermedie artificiali. Le fondazioni a pozzi od a palafitte non sono per tal motivo applicabili. In tal caso si deve ricorrere ad un allargamento della base di fondazione con vòlte rovescie o colla formazione di una robusta platea di calcestruzzo.

b) Fondazioni ad aria compressa. — Non è il caso di dilungarsi a descrivere un sistema di fondazione che trova speciale applicazione in altri lavori d'ingegneria, quali sono particolarmente i ponti e le costruzioni fluviali e marittime, e che soltanto in casi

affatto speciali viene impiegato dall'architetto: basterà accennare in che consista e dare notizia di qualche applicazione a costruzioni architettoniche.

In generale, sotto la denominazione di fondazione ad aria compressa, s'intende il procedimento col quale un recipiente chiuso lateralmente ed in alto, aperto invece sul fondo, viene calato nel terreno che di mano in mano si escava, mantenendone libero dall'acqua l'interno coll'introdurvi aria sotto pressione. Questo corpo vuoto, detto *cassone*, può essere costituito da ferro, muratura o legno. Il cassone in ferro può essere impiegato in due modi: o caricando sulla sua copertura il fondamento in muratura, che viene così completato di mano in mano che si affonda, oppure offre solamente uno spazio difeso dal fondamento quando il cassone è interamente calato. Nei cassoni in muratura od in legname si tratta sempre di una parte di fondamento che viene eseguita mano mano sopra il cassone mentre se ne effettua la discesa.

Il passaggio dall'aria compressa che si trova nel cassone, all'aria esterna avente l'ordinaria pressione atmosferica, si eseguisce colla *camera d'aria* (fig. 1489). Le parti essenziali di una camera d'aria sono due botole b' , b'' , l'una delle quali permette il passaggio all'aria libera, l'altra allo spazio contenente aria compressa, cioè al cassone A propriamente detto, e due chiavi (robinetti) che possono essere manovrate dall'interno della camera d'aria, e che mettono questa in comunicazione o coll'aria libera o coll'aria compressa. Aprendo la chiave del condotto c dell'aria compressa, chiudendo l'altra chiave e le botole, la camera B si riempie d'aria compressa, e si stabilisce un equilibrio

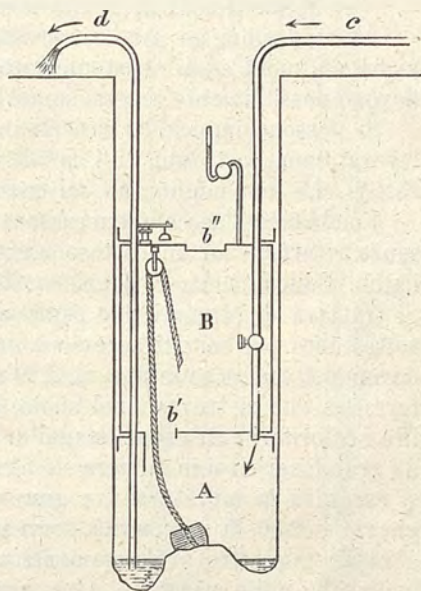


Fig. 1489. — Schema dimostrativo per la fondazione ad aria compressa.

A, camera di lavoro; B, camera d'aria; b' b'' , botole c , condotta d'aria in pressione; d , tubo di sollevamento dell'acqua.

di pressione col cassone A. Allora si può aprire la botola b' , e dalla botola stessa estrarre il materiale di escavazione facendolo passare alla camera d'aria. Chiusa poi la botola e il robinetto di comunicazione, si apre quello che fa comunicare coll'aria libera; allora l'aria compressa che si trova nella camera d'aria sfugge, e ristabilisce che sia la pressione normale, si apre la botola b'' che comunica coll'esterno, e di là si estrae il materiale portato nella camera B. Nella stessa maniera ed inversamente si opera per la salita o la discesa degli operai. Nella parte inferiore del cassone questi lavorano in un ambiente a pressione elevata e non possono resistere molto tempo, sicchè vengono con frequenza sostituiti; sono poi muniti di speciali apparecchi per comunicare coll'esterno. Per effetto della pressione superiore all'atmosferica l'acqua, che si trova al fondo del cassone, è spinta entro un tubo e vien fatta risalire all'esterno. Così si può lavorare all'asciutto e sollecitamente. La pressione necessaria dipende naturalmente dall'altezza di sollevamento. Apposite pompe spingono l'aria compressa nell'interno del cassone, che man mano diventa una pila di fondazione. Dopo di che la fondazione rientra nel novero di quelle a pilastri.

Si può restringere l'impiego del ferro, facendo in modo che la camera di lavoro sia praticata sotto una vòlta di muratura eseguita nel modo ordinario, oppure con ordini di mattoni progressivamente sporgenti: nel mezzo della vòlta vi è l'apertura di comunicazione con la camera d'aria.

Si hanno poi anche cassoni di legname, le cui pareti sono rese stagne da fodera di lamiera o da speciale calafataggio.

I cassoni *in ferro* sono particolarmente vantaggiosi:

a) dove il suolo di fondazione presenti molti ostacoli, come rocce, tronchi di alberi, avanzi di fabbriche, ecc.;

b) per fondamenta di grande portata, che devono sopportare carichi speciali e debbano essere in certo modo monolitiche;

c) in fondazioni di pianta assai irregolare.

Le fondazioni ad aria compressa in muratura sono specialmente indicate quando vi ha un suolo assai resistente sotto strati molli; gli archi di collegamento dei piloni devono possibilmente tenersi sopra l'acqua.

Si possono impiegare cassoni in legname per economia, là dove 1 m^3 di legname lavorato non costa più di 1 m^3 di muratura in buona malta, oppure in terreni assai cattivi che non migliorano col crescere della profondità.

Fondazioni a secco entro cassoni si eseguono per evitare le infiltrazioni d'acqua senza ricorrere ad un costoso aggettamento. Un esempio notevole è quello dato dall'arch. Boileau nella costruzione dei grandi magazzini del « Bon Marché » a Parigi. Si trattava di ottenere due piani sotterranei, uno per servizio delle mercanzie, l'altro sottostante pei servizi accessori, caloriferi, macchinario, deposito di carbone, ecc.; dovendosi così scendere a m. 2,20 sotto il livello dell'abbondante falda d'acqua sotterranea che si trovava nel suolo, del resto resistente. Boileau cominciò dallo stabilire i caloriferi entro spazi stagni di 25 m^2 di superficie per m. 1,50 d'altezza, costituiti da grandi serbatoi in lamiera di ferro rinforzata da nervature; entro questo cassone si eseguiva la muratura. Un gran cassone di m. 18,50 di lunghezza per 1,80 di larghezza e 2,50 di profondità, servì per collocarvi le fondazioni delle quattro macchine a vapore; quattro prolungamenti a becco servivano a dar posto ai volanti ed alle manovelle delle macchine. Altro cassone di 25 m. per 5,50, e della profondità di 2 m., servì per la muratura delle caldaie, e così si provvide per altre parti pesanti dell'edificio.

Oltre ai cassoni meritano speciale studio le camere d'aria coi condotti d'allacciamento, le botole, le valvole, i compressori d'aria colle relative macchine motrici e tubazioni — gli apparecchi per l'illuminazione del cassone, pel rinnovamento dell'aria, per comunicare cogli operai, per la sicurezza — le installazioni per la discesa dei cassoni, ecc.: intorno ai quali argomenti sonvi notizie particolari nelle pubblicazioni che trattano della fondazione ad aria compressa (vedi *Bibliografia*).

Si ha un esempio d'impiego di questo sistema di fondazione nei magazzini del « Printemps » a Parigi, ricostrutti dopo l'incendio del 1881 dall'arch. Sédille. Il terreno si componeva di sabbia limacciosa; non si ricorse alla fondazione con zatterone su calcestruzzo, perchè infiggendo i pali si sarebbe danneggiata la stabilità dei fabbricati prossimi. La necessità di sopportare grandi carichi per le macchine elettriche, ecc., consigliò le fondazioni con pozzi ad aria compressa, evitando il prosciugamento. I pozzi avevano m. 2,50 a 3 di diametro e dovevano discendere 2 m. sotto la falda acquifera. In 24 ore dall'arrivo del cassone a piè d'opera si compiva una pila compresa la muratura. Su queste pile di fondazione si innalzavano poi colonne e pilastri.

Analogamente si operò per due piloni della torre Eiffel, e in molti altri casi che non è qui il luogo di ricordare.

c) *Fondazioni col congelamento*. — Questo nuovo processo pel quale ottenne per il primo un brevetto l'ing. Poetsch di Berlino, per gli escavi di pozzi di miniera in terreno impregnato d'acqua, consiste nell'ottenere, con produzione artificiale di freddo, un temporaneo congelamento dell'acqua contenuta negli strati di terreno che si devono attraversare colla fondazione, per modo che il terreno, prima mobile, acquista una

consistenza pietrosa, della quale si approfitta per praticarvi l'escavazione di un pozzo come in una roccia; il rivestimento impermeabile del pozzo, sia in muratura che in altro materiale viene a sostituire poi in modo permanente questo indurimento temporaneo. In generale il congelamento si ottiene colla circolazione di una corrente continua di un liquido incongelabile mantenuto a bassa temperatura da una macchina frigorifera. A tal uopo sulla periferia dello scavo si introduce nel terreno una serie di tubi t , del diametro di 0,20 circa, chiusi all'estremità inferiore e coll'estremità superiore coperta da una calotta (fig. 1490); nell'interno contengono altri tubi più piccoli, aperti all'estremità inferiore e che traversano la calotta, raccordandosi ad un tubo collettore A, mentre i tubi esterni sono in comunicazione per mezzo delle calotte di chiusura con altro collettore B. Il liquido incongelabile viene spinto con una pompa nel collettore A dal quale si distribuisce nei tubi interni, rimonta per gli esterni, e pel collettore B ritorna alla macchina frigorifera. Il liquido più sovente impiegato è un'emulsione di cloruro di calce, il cui punto di congelamento è a -40° .

Riguardo alla disposizione dei tubi hanno importanza le seguenti osservazioni:

a) Lo strato congelato, il così detto *muro di ghiaccio* per impedire le infiltrazioni d'acqua, deve arrivare fino allo strato impermeabile sul quale ha da appoggiarsi la fondazione; anche i tubi debbono quindi discendere fino a quella profondità.

b) La forma cilindrica dello strato congelato è la più opportuna per l'effetto utile e per la uniforme resistenza che presenta, perciò i tubi si dispongono secondo un circolo.

c) I tubi debbono tenersi a qualche distanza dal pozzo da eseguirsi, circa 1 m., per evitare tanto il congelamento della muratura fresca quanto il disgregamento, che per effetto del gelo si potrebbe produrre nel terreno immediatamente sottostante al fondamento. Se questo terreno è argilloso potrebbe divenire permeabile, se è roccioso il gelo nelle fessure potrebbe produrre spaccature. L'acqua che può essere contenuta entro il cilindro del « muro di ghiaccio » sarà facilmente estratta con una pompa durante l'escavo od anche prima.

Il congelamento incomincia sempre al basso perchè in corrispondenza è più bassa la temperatura del liquido, che dal tubo interno passa all'esterno, a contatto della superficie raffreddante; la compattezza del ghiaccio vi è anche maggiore, raggiungendo quella della pietra arenaria. Il tempo necessario alla formazione della massa congelata tra due tubi vicini è proporzionale alla temperatura del suolo, al quadrato (od anche ad una maggior potenza) della distanza dei tubi, alla lunghezza dei tubi, allo spessore delle loro pareti; è inversamente proporzionale alla temperatura colla quale il liquido frigorifero entra nei tubi, alla velocità colla quale circola, alla circonferenza dei tubi. Naturalmente ha molta influenza anche il fatto se l'acqua sot-

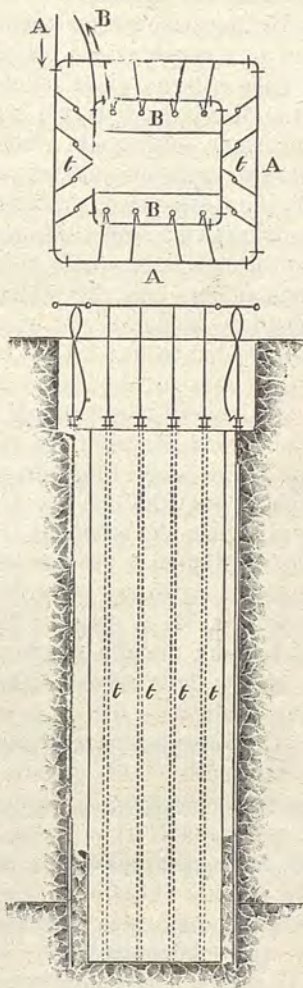


Fig. 1490. — Schema del sistema di fondazione per congelamento.

terranea è dotata di movimento od è stagnante. Si ebbero quindi risultati assai disparati (in miniere di Germania); in un luogo con 16 tubi della complessiva lunghezza di 400 m. si ottenne il congelamento in 50 giorni; in altro con 23 tubi di 230 m. in 150 giorni; altrove con 42 tubi (di soli 210 m. in tutto) in 210 giorni. Ove si richiedesse così lungo tempo non sarebbe conveniente il processo, come lo è invece in molti casi, specialmente appunto dal lato economico.

Un notevole perfezionamento è quello proposto dal prof. Lang di Riga, per ottenere una congelazione successiva e per dare minor estensione ai corpi refrigeranti: un tubo esterno viene spinto nel terreno, essendo all'uopo fornito di punta d'acciaio: entro di questo si fa poi scendere il tubo refrigerante, il quale ha inferiormente una espansione colla quale viene ad occupare tutto il tubo esterno; la miscela, mediante due altri appositi tubi, entra in questo tubo interno e ne esce; la porzione di questo tubo non espansa è protetta con materiale non conduttore, per modo che l'azione frigorifera viene esercitata soltanto in corrispondenza dell'espansione del tubo interno, la posizione della quale si regola a volontà. Qualora il ghiaccio ostacoli il successivo affondamento del tubo esterno, per non scuotere con colpi la massa congelata, si può riscaldare la punta con un getto di vapore o d'aria calda, e spingere poi in giù il tubo mediante una vite o con pressione idraulica.

Si è riscontrato che la massa congelata costituisce un'elissoide intorno al tubo. È assai breve il tempo nel quale se ne mantiene costante la temperatura, dopo che la macchina frigorifera ha cessato di funzionare; il disgelo comincia tosto all'estremità inferiore dei tubi refrigeranti e va propagandosi dall'esterno all'interno, in modo opposto a quello con cui è avvenuto il congelamento. Si richiedono però parecchi giorni prima che scompaia la resistenza artificiale del terreno dovuta al congelamento, e nel frattempo si possono eseguire scavi e fondazioni, tanto più se si ha cura di coprire l'escavo e rivestirne le pareti con materiale poco conduttore, ad es., paglia. Perchè in basso si abbia il maggior indurimento si adotta per il terzo inferiore della lunghezza dei tubi un metallo meglio conduttore del calore, quale il rame invece del ferro.

Invece della miscela liquida frigorifera, Lindmark di Stoccolma ha fatto uso di aria raffreddata a -52° .

d) *Compressione meccanica del terreno* (sistema Dulac). — Questo sistema è particolarmente adatto quando si tratta di importanti edifici da fondarsi su terreni di riporto, torbosi, molli ed ove i procedimenti ordinari sono difficili, costosi o inefficaci. Si perfora il terreno senza estrarlo ma lo si comprime lateralmente, e si ottengono così dei pozzi rapidamente ed economicamente, e nei luoghi ove il terreno è acquifero esso diventa abbastanza impermeabile da permettere il riempimento dei pozzi con calcestruzzo compresso. Secondo la resistenza da ottenersi con fondazioni così fatte, si può far variare la composizione del calcestruzzo, come l'intensità della compressione che gli si fa subire. Una compressione energica porta sovente alla formazione di piloni che assorbono un cubo di calcestruzzo uguale fino tre volte il volume del pozzo dopo la perforazione. Accade di sovente che tali piloni alla base si congiungano e si compenetrino, formando così una vera platea generale. Questo sistema fu impiegato su vasta scala all'Esposizione generale di Parigi nel 1900, con tale successo che gli valse la medaglia d'oro. I palazzi lungo la Senna furono fondati a 5 m. sotto il fiume senza che l'acqua non abbia mai presentato ostacoli; il padiglione del Creusot aveva dei piloni che sopportavano il carico di più di 60 tonn.; il Globo Celeste era collocato su quattro gruppi di pozzi che avevano 160 tonn. di carico, ecc. Rilegati con delle solette di calcestruzzo armato, dei pozzi così formati permettono di fondare con sicurezza le più importanti costruzioni su ogni genere di terreno.

e) *Iniezione del terreno*. — Si è pensato anche di consolidare un terreno cattivo iniettandovi delle sostanze liquide o in polvere. Uno dei primi tentativi è certa-

mente quello che si è fatto per la costruzione di un ponte nell'India, ove si imbevè il terreno formato di sabbia mobile, con del vetriolo, mediante infissione di tubi bucherellati. Si formò così un blocco di conglomerato artificiale della grossezza di 8 ÷ 10 metri, capace di portare il carico della soprastruttura. Bisogna però ridurre in riposo l'acqua circostante al terreno da consolidarsi, mediante una paratia, poichè se l'acqua fosse in moto porterebbe con sè la soluzione.

Il Neukirch di Brema, partendo da questo concetto, ha fatto brevettare un suo processo che consiste nello spingere dell'aria compressa mista a cemento nei terreni ghiaiosi o sabbiosi per indurirli. L'aria compressa viene dapprima immagazzinata in un compressore, e il cemento in polvere (mescolato a sabbia e scorie macinate quando il terreno sia di grossa ghiaia) si versa in una tramoggia, sotto la quale un vaglio trattiene i grani più grossi. Il cemento e l'aria si incontrano in una pompa a getto: l'arrivo a questa del cemento è regolato con una coppia di rulli, quello dell'aria con una chiave. Dalla pompa la corrente d'aria trascina la polvere di cemento per mezzo di una canna flessibile ad un tubo che è cacciato entro il terreno fino alla profondità richiesta. Alla sua estremità inferiore il tubo è appuntito ed ha molte piccole aperture dalle quali il cemento insieme coll'aria può essere iniettato in tutti i sensi. Il tubo viene man mano sollevato e così il terreno può ricevere il cemento per tutta la voluta profondità. Infiggendo il tubo in molti punti prossimi in modo che i raggi d'azione corrispondenti a ciascun punto si incrocino, si può consolidare una estesa massa di terreno. Il procedimento fu impiegato su larga scala nei lavori portuali di Brema, e può essere utile per consolidare delle fondazioni di costruzioni esistenti, rese pericolose o per l'azione dell'acqua sotterranea, o per altre cause. Si può anche iniettare del cemento liquido ove il terreno non contiene sufficiente acqua per dar modo al cemento in polvere di far presa.

i) Scelta del sistema di fondazione.

Da quanto si è fin qui detto, la scelta del sistema di fondazione dipende dalle seguenti circostanze:

1° dalla natura dell'edificio da erigere e dal modo e dalla misura con cui viene dal medesimo gravato il suolo di fondazione (peso proprio, carico permanente, carichi variabili, scosse, ecc.);

2° dalla qualità del terreno sul quale si deve fabbricare e dalle vicinanze (ad es., non si possono eseguire palificazioni in vicinanza di case);

3° dal carattere della costruzione rispetto alla durata (fabbricati provvisori o definitivi, edifici comuni o monumentali);

4° dalla presenza di acqua (acquittrini, acque scorrenti, acqua mossa da onde, ecc.);

5° dalla qualità dei materiali e dei sussidi meccanici ed altri, di cui si può far uso;

6° dal tempo di costruzione prescritto;

7° dalla spesa.

La tabella a pag. seguente facilita la scelta del modo di costruzione più adatto.

j) Sottomurazione e consolidamento di muri di fondazione già esistenti.

I muri di fondazione di fabbriche già esistenti devono alle volte essere *sottomurati*, quando immediatamente accanto si fabbrica un nuovo edificio con fondamenta più profonde. Con molta attenzione, ed impiegando cemento Portland a presa rapida, queste esecuzioni non presentano alcuna particolare difficoltà. Condizione principale per la possibilità della sottomurazione è che il terreno sodo si trovi a non grande profondità e che si possa raggiungerlo senza gran lavoro di esaurimento, perchè il pompare fortemente rende soffice il terreno e può compromettere la stabilità dell'edificio.

Tabella LXX.

	TERRENO SOLIDO alla superficie	TERRENO SOLIDO a profondità raggiungibile	TERRENO SOLIDO a profondità non raggiungibile	Osservazioni
Assenza di acqua.	Murat. immediatamente sopra il suolo.	1. Scavo fino al terreno sodo e murat. piena. 2. Scavo come sopra e pilastri con archi di collegam. su terra.	1. Allargam. della muratura. 2. Larga platea di calcestruzzo armato o non. 3. Pavimentazione con pietrame a secco. 4. Fondaz. su sabbia. 5. Volte rovescie. 6. Compressione del terreno.	Non si deve impiegare legname.
Acqua sotterranea o superficiale, ma con possibilità di prosciugamento.	1. Muratura immediata. 2. Pilastri isolati con archi di terra. 3. Calcestruzzo in sottile strato per otturare le sorgive.	1. Palizzata profonda. 2. Pali con calcestruzzo o murat. fra i pali e sopra di essi. 3. Calcestruzzo per otturare le sorgenti.	1. Graticcio o zatterone. 2. Estesa platea di calcestruzzo armato o non. 3. Pavimentazione con pietrame. 4. Fondaz. su sabbia. 5. Volte rovescie. 6. Palizzata o pali per costipare il terreno. 7. Compressione del terreno.	Si può impiegare il legname sott'acqua. Si può eseguire eventualmente il prosciugamento con ture.
Acqua non esauribile.	1. Gettate di pietrame per opere marittime. 2. Immersione di blocchi per opere marittime. 3. Calcestruzzo. 4. Pali di ferro.	1. Zatterone. 2. Pali con interposto e sovrapposto calcestruzzo o pietrame. 3. Pali di ferro. 4. Gettate di pietrame. 5. Immers. di blocchi. 6. Calcestruzzo. 7. Pozzi.	1. Carico del terreno all'intorno ed estensione delle murature. 2. Congelamento del terreno. 3. Congelamento e compressione del terreno con successiva formazione di pozzi di calcestruzzo (Dulac).	Legno. Si può impiegare sotto acqua.

Se il fondamento vecchio sta sopra un solido suolo di sabbia, non è necessaria la sottomurazione se la fondazione nuova non è più profonda dell'antica di quanto questa è larga. In questo caso il nuovo fondamento viene formato a tratti presso l'antico, facendo in modo che le pietre della nuova muratura sieno appuntate contro il terreno tagliato verticalmente, sottostante al muro vecchio. Simili lavori non devono essere cominciati contemporaneamente in diversi punti, se non vi sia almeno tra un punto e l'altro una distanza 12 volte più grande della grossezza del muro.

Nel sottomurare un muro di testa si deve accuratamente puntellarlo all'esterno; solo raramente diventa necessaria anche una puntellatura interna. Il muratore scava egli stesso i singoli cavi che conducono sotto alla fondazione da sottomurare, e di tale grandezza da potersi muovere per compiere il suo lavoro. Il corso inferiore deve essere posto in un letto di malta di cemento e ben battuto col martello; i mattoni ricotti sono i più adatti per questi lavori. Un buon collegamento e commessure strette sono di speciale importanza. L'esecuzione procede come è indicato nella fig. 1491. L'ultimo strato deve naturalmente venir posto con cura speciale, a cuneo. Per non levare (sebbene di mano in mano) troppo grandi superfici di terra portante e compatta per la pressione del fondamento, si eseguisce dapprima la sottomurazione con singoli pilastri a date distanze. Questi hanno il tempo di indurire, prima che si eseguiscono i tratti intermedi.

In casi molto difficili si devono costruire le fosse che conducono sotto il fondamento, con armatura in legno come gallerie di miniere, puntellandosi inoltre il fabbricato vecchio.

Quando il terreno è solido può essere inutile il puntellamento del muro vicino, e si può lavorare con sicurezza, eseguendo prima il nuovo fabbricato in rustico, così che serva di appoggio all'antico. Il fondamento del muro addossato della nuova fabbrica viene eseguito a singoli pilastri *a, a* (fig. 1492) che in alto sono riuniti con archi

di muro; tra questi può in seguito venir eseguita la sottomurazione del vecchio fondamento. Non reca danno che rimangano così dei piccoli tratti *b* non sottomurati, perchè una muratura, anche di mediocre qualità, per tratti così brevi si regge a portata libera. Il pilastro d'angolo *b*^o viene del resto interamente sottomurato lavorando dalla fronte.

Se il fondamento del muro da sottomurare penetra nell'area della nuova fabbrica da erigere, si dovranno ritagliarne le sporgenze che eccedono il confine, se la resistenza del fondamento non ne viene troppo diminuita; se si ha questo timore, si fa

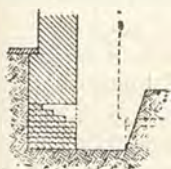


Fig. 1491. — Sottomurazione di un muro esistente.



Fig. 1492.

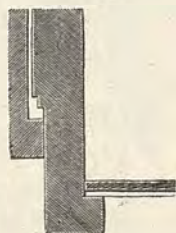


Fig. 1493.

sporgere (fig. 1493) il nuovo fondamento sopra la risega del vecchio, lasciando un giuoco di 6 ÷ 10 cm. almeno di vuoto per l'assetto della nuova fabbrica.

Dei considerevolissimi lavori di rinforzo di vecchi fondamenti vennero intrapresi pel compimento della torre della cattedrale di Ulma. Questi lavori non si limitarono all'inserimento di archi rovesci sotto le grandi aperture dei lati orientale ed occidentale del campanile, ma si estesero anche all'aggiunta di pilastri di rinforzo all'esterno di quelli di fondazione già esistenti, quindi ad un vero ingrandimento della superficie di fondazione, principalmente del quarto più pericoloso (quello verso nord-est), da m² 99 a 132,50. Sebbene il carico generale di 9 380 700 Kg. fosse aumentato di 3 144 100 Kg. per il compimento del campanile e per le costruzioni nella grande apertura del lato orientale, il carico per centimetro quadrato del terreno, mediante la estensione delle fondamenta, venne ridotto da Kg. 9,47 a 9,15.

XVII. — GROSSEZZA DEI MURI FUORI TERRA

I muri fuori terra possono suddividersi in: 1) muri isolati; 2) muri di sostegno o da terrapieno; 3) muri perimetrali di locali; 4) muri di piedritto degli archi e delle vòlte.

a) Muri isolati.

Servono per cinte o chiusure, ecc., e devono essere calcolati solo in base alla resistenza alla pressione del vento. Sia *P* (in Kg.) questa pressione sulla superficie di muro (in m²) perpendicolare alla direzione del vento, sia *v* la velocità di questo (in m. per minuto secondo) che si può prendere di m. 33,5 per 1", sia *g* = m. 9,81 l'accelerazione della gravità, *Y* un coefficiente sperimentale (che cresce colla grandezza della superficie da 1,86 a 3) e finalmente *γ* (Kg.) il peso di un metro cubo d'aria, si ha:

$$P = Y \gamma F \frac{v^2}{2g}$$

Per *Y* = 1,86 e *γ* = 1,292 si ha:

$$P = 0,12248 F v^2.$$

Introducendo il valore di $v = m. 33,5$ si ha $P = 137,45 F$ e per $1 m^2 P = Kg. 137$ in cifra tonda.

La stabilità di un muro, ossia la sua resistenza al rovesciamento, supponendolo di non grande altezza, è data dal prodotto del peso proprio del muro per un braccio di leva eguale alla distanza del centro di gravità dallo spigolo intorno al quale avverrebbe il rovesciamento. Quanto maggiore sarà la distanza di questo spigolo dalla verticale passante pel centro di gravità, tanto maggiore sarà la stabilità del muro e viceversa: per questo scopo sono utili i risalti delle fondamenta.

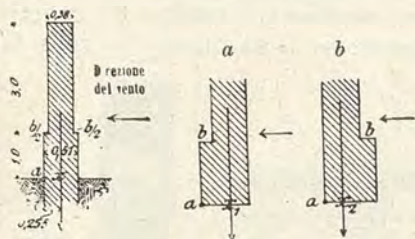


Fig. 1494.

Fig. 1495.

$P = 137 \times 24 = Kg. 3300$ circa. Il peso del muro, supposto in muratura di mattoni ($1600 Kg. per m^3$), è di $15.840 Kg.$ Perciò il momento della resistenza che il muro oppone alla pressione del vento sarà $M = 0,255 \times 15840 = 4039$; la stabilità del muro è quindi sufficiente.

Alla stabilità riesce favorevole un risalto del muro fatto dalla parte (fig. 1495 a) opposta alla direzione del vento; meno favorevole è invece (fig. 1495 b) il risalto posto dalla parte rivolta verso il vento.

Oltre che colla sporgenza dello zoccolo o basamento, un muro può essere efficacemente rinforzato con pilastri o barbacani: la distanza di questi è da scegliere in modo che il collegamento dei materiali e la coesione della malta bastino ad impedire un movimento indipendente della porzione di muro compresa tra due pilastri. Il collegare i barbacani tra loro con arcate, come si vede spesso in vecchi muri, può essere dannoso perchè si offre maggior presa all'azione del vento.

Secondo Rondelet si fissa sperimentalmente la grossezza dei muri isolati a $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$ e anche solo $\frac{1}{12}$ dell'altezza,

ove lo permetta la bontà del materiale, e la lunghezza del muro può essere il doppio dell'altezza per la stabilità contro la pressione del vento. Un muro isolato di m. 4,50 d'altezza, m. 9 di lunghezza e m. 0,38 di grossezza sarà quindi in ogni caso sicuro di per sè: uno più lungo dovrebbe già avere dei pilastri o barbacani. Questi muri per risparmio vengono spesso eretti su pilastri riuniti da arcate (fig. 1496 a e b): bisogna però, dopo il compimento, coprirli tosto al piede, perchè altrimenti una tempesta rovescierebbe facilmente le parti di muro erette sulle arcate.

La grossezza dei muri formati con pietra da taglio, muratura di mattoni, di pietrame regolare a strati di sassi irregolari, starà, secondo Rondelet, nel rapporto rispettivamente da $5 \div 6 \div 8 \div 10 \div 15$.

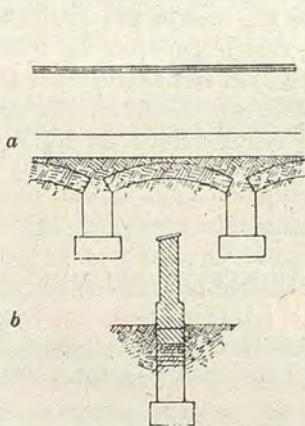


Fig. 1496.

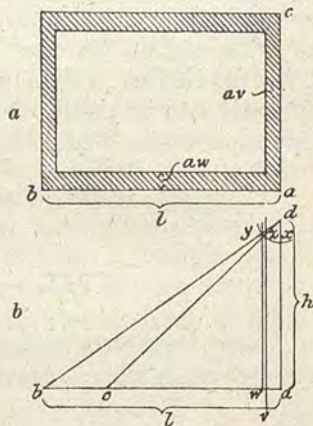


Fig. 1497.

La groschezza dei muri rettilinei, non caricati, che racchiudono uno spazio rettangolare e che quindi alle estremità si risvoltano ad angolo retto, si stabilisce nel modo seguente, secondo Rondelet:

Si porta (fig. 1497 *a* e *b*) l'altezza $ad = h$ del muro, perpendicolarmente alla lunghezza $l = ab$ del muro stesso. Si divide h in $8 \div 12$ parti eguali, secondo il grado di stabilità che si vuole raggiungere, e con raggio eguale ad una parte dx facendo centro in d si taglia la diagonale db in y ; la distanza $aw = s$ fra la perpendicolare calata da y su ab e la ad sarà la groschezza del muro. Nello stesso modo si trova la groschezza av del muro più corto c portando la sua lunghezza in ac e calando la perpendicolare zv dall'incontro z della diagonale dc coll'arco di raggio dx si ha quindi:

$$S = \frac{lh}{n\sqrt{l^2 + h^2}} \quad \text{dove} \quad n = \frac{h}{S}.$$

Per i muri circolari si prende per $ad = h = 1/12$ del perimetro, cioè il lato del dodecagono inscritto nel circolo, od all'incirca il quarto del diametro. Si ha quindi:

$$S = \frac{Dh}{n\sqrt{D^2 + 16h^2}}.$$

Per il caso di muri racchiudenti spazi si è ritenuto che la muratura sia di mediocre fattura e formata con materiale di qualità media, poichè in tal caso i muri sono soggetti all'azione del vento solo dalla parte esterna.

b) Muri di sostegno e di terrapieno.

Questi devono resistere alla spinta laterale prodotta dalla terra del terrapieno, spinta che varia col variare dell'altezza di questa, della qualità della terra, della coesione di essa, ecc. Non è qui il caso di trattare diffusamente l'argomento, tanto più che si dovrebbe entrare in molti particolari, e poichè simil costruzione di muri si presentano di rado nella costruzione di fabbriche comuni sopra terra. Si tratterà solo delle disposizioni più semplici di muri da terrapieno, a profilo rettilineo e di altezza limitata.

Indichino: p il carico in Kg. per m^2 sulla superficie del terreno sostenuto dal muro, φ l'angolo della scarpa naturale della terra, γ_t e γ_m il peso in Kg. di un m^3 rispettivamente di terra e di muratura, μ (da prendersi = 0,70) il coefficiente d'attrito di muratura contro muratura, k la massima pressione ammissibile in una commessura di muro eguale a

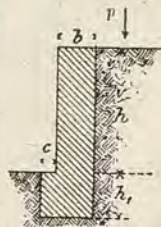


Fig. 1498.

- 50 000 Kg. per 1 m^2 di muratura di pietrame;
- 70 000 > > > di laterizi;
- 100 000 > > di buona muratura di laterizi e malta di calce;
- 120 000 > > > di mattoni ricotti e malta di cemento.

Infine sia $k_1 = 25.000$ Kg. la resistenza alla pressione di un m^2 di buon terreno da fondazione.

La groschezza b necessaria per un muro di altezza h (fig. 1498) si avrà dalla formola:

$$b = \frac{h(\gamma_t h + 3p) \tan^2(45^\circ - 1/2\varphi)}{\gamma_m \left(3 - 4 \frac{\gamma_m}{K} h\right)}$$

quando si voglia ottenere la sicurezza contro lo schiacciamento dei materiali pel peso proprio del muro: quando invece si voglia la sicurezza contro lo scorrimento del muro, si userà la formola:

$$b = \frac{\gamma_t h + 2p}{2\mu\gamma_m} \tan^2(45^\circ - 1/2\varphi).$$

La sporgenza c della fondazione si calcola colla formola:

$$c = \frac{1}{6} \frac{\gamma_t H^2}{\gamma_m b} \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2\gamma_m b H}{3k_1} - \frac{b}{2}$$

dove $H = h + h_1 + \frac{p}{\gamma_t}$ essendo h_1 l'altezza della fondazione.

I valori medi di γ_t e φ sono:

per suolo argilloso secco	$\gamma_t =$	1500	Kg.	$\varphi = 40^\circ \div 46^\circ$
» » » umido	» =	1900	»	» = $20^\circ \div 25^\circ$
» terra creta secca	» =	1600	»	» = $40^\circ \div 50^\circ$
» » » umida	» =	1980	»	» = $20^\circ \div 25^\circ$
» » di riporto o vegetale	» =	1600-1700	»	» = $30^\circ \div 37^\circ$
» ghiaia umida	» =	1860	»	» = 25°
» pietrisco umido	» =	1600	»	» = $35^\circ \div 40^\circ$
» acqua	» =	1000	»	» = 0°

Si aumenterà il grado di stabilità del muro al rovesciamento e allo scorrimento facendolo a scarpa, ossia dandogli una sezione trapezia. La scarpa può essere tanto interna, quanto esterna. Se la parete controterra del muro si fa con risalti o banchine, il peso della parte di terra che sovrasta ai risalti aumenta di molto la stabilità del muro. Si deve però tener presente che l'inclinazione della scarpa favorisce l'azione disaggregatrice delle intemperie sulla faccia esterna del muro, perchè è di ostacolo al rapido scolo dell'acqua, e che sui risalti, quando sieno disposti orizzontalmente, si raccoglie acqua, la quale poi si insinua nel muro danneggiandone il materiale.

Le forme che più comunemente si incontrano nella pratica pei muri di sostegno di terrapieni sono quelle della figura 1499.

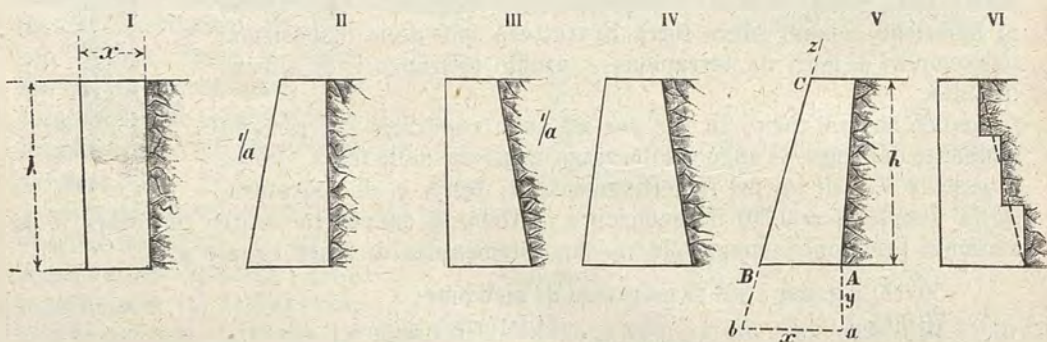


Fig. 1499. — Profili vari pei muri di sostegno delle terre.

Detta x la cresta del muro, h la sua altezza uguale a quella del terrapieno, supposto il peso unitario della muratura $\gamma_m = 2200$ e quello del terreno ordinario $\gamma_t = 1600$ con angolo di scorrimento $\varphi = 46^\circ 50'$ si ha:

Tipo I, $x = 0,30 h$.

Tipo II, con scarpa esterna uguale a $1/a$:

$$x = \frac{h}{a} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{0,27 a^2}{3}} \right) \text{ ossia:}$$

Tabella LXXI (del Foy).

		per $a =$									
		4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
$x =$		0,0830 h	0,1214 h	0,1483 h	0,1683 h	0,1835 h	0,1957 h	0,2055 h	0,2205 h	0,2358 h	0,2513 h

oppure, secondo il Redtenbacher:

$$x = h \left(\frac{\mu}{h} - \operatorname{tang} \varphi \right); \quad y = h \sqrt{0,081225 + \frac{1}{3} \operatorname{tang}^2 \varphi}$$

in cui φ è l'angolo formato dalla scarpa esterna colla verticale. Con tali formole si ha:

Tabella LXXII (del Redtenbacher).

Per $\operatorname{tang} \varphi =$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	0
$y =$	0,308 h	0,301 h	0,294 h	0,291 h	0,286 h	0,285 h
$x =$	0,108 h	0,135 h	0,169 h	0,191 h	0,236 h	0,285 h

I valori che si ottengono da questa tabella sono un po' inferiori a quelli che risultano dalla formola del Foy.

Tipo III, con scarpa interna uguale a $\frac{1}{a}$:

$$x = \frac{h}{a} \left(-0,50 + \sqrt{0,25 + \frac{0,270^2 - 1}{3}} \right) \text{ ossia:}$$

Tabella LXXIII (del Foy).

		per $a =$					
		4	5	6	7	8	10
$x =$		0,1663 h	0,1944 h	0,2127 h	0,2257 h	0,2352 h	0,2486 h

Tipo V, a doppia scarpa nello stesso senso:

Tabella LXXIV (di Knöpfmacher).

φ	α	γ_m γ_t	Coordinate dal punto b	
			ascissa x	ordinata y
40°	13°,20	1,60	0,387 h	0,687 h
»	»	1,20	0,420 h	0,491 h
30°	10°	1,60	0,440 h	0,348 h
»	»	1,20	0,473 h	0,220 h
20°	5°	1,60	0,501 h	0,143 h
»	»	1,20	0,537 h	0,024 h
10°	3°,20	1,60	0,543 h	- 0,012 h
»	»	1,20	0,572 h	- 0,089 h
0°	0°	1,60	0,605 h	- 0,142 h
»	»	1,20	0,630 h	- 0,180 h

In questa Tabella φ è l'angolo di natural declivio della terra, α l'angolo di attrito della terra contro il muro. Fissata la groschezza del muro in cresta, ossia alla sommità,

e il rapporto della scarpa esterna, conoscendosi φ , α , γ_m e γ_l si trova $\frac{\gamma_m}{\gamma_l}$ e corrispondentemente a questi dati si ricaveranno dalle Tabelle x e y . Fissato A si troverà così a , indi il punto b , dal quale si tirerà la bz coll'inclinazione fissata dalla scarpa. Allora si avrà B e C : fatto CD uguale alla grossezza fissata in cresta si tirerà infine DA e si avrà il profilo del muro.

Tipo VI, con riseghe interne disposte in modo che la linea condotta dal ciglio interno del muro per i punti di mezzo delle riseghe sia una retta di scarpa $1/a$:

$$x = \frac{h}{a} (-0,864 + \sqrt{0,09a^2 - 0,073}).$$

Tabella LXXV (del Foy).

		per $a =$					
		4	5	6	7	8	10
$x =$		0,0763 h	0,4222 h	0,4527 h	0,4740 h	0,4901 h	0,2148 h

Il tipo I è il meno economico: il tipo II è il più conveniente: per esso si adotta generalmente la scarpa di $1/5$: se il muro è in laterizi l'inclinazione della sua faccia esterna si fa da $1/10 \div 1/15$, e se è in pietra da taglio da $1/6 \div 1/10$. Il tipo VI è preferibile al III, e alle sue riseghe orizzontali si suol dare una sporgenza variabile da m. $0,15 \div 0,30$. Il tipo IV è poco usato: il tipo V, detto a strapiombo, è il più economico.

Anche nei muri da terrapieno è assai vantaggioso l'uso dei contrafforti o speroni. Disposti sulla faccia anteriore possono anche giovare all'aspetto estetico del muro. Se sono distanti l'uno dall'altro di una volta ad una volta e mezza l'altezza del muro, ma in ogni modo a non più di m. 5,50, si può ridurre la grossezza del muro alla base a m. 0,14 dell'altezza. In Inghilterra è in uso per i muri di terrapieno un profilo le cui linee di contorno sono archi di circolo; il centro della parte superiore si prende all'altezza della cresta del muro. Tali muri offrono risparmio nella quantità del materiale (perchè si può dar loro una grossezza media eguale a $1/5$ dell'altezza), ma per la piccola inclinazione che assume in basso la faccia anteriore e per la direzione radiale delle commessure favorevole all'insinuarsi dell'umidità, sono molto soggetti al deterioramento, e presentano inoltre un aspetto disagiata.

Quanto maggiore è l'angolo φ della scarpa naturale del terreno e tanto minore può essere la grossezza del muro di sostegno. L'angolo φ dipende dalla natura del terreno e dal grado di umidità di esso. Si sostiene più facilmente il materiale grossolano, come anche la creta asciutta, che non la sabbia fine e la creta bagnata. Perciò può essere di molta utilità per la stabilità di un muro di sostegno l'interporre tra il terrapieno ed il muro un riempimento di creta asciutta, come pure il preservare questo riempimento dall'umidità.

La cresta si protegge generalmente ricoprendola con un coronamento di lastre di pietra da taglio, od anche con un accollato di mattoni. Sovente i muri di sostegno sono sormontati da un parapetto. Se esso è di muratura allora si può risparmiare la pietra di coronamento, se esso è di ferro, o misto di muratura e ferro, allora il coronamento diventa necessario.

Nei muri di terrapieno bisogna quindi provvedere a un pronto scolo dell'acqua che si raccoglie tanto alla superficie del terrapieno quanto dentro il medesimo, tanto più che l'inumidimento del muro avrebbe per conseguenza il disgregamento dei materiali di cui è formato.

Servono ad entrambi gli scopi delle feritoie di scolo che si praticano a piè del muro e anche per tutta la sua altezza. Tali feritoie, leggermente inclinate verso l'esterno, hanno per lo più una larghezza non superiore a m. 0,10 ed un'altezza da 0,20 ÷ 0,25. Per facilitare lo scolo dell'acqua ed impedire anche il facile riempirsi delle feritoie di terra, si interpone fra il terrapieno e il muro uno strato più o meno grosso di pietre, ghiaia e simili. Se il muro è fatto con muratura a secco, allora sono inutili le feritoie, poichè l'acqua trova facile strada dalle fessure fra pietra e pietra. In questi muri bisogna che la scarpa esterna non sia minore di $\frac{1}{5}$, e la loro grossezza sia del 25 ÷ 50 % maggiore di quella che avrebbe un muro di pietrame in malta. Per essi è pure necessaria l'intonacatura della faccia posteriore con materiali che trattengano l'umidità, anche con malta di cemento.

È finalmente importante di eseguire con precauzione il riempimento dietro un muro costruito da poco tempo, cioè di introdurre a poco a poco il riempimento, a strati sottili comprimendoli bene, perchè nell'eventualità che venga bagnato, non si verifichino cedimenti e scorrimenti che potrebbero divenire pericolosi per la stabilità del muro.

Specialmente nella costruzione delle ville di collina o montagna, troverà l'architetto occasione di costruire dei muri di sostegno, e siccome in generale questi devono partecipare all'effetto estetico dell'edificio, così bisogna decorarli con cornici, pilastri, parapetti pieni o forati, ecc. Serviranno bene allo scopo i contrafforti esterni, riuniti superiormente da archi, oppure il sistema di pilastrini con muri di cortina curvi anzichè rettilinei; allora si possono formare tra i contrafforti delle specie di nicchie più o meno profonde, che serviranno ad uso di serre, o per disporvi sedili, ecc. Questo sistema di pilastrini riuniti da archi contro terra ha trovato molte applicazioni ed oltre essere economico, presenta appunto il vantaggio di utilizzare il muro per altri scopi, oltre quello di sostenere il terrapieno. Balconi e terrazzini sporgenti dalle creste dei muri, contribuiranno assai alla decorazione del muro di sostegno: e così le scalinate sia rustiche, sia in pietra da taglio, rettilinee o curvilinee.

Quando il terrapieno da sostenere è molto alto, allora converrà non solo per ragioni di economia, ma anche per ragioni di estetica, quando però lo spazio lo consenta, fare delle larghe riseghe nel terrapieno, in modo di avere tanti muri di sostegno scaglionati. Le riseghe faranno l'ufficio di terrazze e a seconda della loro larghezza potranno pavimentarsi oppure ridursi a giardini.

c) Muri d'ambito e di divisione dei locali negli edifici.

Nel calcolare la grossezza dei muri delle fabbriche, a motivo delle molteplici circostanze accessorie, avrebbero tale preponderanza i coefficienti sperimentali, che si potrebbe far astrazione dal calcolo: le grossezze dei muri vengono inoltre in molti casi più o meno determinate da prescrizioni dei regolamenti edilizi, prescrizioni che trovano appunto la loro origine nell'esperienza.

Si distinguono i muri esterni o d'ambito da quelli interni o di divisione: sì gli uni che gli altri possono essere o no caricati.

Se i muri di un fabbricato ad un sol piano non sono caricati in alto, cioè non portano un solaio che serve loro di collegamento, ma portano il solo tetto, nella formola che dà la grossezza dei muri isolati si sostituirà ad l la luce libera o profondità t del fabbricato e facendo $n = 12$ si avrà:

$$S = \frac{t h}{12 \sqrt{t^2 + h^2}}$$

Allorchè un muro sostiene dei tetti a diverse altezze, come, ad esempio, i muri principali delle navate delle chiese, detta h l'altezza d'imposta del tetto più alto ed h_1 l'altezza dello stesso muro dall'imposta del tetto più basso si ha:

$$s = \frac{t(h + h_1)}{24 \sqrt{t^2 + (h + h_1)^2}}$$

Pel muro che sostiene il tetto più basso detta t' la profondità della parte coperta dal tetto, si ha:

$$s = \frac{h}{12} \times \frac{t + 2t'}{\sqrt{(b + 2t')^2 + h^2}}$$

Se l'altezza del piano superiore fin sotto al tetto in fabbricati a parecchi piani è eguale ad h , la grossezza s_1 del muro del piano superiore sarà, se il fabbricato ha in profondità un solo locale:

$$s_1 = \frac{2t + h}{48}$$

e se ha due locali:

$$s_2 = \frac{t + h}{48}$$

e se vi ha un muro mediano che porta la travatura, la sua grossezza sarà:

$$s = \frac{t + h}{36}$$

Le pareti d'ambito (muri esterni) per un'altezza di piano di m. 4,20, hanno nel piano superiore 3 teste di grossezza; ad ogni piano sottostante la grossezza viene aumentata di una testa. Se questi muri d'ambito, almeno ogni m. 7,50, sono incontrati da un muro interno di divisione, la loro grossezza potrà essere di 3 teste per i due piani superiori, crescendo di una testa ogni due piani sotto di quelli. I muri dei sotterranei devono essere grossi una testa di più di quelli del piano terreno.

I muri d'ambito di grande altezza (h in m.) hanno una grossezza in mattoni interi (lunghezza):

$$\frac{3}{2} + \frac{h}{20} \quad \text{fino a} \quad \frac{2}{3} + \frac{h}{16}$$

In un fabbricato di 4 piani in condizioni normali si avrà quindi:

Tabella LXXVI.

Piano	Grossezza dei muri d'ambito	Grossezza dei muri interni caricati
4° piano	3 teste = 38 cm.	3 teste = 38 cm.
3° »	3 » = 38 »	3 » = 38 »
2° »	4 » = 51 »	3 » = 38 »
1° »	4 » = 51 »	3 » = 38 »
Piano terreno	5 » = 64 »	4 » = 51 »
Sotterraneo	6 » = 78 »	5 » = 64 »

Secondo il Sacchi la grossezza dei muri di telaio delle case ordinarie di abitazione ai vari piani si ha dalla Tabella seguente,

Tabella LXXVII (Sacchi).

MURI DI MATTONI				MURI DI PIETRAMÈ			
Edifici a impalcatura		Edifici a volta		Edifici a impalcatura		Edifici a volta	
Muri d'ambito	Muri interni	Muri d'ambito	Muri interni	Muri d'ambito	Muri interni	Muri d'ambito	Muri interni
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
0,37	0,37	0,49	0,37	0,45	0,45	0,55	0,45
0,49	0,37	0,61	0,49	0,55	0,50	0,65	0,50
0,61	0,49	0,73	0,61	0,65	0,55	0,75	0,55
0,73	0,49	0,85	0,61	0,75	0,60	0,85	0,60
0,85	0,61	0,97	0,73	0,85	0,65	0,95	0,65
0,97	0,61	1,09	0,73	0,95	0,70	1,05	0,70

I muri d'ambito di piccole case d'abitazione ad un sol piano possono avere solo due teste di grossezza, quando non si abbia a considerare che la stabilità; questi muri così sottili non difendono però abbastanza nè dall'umidità, nè dal freddo. In fabbricati con muri di 2 sole teste, questi devono avere, sotto ogni incavallatura, una sporgenza di almeno una testa per 4 o 5 teste di larghezza.

I muri di frontispizio o a timpano di fabbricati isolati con tetto a padiglione vengono trattati come sopra per quanto riguarda la loro grossezza.

Ai muri di frontispizio isolati, verso il confine, si dà nel piano del tetto la grossezza di 2 teste con pilastri di rinforzo (in corrispondenza alle travi principali del coperto), grossi una testa e larghi quattro teste.

Il piano sottostante al tetto avrà i muri di 3 teste; quello sottostante 3 o 4 teste a seconda della minore o maggiore sua altezza; il piano sotto 4 teste e così di seguito.

I muri a frontone non isolati, si dividono in comuni divisorii e non comuni. I primi vengono eseguiti come i muri di confine isolati (ciò che è ora legalmente proibito in diversi paesi). Ai muri di frontispizio non comuni si dà nel piano del tetto una grossezza di 2 teste con pilastri addossati, nei due piani sottostanti pure 2 teste e nei successivi 3 teste, fino al piano sotterraneo.

Alle pareti divisorie che portino travi (v. la Tabella precedente) si assegna per 4 piani l'uno sull'altro 3 teste, ai due piani al di sopra 4 teste.

Ai tramezzi si dà una sola testa di grossezza in ogni piano: per grandi dimensioni si fanno però o di tavolato o di due teste: frequentemente si fanno anche di quarto, con mattoni vuoti o tavelloni e malta di cemento quando le dimensioni sieno limitate, manchi il sostegno o vi sia qualche altra ragione che consigli l'uso di materiali leggeri.

Per tramezzi si usano con buon risultato i tavelloni forati di gesso Bruckner, i quali pesano circa Kg. 60 per m² in opera. Ve ne sono di cm. 6, 8 e 10 di grossezza. Con tre tavelloni di cm. 6 si fa 1 m² di parete. Essi sono utilissimi specialmente ove si devono fare delle divisioni di locali sopra solai o impalcati esistenti e che non reggerebbero il carico di un tavolato ordinario di laterizi. Sono incombustibili oltre essere leggeri, di facile e pronto collocamento, insonori e presentano il grandissimo vantaggio che le pareti fatte con essi sono subito asciutte.

Ai muri così detti tagliafuoco separanti due tetti si dà sempre una grossezza di due teste. La loro cresta deve oltrepassare il coperto di almeno cm. 20.

In tutti i dati ora riportati sulla grossezza dei muri portanti travature e delle pareti di frontispizio si intende prevista una unione sufficiente colle travi mediante chiavi o tiranti.

Si calcolano come muri d'ambito anche quelli che racchiudono delle chiostrine o cavedii: si deve sempre por mente se portano travi o no. I tramezzi che dividono due

diverse abitazioni in una stessa casa, devono avere sempre almeno due teste di spessore, come pure quelli che separano vestiboli od altri ambienti freddi da camere riscaldate.

I condotti del fumo o di ventilazione nei muri esigono che questi abbiano almeno cm. 38 di grossezza. In caso diverso bisogna formare delle sporgenze nei muri. Si deve badare a che nessuno di tali condotti intacchi qualche piedritto di arcata. Ai muri delle scale non si deve all'interno dare alcun risalto: se ne determina la grossezza in alto ed in basso, e fatta la media, questa si prende per grossezza costante per tutta l'altezza del muro. Tale grossezza non deve essere minore di due teste, per le prescrizioni relative ai pericoli di incendio e per le scale a sbalzo con rampe lunghe più di m. 1,25, essa non deve essere minore di tre teste. Se non si può far a meno di risegare i muri di gabbia della scala, le riseghe si faranno sotto ai pianerottoli e alle rampe in modo che non riescano apparenti. Sarà però sempre meglio fare le riseghe dalla parte interna dei locali confinanti coi muri di gabbia.

In aggiunta a quanto si è già detto (pag. 708) relativamente alla grossezza dei muri di pietrame rispetto a quelli di mattoni, si avverte che in quei muri i ritagli (riseghe) si faranno sempre di cm. 15 a 20 di larghezza.

Redtenbacher dà le seguenti formole empiriche per la grossezza dei muri delle fabbriche, notando con s_3 la grossezza al piano superiore, s_2, s_1 quelle ai piani inferiori dei muri d'ambito, h_3, h_2, h_1 le altezze dei piani, t la profondità dell'edificio:

$$s_3 = \frac{t}{40} + \frac{h_3}{25} \quad s_2 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25} \quad s_1 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2 + h_1}{25}$$

Se, per es., $t = m. 10$, $h_3 = 3,50$, $h_2 = 3,75$, $h_1 = 4$, si ottiene:

$$\begin{array}{l} \text{per } s_3 = 0,39 \text{ cioè } 3 \text{ teste di grossezza} \\ > s_2 = 0,54 > 4 \div 5 > > \\ > s_1 = 0,70 > 4 \div 6 > > \end{array}$$

Negli alti campanili si comincia nel piano superiore con una grossezza di almeno 4 a 6 teste e il fusto del campanile si forma poi a tronchi di 4 a 6 m. d'altezza, ciascheduno dei quali si aumenta di una testa per ogni tronco inferiore. I pilastri d'angolo dei campanili, i muri di magazzini molto caricati o pilastri isolati degli stessi, devono essere esattamente calcolati in relazione al peso che vi gravita sopra. Lo stesso è necessario per i muri delle chiese che sottostanno a spinta laterale per effetto di vòlte.

Ora che si è diffuso l'uso delle impalcature o solai di calcestruzzo armato, le grossezze delle murature possono essere ridotte, poichè non si hanno più spinte sui muri e siccome ogni solaio forma un massa sola, così i muri restano uniformemente caricati e collegati in modo da contenerli benissimo senza bisogno di chiavi o radiciamenti. Si usa pure di fare i muri esterni ed interni dei fabbricati con pilastri di calcestruzzo armato, collegati ad ogni piano da piattabande e di riempire i vani che restano tra i pilastri con muratura ordinaria di poca grossezza o con pareti doppie, ciò che rende le pareti coibenti.

Questi pilastri, anche per case di parecchi piani, sono di poca grossezza e così si ha anche il vantaggio di usufruire meglio dell'area disponibile, ciò che nelle grandi città ha un'importanza non indifferente in causa dell'enorme prezzo delle aree fabbricabili.

Difatti mentre coi muri comuni la superficie in pianta dei muri di telaio è compresa fra $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{5}$ di quella complessiva dei relativi corpi di fabbrica, coi muri intelaiati di calcestruzzo armato, tale superficie può essere ridotta a $\frac{1}{7}$ e anche a $\frac{1}{10}$. La casa che l'Hennebique, il più grande costruttore di lavori in cemento armato, si è fabbricata a Parigi in via Danton, ha i muri esterni di cm. 18 di grossezza ed è alta m. 28,50.

d) Piedritti di archi e vólte.

Trattando degli archi e delle vólte si sono forniti dei dati in proposito: quelli della Tabella che segue possono servire solo per i muri d'appoggio di vólte d'ampiezza limitata. I piedritti si possono fare più deboli (meno grossi) quando essi stessi son caricati. Anche colla soprammuratura della vólta fino a $\frac{2}{3}$ di monta diventa suscettibile di riduzione la groschezza dei piedritti, perchè con questo carico la linea di mezzaria della pressione viene ad assumere una posizione più favorevole alla stabilità.

Tabella LXXVIII.

INDICAZIONE DEL GENERE DI VÓLTA	GROSCEZZA DEI PIEDRITTI per una portata della vólta = l
1. Vólte a botte.	
a) arcate semicircolari	$\frac{1}{6} l$.
b) archi ribassati; fino a una freccia eguale a $\frac{1}{4}$ della portata	$\frac{1}{4} l$.
c) archi ribassati; con freccia minore di $\frac{1}{4}$ della portata	$\frac{2}{7} l$.
d) archi rialzati	$\frac{1}{6} \div \frac{1}{7} l$.
2. Vólte ad arcate a segmenti.	
a) arcate ognuna coi suoi piedritti più o meno caricati	$\frac{1}{3} \div \frac{1}{6} l$.
b) lunette	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{6} l$ (non mai meno però di 3 teste).
3. Vólte a padiglione	per pianta quadrata $\frac{2}{3}$ della groschezza per vólte a botte di egual portata; $\frac{3}{4}$ per pianta in cui una dimensione sia doppia dell'altra.
4. Piattabande	$\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} l$.
5. Vólte a cupola	$\frac{1}{3} l$ (la metà della groschezza corrispondente per vólte a botte di egual portata).
6. Vólte a cupola a segmenti	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{6} l$ per m. 2 di portata, ma non mai meno di 5 teste.
7. Vólte a crociera	
a) ribassate e semicircolari	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{6}$ della portata in direzione diagonale.
b) sopraelevate ed a sesto acuto	$\frac{1}{5} \div \frac{2}{7}$ id. id.
8. Vólte a stella o a raggi	$\frac{1}{4} \div \frac{1}{7}$ id. id.

BIBLIOGRAFIA

Le stesse osservazioni fatte per la bibliografia del capitolo I valgono per questa. Gli argomenti svolti, o solo accennati, nel presente capitolo sono talmente vari ed hanno così stretti rapporti con tanti altri argomenti interessanti l'arte costruttiva, che non è possibile formare distinte bibliografie per ogni argomento, e se anche lo fosse, e lo si facesse, si varcherebbero i limiti di questo manuale. Siccome però gli argomenti di questo capitolo sono più generali di quelli del capitolo precedente, e trovano nei trattati di costruzione maggiore sviluppo, così si sono qui sotto indicati i titoli dei principali fra i detti trattati. Non si sono invece ricordate tutte le enciclopedie, i dizionari tecnici e tecnologici e i manuali in cui si possono rintracciare notizie, anche diffuse, di ciò che ha attinenza coll'arte muratoria, e neppure le numerose monografie su fabbricati civili, ecclesiastici, ecc., in cui si rinvengono utili e interessanti esempi per l'arte stessa.

Meno che per la carpenteria si hanno periodici speciali sull'arte muraria; sono invece numerosi quelli sulla costruzione in genere; se ne trovano però alcuni relativi a qualche speciale ramo dell'arte. Così le *Ciment*, i *Cement und Beton*, il *Beton und Eisen*, il *Ziegler-Kalender*, il *Brick, tile and pottery Gazette*, ecc. Nei periodici tecnologici, industriali, di chimica, ecc., si rinvengono poi numerose notizie sui materiali da costruzione, loro usi, fabbricazione ecc., e nei periodici di architettura e di costruzione articoli relativi tanto alla

parte teorica quanto alla pratica dell'arte costruttiva. Sarebbe forse stato utile dare un elenco dei più importanti di detti articoli, ma questa bibliografia avrebbe assunto uno sviluppo sproporzionato alla presente opera, la quale ha per iscopo principale di servire di guida all'architetto. Perciò basterà che questi, quando voglia conoscere più particolarmente ciò che si è scritto sopra un dato argomento, ricorra alle pubblicazioni periodiche contenute nella bibliografia generale.

Pubblicazioni italiane.

- ANLORIO A., *Cementi italiani*. 1893.
- AXERIO GIULIO, *Della fabbricazione dei laterizi, ecc.* Zanelli, Milano 1868.
- BAIO A., *Spinte orizzontali, equilibrio e calo delle volte*. Napoli 1885.
- ID., *Memoria sui punti di rottura e calo totale degli archi gravati di pesi continui o discontinui*. Napoli 1887.
- ID., *Teorema generale di costruzione e spinte di archi a cuspidi*. Napoli 1889.
- BENNATI E., *Le costruzioni in cemento e ferro secondo il sistema Monier*. 1888.
- BIADEGO G. B., *Fondazioni ad aria compressa. Ponti metallici*. 1886.
- BLENGINO S., *Delle principali cave di pietre da lavoro dell'Alta Italia*. 1895.
- BONI CARLO, *Sulla natura e resistenza alla pressione dei minerali e dei materiali edilizi della provincia di Modena*. Toschi, Modena 1874.
- BOTTAGISIO, *Origine, natura e commercio dei sassi veronesi*. Verona 1799.
- BOTTI E., *Dei marmi delle Alpi Apuane e della loro lavorazione*. Firenze 1876.
- BOZZO G., *Sulle formole riguardanti la stabilità dei muri di sostegno*. Roma 1884.
- BREYMANN G. A., *Trattato generale di costruzioni civili*.
- BRUNO G., *Le fondazioni pneumatiche e quelle profonde*. Appendice al corso di costruzioni idrauliche con la collaborazione di F. AMATO, 2^a ediz., 1895.
- CADORNI L., *Studii teorici e pratici di architettura e di ornato per la erezione delle fabbriche in terra colta adattati ai bisogni del secolo*. Venezia 1860.
- CANEVAZZI S., *Siderocemento; formole di resistenza e di elasticità*.
- CANTALUPI A., *Istituzioni pratiche sull'arte di costruire le fabbriche civili*.
- CAPACCI C., *Materiale e processi dell'industria mineraria e metallurgica*.
- CASTIGLIANO A., *Stabilità delle costruzioni in terra ed in muratura*. Torino.
- CATTANEO L., *L'arte muratoria*. 1889.
- CAVALIERI DI SAN BERTOLO, *Istituzioni di Architettura statica e idraulica*. Mantova 1853.
- CAVALLI G., *Memoria sul delineamento equilibrato degli archi in muratura ed in armatura*. Torino 1859.
- CAVEGLIA C., *Sulla teoria delle travi e dei lastroni di cemento armato caricati di pesi*. Voghera, Roma 1900.
- CODAZZA G., *Sull'equilibrio astratto delle volte*. Pavia 1847.
- Costruttore (II), *Trattato pratico delle costruzioni civili, industriali, ecc.*
- CRUGNOLA G., *Sui muri di sostegno delle terre e sulle traverse dei serbatoi d'acqua*. 1883.
- ID., *Sulla spinta delle terre e delle masse liquide*.
- CURIONI G., *Resistenza dei materiali e stabilità delle costruzioni*. Negro, Torino.
- ID., *Materiali da costruzione e analisi dei loro pezzi*. Negro, Torino 1883.
- ID., *L'elasticità nella teoria dell'equilibrio e della stabilità delle volte*. Torino 1880.
- ID., *Costruzioni civili, stradali e idrauliche*. Negro, Torino.
- ID., *Geometria pratica applicata all'arte del costruttore*. Negro, Torino.
- DAL MONTE, *Monografia litologica vicentina*. Vicenza 1884.
- DE BENEDICTIS B., *Nuovo metodo facilissimo per calcolare la spinta dei terrapieni applicato alla pratica delle costruzioni, seguito da nuove regole sulla stabilità dei muri che sostengono grandi sopraccarichi di terra*. Torino 1865.
- Enciclopedia delle Arti e Industrie*. Unione Tip.-Editrice Torinese. V. i vocaboli: Alabastro - Archi e volte - Ardesia o lavagna - Bitume, asfalto, catrame - Calce, Cemento - Fabbriati - Geologia - Gesso - Intonaco idrofuogo - Laterizi - Macinazione e triturazione - Marmi - Porte e finestre - Resistenza dei materiali - Scale - Solai e soffitti.
- Enciclopedia dell'Ingegnere*. Vol. I, parte 2^a. *Costruzione dei muri di sostegno e delle strade*. Fondazioni. 1893.
- ID. Vol. IV, parte 2^a. *Mezzi per effettuare il trasporto dei materiali e per l'esecuzione di edifici e di opere d'arte. Apparecchi e macchine per le trivellazioni*. 1896.
- ID. Vol. IV, parte 3^a. *Estrazione e lavorazione delle pietre. Macchine per la fabbricazione delle malte, ecc.*
- FARINA, *Cenni sui marmi veronesi*. Verona 1874.
- FONTANA, *La Basilica Vaticana*.
- FOPPIANI, *Volimetria elementare con correzioni ed aggiunte sulle curve di raccordamento e sul tracciamento delle centine per l'ing. A. ARNAUD*. 1890.
- FORMENTI C., *La pratica del fabbricare*. Hoepli, Milano.
- FUBINI L., *Trattato sulla resistenza dei materiali applicata alle costruzioni in legno, in ferro ed in muratura senza analisi infinitesimale*. Torino 1871.
- FUBINI e GAMBARI, *Sulle esperienze della resistenza di alcune pietre naturali da costruz. delle prov. venet.* Venezia 1873.
- GABBA e CAVEGLIA, *Corso di costruzioni civili e militari*. Unione Tip.-Editrice Torinese, 1879.
- GABUSSI C., *L'arte del costruttore*. Milano 1869.
- GARUFFA E., *Meccanica industriale*. - III. *Lavorazione dei legnami, delle pietre, del vetro e delle argille*. 1898.
- GELATI C., *Nozioni pratiche ed artistiche di architettura*. Bertolero, Torino 1900.
- GHIOTTI E., *Osservazioni di massima sui mezzi pratici e teorici per il calcolo degli archi in muratura*. Torino 1892.
- GUASTI CESARE, *La cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze*. Barbera, Firenze 1857.
- GUGGENHEIM M., *Le cornici italiane dalla metà del secolo XV allo scorcio del XVI*. 1896.
- GUIDI C., *Lezioni sulla scienza delle costruzioni*. - V. *Spinta delle terre e muri di sostegno*. 1894.
- ID., *Le costruzioni in « béton » armato (Conferenze)*. Bertolero, Torino 1901.
- ID., *Prove sui materiali da costruzione*. Clausen, Torino 1901.
- Il Politecnico*. - Articoli vari sui materiali di costruzione, teoria delle volte, muri di sostegno, ecc.
- JANNACARO G., *Catechismo di costruzione civile per istruire i muratori*. Napoli.
- JERVIS G., *Geologia economica dell'Italia. Illustrazione delle pietre da costruzione, da taglio, da ornamento, quelle per la scollatura, ecc.* Torino 1889.
- LANINO L., *Corso di costruzioni stradali e idrauliche*. Unione Tip.-Editrice Torinese, 1859.
- LENTI A., *Corso pratico di costruzioni*. 1891.
- LEVI C., *Fabbriati civili di abitazione*. Hoepli, Milano.
- LOMBARDI, *Collezione di materiali da costruzione*. Brescia 1884.
- MAGENTA CARLO, *L'industria dei marmi apuani*. Barbera, Firenze 1874.
- MAZZOCCHI L., *Calci e cementi*. Hoepli, 1895.
- MENEGHINI, *Notizie sui marmi campigliesi*. Firenze 1859.
- MOLINARI F., *Laterizi, gesso, pozzolane, calci e cementi*. 1887.
- MOLINI G., *La Metropolitana fiorentina illustrata*.
- MORIN A., *Resistenza dei materiali impiegati nelle costruzioni* (traduzione di A. CANTALUPI). Milano.
- MUSSO e COPPERI, *Particolari di costruzioni murati e finimenti di fabbricati*. 1884.
- NELLI G. B., *Ragionamento sopra la maniera di voltare le cupole*. Paperini, Firenze 1753.
- NONNIS-MAZZANO F., *Trattato di costruzione civile, ecc.* 1883 (con Appendice, 1895-96).

- PAGAN DE PAGANIS M., *Cornici di terracotta in Bologna*. 1880.
- PANETTI M., *Esperienza comparativa sulle travi in « béton » armato*. Bertolero, 1902.
- PELLATI, *I travertini della campagna romana*. Roma 1883.
- PERREAU L., *L'arte della sonda*. Hoepli, Milano 1885.
- PIZZICARIA CESARE, *Trattato analitico dei prezzi per l'arte dello scalpellino*. Roma 1889.
- PONZA DI S. MARTINO L., *Istituzioni di architettura civile raccolte e ordinate*. Torino 1836-37.
- POZZI L., *Le fondazioni pneumatiche ad aria compressa* (in-8° con 63 fig. e 24 tav. in-4°). 1892.
- RAGAZZONI, *Saggio di minerali bresciani adoperati o atti ad adoperarsi nelle arti decorative ed edilizie*. 1879.
- REGIS D., *Corso di applicazioni della geometria descrittiva* (fasc. II).
- REYNAUD, *Trattato di architettura*. Venezia 1857.
- RICCI A., *Manuale del marmista*. 1895.
- RITTER G., *La statica delle volte nelle gallerie*. Milano 1879.
- RONDELET, *Trattato teorico-pratico dell'arte di edificare* (versione di B. SORESINA). Mantova 1835-46.
- SACCHI A., *L'economia del fabbricare*. Hoepli, Milano 1879.
- SALEMI-PAGE G., *Teoremi sull'equilibrio delle volte simmetriche simmetricamente sovraccariche*. Palermo 1879.
- SALMOIRAGHI F., *Materiali naturali da costruzione*. 1892.
- SCANZIN J., *Nuovo corso completo di pubbliche costruzioni*. Venezia 1855.
- SIEMENS F., *Nuovo metodo di riscaldamento con libero sviluppo della fiamma*. 1887.
- TACCHINI A., *Trivellazione di saggio per opera di fondax*. 1897.
- TALOTTI G., *Manuale pratico di voltimetria* (3ª ediz.). 1883.
- TESTI L., *L'arte del fabbricare*. 1891.
- TRADUCCO, *Collezione delle rocce della provincia di Piacenza*. Piacenza 1890.
- TUCCI F. P., *Delle misure delle volte rette ed oblique*.
- TURAZZA G., *Lavori subacquei ad aria compressa*. 1888.
- VACCHELLI G., *Costruzioni in calcestruzzo ed in cemento armato*. Hoepli, Milano 1900.
- VITTONO BERNARDO, *Istruzioni diverse dell'architetto civile*. Lugano 1766.
- ZOLFANELLI C., *La Lunigiana e le Alpi Apuane*. Barbera, Firenze.
- ZOPPETTI V., *Nozioni teorico-pratiche sui sistemi di trasporto con funi metalliche*.
- Pubblicazioni francesi.**
- ADHÉMAR J., *Traité de la coupe des pierres*. 1874.
- Analyse chimique des matériaux de construction. Étude spéciale des matériaux d'aggrégation des maçonneries*. 1897.
- AUMINAU, *Traité complet et pratique de la construction des escaliers en charpente et en pierre*. Paris.
- BAES J., *Tours et tourelles historiques de la Belgique*. 1884 Bruxelles.
- BARBEROT E., *Traité de constructions civiles*. 1895.
- BARRE L. A., *Mémoire de l'architecte et de l'entrepreneur*. 1896.
- BAUDSON E., *Connaissance, recherche et essais des matériaux de construction et de ballastage*. 1884.
- BERGER C. et GUILLERME W., *La construction en ciment armé. Applications générales. Théories et systèmes divers*. 1903 Paris.
- BLANC P., *Nouveau traité élémentaire et pratique d'escaliers*. Paris.
- BOERO J., *Fabrication et emploi des chaux hydrauliques et des ciments*. Paris 1903.
- BOILEAU L. C., *Le ciment armé. Nouvelle méthode d'application*. 1897.
- BOITEL C., *Les constructions en béton armé*. 1899.
- BONNAMI H., *Fabrication et contrôle des chaux hydrauliques et des ciments*. 1888.
- BONNEVILLE P. JAMES, ETC., *Les arts et les produits céramiques. Fabrication des briques et des tuiles, des pierres artificielles*. 1897.
- BORGNI J. A., *Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile*. Bruxelles 1840.
- BOSC E., *Dictionnaire raisonné d'architecture et des sciences et arts qui s'y rattachent*. 1877-80.
- BOURRY E., *Traité des industries céramiques*. Paris 1897.
- BOUSSIRON S., *Note sur les constructions en ciment armé*. 1890.
- BRONGNIART, *Traité des arts céramiques*.
- BULLET, *Architecture pratique, qui comprend la construction gén. et part. des bâtiments*. Paris 1768.
- CANDLOT T., *Ciments et chaux hydrauliques*. 1897.
- CHABAT P., *La brique et la terre cuite*. 1881-90.
- CHAIX J., *Traité de la coupe des pierres*.
- CHALLETON DE BRUGHAT, *L'art du briquetier*.
- CHATEAU TH., *La technologie du bâtiment*. Bance, Paris 1863.
- CHÉRY J., *Pratique de la résistance des matériaux dans la construction*.
- CHOISY AUG., *L'art de bâtir chez les Romains*. Ducher, Paris 1873.
- CHRISTIE et CHAREYRE, *Manuel de l'architecte-maçon*. Marpon et Flammarion, Paris.
- CHRISTOPHE P., *Le béton armé et ses applications*. Paris.
- CLAUDEL J. et L. LAROQUE, *Pratique de l'art de construire*. 1899.
- COIGNET E. et N. DE TEDESCO, *Calcul des ouvrages en ciment avec ossatures métalliques*. 1894.
- COIGNET F., *Emploi des bétons agglomérés*. Lacroix, Paris 1862.
- COMBAZ P., *La construction*. 1895.
- CORDEAU A. L., *Préparation de la construction. Maçonneries. Marbrerie. Ciment armé*.
- COSYN L., *Etude théorique sur la résistance des voûtes*.
- COURTIN A. J., *La résistance des matériaux mise à la portée de toutes les personnes qui s'occupent des constructions*. Mons 1873.
- DEBAUVE A., *Procédés et matériaux de construction*. 1885-88.
- DEGEN L., *Les constructions en briques*. Paris 1860.
- DECOUSSÉE et CH. LAURENT, *Guide du soudeur*. Garnier, Paris.
- DEJARDIN, *Routine de l'établissement des voûtes*. Dunod, 1860 Paris.
- DE LA GOURNERIE J., *Théorie et construction de l'appareil hélicoïdal des arches biaises*. 1887.
- DE LA RUE J. B., *Traité de la coupe des pierres*. Rorel, Paris.
- DEMANET A., *Cours de construction*. Lacroix, Paris 1861.
- Id., *Guide pratique du constructeur. Maçonnerie*. Hetzel 1889.
- DENFER J., *Architecture et construction civiles. Maçonnerie*. 1891.
- DÉTAIN C., *Construction en briques*. 1882-86.
- DE VOS N., *Cours de construction*. Paris.
- DOULIOT J. P., *Traité spécial de coupe des pierres*. 1869.
- DUBOIS J., *Notice sur les constructions en ciment armé*. Paris.
- DUBOSQUE J., *Études théoriques et pratiques sur les murs de soutènement*. Baudry, Paris 1887.
- DUFFAN, *Guide du constructeur*.
- DUMAS, *Table du développement des arcs elliptiques*, publiée par SERGENT.
- DUPUIT J., *Traité de l'équilibre des voûtes et de la construction des ponts en maçonnerie*. 1872.
- DUQUESNAY, *Mortiers et ciments*. 1883.
- Id., *Résistance des matériaux*. Paris 1897.
- DURAND-CLAYE C. L., DERÔME et R. FENET, *Chimie appliquée à l'art de l'ingénieur*.
- ECHENOZ H., *Cours pratique de coupe des pierres*. 1887.
- ECK, *Construction en poterie et en métal*. Dunod, Paris.
- Essais comparatifs de voûtes en matériaux divers*. Rapport de la Commission des voûtes de l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens. Traduit par DE TEDESCO, ZSCHOTTE et CANDLOT, 1896.
- EVARD A., *Les moyens de transport appliqués dans les mines, les usines et travaux publics*. 1873-74.
- FABRÉ V., *Études sur la théorie des voûtes*. 1845.
- FERROUX S., *Petit manuel pratique de construction. Maçonnerie*.
- FLAMANT A., *Stabilité des constructions*. 1886.
- FOY J., *Étude générale sur les fondations* (Nouvelles annales de la construction, 1865-66).
- Id., *La céramique des constructions. Briques, tuiles, carreaux, poteries, ecc.* Paris 1803.
- FREZIER, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres, etc.* Strassburg 1737-39.
- FUGAIRON J., *Petits procédés à l'usage du bâtiment*. Paris.
- GODIN A., *Stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres*. Paris.
- GOGUET, *Épures d'escaliers en pierre, gravés au trait par Normand*. Liège 1838.
- GOSSET A., *Les coupôles d'Orient et d'Occident*. 1890.

- GOULLY A., *Théories sur la stabilité des hautes cheminées en maçonnerie.*
- GOUIN E., *Manuel pratique de construction.* Ducher, Paris.
- GRANGE C., *Chaux et sels de chaux appliqués à l'art de l'ingénieur.* 1894.
- Id., *Étude sur l'emploi des pieux métalliques dans les fondations des ouvrages d'art.* 1892.
- GUADET J., *Éléments et théories de l'architecture.* 1902.
- GUILLEMEN, *Les escaliers (La Semaine des constr.,* anné 15, pag. 364, 374-387, 411).
- HACQUART E., *Nouveaux systèmes de battage des pieux.* Dejeu, Paris 1876.
- HALLOPEAU et LASCOMBE, *Les matériaux de construction et leur emploi.* Paris.
- HUBERT (D') E., *Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre.*
- Id., *Les chaux et ciments. Les produits céramiques.*
- JAGNAUX R., *Traité de minéralogie appliquée aux arts, à l'industrie, etc.* 1885.
- JOMBERT C., *Architecture moderne ou l'art de bien bâtir pour toutes sortes de personnes.* Paris 1728.
- JOYEUX E., *Nouvelle méthode graphique pour le tracé du profil des murs de soutènement et des pilastres des portes.* 1899.
- KRANTZ, *Mur de réservoirs.* Dunod, Paris.
- LACROUX J., *La brique ordinaire au point de vue décoratif.* Paris 1878-86.
- LAFARGUE J., *La poussée des terres et la stabilité des murs de soutènement et de revêtement, suivies d'une théorie sur les murs de réservoirs et les bâtardeaux.* Paris.
- LAMBERT T., *Escaliers et ascenseurs.* 1898.
- LAECK L., *Traité pratique de la construction moderne et description du matériel employé par les constructeurs en maçonnerie.* Paris.
- LAUNOY J., *Cours pratique de coupe des pierres.* 1899.
- LAVERGNE G., *Étude des divers systèmes de constructions en ciment armé.* 1899.
- LAVIT (père et fils), *Traité de la coupe des pierres.* Marseille 1866.
- LE BÈGE, *Les tuyaux de fumée.* André Daly, Paris.
- LEBRUN F. M., *Traité pratique de l'art de bâtir en béton.* Paris 1843.
- LEDUC E., *Chaux et ciments.*
- LEFÈVRE L., *La céramique du bâtiment.* Paris 1897.
- LEFÈVRE V., *Les cheminées d'usines.* 1894.
- LEFORT L., *Calcul des poutres droites et planchers en béton de ciment armé.* 1899.
- LEFUEL et ECHENOZ, *Cours pratique de coupe des pierres.* Paris.
- LEGOÛZ R., *De l'emploi du bouclier dans la construction des souterrains.* 1897.
- LEJEUNE E., *Traité pratique de la coupe des pierres.* 1887.
- Id., *Guide du chausournier et du plâtrier, du fabricant de ciments, bétons et mortiers hydrauliques.* 1892.
- LEMAIRE, *Escaliers d'art.* André Daly, Paris.
- LEROY G. F. A., *Traité de stéréotomie.* 1887.
- LIEBEAUX M. G., *Des applications du ciment armé.*
- LIGER, *Jambes étrières et autres points d'appui dans les bâtiments.*
- LIPOWITZ A., *Traité pratique de la fabrication du ciment de Portland.*
- LIPPMANN E., *Petit traité de sondage.* 1880.
- LUBOMIRSKI G., *Notice sur l'amélioration des ciments au moyen d'une addition de chaux.* André Daly, Paris 1889.
- LUCOTTE, *L'art de maçonnerie.* Paris 1783.
- Maçonnerie (Traité théorique et pratique de) et des parties qui s'y rattachent*, par C. B. (Album di 40 tavole e testo).
- MAIHLS A., *Le béton et son emploi dans les constructions civiles, maritimes et militaires.* 1893.
- MAIGNIER B., *Nouveau manuel complet du chausournier, plâtrier, carrier, contenant l'exploitation des carrières, la fabrication du plâtre.*
- MALEPEYRE et A. ROMAIN, *Briquetier, tuilier.* Rorel, Paris.
- MARECHAL M. C., *Notice sur l'emploi de l'air comprimé au fonçage des piles et culées.* Paris 1861.
- MARIETTE, *Traité pratique et raisonné de la construction en Égypte.*
- MÉRY E., *Mémoire sur l'équilibre des voûtes en berceau.* 1840 Paris.
- MERMAN, *Traité de constructions civiles.*
- MONDIT L., *Traité théorique et prat. de la stéréotomie.* 1889.
- MOREL M. A., *Le ciment armé et ses applications.* Masson, Paris 1903.
- NICOLE D., *De l'emploi des briques ordinaires dans la construction et la décoration.* Ducher, Paris.
- NORAT J., *Cours pratique de résistance des matériaux, professé à la Société d'enseignement professionnel du Rhône.* 1900 Paris.
- NORMAND CH., *Vignole des ouvriers. Maçonnerie, terrasse, charpente, etc.*
- OSLET et J. CHAIX, *Matériaux de construction et leur emploi.*
- Id., *Traité des fondations, mortiers, maçonnerie.*
- PAUL, *Des pierres artificielles.* E. Lacroix, Paris 1868.
- PERRET A., *Chaux, ciments et mortiers.*
- PILLET J., *Cours des sciences appliquées aux arts. Traité de stéréotomie.* 1887.
- PLANAT P., *Recherches sur la théorie des ciments armés.*
- Id., *Pratique de la mécanique appliquée à la résistance des matériaux.*
- Id., *Encyclopédie de l'Architecture et de la construction.* Dujardin, Paris.
- PONCELET, *Mémoire sur la stabilité des revêtements et de la leur fondation.* Liège 1845.
- PONTZEN, *Procédés généraux de construction.* Baudry, Paris.
- PRALY P., *Études sur la construction des voûtes biaisées.* 1898 Paris.
- PRÉAUDEAU (DE) A. et PONTZEN, *Procédés généraux de construction. Travaux d'art.*
- PRUD'HOMME, *Cours pratique de construction. Terrassement, ouvrage d'art, conduite des travaux, matériel, fondation, dragage, mortiers et béton, maçonnerie, etc.*
- RAMÉE D., *L'architecture et la construction pratique.* Paris 1881.
- RAUCHÉ E. et C. BRISSE, *Coupe des pierres.* 1893.
- ROUBO, DELBREL, LEMAIRE, GODARD, *Traité et modèles d'escaliers d'art.*
- RUNGE, *Essais sur les constructions en briques en Italie.* 1847-49.
- SANGINETTI, *Album d'escaliers, élévations, plans, coupes et détails.* Paris.
- SCHIEFFLER H., *Traité de la stabilité des constructions. Théorie des voûtes et des murs de soutènement.* Paris 1864.
- SIMONET E., *Maçonneries. Pierres naturelles et artificielles. Chaux, ciments et mortiers.* 1897.
- SIMONIN, *Traité élémentaire de la coupe des pierres ou art du trait.* Paris 1792.
- TEDESCO (N. DE), *Tables et graphiques pour le calcul des arcs surbaissés en maçonnerie.* 1891.
- THIERRY, *Recueil d'escaliers en pierre, en charpente, en fonte.* Paris.
- TOURNIER, *Étude pratique sur l'industrie des marbres en France.*
- TOUSSAINT, *Manuel du maçon-plâtrier, du carreleur et du paveur.* Paris 1834.
- TOUSSAINT DE SENS, *Manuel de la coupe des pierres.* Paris 1844.
- VIEL C. H. F., *Des fondements des bâtiments publics et particuliers.* Paris 1804.
- VIOLET A., *Le marbre et les machines à travailler le marbre à l'Exposition de 1878.*
- WANDERLEY G., *Traité pratique de constructions civiles.* 1885-86.

Publicazioni tedesche.

- ADAMI H., *Entwürfe f. Ziegelrohbau.* Berlin.
- ADLER, *Der Architekt und Maurermeister.* Scholtze, Leipzig.
- AUFRIETH E., *Statische Berechnung der Kuppelgewölbe.* 1896.
- BASTINE P., *Berechnung u. Bau hoher Schornstein.* Leipzig 1898.
- BAUSCHINGER J., *Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium.* 1873-02.
- BECKER W. A., *Praktische Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen gewerblichen, landwirthschaftlichen und Kunst-Gegenständen.* Berlin 1869.
- BECKER W., *Der Bau von feuerfesten Treppen aus natürlichen und künstlichen Steinen.* Berlin 1862.
- BEISE W. H., *Die praktischen Arbeiten u. Baukonstruktionen d. Maurers u. Steinhauers in allen ihren Theile.* Weimat 1893.
- BEIER R., *Der Granit.* 1891.

- BETRKE H., *Decoration Ziegelbau ohne Mörtelputz. Mauerflächen, Gesimse, Balustraden, Ziergebäude, etc.* 1878 Stuttgart.
- Id., *Der polychrome Backsteinbau ohne Anwendung von natürlichem Gestein.* Stuttgart 1897.
- BOCK O., *Die Ziegelfabrikation. Hand. bei Anlage u. Betrieb d. Ziegeleien.* Weimar 1894.
- BÖHMNER und FR. NEUMANN, *Kalk, Gips und Cement.* Weimar 1886.
- BOSSE A., *Kunstrichtig und probmässige Zeichnung zum Steinhaufen in der Baukunst.* Nürnberg 1699.
- BRENNECKE L., *Der Grundbau.* Toeche, Berlin 1883-95.
- BUCHHOLZ P., *Die Fabrication der Dachfalzziegel.* 1899.
- BÜSING J. W. u. C. SCHUMANN, *Der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen.* 1899.
- CHOLICH-LÖWENBERG H. v., *Anleitung zum Wasserbau, etc.* Stuttgart 1865.
- CLAUSSEN E., *Die statische Berechnung der Fabrikschornsteine.* 1897.
- CONSIDÈRE, *Zement-Eisen-Konstruktionen.*
- CORRELL F., *Portale und Thüren.* 1898.
- CREMER u. WOLFFENSTEIN, *Der innere Ausbau.* Wasmuth 1886-94.
- DEBO L., *Beitrag zu den Gewölbekonstruktionen.* 1899.
- DELABAR G., *Die wichtigsten Steinkonstruktionen.* Freiburg 1879.
- DIESENER H., *Die Baukonstrukt. d. Maurers, einschl. Baumaterialienkunde.* Halle 1897.
- DÜMMLER K., *Handbuch der Ziegel-Fabrication.* Halle 1899.
- DURM J., *Die Domkuppel in Florenz und die Kuppel der Peterskirche in Rom.* Berlin 1887.
- ECKHARDT H., *Die Konstruktion von Brennöfen für Ziegeleien und Thonwarenfabriken.* Scholtze, Leipzig.
- ENGEL F., *Die Bauausführung.* Berlin 1885.
- Id., *Der Kalk-Sand-Pisebau und die Kalksand-Ziegelfabrikation.* Leipzig 1865.
- ENGELS H., *Untersuchungen über den Seitendruck d. Erde auf Fundamentkörper.* 1896.
- ERNST P., *Der Maurer.* Scholtze, Leipzig.
- FABIAN, *Ueber Gewölbetheorien.* Scholtze, Leipzig.
- FAUCK A., *Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers.* 1877 (con due supplementi: Fortschritte in der Erdbohrtechnik, 1899, e Neuerungen in der Tiefbohrtechnik, 1889).
- FEICHTINGER G., *Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien.* 1895.
- FINKELSTEIN, *Armierter Beton (Syst. Hennebique).*
- FLEISCHINGER A. J. u. W. A. BECKER, *Der Backstein-Rohbau in s. ganzen Umfange.* Berlin 1862-63.
- Fortschr. der Ing. Wissensch.*, I, 1. Druckkluft, Gründungen 1896.
- FRAUENHOLZ W., *Baukonstruktionslehre für Ingenieure.* 1876 München.
- GABRIEL A., *Grundzüge des Hochbaues.* Wien.
- GERSTENBERG H. v., *Die Cemente.* Weimar 1874.
- GOTTGETREU R., *Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien.* 1880-81.
- Id., *Lehrbuch der Hochbau. Konstruktionen.* Erster Theil. Maurer und Steinmetzarbeiten. Ernst et Korn, Berlin 1880.
- GRAEF A. et M., *Moderne Thüren und Thore.* 1900.
- GUGITZ G., *Neue und Neueste Wiener Bau-Construktionen.* Wien 1896.
- HAGEN G., *Handbuch der Wasserbaukunst.* 1 Theil, 2 Band, Fundirungen. Berlin 1870.
- Handbuch der Architektur.* Parte III, vol. I. *Constructions-Elemente. Fundamente.* - Vol. II, fasc. 3°. *Balkendecken; gewölbte Decken, etc.* - Vol. III, fasc. 2°. *Anlagen zur Vermittlung des Verkehrs in den Gebäuden.*
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften.* Vol. I, p. 3-5.
- HARRES B., *Die Schule des Steinmetzen.* Spamer, Leipzig 1870.
- Id., *Der Maurer.* Id., id.
- HAUENSCHILD H., *Katechismus der Baumaterialien. Die natürlichen Bausteine. Die Mörtelsubstanz.* Wien.
- HAUENSCHILD S., *Die Kessler'schen Fluale. Neue Mittel zur Erhärtung und Conservirung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mörtel. Cementwaaren, Gyps u. Thonwaaren.* 1895.
- HEINZERLING F., *Der Eisenhochbau der gegenwart.* Leipzig.
- HEUSINGER v. WALDEGG E., *Die Ziegelröhren u. Kalkbrennerei.* 1891-92.
- HOFFMANN F., *Theoretische und praktische Anleitung zum Entwerfen und zum Ausführen schiefer Ziegel und Quadergewölbe.*
- HOFFMANN, *Die Bauten von Stein.* Scholtze, Leipzig 1884.
- HOLZ F. W. ZIEGELSTEIN, *Architektur.* Leipzig 1876.
- HÖRNING G. S., *Theoretisch-praktisches Handbuch der verschiedenen Mauerarbeiten, etc.* Leipzig 1836.
- JANKE A., *Lehrbuch der Baumaterialien.* Köln 1895.
- JEEP, *Die Bogenkonstruktionen.* Scholtze, Leipzig.
- JESSEL H., *Hochbau-Muster-Hefte.* Scholtze, Leipzig.
- JESSEL u. MILDE, *Häuser im Stein und Putzbau.* Leipzig 1890.
- KAMMERLING H., *Die Anlage und architektonische Ausschmückung der Treppen und Treppenhäuser.* Berlin 1867.
- KARMARSH R., *Handbuch der mechanischen Technologie.* - Vol. II, 3. *Bearbeitung der Steine Glas. u. Thonwaaren.* 1891.
- KELLER'S O., *Die Baukonstruktionslehre. Der Grundbau,* 1° fasc. - *Die Arbeiten d. Maurers u. Steinmetzen,* 2° fasc. Gera, Nügel 1889.
- KLASEN L., *Handbuch der Fundirungsmethoden im Hochbau, Brüchenbau und Wasserbau.* 1879.
- Id., *Grundriss-Vorbilder von Gebäuden aller Art.* - Vol. XV, p. 5. *Fabriken f. die Thon-, Porcellan-, Kalk-, Cement- u. Glas-Industrie.*
- KLEE H. u. C. H. MEURER, *Die Sandsteinsiegel-Industrie.* 1899.
- KLETTE R., *Der angewandte Zementbau u. s. Bedeutung f. d. bürgerl. Hochbau d. Gegenwart.* Knapp, Halle 1889.
- Id., *Die Architekten der Treppen und Treppenhäuser.* Karlsruhe.
- KICK F., *Vorlesungen über mechanische Industrie Technologie der Metalle, des Holzes, der Steine u. anderer formbarer Materialien.* 1898.
- KOLLER T., *Die Künstlichen Baumaterialien.* 1894.
- KOLZ K., *Mustergültige Thüren u. Fenster älterer und neuere Zeit.* 1888.
- Kompendien-Katalog V. Technologie.* Bau- und Ingenieur-Wissenschaften. K. G. Kochler. Leipzig.
- KÖNEN, *Grundzüge für die stat. Berechnung der Beton-Eisenbauten.*
- KRAUTH T. e F. S. MEYER, *Das Steinhauerbuch. Die Bau- u. Kunstarbeiten des Steinhauers.* 1896.
- KRÜGER R., *Die natürlichen Gesteine.* Wien 1889.
- LANG G., *Anleitung zum Entwerfen und zur statischen Berechnung gemauerter Schornsteine.* 1898.
- Id., *Der Schornsteinbau.* Hannover 1899.
- LANGE W., *Katechismus d. Baukonstruktionslehre.* Leipzig 1898.
- LIEDOLD B., *Ziegelrohbau.* Holzminde 1891.
- Id., *Die neuen continuirlichen Brennöfen.* 1876.
- LUCHT P. J., *Kurze Anleitung f. die Verarbeitung u. Verwendung von Portland-Cement, unter besond. Berücksicht. der Cement-Fabrikation, der Marmor-, Mosaik-, Terrazzo- u. Granito- Kunstarbeiten, des Felsen- u. Guttenbaues.* 1897.
- LITTSCH HANS., *Mittelalterliche Backsteinbauten.* Berlin 1890.
- MACK L., *Ueber hydraulischen Gips (Cementgips) u. über das sogenannte Atanuisieren des Gipses.* 1896.
- MACLAY, *Der Portland-Zement.* Scholtze, Leipzig.
- MANKE A., *Die Baukunst als Steinbau.* Basel 1897.
- MEHL E., *Der Ziegelputzbau. Eine Sammlung von Entwürfen zu Hausansichten Eingängen, Giebeln, Erkeren, Einfahrten u. s. w.* Leipzig 1898.
- MENZEL C. A., *Der praktische Maurer etc.* Halle 1846.
- Id., *Der Steinbau.* Knapp, Halle 1874.
- MEYER G., *Der Grundbau unter Ausschluss der Druckluftgründungen.* 1896.
- MÖLLINGER C., *Elemente des Steinbaues.* Halle 1869.
- MÜLLER H., *Die Maurerkunst. Handbuch zum theoretischen u. praktischen Gebrauche für Baumeister, Architekten und Maurermeister.* Leipzig 1875.
- MÜLLER THEOBALD, *Der Steinmetz in der Schule und in der Praxis.* 1899.
- MYLIUS C. J., *Treppen, Vestibul- und Hof-Anlagen aus Italien.* Leipzig 1867.
- NASKE, *Portland-Zementfabrikation.*
- NEUMANN F., *Die Ziegelfabrikation.* Weimar 1866.
- NIX G. H., *Prakt. u. theoret. Handb. d. Treppenkunst.* Scholtze 1889.

- OLSCHEWSKY W., *Katechismus der Baumaterialien. Die Ziegel-fabrikation*. Wien.
- PIETZSCH FR., *Der Fabrikschornstein*. Freiberg 1896.
- RAUSCHER F., *Der Bau steinerner Wendeltreppen erläutert an Beispielen der deutschen Gothik und Renaissance*. Berlin.
- REBHANN G., *Theorie des Erdruckes und der Futtermauern*. Wien 1871.
- REDTENBACHER R., *Die Architektonik der modernen Baukunst*. Berlin 1883.
- REHBEIN J., *Ausgewählte Monier- und Beton-Bauwerke*. 1894.
- REINNEL F., *Prakt. Vorschriften f. Maurer, Tücher, Haus- u. Stubenmaler, Gips- u. Stuck-arbeiter. Zementierer u. Tappezierer*. Leipzig 1898.
- RINGHOFER E., *Die Lehre vom Hochbau*. 1862.
- RINGLEE A., *Lehrbuch des Steinschnittes der Mauern, Bogen, Gewölbe und Treppen*. 1883.
- RITTER, *Bauweise Hennebique*.
- ROMBERG J. A., *Die Steinmetz-Kunst in allen ihren Theilen*. Wien 1838.
- ROTH F., *Der Praktische Baumeister*. Wien.
- RÜHNE J. F., *Lehrbuch der Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegel-fabrikation*. 1887.
- RUMMLER H., *Der Bau u. d. Konstr. d. Treppen*. Halle 1891.
- SCHMID H., *Die modernen Marmore u. Alabaster*. Leipzig 1897.
- SCHMIDT O., *Practische Baukonstruktionslehre*. Bd. II: *Die Arbeiten des Maurers*. Jena 1887.
- SCHMÖLCKE, *Die Konstruktionen des Hochbaues*.
- SCHWARTZ T., *Die Steinbearbeitungsmaschinen*. 1885.
- Id., *Die Steinbearbeitung*. 1898.
- SCHWARZ F., *Der Grundbau*. Berlin 1865.
- SCHWEDLER J. W., *Die Construct. der Kuppeldächer*. Berlin 1877.
- STEGMANN H., *Die Kalk- Gips- u. Cementfabrikat.* Berlin 1879.
- STEINBRECHT G., *Die Steingut-Fabrikation*. 1891.
- STRACH, HITZIG und BORSTELL, *Der innere Ausbau von Wohngebäuden*. Ernst e Korn, Berlin.
- STRACK H., *Ziegelbauwerke des Mittelalters u. d. Renaissance in Italien*. 1889.
- STRÜCKEL M., *Der Grundbau*. 1895.
- SUTTER C., *Thurmbüch. Thurmsformen aller Stile und Länder*. Berlin 1895.
- SWOBODA C. B., *Grundriss der Thonwaaren-Industrie oder Keramik*. 1895.
- TECKLEBURG T., *Handbuch der Tiefbohrkunde*. 1886-96.
- TORMIN R., *Bauschlüssel f. Zimmerer, Maurer, Dachdecker, Bauuntern, etc.* Weimar 1891.
- TURLEY, *Berechnung armerter Betonkonstruktionen*.
- UNGEWITTER, *Detaills f. Stein u. Ziegel-Architektur in romanisch-gothischer Stile*. Claesen 1889.
- Id., *Lehrbuch der gothischen Konstruktionen*.
- UNNA A., *Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen unter Zugrundelegung der Festigkeit, Dichtigkeit u. Kosten der Mörtels*. 1899.
- Vorlegeblätter für Maurer, ecc. - Für Ziegel- u. Steinarbeiten von UNGEWITTER*. 1885. - *Für Mauer u. Zimmerlente von G. STIER*.
- WAHLBURG, *Die Schleif- Polir- und Putzmittel*. Wien 1886.
- WALTER und WEISKE, *Berechnung von Träger und Stützen aus Beton*.
- WAYSS und FREYTAG, *Der Beton-Eisenbau*.
- WEGENER F., *Die Arbeiten des Maurers u. Zimmermanns, des Tischlers u. Dachdeckers, sowie Feuerungsanlagen*. 1895 Fulda.
- WEHRLEJ., *Projectiv. Abhandlung über Steinschnitt*. 1860-80.
- WEINGARTNER W., *System des Christlichen Thurmbaus*. Göttingen 1860.
- ZULKOWSKI K., *Zur Erhärtungstheorie des natürlichen u. Künstlichen hydraulischen Kalkes*. 1898.
- ZWICK H., *Hydraulischer Kalk und Portland-Cement*. 1892.
- Id., *Die Natur der Ziegelthone u. die Ziegel-Fabrikation der Gegenwart*. 1894.

Pubblicazioni inglesi.

- ASHPITEL A., *Treatise on architecture: including the arts of construction, building, Stone-masonry, arch. roof, joinery, carpentry, and strength of materials*. Edinburg 1867.
- BAKER J. O., *A treatise on masonry construction*. New York 1890.
- BALE M. P., *Stone-Working Machinery*. 1898.
- BELL G. J., *Practical Treatise on Segmental and Elliptical Oblique or Skew Arches*. 1896.
- BROWN C., *Healthy foundations for houses*. New York 1885.
- BURN R. S., *Building construction*. London 1873-76.
- BUTLER D. B., *Portland Cement-Its Manufacture, Testing, and Use*. 1899.
- CHRISTIE W. W., *Chimney Design and Theory*. 1899.
- COURTNEY C. F., *Masonry Dams from Inception to Completion, including Formulae Specifications, Tenders, Diagram of Forces, etc.* 1897.
- DAVIDSON E. A., *The Elements of building construction and architectural drawing*. London 1869.
- DAVIS C. T., *Complete and Practical Treatise on the Manufacture of Bricks, Tiles, Terra Cotta, etc.* 1889.
- DOBSON EDWARD, *An elementary treatise on the manufacture of bricks and tiles*. Virtue, London 1888.
- Id., *Foundations and concrete works*. London 1881.
- FOWLER C. E., *The Coffin-Dam Process for Piers*. 1898.
- GILLMORE Q. A., *Practical Treatise on Limes, Hydraulic Cements and Mortars*. 1879.
- GRUNER'S, *Terra-cotta Architecture of North Italy*. 1865.
- HAMMOND A., *Rudiments of Practical bricklayng, etc.* London 1875.
- HEATH A. H., *Lime and Cement-Their Treatment and Use in Construction*. 1893.
- HOFFMANN'S KILNS (Spens' Dictionary of Engineering, part 69).
- HOWE M. A., *Treatise on Arches*. 1897.
- HOWE M. A., *Retaining Walls for Earth; including the Theory of Earth-Pressure as developed from the Ellipse of Stress*. 3rd. edit. revised and enlarged. 1897.
- Improved Aerial Ropeways for Economical Transportation*. 1893.
- JOHNSON J. B., *The Materials of Construction*. London 1897.
- LEE A., *Marble and Marble Workers*. 1887.
- LYMAN J. F., *Building foundations (Building, Bd. 4)*.
- MARWICK, Th., *Staircases*. *Building news*. Vol. 46, pag. 550, 588, 625-665, 769, 807.
- PATTON W. M., *Practical Treatise on Foundations*. 1893.
- POWEL G. T., *Foundations and foundation walls for all classes of buildings*. New York 1885.
- PURCHASE W. R., *Practical Masonry*. 1898.
- REDGRAVE G. R., *Calcareous Cements-Their Nature and Uses, with some Observations on Cement Testing*. 1895.
- REID H., *Science and Art of the Manufacture of Portland Cement*. 1887.
- SCOTT BERN, *Building construction, showing the employment of brickwork and masonry in the construction of buildings*. Glasgow 1876.
- SIEBER J. S. e F. C. BIGGIN, *Moderne Stone Cutting and Masonry*. 1896.
- SPALDING F. P., *Hydraulic Cement-, its Properties, Testing and Use*. 1897.
- SPARKES J. C. L. et W. GANDY, *Potters*. 1897.
- STANDAGE H. C., *Cements, Pastes, Glues, and Gums*. 1896.
- STREET G. E., *Brick and marble architecture in the Middle Ages*. London 1885.
- TARN E. W., *The science of building, etc.* London 1884.
- WARD H., *Brickmaking*.
- WARREN S. E., *Stereotomy: problems in stone cutting, etc.* New-York 1876.
- WEGMANN E., *Design and Construction of Masonry Dams*. 1888.
- WILSON R., *Factory Chimneys*.
- WOOD W. H., *Practical Stair Building and Handrailing by the Square Section and Falling Line System*. 1894.

CAPITOLO III.

COPERTURA DEI TETTI

1. — INTRODUZIONE

a) Generalità.

Il tetto deve costituire per l'edificio una copertura impermeabile all'acqua ed alla neve, e nella maggior parte dei casi deve in pari tempo servire a mitigare nell'interno del fabbricato gli effetti tanto dei forti calori quanto del rigido freddo.

Come materiali di copertura del tetto sono impiegati il legno, la paglia, i giunchi, le tegole, le ardesie e lastre di pietra, la tela incatramata, il cartone, il cartoncino, il feltro e simili, l'asfalto, il cemento semplice e il cemento armato, il rame, il ferro, il piombo, lo zinco e finalmente il vetro. Delle coperture metalliche in genere, cioè in rame, ferro, piombo e zinco, si parlerà più innanzi.

Nella scelta dei materiali di copertura si deve aver riguardo al loro costo, alla sicurezza contro il fuoco, alla loro resistenza e durezza, nonchè al peso e, trattandosi di stabilimenti industriali e simili, alla loro resistenza contro l'azione dei vapori, degli acidi volatili, e così via.

Quanto maggiore è l'inclinazione di un coperto, tanto più rapidamente scorrono sulla sua superficie l'acqua e la neve, cosicchè sarà meno da temersi che il vento spinga l'acqua e la neve fra le commessure del materiale di coperta, che esso rimanga umido e che un gelo subitaneo produca notevoli danni. — Per questo motivo i tetti, che devono essere coperti con materiali a piastrelle piccole e scabre, richiedono un'inclinazione maggiore di quelli, il cui materiale consiste di pezzi più grandi offrenti quindi minor numero di giunture. Queste circostanze richiedono generalmente determinate inclinazioni di tetto, già indicate nel vol. I, parte I, cap. *Carpenteria*, pag. 58.

b) Fabbricazione delle tegole di argilla.

Come pei mattoni, così si darà qualche cenno sulla fabbricazione delle tegole di argilla, delle quali si è fatto e si fa grande uso in Italia, appunto per l'abbondanza della materia prima.

Le tegole sono materiali di terra cotta di forma variabile, di una grossezza generalmente compresa fra 10 e 15 mm. e che vengono ancora oggi preferite da molti costruttori ad altri materiali di copertura per economia di trasporto, di mano d'opera, per facilità di collocamento, di riparazioni, ecc., sebbene il loro peso renda meno economico tutto l'insieme del tetto.

Le tegole devono avere molti requisiti, essere cioè: 1° *Impermeabili*, acciocchè non si impregnino d'acqua, la quale verrebbe a sovraccaricare i tetti e sgocciolando alla parte inferiore delle tegole produrrebbe il marcimento dell'intelaiatura in legno;

2° *Leggiere*, perchè non pesino troppo sui listelli in legno; 3° *Resistenti*, e ciò affinchè gli operai possano facilmente, e senza danno alcuno camminarvi sopra, tanto per formare il tetto quanto per ripararlo; 4° *Di tale forma* che l'acqua non possa fermarsi, ma invece scoli percorrendo la superficie delle tegole nel più corto cammino possibile, affine di diminuire la pendenza del tetto; 5° *Di una sostanza* che loro permetta di resistere lungamente all'azione degli agenti atmosferici; per conseguenza è assolutamente necessario che esse non siano soggette al gelo.

La quantità d'acqua che le tegole possono assorbire è molto variabile, a seconda dell'impastamento delle materie che le compongono. Ne risulta che la preparazione della terra ha un'enorme influenza sulla buona qualità del prodotto.

Le accennate condizioni, indispensabili alle buone tegole, fanno sì che queste non si possano fabbricare in tutti i siti. In Italia dappertutto si fanno tegole più o meno buone e gran parte sono fabbricate meccanicamente da grandi stabilimenti. In Francia sono buone le tegole dette di Borgogna e quelle *Muller*, le quali per le loro forme e le qualità veramente superiori della loro terra rappresentano i migliori prodotti del genere di quel paese.

Sotto il rapporto delle forme le tegole possono ripartirsi in:

Tegole piane, che hanno la forma di rettangoli un poco concavi aventi una grossezza di mm. 15 e sono lunghe m. 0,31 e larghe m. 0,23. Ne occorrono 43 per ogni metro quadrato di coperto.

Le tegole comuni, che hanno la forma di mezzo tronco di cono e misurano m. 0,40 in lunghezza, m. 0,15 in apertura da un lato e m. 0,10 dall'altro, con una grossezza di mm. 13 circa.

Le tegole fiamminghe, che sono disposte in modo da coprirsi lateralmente invece di essere una vicina all'altra come le tegole ordinarie. Esse hanno

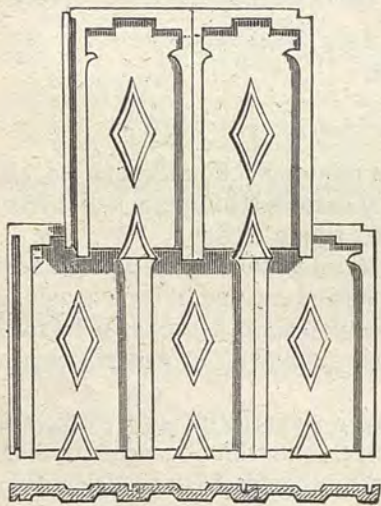


Fig. 1500.

circa m. 0,35 di lunghezza, m. 0,25 di larghezza e mm. 16 di grossezza. Ne occorrono 15 o 16 per metro quadrato.

Le tegole ricurve di Fiandra, che sono piegate in forma di S ed hanno m. 0,40 circa di lunghezza, m. 0,33 di larghezza e mm. 15 di grossezza.

Le tegole ad incastro (fig. 1500), dette anche tegole meccaniche e che formano una copertura abbastanza perfetta. Esse sono lunghe circa m. 0,35, larghe m. 0,20, con una grossezza di 12 mm. Ne occorrono 15 al metro quadrato e per tale superficie la copertura non pesa più di 40 a 45 Kg.; invece di ricoprirsi per $\frac{2}{3}$ l'una sopra l'altra, come accade nelle tegole ordinarie, esse non si ricoprono che di qualche centimetro, e in causa degli incastri laterali esse impediscono completamente all'acqua di trapelare, massime poi quando si aggiunge all'incastro un ricoprimento che impedisce qualunque filtrazione.

Le tegole sono fabbricate tanto a mano quanto a macchina. Tutto quello che si è detto della preparazione delle terre da mattoni si applica alle terre da tegole, ma nella lavorazione di queste bisogna usare anche maggiori attenzioni giacchè il più piccolo grano di sabbia, la più piccola fessura sono cause di poca solidità della tegola.

Formatura a mano. — La terra preparata è data all'operaio che la taglia in porzioni quasi eguali, sottili, e delle quali ciascuna formerà una tegola. Si getta ogni pezzo nella forma, che è una semplice cassa rettangolare in legno od in metallo della forma della tegola da riprodurre. L'operaio passa la mano sulla superficie per togliere quel

che vi è di troppo di terra e leva la forma in modo che la terra modellata resti sul tavolo, che avrà avuto cura di insabbiare per impedirne l'aderenza. Un altro operaio, detto *piegatore*, dà alla tegola quella leggera curvatura che deve avere, usando una forma generalmente di metallo che ha il fondo incurvato a metà tronco di cono. Si introduce la tegola, la si preme colle mani, la si sforma, indi la si porta ad essiccare. In capo a 10 o 15 giorni le tegole sono completamente secche.

La fabbricazione a mano delle tegole non è abbastanza produttiva nè dà origine a un prodotto perfetto. Si è cercato un mezzo migliore, ed i processi meccanici immaginati si riducono a due:

Formatura con terra molle;

Formatura con terra dura.

Nel primo, la terra perfettamente lavorata ed omogenea, avente la consistenza della terra da mattoni un po' dura, è compressa in una forma, riversata sopra un asse, che quantunque permetta l'accesso dell'aria sopra tutte le faccie, deve contenere le tegole in tutte le sue parti ed impedirne la deformazione durante il loro restringimento, fino ad essiccazione completa. Le forme sono in metallo e vengono ingrassate ad ogni nuova tegola. Questo processo ha il vantaggio di dare prodotti estremamente omogenei, poichè se la terra ha potuto essere lavorata con cura, formata colla più grande correttezza, facilita i miscugli di diverse terre, ma richiede un materiale di assicelle considerevole, degli essiccatoi molto vasti, e grande cura nell'essiccazione. Le forme di gesso sono buone, giacchè sopra di esse la terra non aderisce e la sformatura si fa rapida. Le forme in ghisa ingrassate sono costose più di quelle in gesso, la sformatura è lenta e la manovra dell'ingrassamento impedisce una rapida produzione.

Nella formatura con terra dura, la terra preparata con grande cura, ma generalmente senza bagnatura, è portata allo stato di pasta molto dura e fortemente compressa nelle forme in metallo; si sformano le tegole senza assicelle, e possono essere toccate subito senza tema che si guastino, e portate all'essiccatoio. Questo processo ha il vantaggio di richiedere degli essiccatoi ristretti, giacchè la quantità d'acqua da togliere è poca, i prodotti sono fortemente compressi e per conseguenza resistenti e poco porosi, e quindi conviene alle tegole di media importanza.

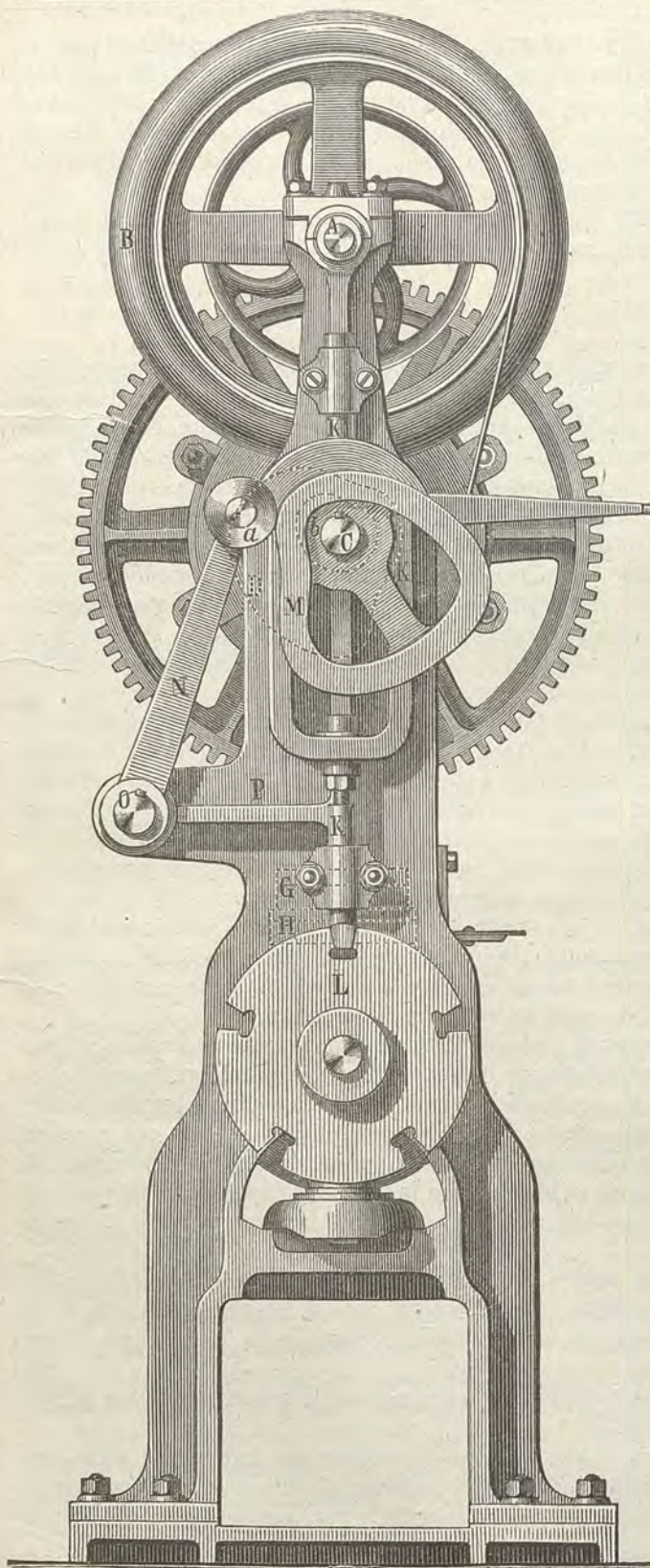
Formatura con terra molle. — Gli strettoi da tegole in terra molle sono molto diversi. Il più usato, e nello stesso tempo il più antico è lo strettoio a vite. Esso è come uno strettoio comune, può scorrere su un carretto e porta al di sopra una forma in gesso attaccata al carretto per mezzo di un asse che fa da cerniera.

Il formatore mette sulla forma un pezzo di terra che copre tutta la forma o presso a poco, che ha una grossezza sufficiente per dare una tegola colla minore quantità possibile di sbavature, poi spinge il carretto fin sotto ad un torchio a vite terminato alla sua parte inferiore da una contro-forma in gesso che è guidata nel suo cammino da guide in ghisa. Col mezzo di un bilanciere un operaio può imprimere un movimento di rotazione alla vite in un senso od in un altro, ed in seguito fa salire o discendere la contro-forma. Bisogna dare due o tre colpi per far entrare la terra in tutte le cavità della forma.

Il prezzo di formatura con questa macchina, sulla quale non si danno maggiori particolari, è di lire 13,50 per mille tegole, prezzo che si riferisce alle tegole di costruzione ordinaria, che varia però secondo le località e la paga degli operai necessarii a servire la macchina.

Una buona macchina per fare tegole con terra molle è la macchina Schnierber di Mulhouse (fig. 1501, 1502 e 1503).

In questa macchina l'albero A, che è comandato da una puleggia e che porta due volanti B, comunica il movimento all'albero C. Questo è munito d'un bocciuolo D guernito di acciaio, che agisce sopra il *galletto* in acciaio fuso E che si trova posto nel



porta-forma F. La discesa di questo è rallentata gradatamente verso il capo della canna per dare alla terra che sopravanza il tempo di sfuggire dalle forme superiori ed inferiori G ed H. La forma inferiore H è fissata sopra un porta-forma inferiore a cinque faccie, fisso sopra l'albero i. Mentre avviene la formatura della tegola questo porta-forma sta immobile. È durante questo tempo che l'operaio posa l'assiacella sopra la tegola precedentemente fabbricata che si trova davanti a lui, ed un secondo operaio che si trova dall'altro lato depone sopra la forma un pezzo di terra per fare una nuova tegola. Appena che la pressione è finita, il porta-forma superiore F è rialzato per mezzo dell'eccentrico M che agisce sopra il *galetto* a, il quale è all'estremo della leva N.

Questa leva è calettata sopra l'albero O, che porta la leva P, il cui estremo agisce sul porta-forma durante il rialzamento. Quando questo movimento è quasi finito, un piccolo bocciuolo b va a slacciare il chiavistello K. La coreggia che riunisce le due puleggie Q ed R, è in questo momento tesa per mezzo di una parte ripiegata c situata sulla puleggia Q, e provoca il movimento di rotazione dell'albero I. Ma il bocciuolo b va a slacciare il chiavistello K che ricade nuovamente in una incavatura del piattello, ed il porta-forma inferiore si trova nuovamente fermo dopo aver descritto un quinto di giro. L'operaio toglie allora la tegola

Fig. 1501. — Macchina Schnierber per modellare tegole (fianco).

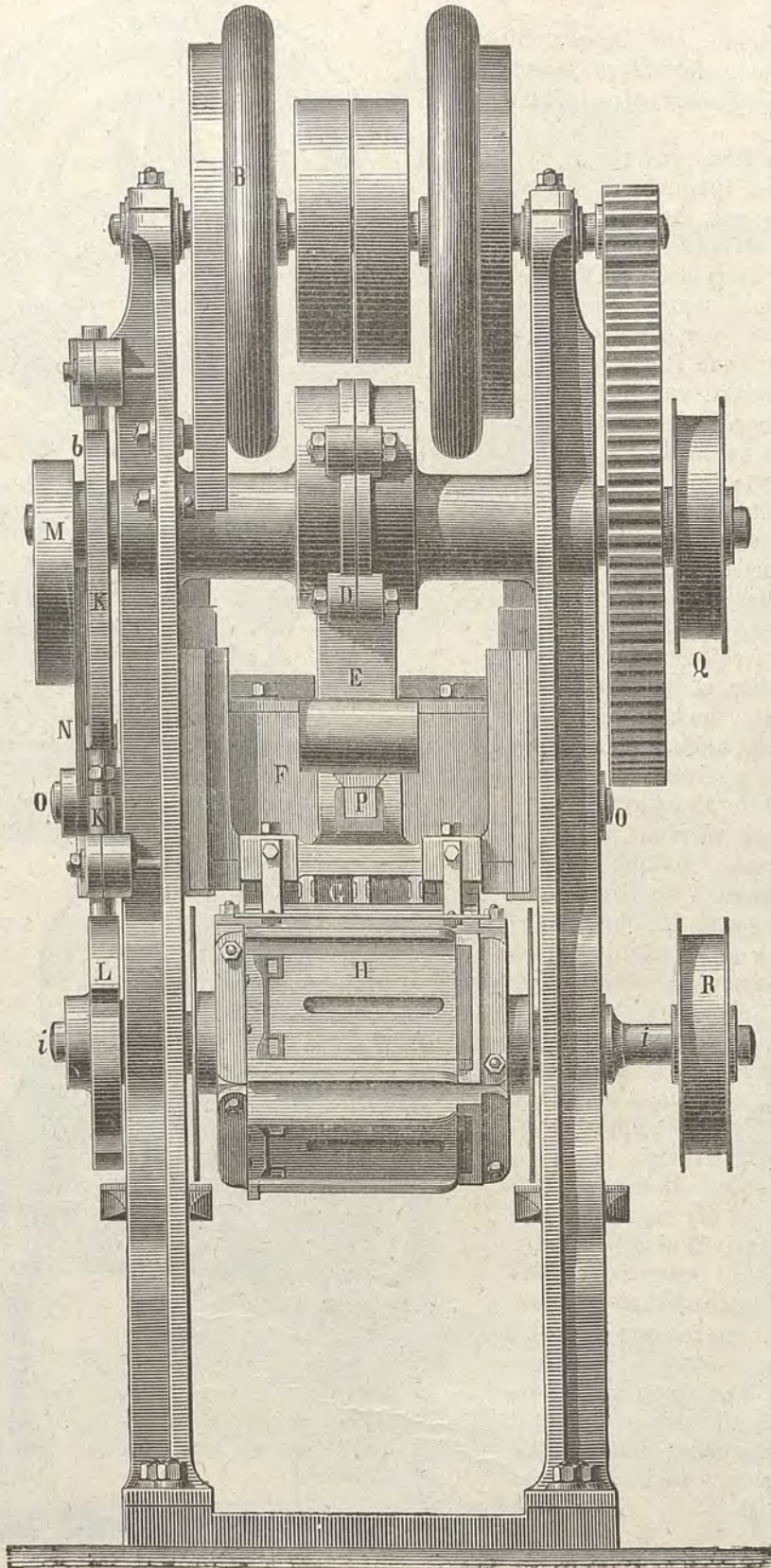


Fig. 1502. — Macchina Schnierber per modellare tegole (prospetto).

1047

precedente, che ha seguito durante la formatura, tenendovi applicata contro un'assicella.

Un freno potente, a portata dell'operaio, che si trova presso uno dei volanti, permette l'arresto istantaneo della macchina. Dei pezzi di sicurezza, sopra i quali posa l'albero *i* per mezzo di viti *d*, garantiscono che la macchina non eserciti una troppo forte pressione. Le forme sono fabbricate per modo che la tegola non resta attaccata alla loro faccia superiore. La forza necessaria per la macchina descritta è di un cavallo e mezzo.

Le forme sono di gesso ed incastrate in un cerchio di ferro. Devono essere cambiate due volte al giorno. Le tegole sono successivamente sbarrate e portate all'essiccatoio ove più tardi verranno pulite.

Le macchine tipo Schnierber hanno d'ordinario delle catene senza fine che portano la terra e riportano le tegole. Esse possono formare da 4500 a 5000 tegole per giornata di lavoro. Il prezzo della mano d'opera varia di poco dalle lire 7,77 per mille tegole e quello della macchina è di circa 5000 franchi.

Le forme di ricambio aggiustate sulla macchina valgono lire 0,90 al Kg., mentre un paio di matrici in ghisa per la contro-formatura delle forme in gesso costa lire 140.

Formatura con terra compatta. — Le macchine da formare tegole con terra dura sono pure molto numerose. Le migliori sono quelle del Boulet di Parigi.

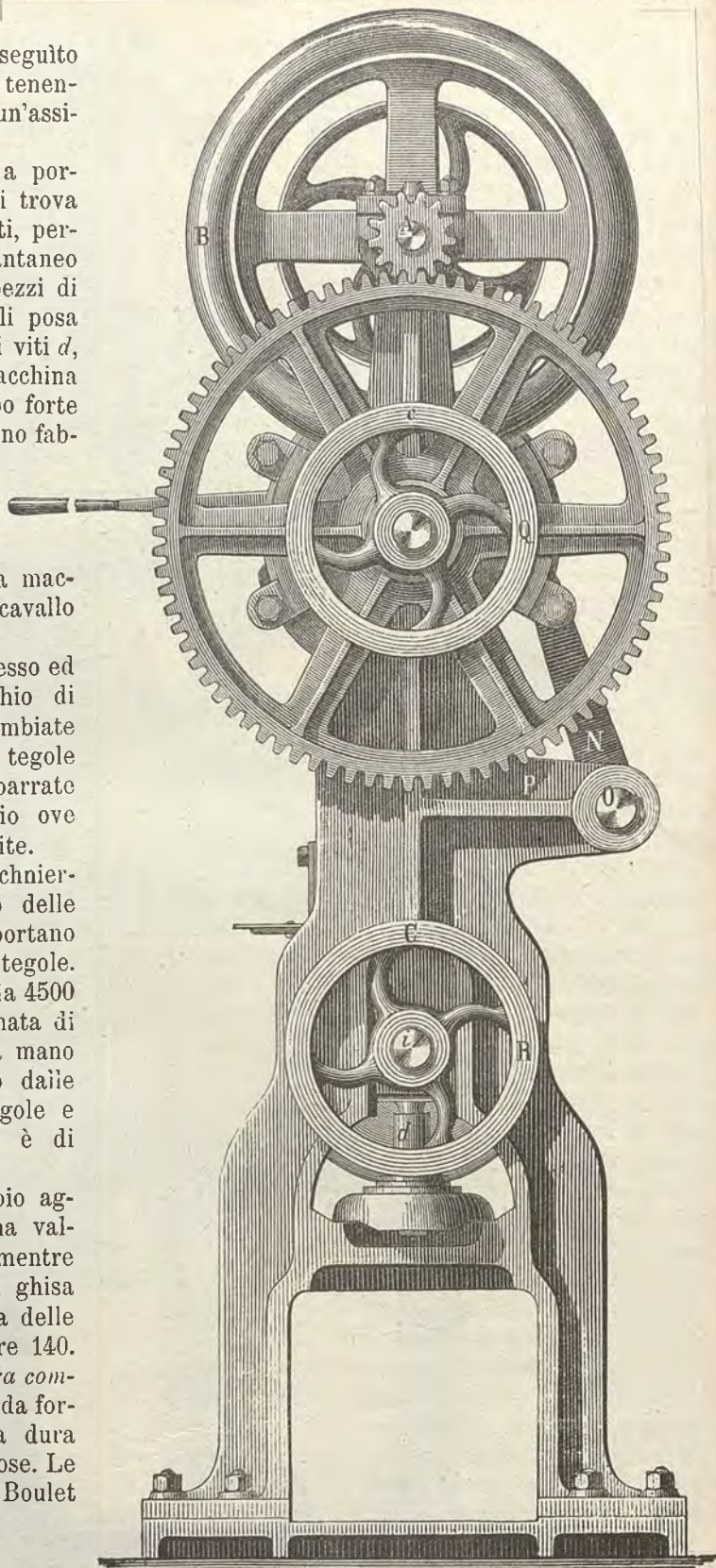


Fig. 1503. — Macchina Schnierber per modellare tegole (altro fianco).

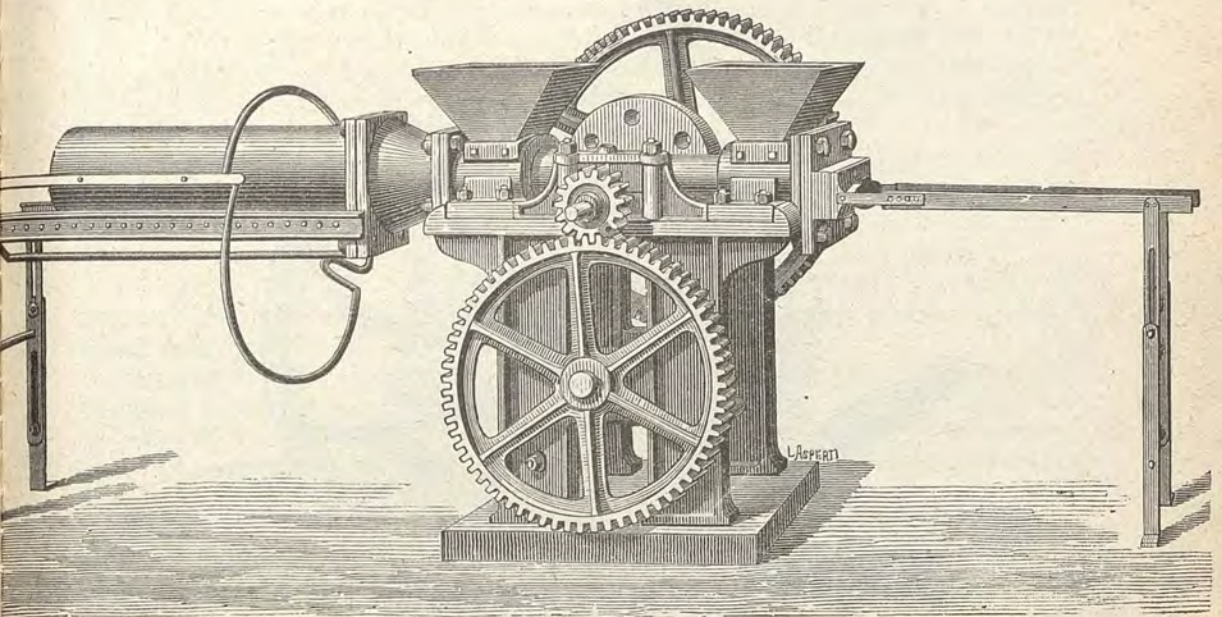


Fig. 1504. — Macchina Boulet per schiacciare la terra da tegole.

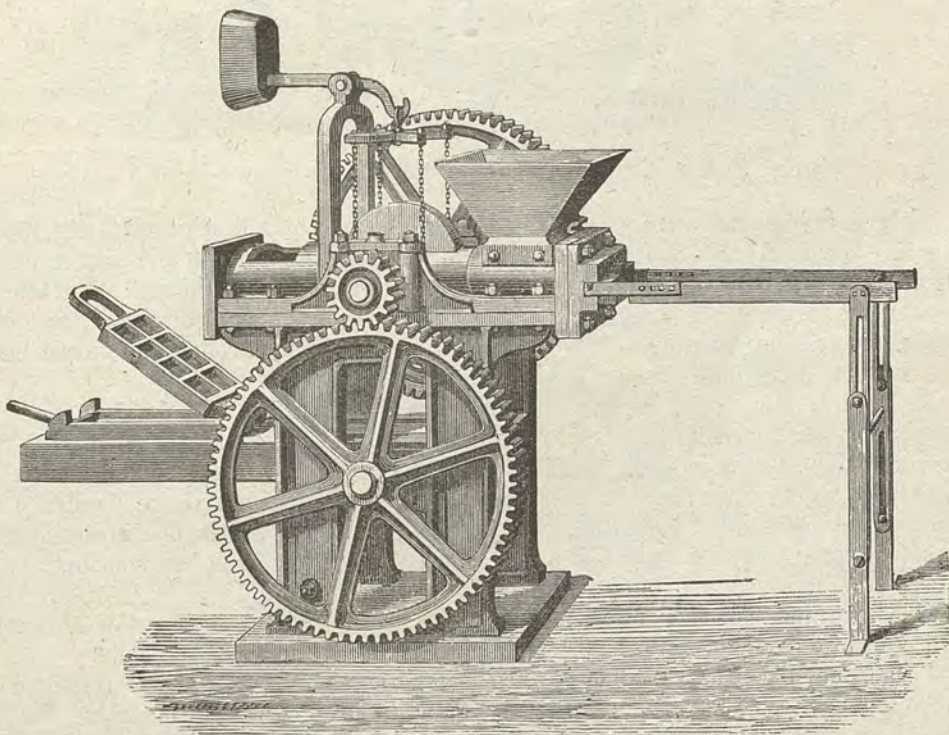


Fig. 1505. — Macchina Boulet per modellare tegole.

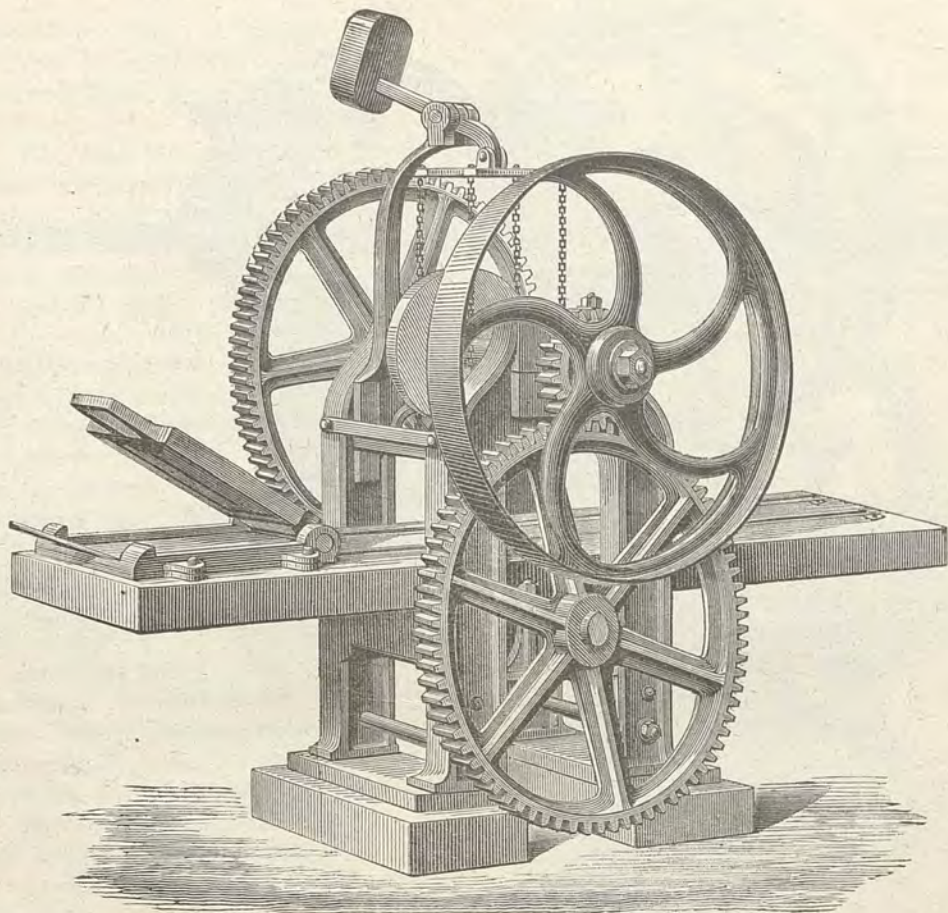


Fig. 1506. — Macchina Boulet per impastare e formare tegole.

La terra preparata è versata nella tramoggia di una macchina da schiacciare (fig. 1504), la quale non è che una macchina da mattoni vuoti senza coperchio alle scatole ed in cui gli stantuffi sono guidati da un eccentrico. La terra esce in pezzi molto duri che si possono maneggiare con facilità e tagliare della lunghezza necessaria per fare delle tegole. Questa macchina pesa 1200 Kg. e costa lire 2000; può produrre al giorno 6000 liste di terra, delle quali ciascuna fornisce una tegola.

Le liste di terra sono portate alla macchina da modellare (fig. 1505). Questa si compone di un banco in ferro sopra il quale sono poste delle rotaie su cui si fanno scorrere delle carrette in ghisa, portanti ciascuna una forma ed una contro-forma, e si portano su un tavolato che si fa discendere con un eccentrico e rialzare mediante un contrappeso. Si toglie la forma dopo la pressione, si ritira la tegola, che è abbastanza dura per poter essere maneggiata a mano, senza produrle alcuna deformazione, la si pulisce e poi la si porta all'essiccatoio.

Una macchina del tipo descritto a due forme, può, in una giornata di 10 ore di lavoro, fornire dalle 4000 alle 4500 tegole, ed il costo è di lire 5,25 per mille.

I sig. Boulet costruiscono per le piccole fabbriche una macchina che riassume le due ora descritte e che è rappresentata nella fig. 1506. Siccome le macchine Boulet richiedono poca spesa, possono facilmente essere adoperate da qualunque operaio, e danno eccellenti risultati, così esse si sono acquistata meritata fama.

Cottura delle tegole. — Tutti i forni a vòlta per cuocere i mattoni servono per la cottura delle tegole, ma le cure sono ben maggiori, giacchè le tegole mal cotte sono porose e gelive, quelle troppo cotte non hanno più le stesse dimensioni delle altre; sono storte e talvolta fragilissime. Bisogna in generale nell'infornamento delle tegole procurare di non metterle direttamente al di sopra del fuoco, ma separarle con qualche strato di mattoni.

È dunque principalmente nell'infornamento delle tegole che bisogna prendere le più grandi precauzioni. I forni migliori non devono avere più di 25 o 30 metri cubi di capacità, quelli a grande griglia sono i più comodi. Si brucia, secondo la quantità della terra e del catrame, dai 1000 ai 1200 chilogrammi di catrame per 1000 tegole.

Le fornaci da tegole, che permettono per via di un riscaldamento metodico di utilizzare tutto il calore del combustibile, sono quelle Hoffmann già descritte o quelle basate su principii simili.

Le tegole di forme speciali, pel colmo dei tetti, pei giunti o di altra forma, secondo il bisogno, sono generalmente formate a mano in forme di gesso, nelle quali si applica un pezzo di terra di volume necessario, che si fa penetrare in tutti gli incavi della forma premendola colla mano o con una spugna. Si sforma sopra un'assicella, l'essiccazione deve essere fatta molto lentamente e la terra va abbastanza sgrassata se non si vuole che si contorca o si rompa essiccando o cuocendo. Talvolta si formano le tegole di colmo con macchine aventi le forme convenevolmente disposte.

2. — COPERTURA CON TEGOLE LATERIZIE

a) Generalità.

Quando il materiale sia buono, la copertura con tegole laterizie è una fra le più durature. Con un'esecuzione ordinaria, ed anche con materiale di qualità media si può ritenere che, prescindendo dalle piccole riparazioni, solo ogni 50 o 60 anni si deve rinnovare completamente la copertura, nel qual momento il vecchio materiale si può ancora reimpiegare in parte, cosicchè le vecchie tegole risultano ordinariamente di ugual valore delle nuove, avendo resistito alla prova delle intemperie. — Le riparazioni in questi tetti sono dapprima causate principalmente dall'assetarsi della fabbrica e dallo essiccamento dei legnami del tetto (che si contraggono e si contorcono), e in seguito dalla caduta di oggetti pesanti, da fenomeni atmosferici straordinarii, e soprattutto dalle periodiche visite al tetto per pulitura dei camini, delle gronde, per riparazioni al coperto, spazzatura della neve, ecc.

Uno dei maggiori vantaggi delle coperture a tegole su quelle di altri materiali, è dovuto alla porosità del materiale e alla conseguente costanza di volume e capacità di resistenza all'azione del freddo e del calore. E pure la porosità che permette alla malta grassa, generalmente usata per sigillare i giunti, di aderire bene alle tegole, e che permette ai vapori formantisi nel sottotetto di venire assorbiti e quindi evaporati all'esterno. Questa evaporazione in molti altri materiali è impedita, ed i vapori condensandosi e sgocciolando sono causa di deperimento dei legnami formanti l'ossatura del tetto, o il piano di appoggio delle tegole. Tale porosità è però talvolta eccessiva, e allora dà luogo a pericolosi gocciolamenti durante le piogge. Si è per questo che risultano migliori quelle tegole che alla superficie presentano come una specie di patina dovuta a un principio di vetrificazione nella cottura, e risultano talvolta migliori le tegole usate delle nuove, poichè su di esse si è formata, per il depositarsi del pulviscolo atmosferico, della polvere e della fuliggine, bagnate dalle piogge, una specie di patina

vischiosa, sovente muschiosa e viscida, che mentre non sopprime la porosità, la rende assai minore e facilita lo scorrere dell'acqua.

Del resto si può togliere o diminuire la porosità delle tegole verniciandole, o immergendole nell'olio cotto, oppure spalmandole, dopo essiccazione all'aria e prima di metterle nel forno, con una fine poltiglia di argilla, od anche ricoprendole con grafite, ecc. Uno dei mezzi più sicuri è quello dell'incatramatura. A questo scopo è necessario che le tegole siano riscaldate regolarmente e con una certa cura. Possibilmente si prendono appena escono dal forno, cioè quando sono ancora calde e ben secche, si puliscono dalla polvere e dalla cenere e si tornano a riscaldare. Per questo si costruisce uno stretto canale lungo 5 o 6 metri e inclinato di m. 0,80 circa, al basso del quale si accende un fuoco di coke. Sopra il canale si mettono le tegole in modo che formino come copertura del canale stesso. Si avrà così una specie di tubo che fungerà da camino per il focolare inferiore, il cui calore servirà a riscaldare sufficientemente le tegole. Quando la tegola più vicina al focolare è calda, si leva: allora tutta la fila si abbassa per una tegola, e alla sommità si colloca una nuova tegola. Le tegole si succedono per il proprio peso, e basta il breve tempo della corsa che fanno nel discendere per riscaldarsi ed esser pronte alla incatramazione, la quale si fa spalmando il catrame sulla superficie inferiore delle tegole e sugli orli. Questa operazione può costare, se sono prese tutte le debite disposizioni, da lire 3,25 a lire 4 ogni mille tegole.

Per diminuire la porosità si può anche ricorrere alla melassa di barbabietole (che si può avere facilmente dalle fabbriche di zucchero) colla quale si spalmano le tegole prima o dopo la provvista a piè d'opera. Questa melassa essiccandosi ottura i pori, ma poi in causa della sua viscosità favorisce l'appiccicarsi della polvere e della fuliggine, e infine avvenendo la fermentazione acetica produce la formazione di organismi microscopici, muffe, ecc., il cui tessuto cellulare dopo la morte forma nei pori un fine filtro vegetale, il quale aumenta l'attrazione capillare dei pori stessi e serve a meglio trattenerci l'acqua assorbita.

L'azione del gelo su un materiale difettoso si manifesta principalmente colla sfaldatura del materiale, al che vanno specialmente soggette le così dette tegole francesi a incastro, in causa del loro modo di fabbricazione. Esse escono dalla macchina in sottile foglio e ricevono poi la forma con un torchio a vite; con ciò viene sfavorevolmente alterata la struttura dell'argilla, e il difetto che ne consegue non si può togliere interamente neppure con una cottura forte, spinta fino all'estremo indurimento. Con una cottura debole l'umidità può facilmente penetrare dal di sopra nella tegola, ed allora il primo gelo produce le sfaldature.

Secondo la loro forma le tegole laterizie possono essere piane, curve e a scanalature e ribordi.

b) Copertura con tegole piane o embrici.

Le tegole piane od embrici hanno generalmente la forma di un rettangolo allungato (fig. 1507, *a, b, c, d, e*), uno dei cui lati minori è arrotondato od appuntato, mentre sotto

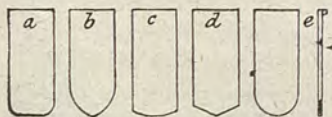


Fig. 1507. — Embrici.

all'altro lato minore diritto vi ha un tallone per assicurare la tegola ai listelli del tetto. La grandezza degli embrici è molto variabile: la lunghezza ordinariamente è di cm. 27 ÷ 40, la larghezza di cm. 15 ÷ 17, e la grossezza di mm. 12 ÷ 15. Un buon embrice deve essere leggero, resistente alle intemperie e assolutamente piano: sono

indizi della sua buona qualità una forte cottura fino all'impietramento, suono chiaro, superficie priva di fessure e risalti e moderata capacità di assorbimento.

La distanza dei travicelli l'un dall'altro, trattandosi di copertura con embrici pesanti, può variare da m. 0,90 ÷ 1,25. I listelli sovrapposti hanno una lunghezza da m. 6 ÷ 7,50

e una grossezza di cm. $5 \div 8$ se grossi, e di cm. $4 \div 6$ se comuni. I listelli collocati immediatamente vicino al colmo vengono assicurati con un chiodo ad ogni corrente, a soli 5 cm. dallo spigolo, perchè le tegole cave da comignolo, che vengono poi a completare la copertura, sopravvanzino il più che sia possibile. Così i listelli in gronda devono essere assicurati ai correnti in modo che le tegole possano sopravvanzare di circa 15 cm. sulla cornice.

La chiusura dei giunti, specialmente per impedire l'introduzione della neve, si fa spalmando gli embrici sopra e sotto con malta di calce grassa (spalmatura che però non dura a lungo), oppure alla boema, murando gli embrici in calce con commesure strette, cosicchè risultino immurati tanto i giunti di testa quanto quelli di posa in corrispondenza al ricoprimento di una tegola sull'altra.

L'uso di sopracorrenti è da evitarsi, perchè producono un cambiamento nella pendenza della falda che può riuscire assai dannosa.

Vi sono tre maniere di eseguire la copertura con embrici: α) con tasselli, a mezzo ricoprimento; β) a due terzi di ricoprimento; γ) a raddoppio.

α) Copertura semplice con embrici e tasselli (scheggie) di legno.

Con questa copertura si può adottare un'inclinazione pel tetto di $\frac{1}{2}$ e meglio di $\frac{1}{3}$ della larghezza del fabbricato e una distanza tra i correnti di m. $1,10 \div 1,25$. La distanza dei listelli, con embrici di formato normale sarà di 20 cm. Allora ogni listello sopporta una serie semplice di embrici, e solo il listello più in alto e quello più in basso ne sopportano una serie doppia. Al listello di gronda si dà una grossezza maggiore che agli altri, oppure viene collocato di costa, nel qual caso la serie di embrici di gronda viene ad avere l'eguale inclinazione delle altre serie. La disposizione degli embrici secondo la fig. 1508 *a* e *b* è la migliore, in quanto che l'acqua scorrente non può corrodere le commesure degli embrici sottoposti, come nella disposizione della figura 1508 *c*. Il ricoprimento arriva appena a metà degli embrici (fig. 1509), così che per impedire l'introdursi dell'acqua si cacciano sotto ai giunti dei tasselli o sottili scheggie di legno refesso, di circa 5 cm. di larghezza e di lunghezza corrispondente a quella degli embrici: si potranno con vantaggio impregnare di qualche liquido antisettico e anche sostituire con striscie di cartoncuoio o di zinco; le prime sono sovente continue nel senso della lunghezza (fig. 1510). Malgrado ciò la copertura semplice di embrici non è mai perfettamente impermeabile, e perciò è adatta solo per fabbriche di secondaria importanza. Per 1 m^2 occorreranno m. 5,10 di listelli, n. $5 \frac{1}{2}$ chiodi da listelli, n. 35 embrici, $0,02 \text{ m}^3$ di malta e n. 35 tasselli. Il peso risulta di circa 100 Kg. per m^2 comprendendovi anche i correnti. Gli embrici o piastrelle fabbricate dalla ditta Gallotti di Bologna-Imola, hanno tali dimensioni che ne occorrono 45 per m^2 , e pesando ciascuna Kg. 1,9, 1 m^2 di copertura pesa circa 86 chilogrammi.

β) Copertura con embrici a ricoprimento di $\frac{2}{3}$.

Secondo la bontà del materiale si può dare un'inclinazione al tetto di $\frac{1}{3} \div \frac{1}{5}$ della larghezza dell'edificio. La distanza dei correnti l'uno dall'altro può assumersi di m. $0,90 \div 1,10$, e quella tra i listelli di 14 cm. per formato normale di embrici. Sopra ogni listello si dispone una serie di embrici (fig. 1511 *a* e *b*), così che si sovrappongono per circa due terzi della loro lunghezza. Al colmo ed in gronda si colloca un doppio strato di embrici. Il consumo per m^2 è di 7 m. di listelli, n. $7 \frac{1}{2}$ chiodi per medesimi, n. 50 embrici, $\text{m}^3 0,03$ di malta. Il peso è di circa Kg. 130 per metro quadrato.

γ) Copertura di embrici a raddoppio

Questa copertura richiede la stessa inclinazione di tetto e la stessa distanza di correnti delle precedenti. Su listelli distanti 25 cm., da mezzo a mezzo si colloca una

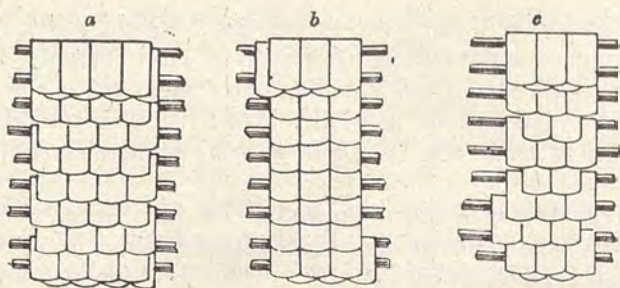


Fig. 1508 a, b, c.

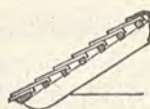


Fig. 1509.

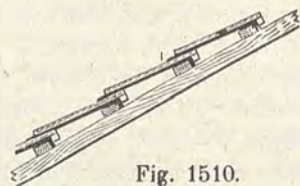


Fig. 1510.

Fig. 1508 a, b, c e 1509, 1510. — Disposizioni diverse degli embrici a copertura semplice.

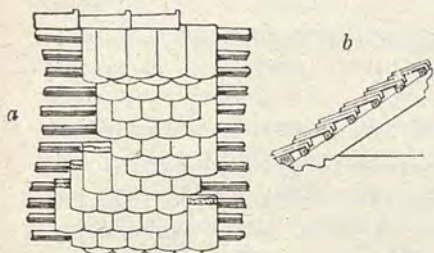
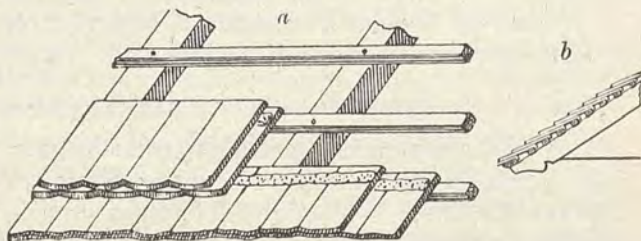
Fig. 1511 a, b. — Copertura con embrici a ricoprimento di $\frac{2}{3}$.

Fig. 1512 a, b. — Copertura di embrici a raddoppio.

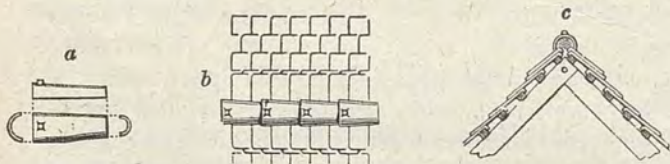


Fig. 1513 a, b, c. — Cresta con tegole curve.



Fig. 1514. — Impluvio formato con tegole curve.

doppia serie di embrici (fig. 1512 a e b). Il tetto riesce molto pesante ma di sicura impermeabilità, e si può riparare molto più facilmente del precedente a ricoprimento di $\frac{2}{3}$, il quale per maggior numero di listelli riesce anche più costoso. Si richiedono m. 3,50 di listelli per m², 4 chiodi per medesimi, n. 35 embrici, e m³ 0,03 di malta. Il peso è di circa Kg. 130 per metro quadrato.

Anche in questo sistema si applica ad ogni corso di embrici una fascia trasversale di malta, che deve applicarsi possibilmente presso lo spigolo superiore degli embrici (fig. 1512 a) per ottenere un tetto durevole.

Nelle falde a padiglione con qualunque metodo di copertura si devono adoperare dei mezzi embrici, che si devono mettere in opera in un letto di malta, anche se sono forniti dalla fornace con forma speciale e provvisti di tallone. Poichè nel ritagliare gli embrici queste sporgenze saltano via, riesce necessaria anche la posa in opera in malta nelle creste di displuvio e nei compluvi. Le creste vengono ricoperte come i colmi con tegole curve (fig. 1513 a, b e c) che hanno cm. 38 ÷ 40 di lunghezza, e cm. 12 ÷ 16 di diametro minore, e si sovrappongono per cm. 8 ÷ 10. Queste tegole di colmo vengono collocate in opera in un letto di malta, riempiendo la loro cavità con calcestruzzo di cocci di tegole e malta di calce, perchè non possano venire facilmente sollevate dal vento. L'estremità più larga di queste tegole deve venir collocata dalla parte verso settentrione, e nei displuvi verso il basso. Se i displuvi sono molto inclinati, si assicurano le tegole ai correnti di cresta con chiodi, al quale scopo già fino dalla formazione

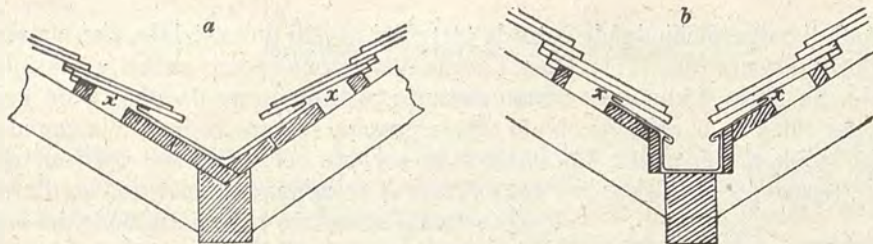


Fig. 1515 a, b. — Impluvi formati con lamiera di zinco o di piombo.

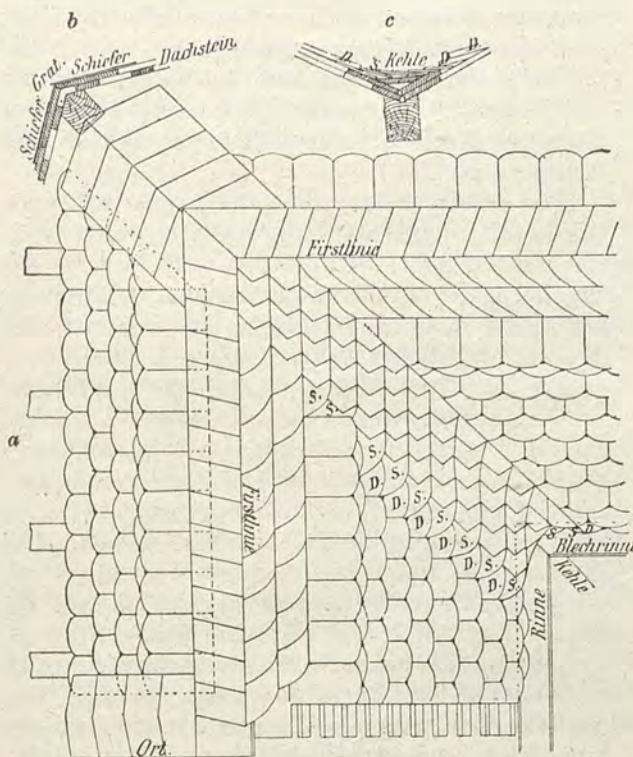


Fig. 1516 a, b, c. — Copertura mista di ardesie e embrici.

Grat, cresta o displuvio; Kehle, compluvio; Firstlinie, colmo; Ort, orlo; Rinne, canale; Blechrinne, canale di lamiera; Dachstein D, embrice; Schiefer S, ardesia.

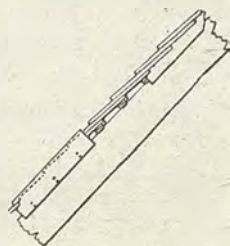


Fig. 1517. — Grondale da tetto.



Fig. 1518. — Cappello di lamiera zincata.

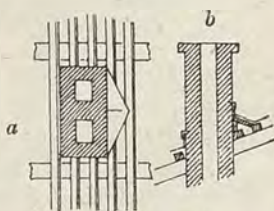


Fig. 1519 a, b. — Guarnitura di lamiera per fumaioli.

sono provviste verso l'estremità minore di un piccolo foro, che viene coperto dalla tegola soprastante. Nei compluvi gli embrici devono essere ritagliati obliquamente, come nelle creste: il canale per smaltire le acque che vi si raccolgono, può essere formato con tegole curve capovolte (fig. 1514). Meglio però è rivestirlo con una lamiera zincata, oppure, nei punti difficilmente accessibili, con piombo laminato, fig. 1515 a e b. Questa lamina si deve ripiegare alquanto in x per impedire l'introdursi della neve e dell'acqua durante le forti tempeste.

In molti paesi si usa la copertura mista di embrici e ardesie (fig. 1516 a, b, c). Il colmo, gli orli, i displuvi o creste e i compluvi, ma non la gronda, si coprono con lastre di ardesia su tavolato, nel modo che si dirà più avanti parlando dei tetti di ardesia. Questo sistema con tegole miste si usa anche colle tegole cave e fiamminghe.

Negli orli, cioè negli spigoli di frontispizio dei tetti, nei fabbricati isolati, si lasciano sporgere ordinariamente i listelli per cm. 5 ÷ 8 fuori dell'ultimo corrente d'orlo e si

foderano al di sotto, inchiodando sotto le teste dei listelli un grondale, cioè un asse per difesa contro il vento (fig. 1517). Questi grondali vengono spesso anche foggiate decorativamente. Se l'orlo si appoggia contro un muro, si fa sporgere da questo un corso di mattoni per cm. 4 ÷ 5, in modo che le tegole possano restare coperte: la commessura viene poi sigillata con malta. Lo stesso si fa sovente col colmo dei tetti ad un solo piovante. Siccome però queste così dette *fascie di calce* finiscono per non sigillare completamente in seguito alla contrazione dei legnami del tetto, così si preferisce far uso di lamiera zincata, detta anche *cappello*. L'attacco di questo alla muratura si fa nel modo indicato dalla fig. 1518, introducendone la parte superiore per circa 2 cm. in una commessura del muro ed assicurandovela con arpioncini da muro. Nello stesso modo si guarnisce l'orlo dei fumaioli, degli abbaini, dei



Fig. 1520. — Aeratore in terra cotta.

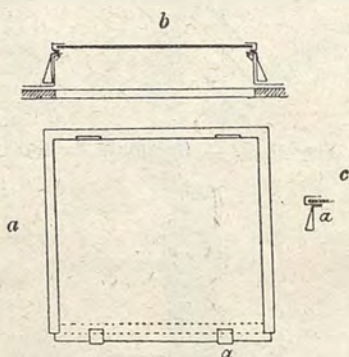


Fig. 1521 a, b, c. — Finestrella da tetto in lamiera zincata.

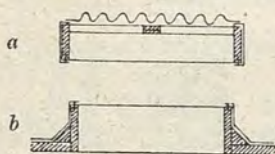


Fig. 1522 a, b. — Apertura per uscire sul tetto.

lato inferiore, parallelo alla gronda, si trovano due linguette di lamiera di rame o di zinco saldatevi, le quali vengono ripiegate dopo introdotta la lastra di vetro, alquanto sporgente fuori dell'orlo.

Le aperture per uscire sul tetto vengono praticate contornando un'apertura rettangolare ritagliata nei listelli del tetto con una corniciatura di tavole unite a coda di rondine abbracciando gli angoli che forma coi listelli, mediante liste triangolari (fig. 1522 a e b) e rivestendo il tutto con lamiera zincata fissata superiormente all'orlo con chiodi. Sull'apertura si applica un coperchio, consistente in un telaio di legno, munito con due traverse incrociantsi nel mezzo per impedire le deformazioni, e rivestito lateralmente con lamiera zincata liscia e al di sopra con lamiera ondulata. Se invece di questa si adopera lamiera piana, allora il coperchio deve essere pieno, formato di tavole. Lo si assicura ai correnti con una catenella e lo si munisce anche di apposito fermaglio in ferro onde evitare che venga asportato da una bufera.

Per scostarne lateralmente l'acqua scorrente sul tetto, si foggia obliquamente la parte superiore, come nella fig. 1519 a e b. Si intende che superiormente al fumaiolo la lamiera si introduce sotto agli embrici, ed invece lateralmente e al di sotto si fa sopravanzare sopra di essi.

Per dare luce ed aria al sottotetto si adoperavano una volta quasi esclusivamente dei pezzi speciali in terracotta (fig. 1520), in corrispondenza ai quali le serie di tegole dovevano essere ondulate, ciò che in pratica è di difficile esecuzione, e dà adito facilmente ad infiltrazioni. Meglio adatte sono le finestrelle ormai generalmente adottate, i cui orli sono formati da lamiera zincata, piegata ad angolo (fig. 1521 a, b, c). Il telaio dell'apertura ai tre lati superiori ha una scanalatura saldatavi, nella quale si può introdurre una lastra di vetro. Nel lato superiore, parallelo al colmo, il telaio è assicurato all'orlo con cerniere di ferro, al lato inferiore è munito di apposite asticelle, per poter tenere aperta la finestrella in qualsivoglia posizione. Al

lato superiore, parallelo al colmo, il telaio è assicurato all'orlo con cerniere di ferro, al lato inferiore è munito di apposite asticelle, per poter tenere aperta la finestrella in qualsivoglia posizione. Al

e) Copertura con tegole cave o curve.

a) Copertura con tegole curve a canale

La copertura con tegole curve a canale, comunemente dette *coppi*, è assai comune, e come si è già detto è anche oggi molto in uso perchè economica, di facile esecuzione e perchè si presta anche alle falde curve, sghembe, o di forme irregolari. Si sono già indicate le dimensioni di queste tegole. Esse si pongono in opera in due strati collocando quelle dello strato inferiore dette *fondi* o *canali*, colle concavità in alto e in file quasi a contatto, lungo le linee di massima pendenza del coperto, e quelle dello strato superiore dette *cappelli* colle concavità in basso (fig. 1523) e in modo da ricoprire gli intervalli tra le file sottostanti. Le tegole si ricoprono vicendevolmente di $8 \div 12$ cm. Ogni tegola dello strato inferiore ha la parte più larga rivolta verso il colmo, e in essa si imbecca la parte più stretta della tegola superiore: il rovescio accade per le tegole dello strato superiore. I colmi si ricoprono con tegole più grandi dette *tegoloni* che si posano in malta. Negli impluvî o displuvî, ove le tegole si incontrano in direzione inclinata, esse vengono tagliate in isbieco; trattandosi di compluvio, questo si forma con fondi, e trattandosi di displuvio invece lo spigolo si ricopre con cappelli. Invece di fondi e cappelli ordinari si adoperano anche tegoloni, come pei colmi. Nei compluvî però, per maggior sicurezza contro la penetrazione di acqua, si collocano sotto alle tegole delle lastre di piombo o di zinco foggiate a forma di canali e fissate con chiodi a due listelli posti sul letto della copertura.

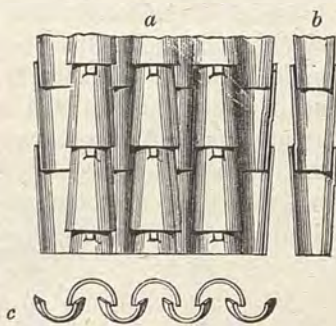


Fig. 1523 a, b, c. — Tegole curve.

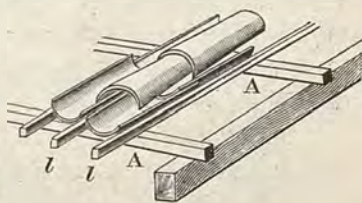


Fig. 1524. — Copertura con letto alla piemontese.

Il letto si può formare in diversi modi. Il più semplice è quello detto alla *Piemontese* (fig. 1524), che consiste nel disporre i listelli *l* di $5 \div 6$ cm. di squadratura secondo linee di massima pendenza, coll'interasse di cm. 20 e inchiodati agli arcarecci *A*, aventi squadratura di cm. $8 \div 10$, quando hanno portata maggiore di m. 3,50, e posti alla distanza di $40 \div 50$ cm. l'uno dall'altro. Le estremità delle tegole più basse di ogni fila sono sostenute dal muro di gronda o da un listello trasversale, inchiodato su quelli inclinati. Un altro sistema consiste nel disporre sugli arcarecci *A* (fig. 1525) dei panconcelli o correnti *p*, distanti cm. 33 l'uno dall'altro e colla squadratura di cm. 6×8 oppure di 10×12 , secondo che gli arcarecci sono alla distanza di m. 1,30 circa oppure di m. 2, e nel sovrapporvi listelli orizzontali *l* grossi $4 \div 5$ cm. e distanti $20 \div 30$ cm. oppure tavole grosse circa 2 cm. e poste a contatto oppure con piccolo intervallo. In questa struttura, che può riuscire più economica della precedente, perchè si impiega minor numero di arcarecci, le tegole dello strato inferiore devono essere rinfiancate con frammenti di pietre o mattoni perchè non si muovano. Non ostante tale precauzione, queste coper-

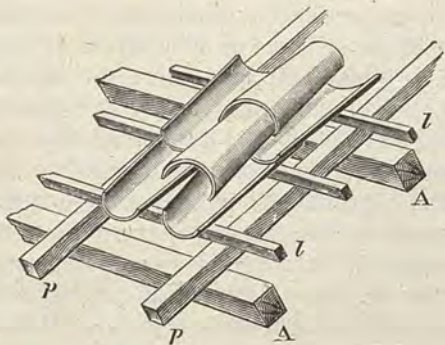


Fig. 1525. — Altro sistema di copertura a coppi.

Non ostante tale precauzione, queste coper-

ture si sconnettono più facilmente di quelle alla Piemontese, nelle quali la tegola è assai più stabile. Sovente i listelli p invece di essere posati su arcarecci si posano direttamente sui puntoni e falsi puntoni: allora devono avere maggior squadratura, ma ciononostante si ha ancora un risparmio di legname.

Queste coperture riescono piuttosto pesanti, poichè tenendo conto che occorrono almeno 32 tegole per m^2 escludendo i tegoloni di colmo, ecc., e che le tegole a mano pesano in media Kg. 2,5 e quelle a macchina non meno di Kg. 1,6, si ha un peso di Kg. 85 a 90 per m^2 di copertura.

Quando il sottotetto dev'essere abitato, si cerca di aumentare il grado di impermeabilità ed anche di coibenza del coperto, disponendo le tegole sopra un letto di tavelle, collocate coi margini maggiori orizzontali sopra panconcelli, la cui distanza fra asse e asse è uguale alla lunghezza delle tavelle. Le commessure fra queste sono stuccate con malta idraulica e su di esse si distende uno strato della stessa malta grossa mm. 5 all'incirca. I panconcelli dovranno avere $7 \div 8$ cm. di squadratura, e gli arcarecci grossi cm. 15×18 potranno essere collocati alla distanza di m. $1,50 \div 2,00$. Il sistema del *tavellonato* si usa assai nella media Italia e nel Veneto.

β) Copertura con tegole fiamminghe (a S).

Questo genere di copertura è predominante nel basso Reno, in Olanda, nelle provincie del Baltico, ma si usa però anche in Italia e in altri paesi, specialmente pei fabbricati rurali. Il vantaggio principale di questa copertura consiste in ciò, che per la forma delle tegole la superficie del tetto riesce divisa in tanti canaletti, ognuno dei quali oltre all'inclinazione generale della falda, ha anche un'inclinazione trasversale, la

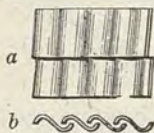


Fig. 1526 a, b. — Tegole fiamminghe a S.



Fig. 1527.

quale favorisce il convogliarsi dell'acqua in fondo ai canali per portarsi alla gronda. Per questo motivo i tetti così fatti si asciugano più presto di quelli a tegole piane e curve e resistono anche maggiormente alle intemperie, le quali per l'alternarsi frequente di neve, pioggia, caldo e freddo, riescono assai nocive specialmente nelle regioni

nordiche. È perciò che quivi troviamo spesso tetti ripidi di vecchie chiese, preferibilmente coperti con tegole cave, che sono invero pesanti, ma presentano anch'esse i vantaggi delle tegole fiamminghe o a S. Queste tegole ondulate si fanno di 39 a 42 cm. di lunghezza e 26 di larghezza od anche solo di 34 cm. di lunghezza, dando al tetto l'inclinazione di quello semplice di embrici (fig. 1526 a e b). Colla misura maggiore di tegole la distanza dei listelli è di cm. 31,5, colla minore di cm. $23,5 \div 26$. Una condizione per avere un buon tetto è che le tegole non sieno storte e abbiano forma più regolare che sia possibile. I lati lunghi e gli angoli superiori che coprono il filare susseguente vanno aguzzati col martello, affine di ottenere commessure strette. Questa operazione, detta *addossamento*, richiede molto tempo, ma fa ottenere un tetto migliore e un risparmio di malta, ed evita anche il collocamento di zeppe di legno o fascetti di paglia nelle commessure laterali. Riesce difficile la copertura del colmo e delle creste; si fa nel miglior modo con lamiera zincata, però anche con tegole cave impiegandovi molta malta. Ai frontispizi si pongono delle fascie in lastre di ardesia di 65 a 95 cm. di larghezza, ciò che si fa talvolta anche ai colmi e sulle creste. Nei fabbricati rurali spesso si otturano le commessure con manipoli di paglia che nei magazzini di prodotti agrari non impediscono la ventilazione (fig. 1527). Se la copertura in tegole fiamminghe è ben eseguita, è da porsi tra le migliori, specialmente se è foderata di sotto con tavole, come si usa nella Prussia orientale. Ma disgraziatamente è difficile che le tegole siano ben regolari, e d'altra parte in causa della doppia curvatura le tegole non si accavalcano

mai in modo perfetto, sicchè per queste ragioni e anche per le difficoltà che si incontrano nel raccordo dei displuvî, coi camini e cogli abbaini, questo genere di copertura non è fra quelli più usati.

γ) Copertura con tegole piane a risvolti.

Questo sistema di copertura somiglia al precedente; le tegole hanno diversi formati, si ricoprono per circa 8 a 10 cm. determinandosi in corrispondenza l'intervallo dei listelli, e negli spigoli sono rivoltate per ottenere giunti impermeabili: vengono poste in opera con malta di calce. Le figure 1528 e 1529 mostrano le forme più usuali, la

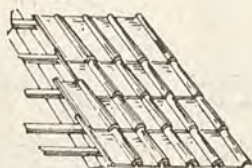


Fig. 1528. — Coperture con tegole a risvolti.



Fig. 1529. — Tegola a risvolti.

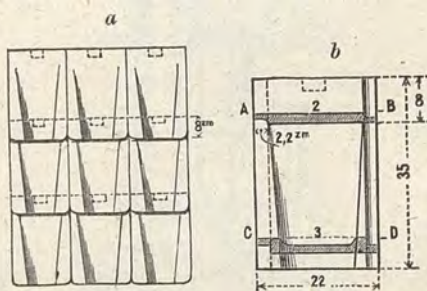


Fig. 1530 a, b. — Tegole a risvolti.

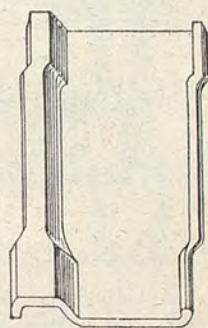


Fig. 1531. — Tegola a risvolti.

prima specialmente fabbricata in Gross-Almerode nella provincia di Assia. Le figure 1530 a e b e 1531 rappresentano altri modelli che formano un passaggio tra le tegole fiamminghe e le tegole piane a scanalatura. Il colmo, gli orli e gli spigoli sono ordinariamente coperti con ardesie.

δ) Copertura a tegole maritate o alla romana.

La figura 1532 a, b mostra la classica copertura con *embrici* e *coppi*. Essa, molto in uso presso i Romani, lo è ancora oggidi in alcune località d'Italia; consta di due strati di laterizi, affatto indipendenti l'uno dall'altro. Lo strato inferiore è costituito da un tavellonato in malta, posto su listelli distanti cm. 36 circa, e lo strato superiore da tegole piane dette *embrici* disposte colla loro lunghezza parallelamente ai travetti, e dai *coppi*, che coprono l'unione degli embrici. Questi hanno i lati maggiori concorrenti e muniti di orli, alti cm. 2,4; sono lunghi cm. 42,5, larghi cm. 33,2 in alto e 24,9 in basso e hanno la grossezza di cm. 2,2 circa. Si dispongono e imboccano come si vede in figura, e i loro intervalli si ricoprono poi con ordinarie tegole curve, lunghe cm. 42,5, larghe 24 nella estremità più larga, e 17,5 nella minore, e grosse cm. 3,3. Solitamente si collegano con malta solo i corsi inferiori degli embrici e dei coppi. Però se si vuole una speciale durata e impermeabilità si eseguono in malta tutte le commessure, e allora si ottiene una copertura assai resistente. La copertura a tegole maritate della società Pistoiese, richiede 9 embrici e 13 1/2 coppi per m² e pesa Kg. 72,54 per m². Questa copertura è dunque fra le pesanti, ed è per questo che è poco usata, sebbene sia fra le migliori.

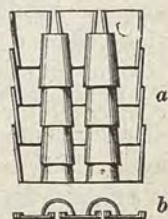


Fig. 1532 a, b. — Copertura a tegole maritate o alla romana.

d) Copertura con tegole a scanalatura o a incastro.

Le tegole a scanalatura, come il nome lo indica, presentano negli orli delle scanalature e listelli sporgenti, che si imboccano a vicenda, in modo da formare una copertura impenetrabile senza impiego di malta. Le condizioni principali per la buona riuscita di simili coperture sono: 1° esatto combaciamento delle singole tegole nelle scanalature; 2° possibilità di scambio d'aria dall'interno verso l'esterno; 3° impenetrabilità alla pioggia e alla neve; 4° resistenza alle bufere, ecc. Queste condizioni devono essere soddisfatte senza aiuto di materiali estranei. Perciò si deve presupporre un'ottima qualità del materiale laterizio. Le tegole devono essere fabbricate colla migliore argilla

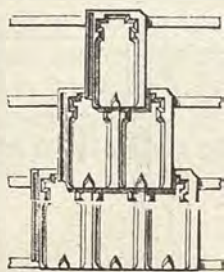


Fig. 1533. — Copertura con tegole piane scanalate a giunti sfalsati.

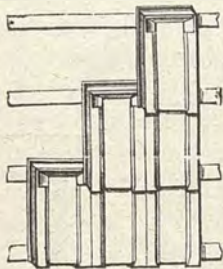


Fig. 1534. — Copertura con tegole piane scanalate, a giunti continui.

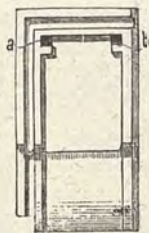


Fig. 1535. Tipo marsigliese.



Fig. 1536. Tipo parigino.

Tegole piane.

impermeabile e soprattutto non devono essere storte. Spesso si collocano le tegole con fasce di malta, ma la copertura così fatta riesce difettosa. Come inclinazione si deve assumere di $\frac{1}{6} \div \frac{1}{4}$ della profondità dell'edificio.

Le tegole a scanalatura hanno le forme più svariate, perciò si farà menzione solo delle più note ed usate. Quasi tutte hanno nel senso della lunghezza delle nervature o sporgenze ottenute colla pressione del torchio e aventi per iscopo precipuo di deviare l'acqua pluviale dai giunti del filare immediatamente sottoposto.

Una inclinazione minore di circa il 20% dà luogo, in confronto al tetto d'embrici doppio, a una minor spesa e a un minor peso. Vantaggi speciali di questo genere di copertura sono: rapidità di esecuzione; facilità di scolo, quindi sollecito asciugamento e prevedibilmente maggior durezza del tetto; sicurezza contro la penetrazione di acqua e umidità (solo però nel caso di materiale ottimo); grande facilità nella esecuzione delle riparazioni, perchè le nuove tegole si possono sostituire dal di sotto, senza bisogno di camminare sulla copertura.

Le figure 1500, 1533, 1534 mostrano tre tipi diversi di tegole e due maniere diverse di esecuzione, con giunti longitudinali alternati, oppure con giunti diritti continui. Le figure 1535 e 1536 rappresentano due forme assai usate di queste tegole, delle quali la prima è detta *marsigliese* e la seconda *parigina*. Sotto questi due nomi e sulla base di queste due forme tipiche si fabbricano però tegole piane che presentano notevoli differenze fra di loro. Non si crede il caso qui di indicarle, poichè si trovano disegnate nei cataloghi dei vari fabbricanti. Queste tegole in generale sono lunghe circa 38 cm., larghe 23 cm., e richiedono un intervallo fra i listelli di 30 a 31 cm. Il peso delle marsigliesi è di Kg. 2,20 ÷ 3,2, e ne occorrono 14 ÷ 16 per m². Il peso delle parigine è di Kg. 1,5 ÷ 2,8, e ne occorrono circa 20 per m². Per il colmo e i displuvi si usano tegole di forma speciale che hanno sulle teste delle scanalature e risvolti imboccantisi vicendevolmente (fig. 1537). Per gli orli si adoperano tegole speciali di destra e di sinistra



Fig. 1537. — Tegoloni per colmi e displuvi.

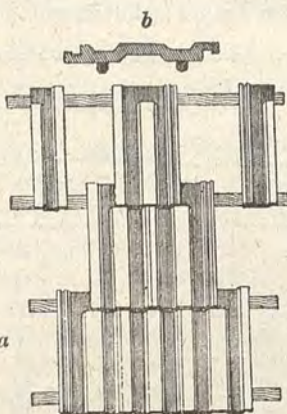


Fig. 1541 a, b. — Tegola svizzera a scanalature parallele.

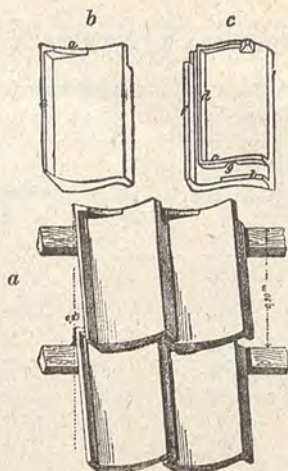


Fig. 1542 a-c. — Tegola uso fiammingo di Kobylinski.

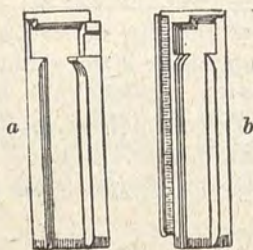


Fig. 1538 a, b. — Pezzi per gli orli.

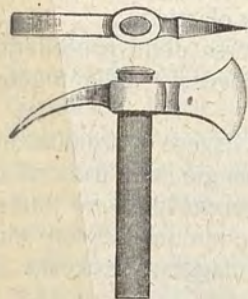


Fig. 1539. — Martello a penna per aggiustare le tegole piane.

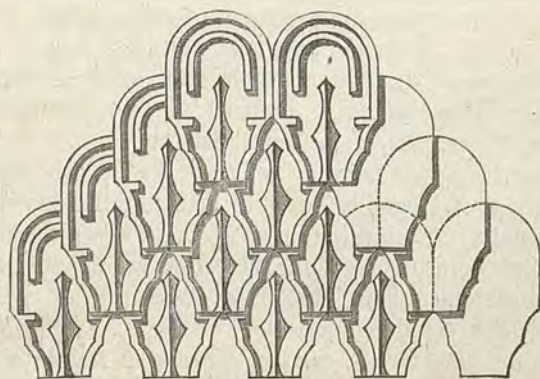


Fig. 1540 a, b. — Altra forma di tegola piana o scanalata.



(fig. 1538 a e b). Per i colmi si fanno anche tegoloni ornati, cioè con cresta superiore traforata, ecc., e per gli sfiatatoi si hanno tegole speciali, dette *a cappuccio*. Per le finestrelle da lucernari si fanno appositi telai di ghisa con incastri che si adattano a quelli delle tegole, e con orlo rilevato, sul quale si adagia, ed è imperniato il telaino mobile della finestra. La maggior parte delle tegole piane presentano nella faccia inferiore un risalto, il quale serve a trattenerle ai listelli, e alcuni tipi hanno in questo risalto un foro, nel quale si fa passare un filo di ferro che si lega intorno al listello medesimo (fig. 1540 a e b). Con questo mezzo si assicurano le tegole in modo che il vento non può sollevarle.

I listelli su cui poggiano le tegole piane sono inchiodati su palconcelli inclinati, a loro volta sostenuti dagli arcarecci. Nella Tabella LXXIX, a pagina seguente, sono indicate le dimensioni di questi legnami, supposto che la resistenza di essi sia di Kg. 60 per cm², che gli arcarecci e i panconcelli siano di larice e i listelli di abete, e in fine che il peso delle tegole (supposte marsigliesi), dei legnami suddetti e della neve (Kg. 80 per m²) sia di Kg. 132,5 per m².

Nella figura 1539 è rappresentato il martello a penna impiegato per rompere e regolarizzare il taglio delle tegole, che devono essere disposte lungo gli spigoli inclinati del tetto.

Tabella LXXIX. — Dimensioni dei legnami per coperture con tegole marsigliesi.

Arcarecci					Panconcelli		
Portata in m.	Interasse e sezione				Portata in m.	Interasse e sezione	
	Interasse m.	Sezione cm.	Interasse m.	Sezione m.		Interasse m.	Sezione cm.
2,00	1,00	9 × 9	1,20	10 × 10	1,20	0,50	6 × 8
3,00	1,20	12 × 12	1,50	12 × 14	1,20 ÷ 1,50	0,50	7 × 8
4,00	1,50	12 × 18	2,00	13 × 20	1,50 ÷ 2,00	0,50	8 × 8
4,50	1,50	15 × 18	2,00	15 × 22	2,00 ÷ 2,30	0,50	8 × 10
5,00	1,50	15 × 20	2,00	15 × 24	2,30 ÷ 2,50	0,50	10 × 10
6,00	2,00	18 × 26	2,50	18 × 29	—	—	—
6,50	2,00	18 × 28	2,50	20 × 30	—	—	—

È affatto sconsigliabile l'uso di collocare le tegole piane appoggiandole sopra un tavolato o un tavellonato, poichè si è verificato che la grandine spacca tutte le tegole così disposte, mentre invece danneggia assai meno quelle disposte su listelli, e ciò assai probabilmente perchè nel primo caso vien tolta alla tegola la sua elasticità.

Le figure 1540 *a* e *b* mostrano tegole con forma affatto diversa delle precedenti, e che si avvicina a quella degli embrici: in *b* è indicato il rovescio della tegola: l'applicazione si rileva chiaramente dal disegno.

Per bell'aspetto si distinguono anche le così dette tegole svizzere a scanalature parallele (fig. 1541 *a* e *b*), molto usate in Svizzera. Hanno il vantaggio sulle francesi di non richiedere nella fabbricazione una seconda compressione, perchè possono immediatamente venire spinte fuori dallo strettoio su di una guida e da questa con una ingegnosa disposizione essere ritagliate. Esse offrono perciò maggior sicurezza di impermeabilità delle tegole francesi.

L'intervallo dei listelli con questo sistema di tegole si tiene di 32 cm., il peso di ogni tegola è di Kg. 2,50, quello di 1 m² di tetto, compresi i listelli, di poco più di 40 Kg., quindi minore di quello del tetto ad embrici doppio. Occorrono circa 16 tegole per metro quadrato.

Le tegole ad uso fiammingo di Kobylinski hanno lo scopo di riunire i vantaggi delle tegole fiamminghe con quelli delle tegole a scanalatura (fig. 1542 *a-c*); sono lunghe cm. 35, larghe cm. 21,1, grosse mm. 13 e pesano circa 25 Kg. per m². Con listelli distanti 31 ÷ 32 cm. si può calcolare sopra un impiego di 16 ÷ 17 tegole per m². L'inclinazione del tetto si deve prendere di $\frac{1}{5}$ ÷ $\frac{1}{4}$ della profondità dell'edificio. Per la forma alquanto obliqua si evita il ritaglio degli angoli (fig. 1542 *c*), necessario colle tegole fiamminghe come pure è superfluo il risvolto nell'orlo. Negli orli del tetto però le tegole devono essere opportunamente ritagliate. Colmo e displuvi si coprono con tegole concave o con lamiera zincata; i compluvi e gli orli vanno coperti e rispettivamente circondati con lamiera zincata. Per questa copertura occorre la sigillatura con malta.

I tetti coperti in tegole resistono poco sopra le stalle e specialmente sopra le scuderie, per l'azione deleteria delle esalazioni calde ed umide e dell'ammoniaca ed acido cloridrico che contengono, quando non si provveda a un'energica aereazione: e così pure facilmente fermentano e imputridiscono i foraggi raccolti sotto di essi.

Le coperture con tegole a scanalatura o incastro, senza impiego di malta, si possono eseguire in qualunque epoca dell'anno.

Per l'esecuzione invece delle altre coperture bisogna por mente alle seguenti osservazioni:

1. Si scelga per eseguire la copertura un tempo dell'anno o giornate in cui la malta non si asciughi troppo prontamente, perchè le fascie di malta in tal caso si staccerebbero assai presto.

2. Non si lavori in autunno troppo avanzato, quando sienvi già geli sensibili alla notte, i quali sarebbero pure pericolosi per le fascie di malta.

3. Si bagnino bene le tegole prima di collocarle in opera.

4. Non si adoperi malta troppo fluida nè troppo grassa, perchè facilmente si screpoli, e vi si aggiungano anche peli di vitello affinchè essa resti più saldamente fissata alle tegole.

La durata delle coperture laterizie si ritiene, in generale, di 24 ÷ 25 anni, onde in molti paesi si è introdotta la consuetudine di rimuovere ogni anno la ventiquattresima parte della superficie totale del tetto di un edificio.

3. — COPERTURE CON LASTRE

a) Lastre e tegole di vetro.

Le lastre di vetro per coperture sono rettangolari, lisce, scanalate e retinate, cioè contenenti nell'impasto una rete metallica che le rende più resistenti, e impedisce la caduta dei pezzi in caso di rottura. Queste lastre si dispongono sopra intelaiature metalliche, come è descritto in altra parte del Manuale, e che sono così fatte da impedire la penetrazione dell'acqua. Le lastre si sormontano in basso di circa 10 cm. e vengono fermate, oltre che col mastice, mediante uncineti di rame o di ferro stagnato, contro cui appoggia l'orlo inferiore della lastra.

Si fanno pure tegole di vetro a incastro come le laterizie, e nella stessa guisa di queste si collocano sopra listelli. Di queste tegole si fa appunto uso nei tetti a tegole piane per illuminare i sottotetti.

I lastroni di vetro, anche grossi, non resistono mai bene all'urto della grandine, epperchè si usa di difenderli mediante reti metalliche disposte superiormente ad esse e sostenute da leggere armature di ferro chiodate sulle intelaiature che reggono i lastroni. Questi sono di varie dimensioni: quelli di S. Gobain (Francia) hanno lunghezza di m. 2,00 ÷ 2,50 e larghezza di m. 0,50 ÷ 0,60 con grossezza di mm. 4 ÷ 12. Il peso è di Kg. 2,6 per m² e per mm. di grossezza.

b) Piastre di cemento.

Le piastrelle di cemento per copertura di tetto si cominciarono a costruire fino dal 1840 a Staudach in Baviera coi cementi naturali di quella località, e malgrado quel rigido clima di montagna fecero buonissima prova, specialmente per la qualità di indurirsi col tempo e di non venir guaste dal gelo. Le tegole di cemento di Staudach (fig. 1543 a e b), vengono fabbricate sia sul tipo degli embrici, sia su quello delle tegole fiamminghe, in forme di acciaio, e danno per la loro straordinaria grandezza, con soli 13 mm. di grossezza, un tetto assai leggero (in tempo asciutto più leggero del 40 % di uno di embrici a sovrapposizione di $\frac{2}{3}$).

La copertura a tegole piane di cemento, secondo il sistema all'italiana di tegole maritate (fig. 1544 a) consiste di tegole piane o embrici a risvolti e di cappelli, la cui unione risulta chiaramente dalla figura, e gli embrici hanno 55 cm. di lunghezza, 31 cm. di larghezza nel mezzo e 12 mm. di grossezza. La distanza dei listelli è di 45 cm., cosicchè per 1 m² occorrono 8 embrici e 8 cappelli. È necessario imbeverle

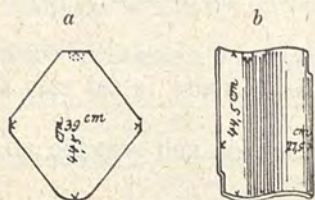


Fig. 1543 a, b. — Tegole di cemento di Staudach.

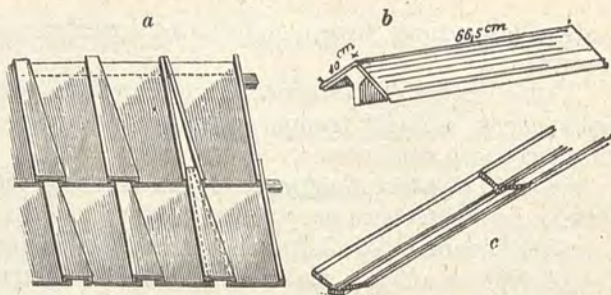


Fig. 1544 a, b, c. — Tegole di cemento italiane.

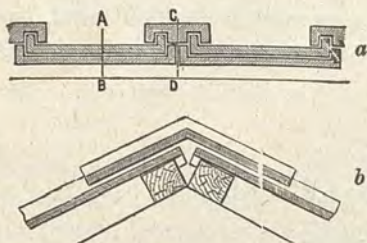


Fig. 1545 a-c. — Copertura con tegole cementizie.



Fig. 1546. — Tegola di cemento di Elbing.

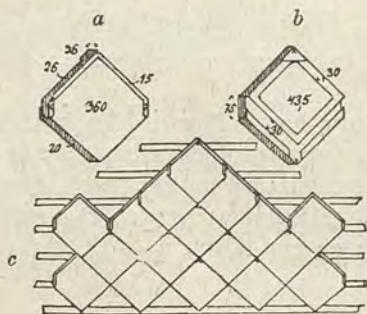


Fig. 1547 a-c. — Tegole di cemento di Obercassel.

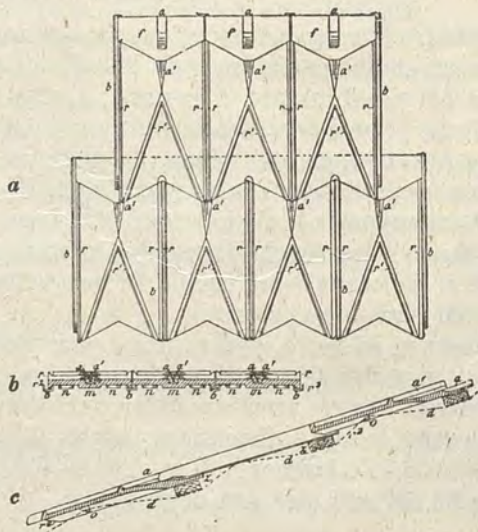


Fig. 1548 a-c. — Tegole conglomerate di Jörgensen e Kahland.

con catrame o con qualche altra sostanza che le difenda dall'umidità; per gli orli occorrono pezzi speciali come nei tetti coperti con tegole a incastro. Le figure 1544 b e c mostrano i pezzi pei colmi e pei compluvi.

Anche in Italia si fabbricarono e si fabbricano tegole di cemento romboidali e ad S, del peso di circa Kg. 36 al m² per le prime, e di Kg. 31 per le seconde. Queste tegole si mostrarono assai resistenti, e, data la facilità di poterle fabbricare colle forme che si desiderano anche senza pressione, esse riescono assai convenienti. Così, ad esempio, per coprire le mura a nicchioni del cimitero di Padova si usarono dei tegoloni di cemento lunghi circa m. 1,75 e larghi 0,50 a doppio piovante, con incastri a sezione circolare laterali, formanti nervature, le quali, insieme colla nervatura di colmo, imitano il cappello delle coperture alla romana.

La fig. 1545 rappresenta una copertura del genere, in cui però i cappelli e il colmo sono indipendenti dall'embrice, mentre nel caso precedente formano un pezzo solo colla parte piana.

Le tegole di cemento di Elbing (fig. 1546) hanno 47 cm. di lunghezza, 31,5 cm. di larghezza e 13 mm. di grossezza e pesano Kg. 5,50. La loro doppia curvatura ha in a 13 mm. di monta; l'inclinazione del tetto è da 1 a 3.

In Obercassel si fabbricano delle tegole di cemento a incastro (fig. 1547 a , b e c), che hanno 30 cm. di lunghezza di lati e smussature agli angoli in modo che in corrispondenza a questi si hanno dei piccoli lati di cm. 7,5 di lunghezza. Si ricoprono l'una l'altra da 2 lati per 5 cm., cosicchè per 1 m² occorrono 16 pezzi. Ogni tegola ha la grossezza di 1 cm. e pesa soltanto Kg. 2,5; 1 m² di superficie coperta pesa circa 40 Kg. Si possono adoperare anche con una pendenza del tetto di $\frac{1}{10}$ soltanto.

Una forma che diversifica da tutte le altre è quella delle tegole conglomerate di Jörgensen e Kahland a Wedel nell'Holstein (fig. 1548 a , b e c). Queste sono adatte, con una distanza tra i listelli di cm. 34,5, tanto per tetti poco inclinati fino a 25° di pendenza, quanto per tetti a soffitte fino a 75°, cioè dal rapporto 1:2 al rapporto 1:4. Si fabbricano di diversi colori. In corrispondenza allo spigolo obliquo di scolo esse presentano in alto un'appendice più approfondita (f), cogli intagli $a a'$ nei quali sboccano i canali di zinco b per condurre nel mezzo delle tegole sottostanti l'acqua raccolta dalle commesure. Servono allo stesso scopo le nervature r' disposte obliquamente le une rispetto alle altre, come pure gli spigoli di scolo tagliati obliquamente. Nella faccia inferiore le tegole sono provviste delle nervature r^2 abbracciate dai canali di zinco b , formando così una doppia scanalatura che impedisce all'acqua di penetrare. Le sporgenze nn e lo scolo m servono per l'attacco e come appoggio alle tegole: le sporgenze nn si impegnano perciò nei chiodi confitti nei listelli abbastanza perchè tra le sporgenze stesse e i listelli rimanga uno spazio z pel quale le gocce d'acqua eventualmente trasudanti possano scorrere sulla superficie inferiore delle tegole fino a giungere nel loro canale di scolo, senza venir assorbite dai listelli. L'occhiello o serve per farvi passare un filo d che collega le tegole con listelli, impedendo così che esse possano venir sollevate dal vento.

Per coprire 1 m² di tetto occorrono circa 15 pezzi; il peso, oltre i listelli, arriva a circa 42 Kg. Per coprire creste e colmo si hanno pezzi speciali, che si devono porre in opera in malta magra di cemento: i compluvi vengono foderati con lamiera di zinco, e le tegole che vi concorrono, devono essere opportunamente ritagliate.

Finalmente, si è visto più sopra che le costruzioni in calcestruzzo di cemento armato possono offrire un tetto incombustibile, e anche impermeabile, potendosi evitare le formazioni di fessure capillari con scopature sistematiche nei primi tempi dopo la formazione e suddividendo le troppo grandi superfici mediante l'inserzione di striscie metalliche a guisa di molla, che distruggono gli effetti della dilatazione. Per questa copertura si consiglia una pendenza di 1 per 20, poichè un lento scolo dell'acqua non danneggia la superficie in cemento, e l'esecuzione riesce con ciò assai facilitata. Sulla impermeabilità delle coperture a superficie continua in cemento non sempre si può fare sicuro affidamento, influendo assai la qualità dei materiali impiegati, la stagione in cui la copertura fu eseguita e il modo di esecuzione. Per evitare qualunque pericolo e quando non si può essere certi, è meglio ricoprire la superficie con uno strato di asfalto o con una delle coperture a base di catrame, più innanzi descritte.

c) Lastre di pietra.

a) Lastre grosse.

Le pietre stratificate riducibili in lastre sottili costituiscono un buon materiale da copertura quando siano impermeabili ed inalterabili agli agenti atmosferici. Sono particolarmente pregevoli le ardesie, di cui si parla diffusamente più innanzi, e i gneiss,

dei quali se ne hanno alcune varietà in Piemonte e Lombardia (lastre di Moltrasio), molto usate per coperture. In Piemonte assai note sono le lastre di Barge e Luserna, che sono, in generale, quadrati di cm. $80 \div 100$ di lato, e hanno una grossezza di $2 \div 3$ cm. Esse si dispongono ordinariamente in modo che una delle diagonali sia orizzontale, e l'altra secondo la massima pendenza del coperto. I lati inferiori di ogni lastra ricoprono quelli superiori delle due adiacenti per un tratto largo cm. $12 \div 18$ secondo la maggiore o minore inclinazione delle falde. I vertici laterali vengono smusati per una lunghezza uguale alla diagonale del quadrato che ha per lato il ricoprimento, affinché il combaciamento delle lastre sia più completo. Ogni lastra deve poi essere assicurata ai legnami sottoposti con due chiodi ad uncino posti contro i margini superiori di esse od attraversanti fori praticati verso l'alto della parte ricoperta delle lastre stesse. Gli arcarecci si collocano a tale distanza che ogni lastra appoggi almeno su due di essi e quindi da $40 \div 60$ cm. In prossimità della gronda le pietre vengono in parte tagliate e così pure presso gli spigoli, ove le lastre di una falda devono sporgere alquanto su quelle della falda attigua. I displuvi si ricoprono con tegoloni murati, e i compluvi si formano con fogli metallici chiodati sugli arcarecci e penetranti per 30 cm. almeno sotto alle lastre.

β) Lastre sottili — Ardesie o lavagne.

Le buone ardesie da tetto (schisti argillosi) devono avere una faccia superiore liscia con colorazione azzurro-scura o rosso-bruna, una limitata capacità di assorbimento dell'acqua, emettere sotto alla percossa un suono chiaro, e lasciarsi fendere e forare con facilità. Sono difettose quelle contenenti pirite, carbonato di calce e carbone. La pirite (solfuro di ferro) si ossida facilmente all'aria calda ed umida trasformandosi in ossido di ferro e cagionando il disgregamento della pietra; si riconosce a vista pei suoi cristalli brillanti, color ottone, e, riscaldando l'ardesia, all'odore di acido solforico che si sviluppa: si riconosce che un'ardesia è calcare, quando, bagnandola con acido cloridrico, si produce effervescenza, e che contiene carbone allorchè scaldandola perde in peso.

La prova più sicura per riconoscere la bontà di uno schisto argilloso è la seguente: si versa in un vaso di vetro dell'acido solforico, si sospende nel vaso stesso un pezzo di schisto (ardesia) in modo che non venga a contatto diretto coll'acido e si chiude poi il vaso il più ermeticamente che sia possibile. Dopo qualche tempo se l'ardesia è cattiva si sfalda, se è buona rimane intatta. Oltrechè dall'acido solforoso che si trova nell'aria, l'ardesia viene disgregata anche dal gelo, allorchè sia piuttosto porosa.

Si devono prescrivere le cave da cui debba provenire l'ardesia. Fra le più note sono le inglesi (paese di Galles, presso Port Madoc, Bangor, Port Penrhyn, Carnarvon), le francesi di Angers, Charleville, Fumay e Rimogne (quest'ultima clorite schistosa verde), le tedesche di Nuttlar alla Ruhr, di Lehesten in Turingia, di Caub al Reno; le italiane della Liguria, dette più propriamente *lavagne*, e della provincia di Belluno, Treviso, Sondrio, Como, Lucca, Reggio Calabria, della Lombardia, Sicilia e Sardegna. L'ardesia di Lehesten è da equipararsi alle migliori d'Inghilterra, e può, come pure quella di Nuttlar, venire cavata in lastre di parecchi metri quadrati di grandezza. In generale però le cave tedesche di schisti presentano grande disequaglianza di banchi, così che non si possono avere le lastre della stessa uniformità, grandezza e grossezza come per le inglesi e francesi. Da ciò le grandi differenze tra i metodi tedeschi, inglesi e francesi di eseguire la copertura con ardesie.

Forse con nessun altro genere di copertura il proprietario di una fabbrica è soggetto ad essere ingannato con finto impiego di materiale, come coll'uso delle ardesie. Perciò prima di cominciare il lavoro si disporrà la quantità necessaria di ardesie in

mucchi facili a numerare e ad esaminare, trattenendo il residuo che eventualmente non si fosse impiegato. Altrimenti vi sarebbe pericolo che un impresario poco fidato avesse a disporre le lastre con insufficiente sovrapposizione, per ottenere per conto proprio un risparmio di materiale.

Assai difficile riesce il sorvegliare i lavori di riparazione. Astraendo anche dal fatto che molte volte gli operai guastano a bella posta dei punti buoni della copertura per aver modo di prolungare il loro lavoro, essi adoperano ancora del materiale spezzato per quelle parti che una volta eseguito il lavoro non lasciano più scorgere le fenditure o le crepe. Più facilmente si possono effettuare queste ed altre frodi nei tetti foderati di tavole.

Ai tetti di ardesia si dà per altezza da $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$ della profondità dell'edificio; solo nelle migliori ardesie inglesi ed in circostanze favorevoli si può arrivare fino a $\frac{1}{5}$: nei rigidi paesi di montagna e nei paesi litoranei, si deve limitarsi a rimanere fra $\frac{2}{5}$ e $\frac{1}{2}$. Le ardesie in pezzi più piccoli richiedono bensì tetti più ripidi e maggior peso, ma però offrono maggior resistenza, tanto alla pressione del vento e della neve, quanto al passaggio sopra di essi.

Pel minimo ricoprimento delle lastre di ardesie le une sulle altre, si possono adottare i valori della seguente Tabella.

Tabella LXXX.

Inclinazione del tetto	Per un tetto a doppia copertura d'ardesie	Per un tetto a copertura semplice di ardesie a modello uniforme, inglesi o di Meiningen	Per un tetto alla tedesca con lastre comuni di ardesia, irregolari
4 : 6	95 mm.	—	—
4 : 5	88 mm.	—	—
4 : 4	80 mm.	140 mm. nello strato al piede, solo 70 mm. nel rimanente.	—
4 : 3	70 mm.	80-82 mm. nello strato al piede, 70 nel resto.	—
1 : 2 } 2 : 5 } 0.	60 mm. nel terzo strato	70 mm. nello strato al piede, nel resto 60-70.	82 mm. nello strato al piede 70 mm. nel mezzo. 53 mm. in alto.

Le ardesie inglesi e di Turingia nel senso della larghezza sono da ricoprire per più di $\frac{2}{3}$, così che se una lastra cade fuori non diventi visibile l'assito. Con ardesie di grossezza irregolare, lo spigolo più sottile dovrà essere quello ricoperto, e il più grosso quello da ricoprire, per ottenere giunti meglio chiusi. La faccia più liscia e più piana deve essere collocata al di sopra. I risalti devono essere levati con uno scalpello, se le lastre devono essere adagiate su di un assito o su altra superficie continua: se invece cadono nello spazio vuoto fra due listelli non fanno difetto. I fori dei chiodi devono essere fatti in modo che l'allargamento imbutiforme, che viene a risultare nel formarli, sia rivolto verso l'alto, in modo che l'intera testa del chiodo possa rimanere nascosta nel buco. Solo nelle lastre di orlo, di colmo, di chiusura si deve procedere a rovescio. Si impiegheranno in questi casi chiodi fucinati di almeno 32 mm., meglio di 40 ÷ 50 mm. di lunghezza, e per proteggerli contro la ruggine saranno stagnati, oppure ricoperti di piombo o di rame. Più durevoli, ma più costosi, sono i chiodi di rame o almeno quelli che vengono stampati con una lega di rame e zinco o stagno.

La copertura con lastre grandi si può fare su listelli (cotichette) o sopra assito: quella con lastre piccole, soltanto sopra assito. La copertura su listelli ha l'inconveniente di lasciar adito all'infiltrarsi della neve nel sottotetto, quando non siasi adoperato materiale ottimo, e l'esecuzione non sia stata accuratissima. D'altra parte questo modo di copertura presenta alcuni vantaggi su quello a tavolato, perchè più facilmente

si possono riconoscere le discontinuità della copertura stando nel sottotetto, e più comode riescono le riparazioni. Oltre a ciò si evitano in grado maggiore i pericoli dell'imputridimento, perchè si ha minor quantità di legno che rimane a contatto colle lastre, le quali assorbono e trattengono più o meno l'umidità, che permane maggiormente quando l'ardesia sia appoggiata per tutta la superficie e non solo in parte come sui listelli. Le tavole non si devono adoperare di una grossezza minore di 25 mm., nè di una larghezza maggiore di 20 cm., e per una lunghezza di cm. 70 ÷ 80 devono essere inchiodate con chiodi quadrangolari a 20 o 25 mm. al più dai giunti longitudinali, perchè col contorcersi non abbiano a spezzare le pietre. Bisogna avere speciale riguardo all'uniformità di grossezza delle tavole, e così pure dei listelli; si devono anche sfalsare i loro giunti di testa. È assai raccomandabile di ricoprire i tetti intavolati con cartonecuoio, il quale ripara il tavolato dall'umidità che può penetrare superiormente in seguito a pioggia o neve, e da quella che si può condensare sulla faccia inferiore delle ardesie.

Si avverte infine che le ardesie non possono sopportare temperature molto elevate; in caso di incendio si spaccano subito, e questo avviene tanto più prontamente quanto maggiori sono le quantità di piriti o di carbonato di calce contenute nelle ardesie.

γ) Copertura a sistema inglese.

La copertura con ardesie a sistema inglese si eseguisce su listelli o sopra assito, tanto come pel tetto semplice a embrici, quanto, e più frequentemente, secondo il tetto con ricoprimento a $\frac{2}{3}$. Nel primo caso le lastre rettangolari, disposte parallelamente alla linea di colmo, si ricoprono in modo che dappertutto vi ha doppio strato di ardesie. Le commessure devono essere otturate con mastice o con malta. Questo modo di copertura, meno raccomandabile, è da adottarsi solo pei tetti ripidi, dove si debba avere il maggior riguardo al risparmio di spesa.

Colla copertura doppia l'intervallo dei listelli deve essere alquanto minore della metà lunghezza delle lastre, per la qual cosa la prima ardesia sopravvanza sempre di qualche poco anche sulla terza, per impedire la penetrazione della neve e della pioggia nei giunti (fig. 1549). Assai spesso si dispongono anche le lastre diagonalmente (fig. 1550). La chiodatura si deve fare a circa 15 cm. di distanza dallo spigolo superiore con due chiodi, meglio però nel mezzo della lastra secondo la figura 1551, così che i chiodi in pari tempo tengono fermo lo spigolo superiore della lastrina sottostante diminuendo così l'effetto prodotto dal vento sulle bufere, perchè la sua azione resta ridotta in causa della minor lunghezza del braccio di leva. Assai raccomandabile è il sistema di copertura Mauduit e Béchet, col quale viene affatto evitata la chiodatura, che così facilmente dà luogo alla rottura delle ardesie. Le lastre di ardesia vengono sostenute all'estremità inferiore con un gancio metallico ripiegato (fig. 1552), che si appende ai listelli, oppure s'inchioda alle tavole colla ripiegatura superiore appuntita (fig. 1553). Invece di ganci in filo di rame o di ottone, i quali diedero buoni e cattivi risultati, si usano ganci foggianti come nella figura 1554: le lastre al colmo vengono però in questo caso inchiodate. I pregi di questo sistema di copertura sono: 1° che il punto di assicurazione delle lastre sta verso la loro parte inferiore, ottenendo con ciò maggior resistenza all'azione del vento nelle bufere; 2° che le riparazioni si possono eseguire molto facilmente, perchè si ha soltanto da aprire gli uncini, togliere le lastre e sostituirvene delle altre, mentre coi tetti inchiodati bisogna sempre rimuovere maggior quantità di lastre, ed infine rimangono scoperti i fori dei chiodi; 3° che verificandosi la necessità di rifare il tetto, le lastre di ardesia, non essendo forate, si possono adoperare ancora in qualsiasi guisa.

Le figure 1555 e 1556 *a, b, c*, mostrano due coperture con ardesie disposte a rombo; e la fig. 1556 *b* il particolare di una lastra della copertura della figura 1556, provvista di intaccature in alto e in basso per impedire che possa girare.

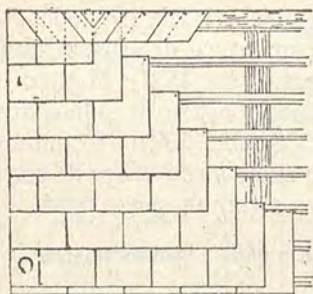


Fig. 1549. — Copertura con ardesie.

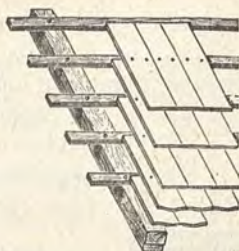


Fig. 1551. — Chiodatura nel mezzo della lastra.



Fig. 1552. Uncino per ardesie.

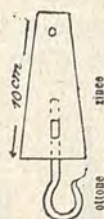


Fig. 1554. Uncino per ardesie.

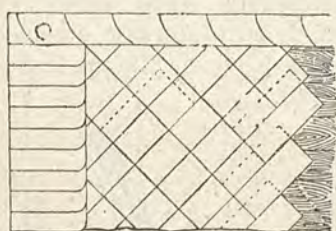


Fig. 1550. — Copertura con ardesie in diagonale.

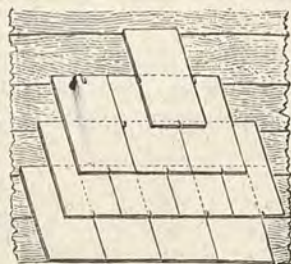


Fig. 1553. — Ardesie sorrette da uncini chiodati sul tavolato.

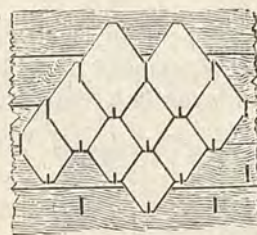


Fig. 1555. — Ardesie disposte a rombo.

Fig. 1557. — Colmo di tetto ad ardesie.

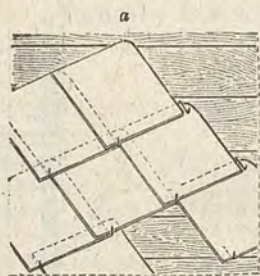


Fig. 1556 a, b. — Ardesie disposte a rombo.

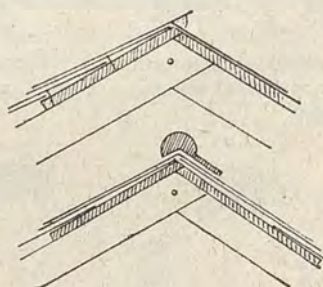
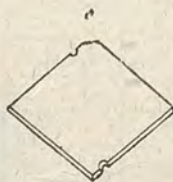


Fig. 1558. — Ricopertura del colmo di tetto ad ardesie.

La seguente tabella dà le grandezze delle lastre di ardesia inglesi, la quantità occorrente per m², ecc.

Tabella LXXXI. — Dati sulle ardesie inglesi.

DIMENSIONI	NUMERO di ardesie occorrente per m ²	Intervallo dei listelli per copertura		Listelli occorrenti	PESO per 1200 lastre d'ardesia	CHIODI per m ²
		obliqua	diritta			
cent.		cent.	cent.	m.	Kg.	N.
61/36	10,5	35	28,5	2,90 ÷ 3,70	3000	24
61/30	12,4				2600	28
56/30	13,7				2450	31
51/25	18,3	30	23,5	3,35 ÷ 4,50	1675	40
46/23	23,0	28	21	3,65 ÷ 5,00	1350	50
41/20	30,0	25,5	18	3,95 ÷ 5,85	1050	64

Gronda e colmo vengono foderati di tavole per circa 30 cm. di larghezza. Nei tetti sporgenti la gronda è completamente foderata mediante tavole unite a scanalatura e

linguetta od almeno a dente. La copertura del colmo e dei displuvi si fa in modo che la parte a mezzodi sopravvanzi di cm. 7 ÷ 8, dalla serie superiore di ardesie della parte verso nord, e le commessure si sigillano con malta grassa (fig. 1557). Migliore è la copertura colle lastre di colmo brevettate (fig. 1558 o fig. 1559 *a* e *b*), oppure con lamine di zinco o con lastre di zinco fuso, che si descriveranno più avanti.

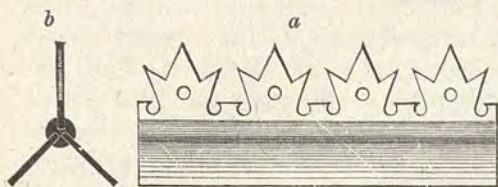


Fig. 1559 *a*, *b*. — Colmo per tetto di ardesie.

11 ÷ 13 cm. di larghezza e di 15 ÷ 16 mm. di grossezza. Il loro interasse dipende dalla grandezza delle lastre d'ardesia, assai variabile. Nella parte visibile tali lastre sono lavorate a semicircolo, ad arco acuto, e così via (fig. 1560).

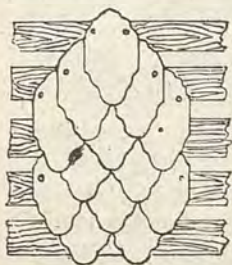


Fig. 1560. — Copertura con ardesie a sistema francese.

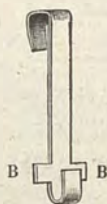


Fig. 1561. — Uncino per ardesie.



Fig. 1562. — Cappello di lamiera per colmo.



Fig. 1564. — Lamiera per la ricopertura delle creste o spigoli.

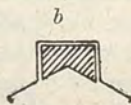


Fig. 1563 *a*, *b*. — Colmi con profilo speciale ricoperti con lamiera metallica.

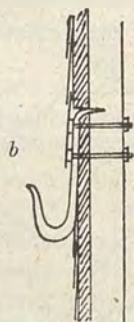
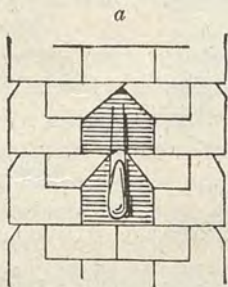


Fig. 1565 *a*, *b*. — Uncino da tetto.

Di tutte le cave di ardesie che si contano in Francia, quelle di Angers sono le preferite. La grande facilità con cui queste ardesie si possono dividere in lastre, le rende molto atte alla esportazione. Le ardesie di Angers hanno dimensioni diverse, e si distinguono in due categorie: quelle lavorate alla francese e quelle all'inglese. (Vedi Tabelle a pagina seguente).

Il coefficiente di resistenza alla rottura delle ardesie di Angers è di 7,046, e quello di elasticità di 11,5 ÷ 12, ossia come di una ghisa media. La resistenza allo schiacciamento varia da 877 a 1285 Kg. per cm. quadrato.

Un m² di ardesia pesa da 25 ÷ 26 chilogrammi.

Le ardesie si ricoprono vicendevolmente di $\frac{2}{3}$: il terzo che rimane apparente è detto dai francesi *pureau*. Questo nei tetti così detti alla Mansard, può essere di $\frac{3}{4}$ dell'altezza della lastra, nella parte inferiore del tetto avente inclinazione più di 60°, e di $\frac{1}{4}$ nella parte superiore inclinata circa di 30°. Quando la pendenza è di 45°, allora i *pureaux* divideranno la lastra in due parti uguali.

Il gelo, il vento e le piogge deteriorano le ardesie, che ciononostante, quando la copertura sia ben mantenuta, possono durare anche 50 anni. Si ricorre a un grande

Tabella LXXXII. — Dati relativi alle ardesie di Angers.

TIPO	Lunghezza o altezza	Larghezza	Groschezza	Parte visibile (pureau)	Numero di ardesie per m ²	Peso di 1000 ardesie	N° di m ² coperti da 1000 ardes.	Prezzo (Francia) di 1000 ardes.	
	m.	m.	mm.	m.		Kg.		L.	
TIPI FRANCESI	Quadrate (parte visibile) gran mod.	0,324	0,222	2,5 ÷ 3,5	0,11	42	520 ÷ 600	23,80	61
	Quadrate 1/2 forti . . .	0,297	0,216	2,5 ÷ 3	0,10	47	440	21,27	54
	Quadrate forti . . .	0,297	0,216	2,7 ÷ 4	0,10	47	540	21,27	58
	Quadr. (cartelettes)	0,216	0,162	2,5 ÷ 3,5	0,07	88	260 ÷ 390	11,36	30
	Intagliate	0,300	0,170	2,5 ÷ 3,5	0,10	60	300	16,66	70
TIPI INGLISI	Num. 1	0,640	0,360	4,5 ÷ 6	0,280	9,92	3100 ÷ 3800	100,20	344,20
	» 2	0,608	0,360	» »	0,265	10,48	2900	95,41	321,55
	» 3	0,608	0,304	» »	0,265	12,40	2450	80,64	266,65
	» 4	0,558	0,270	» »	0,240	14,92	2020	67,02	219,60
	» 5	0,508	0,254	3,5 ÷ 5	0,215	18,31	1460 ÷ 2400	54,61	170,60
	» 6	0,458	0,254	» »	0,190	20,70	1330	48,30	144,20
	» 7	0,406	0,203	» »	0,165	21,85	860	33,50	98,05
	» 8	0,355	0,203	» »	0,140	35,21	710	28,40	78,45
	» 9	0,355	0,177	» »	0,140	40,32	630	24,80	70,60
	» 10	0,305	0,165	» »	0,115	52,63	470	19,00	53,90
	» 11	0,360	0,254	» »	0,140	28,12	960	35,56	107,00
	» 12	0,304	0,203	» »	0,115	42,82	620	23,34	71,00

Tabella LXXXIII. — Dati relativi a varie ardesie francesi.

TIPO	Lunghezza o altezza	Larghezza	Groschezza	Peso di 1000 ardesie	Parte visibile (pureau)	Numero di ardesie per m ² di tetto	N° di m ² coperti da 1000 ardesie
	m.	m.	mm.	Kg.	m.		
<i>Modelli francesi.</i>							
Quadrate forte (Angers)	0,297	0,196	2 1/2 ÷ 3 1/2	410	0,10	52	19,23
Grande media forte (id.)	0,297	0,180	2 1/2 ÷ 3 1/2	380	0,10	55	18,18
Piccola media forte (id.)	0,297	0,162	2 1/2 ÷ 3 1/2	330	0,10	62	16,12
Media (id.)	0,270	0,180	2 1/2 ÷ 3 1/2	355	0,09	61	16,40
Fiamminga N. 1	0,270	0,162	2 1/2 ÷ 3 1/2	320	0,09	69	14,40
» N. 2	0,270	0,150	2 1/2 ÷ 3 1/2	300	0,09	74	13,50
Quadrate N. 1 (grande cartelette)	0,243	0,180	2 1/2 ÷ 3 1/2	310	0,08	72	13,88
Quadrate N. 2	0,243	0,150	2 1/2 ÷ 3 1/2	265	0,08	82	12,20
Quadrate cartelettes N. 2	0,216	0,192	2 1/2 ÷ 4	200	0,07	114	8,77
» » N. 3	0,216	0,195	2 1/2 ÷ 4	150	0,07	146	6,84
Quadrate (piccolo tipo di Charleville)	0,216	0,162	2 1/2 ÷ 3	258 ÷ 284	0,07	»	»
Tipo medio di Charleville (Ardennes) St. Louis	0,270	0,19	3	485	0,08	56	»
Petit St. Louis (Charleville)	0,26	0,16	2,7 ÷ 3 1/2	240	0,08	74	10,63
Ardesie di Fumay (nero rosso)	0,24	0,16	2,82	293 ÷ 343	0,061	74	10,63
	0,24	0,16	1,69	171 ÷ 195			

ricoprimento per impedire che per l'effetto della capillarità l'acqua risalga lungo le lastre e sgoccioli all'interno. Le ardesie si attaccano con chiodi galvanizzati o di rame. Si comincia a collocare le ardesie di gronda, le quali si posano in malta. Invece dei chiodi si usano i ganci detti *agrafes*, formati con lamierino metallico galvanizzato o di rame. Ve ne sono di vari sistemi, di cui la figura 1561 ne indica uno, che colle due appendici B presenta il vantaggio di dare appoggio contemporaneamente a tre ardesie e di tenerle staccate in modo da ovviare gli effetti della capillarità.

Per coprire le creste, il colmo, ecc., si adoperano lamine di piombo, latta (ferro stagnato), ma principalmente lamiera di zinco. I cappelli di lamiera vengono assicurati sul tavolato a distanza di 30 ÷ 40 cm. con chiodi zincati, le cui teste si ricoprono con piccole calotte stampate in lamiera di zinco (fig. 1562). Le figure 1563 *a* e *b* mostrano dei colmi con profilo speciale e ricoperti con lamiera metallica.

È raccomandabile il coprire le creste degli spigoli con lamiere di zinco a scanalatura (fig. 1564), che rendono inutile la chiodatura e permettono la dilatazione del metallo, ecc.

Gli uncini da tetto delle coperture in ardesia servono per appendervi le scale e vengono assicurati ai correnti con viti (fig. 1565 *a* e *b*). La metà superiore dell'uncino si ricopre con lamiera, della quale se ne pone un'altra parte sotto la metà inferiore dell'uncino per impedire che l'acqua scolante dall'uncino si introduca sotto di esso. Questi uncini, rispetto alla possibilità di poter giungere in ogni punto del tetto, si rendono necessari solo quando la pendenza del tetto è maggiore di $\frac{1}{3}$ (l'altezza $> \frac{1}{3}$ della base in un tetto a 2 pioventi). Per difendere però il tetto dai danni che vi si producono camminandovi sopra, è però meglio adottare sempre gli uncini, qualunque sia l'inclinazione.

e) Copertura con ardesie a sistema tedesco.

Poichè, come si è già detto, le ardesie delle cave tedesche sono in generale di grandezze assai variabili, ed anche più piccole di quelle inglesi e francesi, si dovrà sempre eseguire la copertura sopra tavolato. Rispettivamente al loro collocamento sul tetto, le ardesie si distinguono in quelle: 1° da grondaia; 2° da orlo o frontispizio; 3° da colmo; 4° da compluvio o canale; 5° da copertura. Ogni singola serie o corso si dice *filare*, onde si avranno *filari* di gronda, di orlo, di colmo, di compluvio e da copertura. Nelle serie più basse di questi filari, che formano linee risalenti obliquamente verso il colmo, si adoperano le lastre di ardesia più grandi, e di mano in mano che si procede verso l'alto, le più piccole, dandosi ai filari un'inclinazione tanto più forte quanto più piccola è l'inclinazione della falda del tetto. Secondo la direzione predominante del vento si eseguisce la copertura da destra a sinistra o viceversa, affinché tempesta, neve e pioggia non possano introdursi nei giunti. Generalmente però si fa la copertura risalendo verso destra.

Le lastre grosse si inchiodano con 3 chiodi, le più piccole con 2, sulle tavole dell'assito, osservando che la chiodatura di una lastra avvenga su di una tavola sola e non su due, perchè in seguito alle contrazioni del legname l'ardesia si spezzerebbe facilmente. Un'ardesia non deve mai sporgere sopra due sottostanti, perchè in tal caso il tetto sarebbe penetrabile; e non deve essere neppure più corta della sottostante. Nell'eseguire la copertura si comincerà colle prime tre lastre da grondaia a destra, assicurandole con 3, 4 o 5 chiodi (fig. 1566) secondo la grandezza. Fatto il primo filare, si prosegue risalendo. Le ardesie in gronda si fanno sporgere sopra il cornicione per 7 od 8 cm. quando non vi sia un canale di gronda in lamiera di zinco. Al colmo le ardesie vengono di solito inchiodate in un filare uniforme di chiusura per tutta la lunghezza del tetto; queste ardesie devono perciò avere tutte eguale altezza; possono però avere diversa larghezza. Il ricoprimento dalla parte del nord si fa di cm. 6 ÷ 8: così pure sulle creste: entrambi devono venir sigillati con fascie di malta grassa. Agli orli del tetto si collocano delle ardesie piccole, pure assicurate ai filari corrispondenti: i chiodi risultano quindi più vicini, e si ha perciò maggior resistenza all'azione del vento. Qualche volta però invece agli orli del tetto si pone un filare di larghezza uniforme, una bordatura o fascia (fig. 1567 *a, b, c, d*); la linea, secondo la quale le pietre marginali si ricoprono, può essere retta come nella figura 1567 *b*, ma talvolta anche (eccetto che per le pietre del filare più basso) arcuata o ad angolo ottuso: anche if

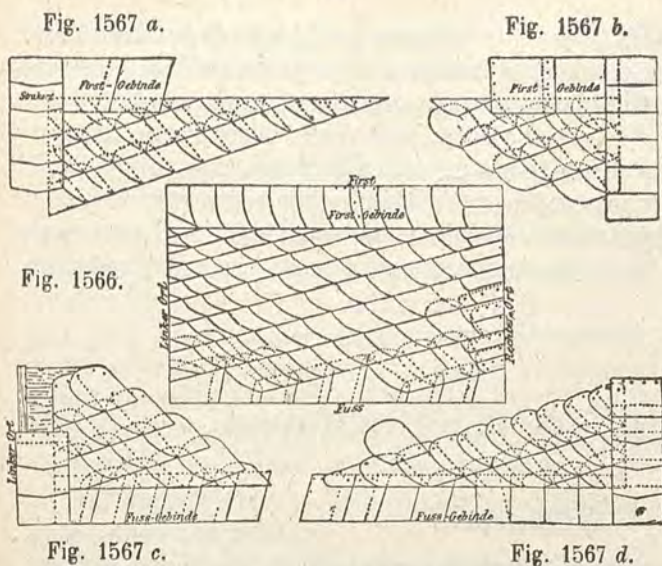


Fig. 1566 e 1567 a-d. — Copertura con ardesie a sistema tedesco.

First, colmo; *First-gebände*, alare di colmo; *Fuss*, gronda; *Fuss-gebände*, alare di gronda; *Linker Ort*, orlo sinistro; *Rechter Ort*, orlo destro; *Strakort*, fascia marginale.



Fig. 1568. — Altra forma di ardesie.

Fig. 1569. — Compluio con ardesie.

Fig. 1571. — Disposizione della lamiera di zinco in un compluio.

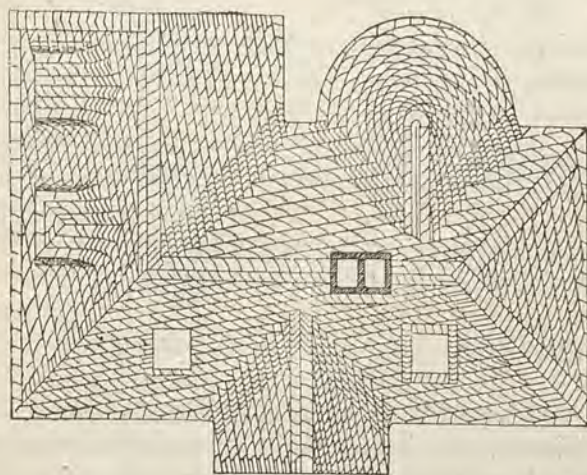


Fig. 1570. — Copertura di un tetto con ardesie a sistema tedesco.

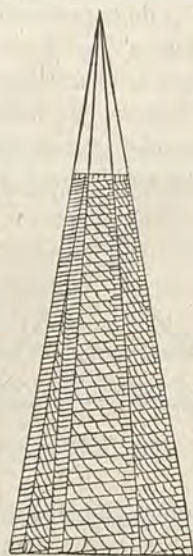


Fig. 1572. — Cuspide ricoperta con ardesie.

ilare di gronda conterà di lastre di eguale altezza. La figura 1568 mostra una forma di lastre di ardesia diversa dalle comuni ed usata in varie località.

La copertura dei compluvi nei tetti di ardesie si può eseguire collocando una tavola che copra l'angolo, e poi delle piccole ardesie molto ricoprentisi (fig. 1569), in modo da ottenere un canale a sezione curva.

La figura 1570 rappresenta la copertura in ardesie a sistema tedesco di un intero tetto con colmi, displuvi e compluvi, sporgenza tonda per scala, aperture per camini ed abbaini. I fianchi degli abbaini vengono ricoperti con lastre come quelle dei compluvi. Si farà bene a foderare almeno i compluvi, le creste e il colmo con cartone incatramato e inchiodarvi poi sopra le ardesie, quando non si preferisca, come generalmente si fa, sostituirvi la lamiera di zinco, che dovrà avere, specie nei compluvi, dimensioni abbastanza ragguardevoli, perchè l'acqua affluente in grande quantità può facilmente penetrare sotto le ardesie del compluio, e quindi nel sottotetto. La lamiera zincata o di

zincò si ripiega sugli orli (fig. 1571), lasciando sollevata la ripiegatura per mm. 1 ÷ 2 affinchè l'acqua trovi un ostacolo o non possa risalire. La sporgenza delle ardesie sulla lamiera si fa di 10 ÷ 12 cm. I fogli di lamiera vengono assicurati con arpioni nel solito modo, lasciando un po' di giuoco per la dilatazione e la contrazione. Particolarmente appropriato è il sistema tedesco di copertura pei tetti alla Mansard e per quelli dei campanili. La figura 1572 mostra una cuspide da campanile colla estremità rivestita in lamiera. La grandezza delle ardesie va diminuendo dal basso all'alto: nel lato sinistro è rappresentata la copertura a fascia, che in questo caso è meno usata dell'ordinaria.

4. — COPERTURA CON CARTONE INCATRAMATO

(Carton-cuoio o carton-pietra per tetto).

a) Generalità.

L'inclinazione del tetto con questo sistema di copertura non ha limiti così ristretti, come per le coperture di ardesie o di tegole. Ordinariamente si prende per altezza del tetto $\frac{1}{15}$ della profondità dell'edificio, ma si può benissimo salire fino a $\frac{1}{3}$ come discendere fino a $\frac{1}{20}$. È però da aversi riguardo a ciò, che una inclinazione troppo forte favorisce lo scorrimento del catrame, sia in causa del calore solare, sia della pioggia, e così pure il sollevamento del cartone per la rarefazione dell'aria che si forma nella parte del tetto opposta alla direzione

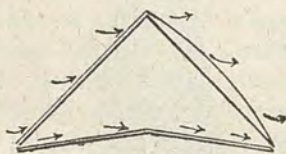


Fig. 1573.

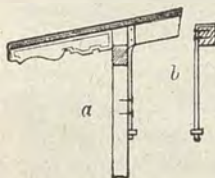


Fig. 1574 a, b.

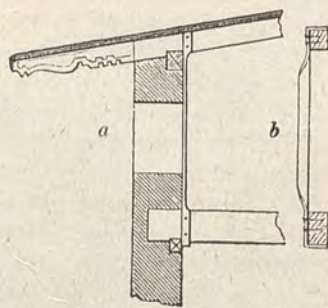


Fig. 1575 a, b.

della bufera (fig. 1573). Ciò, a dir vero, è meno da temere quando il tetto è poco inclinato, ma persiste tuttavia il pericolo che l'acqua di pioggia sia spinta dalla forza del vento contro il colmo. Sono perciò più raccomandabili le pendenze di $\frac{1}{10}$ e di $\frac{1}{15}$ della profondità dell'edificio.

In causa della sua leggerezza il cartone incatramato permette una più leggera armatura del coperto. Non bisogna però discendere oltre certi limiti, poichè bisogna anche tener conto dei sovraccarichi accidentali. Il tavolato deve consistere di tavole di almeno cm. 2,6 di grossezza, unite a scanalatura oppure con caviglie, in modo che non abbiano a piegarsi quando si cammina sul tetto, perchè altrimenti il cartone si lacererebbe. Le tavole debbono essere di uniforme grossezza ed avere larghezza di cm. 20 al massimo. Si inchioderanno con giunti alternati, e nella faccia superiore non dovranno presentare nodi, scheggiature, ineguaglianze o simili. Nel caso in cui i correntini sieno collocati molto vicini l'uno all'altro le tavole possono avere solo cm. 2 di grossezza e si può far a meno di unirle a scanalatura.

Un tetto di cartone riesce più resistente e durevole quando la distanza dei correnti corrisponda alla larghezza dei fogli di cartone, cioè sia di cm. 98 da mezzo a mezzo, essendo ordinariamente di 1 metro la larghezza dei rotoli. Se i correnti sporgono fuori della linea del muro, sarà bene assicurarli con tiranti (fig. 1574 a e b e 1575 a e b)

ai montanti se la parete è a tavolato, o alle travi del solaio se la parete è massiccia, perchè il vento non abbia a sollevare la leggiera copertura.

Il cartone incatramato deve presentare queste particolarità: grossezza di circa mm. 2,5; struttura a lunga fibra; essere molle al tatto e nello stesso tempo di lavorazione robusta; non deve rompersi curvandolo o piegandolo, ciò che invece avviene quando nella massa del cartone è mescolata pasta di paglia o di legno, od è formata con ingredienti scadenti. Esso deve imbevversarsi con catrame di carbon fossile (*goudron*) anidro, non privo degli oli volatili, a cui si deve aggiungere un 15 % di asfalto. Un buon cartone incatramato si presenta di tinta uniforme e intensa: se la sua tinta è smunta ciò significa che fu impregnato solo con *goudron*; se al tatto si sente sfilaccioso, è segno che il catrame è divenuto idrato. La prova più certa della bontà del cartone si ottiene immergendo il cartone nell'acqua e lasciandovelo per circa 24 ore; togliendolo dall'acqua non dev'essere aumentato di peso: in caso contrario il cartone è da rigettare.

Per impedire che le liste di cartone arrotolate abbiano ad attaccarsi insieme, si cospargono con sabbia.

Fra i molti cartoni per copertura celebrati con nomi altisonanti ve ne sono di quelli assai difettosi, e prima di procedere all'acquisto si consiglia di usare molta cautela e di non tralasciare la prova.

b) Copertura col cartone incatramato.

Il cartone incatramato o cartoncuoio in fogli, dapprima usato, è ora generalmente sostituito con quello in rotoli, che hanno in generale la larghezza di 1 metro e una lunghezza di m. 7,50 ÷ 20; se ne trovano però anche di soli cm. 90 di larghezza. Il cartone in rotoli merita la preferenza perchè le falde di tetto ricoperte con esso presentano assai minor numero di giunti e riescono quindi più impermeabili, richiedendo un'inclinazione minore.

Si distinguono tre maniere di eseguire la copertura col cartone in rotoli:

1° La copertura senza liste di legno con chiodatura scoperta (tetto piano di cartone);

2° La copertura con chiodatura nascosta su liste triangolari;

3° La copertura a doppio strato.

1. Nella copertura senza liste si distendono le striscie di cartone parallelamente alle linee di gronda e di colmo, in modo che ognuna ricopre la sottostante per circa 4 cm. di larghezza e viene con essa saldamente inchiodata, distendendovi frammezzo del catrame condensato a caldo, affine di incollarle l'una coll'altra.

Per la chiodatura da farsi ogni 5 o 10 cm. si adoperano chiodi zincati a testa larga, come quelli che servono per i soffitti incannucciati. Le giunture orizzontali risultano da cm. 86 ÷ 96 di distanza, secondo la larghezza dei rotoli. In questo modo si coprono però solo i tetti di fabbricati d'indole provvisoria. Per 1 m² occorrono: m² 1,05 di cartone del peso di circa Kg. 2,50; 50 chiodi di $\frac{16}{12}$; Kg. 0,20 d'asfalto e litri 0,60 di catrame (*goudron*).

2. Per il secondo modo di copertura si preparano delle liste di legno ritagliandole da tavole senza nodi e molto stagionate, e, come indica la figura 1576, in modo che abbiano mm. 65 di larghezza per mm. 33 d'altezza. Vengono inchiodate sul tavolato perpendicolarmente alla linea di colmo ogni 75 cm. con punte di Parigi da $\frac{19}{36}$, in modo che le liste di cartone ripiegantisi sopra di esse dalle due parti possano arrivare fin quasi allo spigolo superiore. Se le commessure del tavolato che fodera il tetto non sono a scanalatura, bisogna por mente a che il giunto di due liste non cada sopra il giunto di due tavole, perchè, col contorcersi di quest'ultimo, le estre-

mità delle due liste si solleverebbero e ne verrebbero stracciate le striscie di cartone (fig. 1577). Queste si distendono perpendicolarmente alla linea di colmo, ognuna tra due liste e; come indica la fig. 1578, si comprimono fortemente negli angoli *a*.



Fig. 1576.



Fig. 1577.



Fig. 1578.



Fig. 1579 a, b.

Per il collocamento si incomincerà dalla grondaia o, come indica la fig. 1579 *a*, in modo da nascondere la chiodatura e facendo sporgere il cartone di circa 2 cm. fuori del tavolato, oppure, secondo la fig. 1579 *b*, introducendo una striscia ausiliare. Nei giunti le striscie di cartone vengono sovrapposte a risvolto (fig. 1580), in modo che la



Fig. 1580.

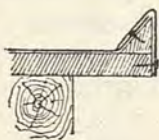


Fig. 1581.

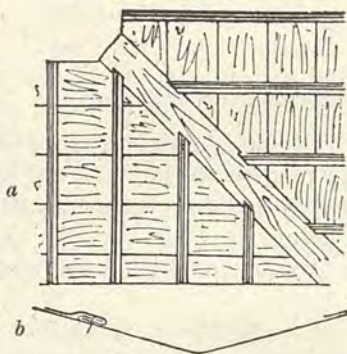


Fig. 1582 a, b.

chiodatura rimanga nascosta, oppure si sovrappongono semplicemente per circa 8 cm. e poi si riuniscono con chiodatura scoperta, a circa 5 cm. d'intervallo. Al colmo si dà loro, secondo la grandezza dell'angolo, una sovrapposizione di cm. 15 ÷ 20. Le striscie di ricoprimento si tagliano di circa 10 cm. di larghezza; in corrispondenza al profilo delle liste di legno, si dà loro una piegatura nel mezzo e si assicurano con speciali chiodi a grossa testa a intervallo di 5 ÷ 6. Alla gronda i due lembi di

ogni striscia divisa per metà vengono ripiegati l'un sull'altro ed inchiodati sulle facce laterali smussate delle liste. In corrispondenza al frontispizio la copertura si fa come indica la figura 1581. Per maggior sicurezza contro i danni del vento una o due campate adiacenti del frontispizio si ricoprono con mezze striscie di cartone. I canali e i compluvi, quando non sieno in zinco, si ricoprono con doppio strato, cioè con un sottostrato in cartone o in feltro incatramato, sul quale si attacca e si inchioda il secondo strato di cartone. Nei compluvi si colloca longitudinalmente sul sottostrato una striscia (fig. 1582 *a* e *b*), colla quale, mediante risvolto a scanalatura, si collegano le striscie di cartone delle falde di tetto adiacenti; poi si collocano le liste di legno sul tavolato e infine le striscie di cartone. Queste si dispongono alternate in modo che non vi possa essere penetrazione dell'acqua corrente.

I fumaioli, i muri di frontispizio, i lucernari, le aperture per salire sul tetto, ecc., vengono muniti, come indica la figura 1583 *a* e *b*, di tavole inclinate, sulle quali si ripiegano le striscie di cartone. Questa ripiegatura viene a sua volta ricoperta con altra striscia di cartone, che col suo lembo superiore entra in una commessura del muro e vi viene assicurata con piccoli arpioncini. La commessura si sigilla poi accuratamente con malta di cemento. Negli edifici di maggiore importanza questa guarnitura ai fumaioli, ecc. si eseguisce con lamiera zincata, la quale si unisce col cartone incatramato mediante opportuno risvolto.

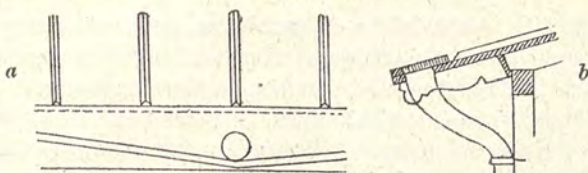
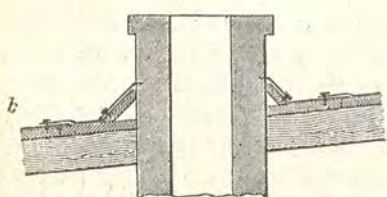


Fig. 1585 a, b. — Gronda per tetto di cartone incatramato.

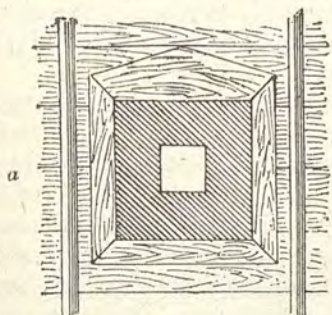


Fig. 1583 a, b. — Guarnitura per fumaioli.

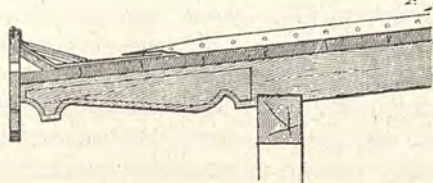


Fig. 1586. — Gronda per tetto di cartone incatramato.



Fig. 1584. — Chiodatura delle strisce di cartone e dei ricoprimenti.

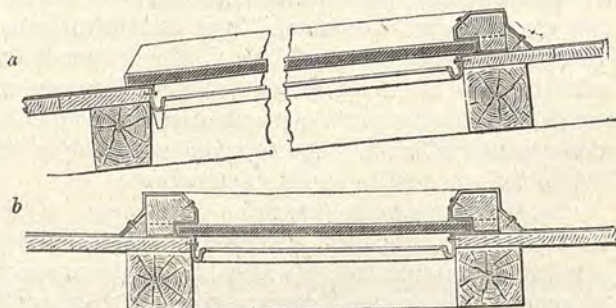


Fig. 1587 a, b. — Lucernario per tetti di cartone incatramato.

Le strisce di copertura, le giunture, gli spigoli di gronda, prima della spalmatura generale, sono da stuccare col così detto *mastice bituminoso* a caldo, che può riuscire di buona difesa alle strisce più esposte e ne impedisce il sollevamento dei lembi inferiori, come mostra la fig. 1584, e quello conseguente delle teste dei chiodi tanto dalle strisce di ricoprimento, quanto dalle liste di cartone, ciò che dà luogo a guasti di assai difficile riparazione. Finito il distendimento del cartone e quando il tempo sia asciutto e caldo si eseguisce una spalmatura generale con catrame liquido bollente, anidro, il quale si cosparge subito uniformemente, mediante uno staccio, con sabbia viva, secca, non argillosa. Al catrame da spalmatura si aggiunge il 15 % di asfalto.

Per 1 metro quadrato di tetto con questo sistema di copertura occorrono:

CARTONCUOIO	LISTE	CHIODI		ASFALTO	CATRAME (goudron)
		19/36	16 1/2/12		
m ² 1,05 = Kg. 3 circa	1,05 p. m. 1 di lungh.	n. 3	n. 60	Kg. 0,3	litri 0,6

Per le fabbriche che non hanno carattere assolutamente provvisorio le doccie e i canali di gronda si fanno con lamiera di zinco. Nei piccoli edifizii si arrestano (fig. 1585 a e b) le liste di copertura a circa 50 cm. di distanza della linea di gronda e quivi si assicura una lista formante un piccolo angolo d'inclinazione, entro il quale si raccoglie l'acqua scorrente sulla falda, che si smaltisce poi nella doccia sboccante in detto angolo.

Una disposizione di canale un po' meno semplice è indicata dalla fig. 1586 nella quale la tavola obliqua forma la faldina in pendenza per dirigere l'acqua verso lo scarico. Per piccole aperture da lucernario (fig. 1587 *a* e *b*), le lastre di vetro si sigillano con mastice bituminoso e l'incorniciatura si ricopre con cartoncino.

Nelle coperture di questo genere devono possibilmente evitarsi le bocche dei condotti di scappamento di vapore, perchè, collo sgocciolio dell'acqua di condensazione, il cartone a poco a poco si rammollisce, si spappola e nelle piogge viene poi asportato. Se non possono essere collocate lateralmente, per evitare lo sgocciolamento sul tetto, si deve inchiodare nel luogo esposto all'azione dello sgocciolamento un foglio di lamiera zincata sopra il cartone.

3. La copertura doppia si eseguisce nel seguente modo. Sul tavolato del tetto, previamente ben isolato con sabbia fina e crivellata, si svolgono i rotoli di cartone, cominciando dalla gronda e parallelamente alla stessa, e in modo che il vicendevole ricoprimento sia di cm. 10 ÷ 15. Il lembo superiore s'inchioda ad intervalli di circa cm. 6. La striscia di gronda avrà un ricoprimento di circa 3 cm. sullo spigolo della grondaia per poterla poi assicurare. Tolta da questo primo strato la sabbia che può essere rimasta aderente, lo si spalma a caldo e per il tratto necessario colla miscela atta ad attaccarvi lo strato di cartone superiore per il cui collegamento alla gronda si comincia con una mezza striscia sporgente circa 5 cm. Le striscie si inchiodano poi nuovamente al lembo superiore, in modo che la chiodatura sia sempre ricoperta dal lembo inferiore della striscia soprastante.

Spesso per ottenere maggior durezza e rigidità si distendono perpendicolarmente tra i due strati dei fili di ferro che arrivino dal colmo alla gronda, a circa 2 metri di distanza l'un dall'altro. Lo strato superiore di cartone ha in questa maniera di copertura lo scopo di creare come un manto di ricoprimento così da impedire lo svolgersi degli oli volatili dalla miscela adesiva e dallo strato inferiore di cartone, ritardandone in conseguenza il processo di disgregazione.

Le disposizioni pei canali, per gli attacchi, sono identici a quelli descritti per la copertura a liste di legno.

Se i correnti d'un tetto coperto in cartoncino sono al disotto coperti con un tavolato ed intonaco, oppure se in un tetto poco inclinato, lo spazio immediatamente sotto il tetto non viene utilizzato, bisogna aver cura di procurare una circolazione d'aria, perchè altrimenti in breve tempo il legname imputridirebbe. Si parlerà più innanzi dei mezzi per ottenere tale ventilazione quando si tratterà delle coperture in cemento bituminoso.

c) Manutenzione e riparazioni delle coperture in cartone incatramato.

Il cartone da tetto deve già essere impermeabile di per sè senza l'aggiunta della spalmatura di *goudron*; quindi questa deve soltanto servire a ripararlo dall'azione deleteria delle intemperie ed a proteggerlo dai danni derivanti dal camminare sul tetto e dai colpi di oggetti che vi possano cader sopra.

Tostochè la spalmatura comincia a deperire ed a rendersi visibile il cartone, si deve rinnovarla. Nei tetti a due piovanti questo momento non si presenta sempre in egual epoca per tutto il tetto, ma prima nelle falde esposte al sole, poi nelle altre; in questo caso la nuova spalmatura si eseguirà solo nella parte ove è necessaria su ciascuna falda. Generalmente si ritiene che per una copertura nuova in cartone la spalmatura di *goudron* a caldo, coll'aggiunta del 15 % di asfalto, si debba rinnovare per la prima volta dopo 2 anni, poi solo ad intervalli di 4 ÷ 5 anni. La spalmatura frequente non è opportuna perchè finisce col formare sul cartone una crosta spessa e dura, che coi cambiamenti di temperatura facilmente si screpola con danno dell'im-

permeabilità del tetto, mentre la spalmatura ha solo lo scopo di penetrare nel cartone restituendogli gli ingredienti oleosi sottrattigli dall'azione dell'atmosfera, rendendolo pastoso. Tanto più grave è l'inconveniente quando lo spandimento della sabbia sia fatto in modo non adatto. Questo spandimento ha per iscopo di ritardare la volatilizzazione degli oli leggeri del catrame sotto l'azione del sole, di aumentare così la durata del tetto e di difendere la spalmatura in *goudron* dal dilavamento coll'acqua piovana e dai guasti. Se l'insabbiamento è fatto irregolarmente a strato troppo grosso, oppure se la sabbia è umida od argillosa, si favorirà la formazione di croste e di fenditure, riuscendo così vano lo scopo dell'insabbiamento.

I piccoli guasti delle coperture in cartoncuoio si possono riparare coi rattoppi del cartone mediante strati di grossa carta da pacchi incatramata, oppure di feltro sfilacciato, attaccati al cartone con mastice bituminoso. Questi rattoppi non si devono mai eseguire colla chiodatura, perchè i chiodi, in causa degli inevitabili movimenti delle striscie di cartone, facilmente si staccano e la riparazione risulta più dannosa che utile. Se il guasto è di una certa entità, si toglie più completamente la parte guasta di cartone tra due liste e ve se ne sostituisce un'altra di circa 20 centimetri più lunga, che in alto si fa passare sotto alla vecchia striscia per circa 20 centimetri attaccandovela con mastice bituminoso, e in basso si fa passare sopra e si attacca alla striscia sottostante. Anche sulle liste vengono inchiodate delle nuove striscie, poi sigillate con mastice bituminoso e finalmente spalmate con *goudron*, come pure i nuovi pezzi di cartone.

d) Feltro bituminoso (asfaltato).

È questo un materiale preparato con una materia a lunga fibra molto meno resistente alle intemperie del cartoncuoio e, siccome è anche più costoso di esso, si adopera solo in casi e scopi speciali, come ad esempio:

1° Per rivestire compluvi e canali coperti in cartoncuoio, come anche per formare il sottostrato delle coperture in cartoncuoio;

2° Per riparazioni dei vecchi tetti;

3° Per coperture provvisorie, nelle quali, in luogo del rivestimento con tavole, si usa il feltro inchiodandolo sui listelli od anche immediatamente sui correnti, ciò che col cartoncuoio non si può sempre fare, poichè, quando esso è fresco è molto molle, mentre invece il feltro ha maggiore tenacità e resistenza.

5. — COPERTURA CON TESSUTI IMPERMEABILI

I tessuti imbevuti e resi impermeabili si distinguono, oltrechè per la grande durezza e resistenza alle intemperie, anche per capacità di resistenza al fuoco. La stoffa si prepara di lunghezza fino a m. 60 e di larghezza fino a m. 1,80. Più comunemente però essa è larga m. 1,00 ÷ 1,20 e lunga m. 30 ÷ 40. Un metro quadrato pesa Kg. 1,50 ÷ 1,80 e costa, secondo la coloritura, lire 2 ÷ 2,20 in fabbrica; la miscela adesiva costa lire 115 circa al quintale e quella per spalmare 140 ÷ 160 al quintale. Trattandosi di grandi fabbricati di carattere non provvisorio e con una inclinazione del tetto da $\frac{1}{15}$ ÷ $\frac{1}{20}$ la copertura migliore è quella fatta con liste triangolari, che corrisponde in ogni sua parte alla copertura di cartone incatramato. Le striscie di stoffa si distendono colla parte lucida al disotto contro il tavolato, lasciando un giuoco di circa cm. 1 $\frac{1}{2}$, per evitare così la possibilità di una successiva distensione della stoffa. Le striscie di coperture si incollano e si inchiodano. Dopo che la copertura è

completa, si fa la spalmatura con una miscela della quale basta 1 Kg. per circa $8 \div 10 \text{ m}^2$ di superficie: questa spalmatura dev'essere ripetuta ogni $3 \div 6$ anni. Del resto essa si può eseguire anche con colori ad olio ordinari.

Sulle vólte o sui soffitti alla Monier o alla Rabitz la stoffa viene attaccata con *goudron*. È principalmente adatta per costruzioni leggiere, come baracche e tende mobili, potendo venir distesa sui sottili legnami del tetto o delle pareti senza bisogno di apposito rivestimento. Per impedire il rilassamento delle striscie nelle lunghe tratte non sostenute si usano dei fili di ferro zincato di 5 mm. di grossezza tesi fra i listelli, oppure anche delle reti metalliche, su cui si appoggia la copertura.

Un altro tessuto per copertura è quello fabbricato dalla ditta N. Scheer di Magonza, grosso circa la metà di un buon cartone incatramato e consistente in uno strato di tela greggia, ricoperta sopra e sotto da uno strato di carta grossa attaccata alla tela mediante una miscela bituminosa. Con detta miscela, subito dopo eseguita la copertura, vi si dà una verniciatura, che si ripete una volta dopo 6 settimane e quindi a intervallo di alcuni anni.

Il prezzo del tessuto da copertura è di circa $1,25 \div 1,35$ per m^2 e quello della miscela o vernice di $25 \div 28$ lire al quintale. Anche questa copertura è assai raccomandabile per tetti leggeri, ma non resiste così bene al fuoco come la precedente.

6. — COPERTURA IN CEMENTO BITUMINOSO, CARTA E GHIAIA

a) Copertura in cemento bituminoso (o cemento di legno detto *Holz cement*).

La copertura in cemento bituminoso, che venne per la prima volta eseguita da Samuele Häusler ad Hirschberg in Slesia nel 1839, ha preso ormai grande voga. I suoi vantaggi appariscono principalmente, quando la esecuzione sia inappuntabile, nella straordinaria resistenza alle intemperie, nella possibilità di venir eseguita tanto su fondo massiccio, quanto su tavole e, finalmente, nella proprietà di mitigare sensibilmente l'influenza delle variazioni esterne di temperatura negli ambienti che serve a coprire.

L'inclinazione del tetto si assume piccolissima, affinché i turbini e la pioggia non possano spazzar via gli strati di ghiaia che lo caricano e lo proteggono; ordinariamente per i tetti a due pioventi essa varia tra $\frac{1}{20}$ e $\frac{1}{60}$. Si è appunto in seguito a questa insensibile inclinazione che i tetti coperti con questo sistema si dicono generalmente *tetti piani*.

In realtà in certe circostanze speciali di costruzione si può assumere anche una pendenza maggiore; per piccole falde di tetti a due pendenze non fece difetto neppure l'inclinazione di $\frac{1}{4}$, come si dirà meglio in appresso.

L'armatura del tetto dev'essere completamente rigida e stabile, affinché non si producano movimenti e parziali sue variazioni di altezza. La superficie esterna del tavolato formato con tavole spesse cm. $2 \frac{1}{2} \div 3 \frac{1}{2}$, unite a scanalatura, deve essere perfettamente piana, senza spigoli sporgenti, nè teste di chiodi, come pure dev'essere scevra di nodi, scheggiature, ecc. L'unione a scanalatura è necessaria solo per impedire l'incurvamento delle singole tavole quando si cammina sul tetto; non per impedire, come si potrebbe credere, lo sgocciolamento del cemento bituminoso quando divenisse liquido per il calore solare o per l'acqua di pioggia, poichè se la copertura è bene eseguita questi due fatti non devono verificarsi mai.

Il tavolato di fondo, prima di adagiarvi la copertura, dev'essere cosparso di fine sabbia crivellata, ben asciutta, formando uno strato di mm. $2 \div 3$ di grossezza. Esso

ha lo scopo di conguagliare anche le piccole irregolarità nel piano del tavolato e di isolar quest'ultimo dalla copertura in cemento bituminoso perchè non vi si appiccichi e non venga così a risentire gli effetti degli inevitabili movimenti di contorsione e di contrazione del legname.

Per eseguire la copertura in cemento bituminoso è anzitutto necessario che il tempo sia asciutto e possibilmente anche caldo. Con tempo umido e freddo il cemento bituminoso caldo si rapprende assai prontamente e non è più atto a penetrare gli strati di carta. Se questi sono bagnati non si attaccano saldamente, formano delle gonfiature e delle bolle, e si stracciano anche facilmente. Anche il vento disturba molto una buona collocazione delle striscie di carta.

Se la copertura dev'essere eseguita d'inverno, si raccomanda, invece dello strato di sabbia e del primo strato di carta, di applicare uno strato di cartone incatramato, che viene collocato come per la copertura semplice e piana in cartone e difende il fabbricato dagli agenti atmosferici, fintantochè miglioratosi il tempo divenga possibile l'applicazione della vera copertura in cemento bituminoso. Invece del cartone incatramato viene anche suggerita l'applicazione di carta impregnata con asfalto e catrame, che ha, rispetto alla carta comune, il vantaggio di maggior tenacità ed impenetrabilità. Il riscaldamento del cemento bituminoso si eseguisce meglio

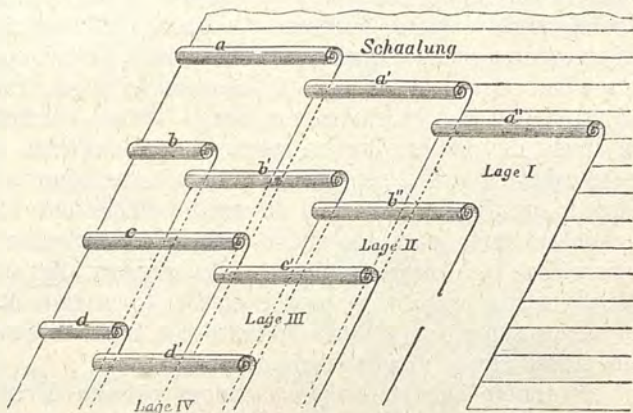


Fig. 1588. — Copertura in cemento bituminoso.
Schaalung, tavolato; Lage, strato.

sul tetto stesso, riscaldandolo finchè divenga fluido e caldo, ma non fino a farlo bollire, ciò che diminuirebbe la sua forza d'adesione: non occorre avvertire che nel riscaldare il cemento bituminoso sul tetto, si deve avere riguardo al pericolo d'incendio.

Sopra lo strato di sabbia, di cui si è detto, cominciando da un estremo del tetto si svolgono i rotoli di carta *a, a', a''...* (fig. 1588) di m. 1 ÷ 1,50 di larghezza, nella direzione dei correnti, cominciando da una gronda e andando fino all'opposto oltrepassando il colmo. Le striscie si adagiano in modo che ogni rotolo ricopra il sottostante di circa 15 cm. e assicurandoli soltanto alla gronda con piccoli chiodi a testa larga, oppure caricandoli con pietre perchè il vento non li sollevi. Nè al disotto della carta, nè sulla porzione ricoperta si applica il cemento bituminoso, poichè quando questo diventasse fluido col calore del sole troverebbe spazio sufficiente per scendere dal colmo e distendersi sotto alle striscie, senza essere costretto a penetrare nel tavolato. Questa pratica è importante e troppo spesso non è tenuta abbastanza in conto.

Prima di distendere il secondo strato di carta in rotoli *b, b', b''...* (fig. 1588), cominciando con un primo rotolo di metà larghezza perchè vengano scambiati i giunti, si distende sui fogli *a* con una spazzola molle a lunghi crini il cemento bituminoso, in modo che formi uno strato sottile e uniforme per la larghezza del foglio da sovrapporvi, cosicchè la miscela penetri bene tra il foglio *a* e il *b*, e li colleghi saldamente insieme. Il ricoprimento degli orli dei fogli nel 2° come nel 3° e 4° strato, si limita a 10 cm. soltanto. Come si è detto per la sovrapposizione di *b* ad *a*, si procede per il distendimento di *b', b'', c', c''*, ecc. Le pieghe e le rigonfiature che si formassero nel distendimento della carta si conguagliano accuratamente premendo colla mano o con una

spazzola molle dal mezzo del rotolo verso i lembi, finchè il cemento bituminoso è ancora molle ed arrendevole. Le fenditure dei fogli di carta che per inavvertenza degli operai si verificassero, devono essere riparate tosto, almeno prima di porre in opera lo strato successivo, coll'incollarvi sopra delle striscie impregnate di cemento bituminoso. Per limitare allo stretto necessario il passaggio sui fogli durante il lavoro (per il quale gli operai dovranno portare scarpe senza chiodi) si distenderanno l'uno subito dopo l'altro i quattro strati necessari, in modo che una data parte di tetto riesca completamente finita e non presenti al passaggio solo il 1° strato o il 2° o il 3°.

Per impedire che il cemento bituminoso talora liquefatto dal forte calore solare eventualmente sgoccioli dalla grondaia nel canale di gronda, il primo strato di carta si fa sopravanzare di 15 cm. sulla linea di gronda e questo sopravanzo si rovescia poi indietro sul 2° strato appiccicandovelo: lo stesso si fa col 3° e 4° strato al disopra della lamiera del canale. Sopra lo strato superiore di carta, su cui si deve dare una generosa spalmatura di cemento bituminoso, si sparge della sabbia fina crivellata per mm. $10 \div 15$ di grossezza, e sopra questa si stende della ghiaia non molto grossa in modo da formare uno strato di cm. $6 \div 10$, mescolando negli strati superiori argilla o fanghiglia di strada, perchè la ghiaia non venga smossa durante i temporali. A questo scopo lo strato di ghiaietto venne anche in qualche caso spruzzato con cemento bituminoso caldo ed anche, nei paesi in riva al mare, coperto con zolle erbose. La sabbia fina oltre a proteggere gli strati di carta dalle lesioni che vi si produrrebbero cammiando sul tetto protegge anche tutta la copertura in cemento bituminoso dalla volatilizzazione dei componenti oleosi, in seguito alla quale la copertura stessa perderebbe la sua pastosità e pieghevolezza, diventando dura. Si è anche usato di coprire lo strato superiore di carta soltanto con mota di strada, sulla quale si distende poi un grosso strato di ghiaia grossolana.

Di grande importanza per la buona riuscita di un tetto coperto in cemento bituminoso sono le guarniture metalliche. Anzitutto in una gronda occorre una difesa che impedisca allo strato di ghiaia di scorrere in basso, ciò che dapprima si otteneva con l'applicazione di una lista in legno, la quale però durava assai poco. Perciò ora si adotta generalmente una grossa lamiera di zinco (num. 14 o 15). Questa lamiera di ritegno, provvista di fori per scolo dell'acqua, viene applicata per mezzo di speroni saldativi ad un'altra lamiera inserita nella copertura tra il 2° e il 3° strato di carta (fig. 1589 *a, b e c*).

La figura indica chiaramente una disposizione per il canale da gronda. I fori di scarico nel bordo rialzato in lamiera si fanno di circa mm. 10 di larghezza e 15 di altezza e per impedire il loro otturazione vi si dispongono posteriormente delle tegole insieme con della ghiaia grossa.

Nell'applicare le liste di ritegno, e i grembiali in corrispondenza ai fumaiuoli, agli abbaini, lucernari, ecc., e a tutti gli angoli che il tetto fa coi muri, si deve far in modo che la lamiera di zinco possa dilatarsi liberamente e non venga inchiodata nei suoi lembi orizzontali sul tavolato, perchè un leggiero cedimento del tavolato, dovuto ad essiccamento dei legnami, può esser causa di distacchi o fenditure nella copertura. Anche la lamiera dei grembiali si inserisce ordinariamente per una larghezza di 15 centimetri tra il 2° e 3° strato di carta (fig. 1590 e 1591 *a e b*), e vi si collega accuratamente mediante un'abbondante spalmatura di cemento bituminoso.

Negli angoli si usa di applicare delle liste di legno a sezione triangolare o delle tavole tagliate obliquamente (fig. 1592), sulle quali si lascia sopravanzare liberamente per circa 15 cm. sopra gli strati di carta il lembo orizzontale della lamiera di ritegno della ghiaia.

Bisogna sempre provvedere a ventilare il sottotetto onde impedire che i legnami rinchiusi in un'aria stagnante abbiano ad ammuffire, oppure a coprirsi di fungosità.

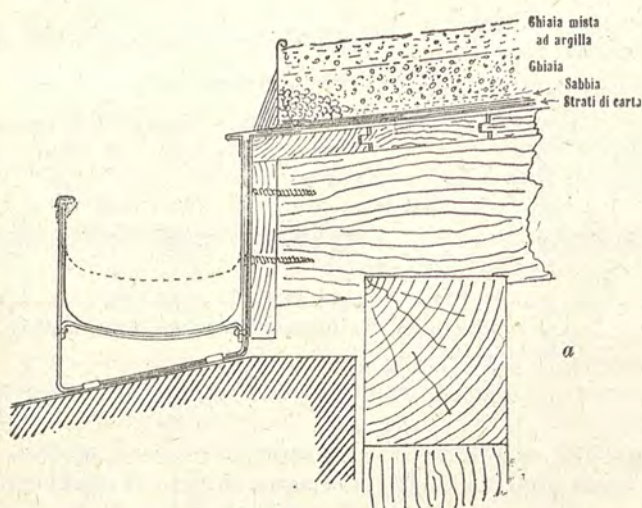


Fig. 1589 a, b, c. — Gronda di tetto piano.

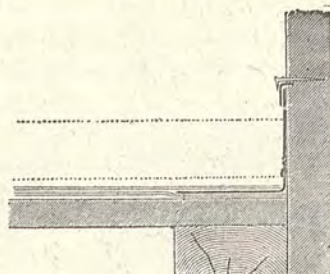


Fig. 1590.

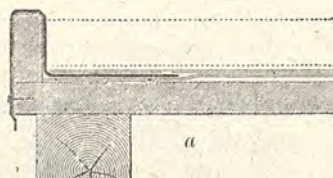


Fig. 1591 a, b. — Guarnitura di zinco per tetti piani

Kies, ghiaia; Sand, sabbia.

Questa aerazione si ottiene o coll'applicazione, in vicinanza del colmo (fig. 1593), di tubi di zinco di sezione quadrata o circolare, con circa $15 \div 20$ cm. di lato o di diametro, muniti di un cappello per impedire l'accesso alla pioggia, oppure mediante fori, come indica la fig. 1594. Se le teste sagomate delle travi formanti sostegno della gronda sono piuttosto sporgenti, allora le aperture di aerazione possono farsi come è indicato nella stessa figura 1594 con linee punteggiate. In entrambi i casi le aperture devono essere provviste di rete metallica per impedire l'accesso di uccelli, topi, ecc.

Nella disposizione del canale bisogna aver presente che il punto *a* (fig. 1594) sia sempre più alto del punto *b*, perchè in caso di eventuale ingorgo l'acqua trabocchi da *b*, e non possa penetrare nel sottotetto dallo spigolo *a*. La cornice in legno viene trattenuta con ferri d'angolo e la sua copertura in lamiera si fissa in *b* mediante arpioni in ferro o di grossa lamiera di zinco.

Un grande vantaggio della copertura in cemento bituminoso consiste in ciò che può essere applicata su fondo massiccio. L'operazione si può eseguire in diverse maniere, una delle quali è indicata dalla figura 1595. Una lamiera ondulata con ondulazioni di $4 \div 6$ cm. circa d'altezza, è fissata con viti di pressione su correntini in ferro, e conguagliata in piano con uno strato di malta. Sopra questo si eseguisce nella maniera ordinaria la copertura. Nella fig. 1596 il fondo è invece formato da voltine di mattoni girate su travi a **I** e lo spianamento è fatto con calcestruzzo. Nella fig. 1597 il fondo è formato con voltine di getto di calcestruzzo cementizio di 6 cm. di grossezza in chiave, 9 cm. di monta e m. 1,30 di portata. Nella figura 1598 il fondo è formato con pianelle laterizie di $5 \div 6$ cm. di grossezza, sostenute da correntini **I** posti su travi di ferro a **I**. In questo caso bisogna aver cura che le singole pianelle sieno collocate saldamente e bene in piano, perchè altrimenti camminando sul tetto esse si smuo-

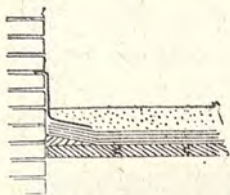


Fig. 1592. — Grembialino di zinco.

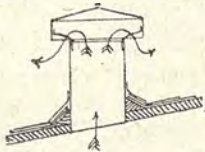


Fig. 1593. — Caminetto di aerazione per tetto piano.

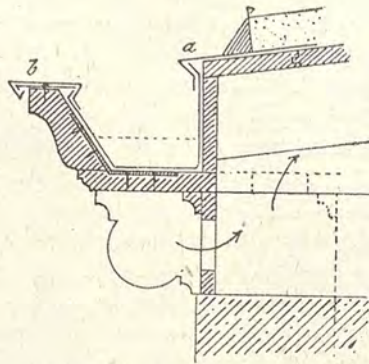


Fig. 1594. — Modo di aerare i tetti piani.

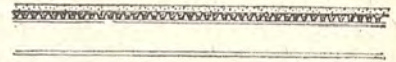


Fig. 1595. — Copertura in cemento bituminoso su fondo con lamiera ondulata.



Fig. 1596. — Copertura in cemento bituminoso su voltine di mattoni.



Fig. 1597. — Copertura in cemento bituminoso su fondo di voltine di getto.

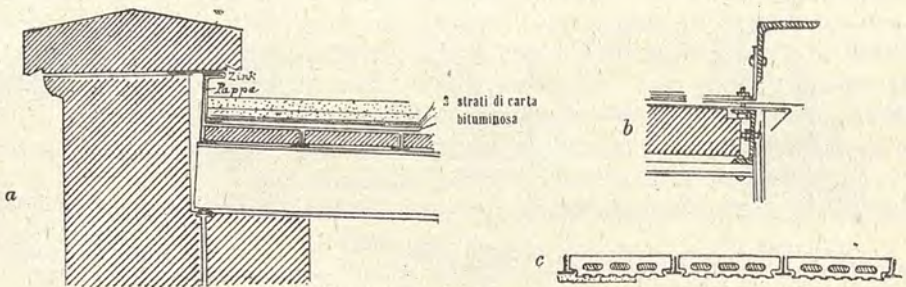


Fig. 1598 a, b, c. — Copertura in cemento bituminoso su tavellonato.

verebbero scompaginando la copertura. Perciò in questo caso è da preferirsi come primo strato il cartone incatramato (come base), ch'è più resistente.

Questo sistema di copertura riesce molto bene sui tetti piani di calcestruzzo armato, e si adotta generalmente per impartire a quest'ultimo la perfetta impermeabilità: sicchè le terrazze e le coperture in genere formate in calcestruzzo armato e ricoperte colla carta incatramata diventano perfettamente stagne, durature e incombustibili.

Trattandosi di terrazze praticabili si può anche sostituire allo strato di ghiaia un pavimento di tavelle di cotto o di cemento, poste sopra un sottofondo di malta idraulica o di cemento.

La figura 1598 b mostra la gronda di un tetto eseguito secondo la figura 1598 a, nella quale la lista di sostegno è formata con un ferro a L, che, assicurato agli arcarecci ogni 80 cm. di distanza con ritagli di ferri a L, lascia una fessura di 2 cm. di altezza per la quale può scolare l'acqua di pioggia. La fig. 1598 c mostra come sono fatte le tavelle. Queste sono forate e striate nella faccia inferiore, affinchè vi aderisca bene la malta del soffitto.

Le coperture in cemento bituminoso presentano qualche volta delle discontinuità dovute quasi sempre ad esecuzione difettosa dei lavori da lattoniere, o alla debolezza dell'armatura in legno e specialmente del tavolato. Spesso tali discontinuità sono dovute ai chiodi che vengono infissi al disotto del tavolato quando esso forma soffitto d'un locale e che oltrepassando il tavolato vanno a forare gli strati di carta.

Se in seguito a turbine o a pioggia torrenziale viene denudato l'ultimo strato di carta, si avrà cura di ripristinare tosto in piano la copertura di ghiaietto, perchè

non abbia ad indurirsi la massa del cemento bituminoso sotto l'azione della luce e dell'aria. Le riparazioni sono quasi sempre eseguibili senza gravi spese, ma riesce però sempre assai difficile lo scoprire il punto danneggiato.

Quando il fondo sia molto stabile e la copertura di cemento bituminoso molto ben fatta si possono anche disporre sulla superficie del tetto piano delle zolle erbose o formarvi delle aiuole da giardino, per il che non si ha altro che a spargere uno strato di terra vegetale sopra il letto di ghiaia. Non si è mai notato che un tetto in cemento bituminoso sia stato danneggiato dallo svilupparsi delle piante piantate sopra di esso.

Nei paesi molto freddi, ove può gelare ancora in primavera, può però accadere che le piante, il cui sviluppo è reso precoce dalla mite temperatura del sottotetto, soffrano nei germogli e quindi muoiano.

Si possono eseguire i tetti in cemento bituminoso senza canale di gronda quando le falde del tetto abbiano pendenza verso un punto situato in mezzo alla loro superficie o lateralmente, nel qual punto l'acqua si raduni in un imbuto e venga smaltita nell'interno dell'edificio. È però necessario proteggere accuratamente le bocche di scolo prima del gelo perchè non abbia ad essere impedito il deflusso dell'acqua. Questa protezione si fa nel modo più semplice con una piccola costruzione in assicelle al disopra della bocca, che permetta sotto ai suoi lembi il deflusso dell'acqua. Con una copertura di questo genere sono assai diminuiti i lavori da lattoniere, in confronto di quelli occorrenti per i tetti inclinati verso l'esterno: è però da osservare che nei tetti aventi scolo verso l'esterno, se si verificano dei guasti nel frontalino, essi non sono dannosi per la casa, poichè l'acqua, dopo essere risalita alquanto trabocca poi all'esterno dall'orlo del frontalino: mentre invece quando lo scolo avviene verso l'interno, se si formano degli ingorghi contro il frontalino o tavole di ritegno della ghiaia, allora l'acqua non può defluire e penetra nel sottotetto. Lo stesso inconveniente può verificarsi quando il tubo di scarico sia ingorgato o guasto; si raccomanda quindi sempre per i tetti in cemento bituminoso aventi scolo verso l'interno, che il condotto di scarico serva esclusivamente per lo scolo del tetto e non vi s'immettano altri scarichi, specialmente quelli di acquai, assai frequentemente soggetti al pericolo d'ingorghi.

Siccome in un tetto coperto in cemento bituminoso il pericolo che la superficie della carta venga scoperta dal vento o dall'acqua, cresce coll'estensione del tetto, così si è pensato di suddividere la copertura di ghiaia in tante piccole campate di circa un metro di lunghezza e larghezza ed anche meno, collocando dei filari regolari di tegole piane in direzione diagonale, sopra lo strato superiore di carta. In queste piccole campate così formate e riempite di ghiaia, quest'ultima trova un ritegno nei filari di tegole piane, e non è più smossa. Con questo mezzo si possono adottare per la copertura inclinazioni anche maggiori del limite abituale per i tetti a copertura in cemento bituminoso. Però tal cosa sarà sempre possibile solo per tetti di superficie limitata, perchè se da una parte l'acqua scorrente sul tetto si raduna contro ai filari di tegole e si reca allo scarico in massa, d'altra parte volendosi evitare questo ammassarsi dell'acqua mediante una maggiore suddivisione delle campate, si arriverebbe ad avere un tetto solo parzialmente coperto in cemento bituminoso, poichè la maggior parte della sua superficie sarebbe coperta con tegole ordinarie sopra un letto in cemento bituminoso. Questa mescolanza di sistemi porterebbe sempre con sè speciali inconvenienti.

Molte volte la copertura in cemento bituminoso si usa in unione ad altri sistemi di copertura, per esempio, nei tetti alla Mansard, ove la parte superiore quasi piana del tetto si può coprire col cemento bituminoso. Lo stesso dicasi per verande, balconi, torricelle, gabbie di scale, ecc. In questa grande adattabilità della copertura in cemento bituminoso a quasi ogni forma di fabbrica, risiede appunto uno dei suoi vantaggi principali.

b) Copertura doppia in cartone e ghiaia.

Questa copertura si costruisce nello stesso modo di quella con cartone incatramato a doppio strato, ma come per quella in cemento bituminoso vi si aggiunge lo strato di ghiaia.

Una maniera speciale di collegamento si ha nella figura 1599, nella quale si vede che la copertura s'incomincia in gronda con un rotolo di metà larghezza, sul quale

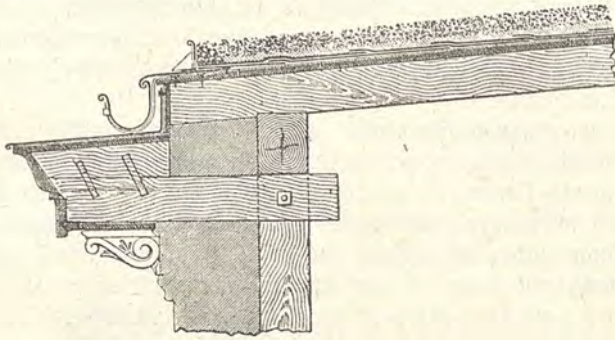


Fig. 1599. — Copertura doppia in cartone e ghiaia.

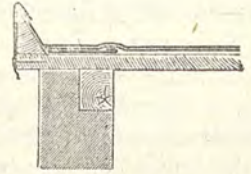


Fig. 1601.

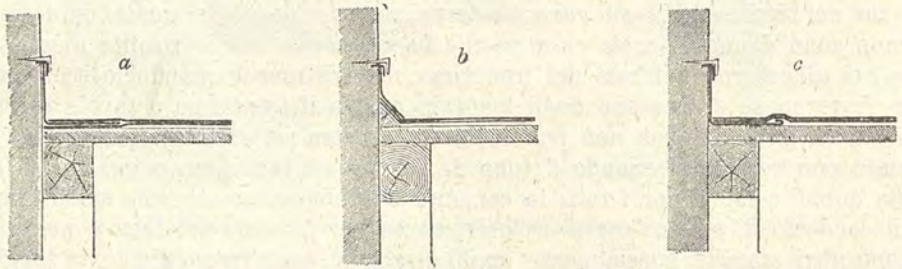


Fig. 1600 a, b, c e 1601. — Guarniture di zinco.

viene poi disteso lo strato superiore in larghezza intera di rotolo. Ogni striscia seguente deve col suo lembo inferiore coprire la striscia precedente fino a 10 ÷ 15 cm. oltre la metà, sicchè solo il lembo superiore viene applicato contro il tavolato. Del resto gli strati di carta vengono collegati insieme come nel tetto in cemento bituminoso; spandendosi sopra da ultimo uno strato di sabbia di 1 cm. di grossezza ed uno strato di ghiaietto di cm. 6. Le guarniture in gronda, ai frontispizi, ai camini, ecc., si fanno in lamiera di zinco, come indicano le figure 1600 a, b, c e 1601, evitandosi più che sia possibile la chiodatura della lamiera. Per conservare la lamiera di zinco è raccomandabile dopo un anno o due, cioè dopo che su di essa si è formato lo strato di ossido, di incatramarla, avvertendo però di eseguire detta operazione solo in giornate molto calde ed asciutte. Se si deve appoggiarla contro muratura nuova od intonaco fresco, si consiglia di frammettere del cartone incatramato o della carta bituminosa, perchè i sali alcalini contenuti nella malta o nella muratura intaccano facilmente la lamiera, come è stato molte volte osservato.

c) Coperture Dorn.

Queste coperture sono costituite da un impasto di *polvere di concia, terra argillosa, catrame, pece* od altra sostanza resinosa, e *sabbia*, steso sopra un tavolato o listelli assai vicini fra loro. La polvere di concia può essere adoperata già usata, purchè non sia ancora entrata in putrefazione e dev'essere semplicemente tritata, non macinata. In

luogo della polvere di conca si possono usare, ma con risultato non altrettanto buono, i muschi e le alghe a grossi filamenti, i trucioli, i cascami del lino e della canapa, le erbe spezzate, le estremità delle biade e simili, non mai il crine nè la paglia. La terra argillosa non dev'essere troppo grassa, affinchè non si fenda facilmente. Per renderla magra vi si aggiunge della sabbia, ma l'operazione dev'essere eseguita con molta cura, affinchè la miscela risulti completamente omogenea. Per il catrame si preferisce quello del carbon fossile a quello di legna, il quale dev'essere purificato. La pece o altra sostanza resinosa si aggiunge al catrame per renderlo meno volatile. La pece può esser quella navale, e fra le resine si può usare la gommalacca, la pece bianca, la colofonia, il copale o altra simile sostanza poco volatile ed insolubile nell'acqua. Siccome la pece ha un punto di fusione assai basso, così per le coperture da eseguirsi in paesi caldi, o molto esposte al sole, conviene usare una sostanza con punto di fusione più elevato, come, ad es., il copale o la colofonia. La sostanza resinosa si mescola al catrame mentre lo si fa bollire, nella proporzione di $\frac{1}{8} \div \frac{1}{4}$ del peso di catrame. La sabbia con cui si cosparge la spalmatura di catrame appena fatta, e che ha per iscopo di difenderla dai cocenti raggi del sole, dev'essere pura e molto asciutta. Essa può sostituirsi con polvere di mattoni, polvere di carbone non troppo fina, o limatura di ferro.

La miscela d'argilla e polvere di conca si fa nella proporzione di $\frac{1}{4} \div \frac{3}{4}$ d'argilla sopra 1 volume della massa totale. Siccome questa proporzione dipende dalla qualità dell'argilla, così per esser certi che la proporzione sia giusta e che l'impasto una volta applicato non si screpoli, se ne fa una prova, variando la proporzione fin che si ottiene uno strato che asciugandosi non si fenda e che bagnato d'acqua l'assorba completamente prima che essa filtri al disotto. La lavorazione dell'impasto si fa in un truogolo e preferibilmente coi piedi nudi anzichè colle mani o la marra, con cui non si otterrebbe un impasto omogeneo, nè si potrebbero facilmente rintracciare i sassolini o i pezzettini di altre materie che possono essere nell'argilla e che devono accuratamente togliersi. Siccome l'impasto va disteso mentre è ancora un po' umido così non bisogna mai predisporre una grande quantità per evitare il pericolo che si asciughi troppo prima del suo distendimento.

Il letto o sottofondo dev'essere molto solido, epperchè l'armatura del tetto dovrà avere dimensioni sufficienti per impedire gli incurvamenti del legname, in ispecie quando la copertura dovesse essere accessibile o servire da terrazza. Sui travetti diretti secondo la pendenza del coperto e posti a distanza fra loro non maggiore di cm. 90 si inchiodano saldamente con due chiodi per ogni estremità i listelli, che risultano paralleli alla gronda, larghi cm. 6, grossi cm. 3 e posti alla distanza di mm. 7 l'uno dall'altro. Nell'inchiodarli si cerca di sfalsare i giunti che cadono sopra i travetti.

Se il coperto deve servire da terrazza si può tenere l'inclinazione di $\frac{1}{24}$: negli altri casi si adotterà la pendenza di $\frac{1}{4}$.

La gronda si può fare o con tegole piane, sulle quali si fa sormontare per un buon tratto l'impasto di copertura; oppure con lamiera zincata, che deve però preventivamente incatramarsi affinchè meglio vi aderisca l'impasto. Lungo i muri, intorno ai fumaioli, ecc., l'impasto si fa penetrare per alquanto in una scanalatura praticata nel muro e in modo che sia un poco risvoltato in alto.

Per stendere l'impasto si bagnano dapprima i listelli, indi vi si comprime sopra l'impasto che poi si spiana mediante uno sparviere, in modo che venga a formarsi uno strato alto $2 \div 3$ cm. Non si devono usare regoli per la spianatura, affinchè non risultino delle soluzioni di continuità nella massa. L'operazione si incomincia dalla gronda e quando si sospende bisogna aver l'avvertenza di lasciare la massa a contorno molto irregolare. Nella ripresa essa si inumidisce molto affinchè la nuova massa si colleghi bene alla preesistente.

Ultimato il distendimento della massa, e quando essa sia bene asciutta, si procede alla spalmatura di catrame bollente. Questo, appena versato, lo si distende con un pennello in modo che l'impasto si imbeva per circa 1 cm. Sul primo strato di catrame si forma il secondo, formato di catrame e pece o di quella sostanza resinosa che si sarà ritenuta meglio confacente. Questo secondo strato sarà di circa 3 mm. e si disporrà a liste andando dal colmo verso la gronda e cominciando da un'estremità della falda. Mentre si procede alla spalmatura del secondo strato si opera l'insabbiatura mediante staccio. Se la sabbia non è bene asciutta la si riscalda. Bisogna badare che la sabbia cada in quantità giusta, in modo bensì da ricoprire lo strato, ma senza che se ne sovrapponga troppa, poichè, in caso di pioggia, l'eccedente si staccerebbe trascinando magari con sè parte dello strato di catrame.

Siccome questo ultimo strato è quello che impartisce al tetto la impermeabilità, così bisogna che gli operai usino molti riguardi nel camminare sul tetto mentre procedono all'operazione ed è anche collo scopo di preservarlo maggiormente, che quasi sempre lo si ricopre con un altro strato grosso $9 \div 12$ mm., costituito dallo stesso impasto di argilla e polvere di concia con cui si formò il sottostrato. A questo strato protettore si dà una grossezza di cm. $9 \div 12$ e lo si imbeve tutto di catrame bollente.

Analoghe alle coperture Dorn sono quelle Sachs, in cui il semplice strato di catrame bollente sull'impasto è sostituito da cartoni incatramati e applicati con pece sullo strato d'impasto.

d) Copertura di asfalto.

Per questo genere di copertura si usa l'*asfalto naturale*, il quale si usa come per la formazione dei pavimenti, di cui si parla nel vol. I, parte II, cap. II. A quello che ivi è detto si aggiungerà, che se la copertura dev'essere eseguita sopra un tavolato questo dovrà essere molto solido e sopra di esso si distenderà uno strato di calcestruzzo, oppure di impasto alla Dorn e non si procederà al distendimento dell'asfalto se non quando il sottofondo sia bene asciutto. Anzi per preservare l'asfalto dalla eventuale umidità della terra argillosa, per offrirgli una presa migliore e per rendere meno dannosi i movimenti del legname costituenti l'armatura, si usa di coprire il sottofondo con una tela greggia da involto. La gronda si forma con lamiera zincata, oppure con lastre di pietra, i cui giunti si ricoprono con asfalto per una larghezza di cm. 12. Allo scopo poi che la parte di asfalto che viene a ricoprire le lastre sia allo stesso piano di queste e non possa scolare, qualora nei forti calori si rammollisse, si pratica, nella grossezza delle lastre, un'incassatura larga quanto la sovrapposizione che si vuole abbia l'asfalto e profonda $12 \div 17$ millimetri.

Assai convenienti e pratiche risultano le coperture di asfalto sopra quelle di calcestruzzo armato, il quale non sempre presenta il dovuto grado di impermeabilità, tanto da potersi lasciare impunemente scoperto. L'applicazione dell'asfalto in questo caso è delle più semplici, poichè è simile a quella di un pavimento sopra sottofondo stabile.

Alle coperture d'asfalto si dà un'inclinazione che può variare da $\frac{2}{100} \div \frac{1}{16}$. Questo secondo limite però si deve ritenere come un massimo, perchè non solo difficile riesce l'applicazione dell'asfalto, ma, in caso di rammollimento, esso può scorrere, accumularsi e poi screpolarsi nei punti ridotti a minima grossezza.

Negli incontri della copertura coi muri e colla sovrastruttura si usano le solite cantoniere, o grembiali di lamiera, già descritte.

In luogo dell'asfalto naturale si usa qualche volta la *lava metallica*, assai più economica, ma questa screpola facilmente e, durante i forti calori, si fonde, arrecando non lievi inconvenienti.

Riguardo alle coperture di asfalto l'esperienza ha insegnato:

1° Che si screpolano quando la temperatura dell'atmosfera discende sotto a un certo limite, che però è variabile a seconda delle qualità degli asfalti. Così vi sono asfalti che non resistono al più tenue gelo ed altri che resistono anche a 20° C. sotto zero;

2° Che gli attacchi semplici fatti in asfalto contro i muri, i fumaioli, ecc. non sono durevoli in causa dei cedimenti dei muri e del sottofondo: sicchè tali attacchi devono sempre ricoprirsi con lamiera di zinco o zincate;

3° Che gli effetti del gelo sono meno sensibili lasciando la neve sulla copertura invece di levarla;

4° Che in generale la grossezza di 15 mm. dello strato d'asfalto è insufficiente e che conviene assai meglio uno strato di mm. 30;

5° Che è necessario aerare bene il sottotetto, se il tetto è con ossatura di legname, poichè, essendo l'asfalto impermeabile all'aria, presto il legname marcirebbe se non fosse aerato;

6° Che le riparazioni sono facilissime e di poco costo.

e) Lastrici solari.

Nelle provincie meridionali dell'Italia si usa di coprire gli edifici con un tetto di lieve pendenza, ossia una terrazza, il cui pavimento è detto *lastrico* solare o *a cielo*. Esso viene eseguito nello stesso modo con cui si eseguono gli altri lastrici per pavimenti interni, modo che è descritto nel cap. II, parte 2^a, di questo volume. Si fa cioè un impasto di lapillo vesuviano, pozzolana e calce, che si distende sopra i soffitti e le vòlte dell'ultimo piano del fabbricato. Questo impasto si versa in istrato di circa 20 cm. di grossezza, ma in due riprese, ed ogni volta si pigia accuratamente con delle piccole mazzaranghe, in modo che dopo la battitura lo strato si riduca a circa cm. 13 di grossezza. Per il secondo strato, ossia per il superiore, si usa preferibilmente il lapillo nero. Ultimato il pavimento lo si ricopre di sabbia o di terra stesa in istrato grosso circa 15 cm., lasciandovela per circa 3 mesi onde impedire le screpolature. Queste coperture risultano molto pesanti e richiedono perciò vòlte o solai molto resistenti. Non sono quindi raccomandabili, tanto più che oggigiorno si possono adottare per coperture di leggera inclinazione, ossia terrazze, altri sistemi altrettanto sicuri e molto più economici.

L'argomento delle coperture sarà completato dal capitolo che tratta delle coperture metalliche, ove saranno descritte e fatte le necessarie osservazioni sulle grondaie, gorne, ecc.

APPENDICE

Tegole di cemento Thomann. — Prima di chiudere si vuol fare un cenno delle tegole di cemento Thomann di Halle Saale, recentemente messe in commercio dalla ditta Cremonesi di Pizzighettone e che, provate nel laboratorio sperimentale per la prova dei materiali da costruzione annesso al Politecnico di Milano, hanno dato buoni risultati, anche sotto l'aspetto della resistenza al fuoco. Sono di due tipi: il romboidale detto *universum* e il rettangolare detto *ideale*. Del primo occorrono 12 1/2 tegole per fare 1 m², il quale viene a pesare Kg. 34,5 e costa lire 1,85; del secondo occorrono 15 tegole per 1 m², che pesa Kg. 38 e costa lire 2,40. Vi sono poi speciali pezzi di

colmo del tipo detto *perfetto*, lunghi m. 0,40 con manicotto e di cui ne occorrono pezzi $2\frac{1}{2}$ per ml., il quale viene a pesare Kg. 10 e costa lire 1,25. Queste tegole hanno una grossezza inferiore a 1 cm. e presentano un dente d'attacco, che risparmia ogni legatura sui listelli di appoggio. Si fabbricano di colore diverso, rosso, giallo, nero, verde, azzurro, ecc.

Tavelloni forati per tetti. — Si accenna pure ai tavelloni forati da tetto con arresto per tegole piane, fabbricati dalla ditta Frazzi fu Andrea di Cremona. Questi tavelloni, oltre a sostituire convenientemente le solite tavelle piene che si usano per i tetti tavellonati, offrono il vantaggio di non richiedere l'uso della malta, oppure dei listellini sul tavellonato per fermare le tegole piane, poichè essi presentano nella loro parte superiore una nervatura, contro la quale si appoggiano i denti di arresto delle tegole piane. Per poter usare questi tavelloni con tipi di tegole di dimensioni diverse si fabbricano pure tavelloni di varie dimensioni, e affinchè l'acqua che eventualmente trapelasse da una tegola spezzata sul tavellonato non resti ostacolata nel suo cammino discendente verso la gronda dalle nervature suddette, queste presentano molte discontinuità. Il peso di questi tavelloni è di circa Kg. 32 per il tipo della grossezza di cm. 4 e di circa Kg. 35 per quello grosso cm. 5.

Tegole curve a macchina. — Per dare un'idea della superiorità delle tegole curve a macchina su quelle ordinarie a mano, si crede utile riportare il risultato della prova fatta sopra le tegole della fornace Bosq di Trofarello (Piemonte). Le prove si fecero sopra due tegole, di cui una pesava Kg. 1,650 e l'altra Kg. 1,660. Riempite d'acqua esse trasudarono dopo due ore, ma senza dar luogo a *sgocciolamento*, neppure dopo quattro giorni. Pesate subito dopo levata l'acqua si trovò che l'assorbimento aveva prodotto un aumento di 250 gr. per la tegola di Kg. 1,650 e di 290 per l'altra. Per sottoporle alla prova di carico se ne appoggiò una semplicemente alle teste colla convessità in alto e l'altra completamente sopra un piano, sempre colla convessità in alto. La prima si ruppe sotto un carico di 220 Kg. e la rottura avvenne negli angoli; l'altra sotto un carico di Kg. 395 spaccandosi proprio sull'asse longitudinale. Le tegole ordinarie a mano, anche solo dopo un'ora, danno luogo ad un abbondante sgocciolamento: sono assai più pesanti, poichè pesano almeno Kg. 2,100 e molto meno resistenti, poichè sovente si spaccano anche sotto il semplice peso dell'uomo (1).

BIBLIOGRAFIA

Poche sono le opere che trattano particolarmente delle coperture. Gli argomenti relativi sono esposti in tutti i trattati di costruzione, pei quali si rimanda alla Bibliografia degli altri Capitoli. Scarsi sono pure gli scritti contenuti in periodici tecnici: si può invece ricorrere per avere notizie speciali ai vocaboli delle Enciclopedie di architettura e di costruzione. Le opere e scritti qui sotto ricordati non sono divisi come si è sempre fatto, per lingue, dato l'esiguo numero di esse.

ALDEBERT T. et E. AUCAMUS, *Charpente et couverture*, 1896.
Annalen der Chemie und Pharmacie, vol. V, anno 1852 (analisi delle ardesie di Taunus).
 Ardesia, Lavagna. R. PARETO (*Enciclopedia Arti e Industrie*.
 Unione Tip.-Edit. Torinese).
Ardoise (Dictionnaire raisonné, ecc. Viollet Le Duc).

BARRÉ L. A., *Mémento de l'architecte et de l'entrepreneur*, 1896.
 BENOIT F., *Études sur les ardoisières de l'Anjou*, 1899.
 BUCHHOLZ P., *Die Fabrikation der Dachfalzziegel*, 1899.
 CHARTON E., *Les ardoisières d'Angers (Magazin pittoresque*, 1867).

(1) Vedi l'*Architettura pratica*, anno V, fasc. II, Nell'anno III, fasc. II, dello stesso periodico sono riportati i risultati di prove sopra vari campioni di tegole piane di fornaci italiane.

- Couverture* (*Encyclopédie de la construction*. Planat).
Dachdecker-Zeitung, allgemeine. Hamburg, Jensen e C. (periodico).
- DAILY, *Revue générale de l'Architecture et des travaux publics*, anno 1863 (Art. sulle ardesie).
- DENFER J., *Architecture et Constructions civiles: Couverture des édifices. Ardoises tuiles, métaux, etc.*, 1893. Paris.
- DESCHAMPS J., *Ciment Volcanique. Traité complet pour applications en couvertures, toitures-terrasses et chapes*. Paris (È il catalogo della Ditta Deschamps produttrice di materiali per tetti piani).
- DORN I. F., *Praktische Anleitung zur Ausführung der neuen flachen Dachdeckung*.
- Handbuch der Architekten*, parte III, vol. II. *Dachdeckungen*.
- HITTENKOPF, *Neuere Dachbinder*. Leipzig.
- HÖLZGEN F., *Die Herstellung holländische Dachziegel*. 1895.
- KNOCK A., *Der Dachschiefer in der Praxis*, 1895.
- LINKE, *Der Bau der flachen Dächer, ecc.*
- LUHMANN E., *Die Fabrikation der Dachpappe*, 1883.
- Notiz-Blattes der Architekten, und Ingenieur Vereins für das Königreich Hannover* (vol. I).
- REYGENG G. A., *Coperture impercabili* (nel periodico *L'Ingegneria civile e le Arti industriali*, anno XVIII (1902), pag. 145).
- ROMAIN, *Plombier, Zingueur, Couvreur, Appareilleur à gaz*. Paris, Rorel.
- SANDBERGER F., *Mineralogisch geognostische Angabe über den Taunus-Schiefer*.
- Tetti e teltoie* (*Enciclopedia delle Arti e Industrie*. Unione Tip.-Edil. Torinese).
- VOLLAND G. C., *Die Dachkonstruktionen*, 1897.
- WATRIN N., *Les ardoisières des Ardennes*, 1897.
- WINTER M., *Die Dachkonstruktionen nach den Verschiedenen Formen und Bedingungen*. Leipzig.



CAPITOLO IV.

COSTRUZIONI METALLICHE

I. — GENERALITÀ

Per lavori da *fabbro in grosso* o semplicemente da *fabbro* si intendono nell'edilizia quelli che hanno per iscopo il collegamento delle opere in muratura e in legno, o quelli che servono da sostegno o per coperture semplici.

Per lavori da *fabbro in fino* o da *magnano* si intendono in generale i lavori più leggeri in metallo come porte, finestre e loro imposte, serrature, ossatura di lucernari e così via, come pure inferriate di ogni genere e pezzi metallici di collegamento, ma più leggeri dei precedenti, e tutti i finimenti metallici in genere.

I lavori eseguiti con lamiere sottili si dicono da *fabbro lattoniere*. Quelli poi che riflettono il riscaldamento, le condotte d'acqua, di gas, di elettricità, ecc. vengono eseguiti da operai specialisti.

Molti pezzi di fucina e da *fabbro in fino*, particolarmente artistici, come pure le serrature moderne, sono quasi sempre prodotti da stabilimenti speciali, così per esempio le maniglie di bronzo e di ottone, le targhette, ecc.

Di esse si tratta in altra parte di quest'opera.

Le costruzioni in ferro di maggiore importanza e che fanno parte a sè, come sostegni, pareti, soffitti, mensole e armature di tetti, come pure i tetti in lamiera ondulata senza incavallature, le armature delle grandi vetriate di copertura, ecc., detti anche lavori di *carpenteria in ferro*, in realtà vengono sempre eseguite dai fabbri in grosso e in fino e si distinguono di regola dagli altri, solo per la maggior massa del materiale lavorato o perchè formano l'ossatura più o meno indipendente di una determinata parte dell'edificio.

II. — MATERIALI E LORO LAVORAZIONE

I principali materiali adoperati nei lavori da *fabbro* e da *magnano*, sono: 1° *ferro dolce*; 2° *acciaio*; 3° *ghisa* (ferro fuso o ferraccia). A questi si aggiunsero negli ultimi tempi, 4° la *ghisa malleabile* (temperata) e l'*acciaio colato* e così pure in via subordinata: *rame*, *zinco*, *ottone*, *bronzo*, *stagno*, *piombo*, *nickel* e *alluminio*.

Il *rame* viene quasi solamente adoperato per saldature: si adopera puro per saldature di ferro su *ghisa*, e in lega collo zinco (*saldatura forte*) per le altre saldature. Lo *zinco* si usa in lamiera sottile pei piccoli canali ed inoltre per la *zincatura*; l'*ottone* ed il *bronzo* servono per maniglie e piccoli collegamenti, principalmente per le parti mobili onde ridurre gli effetti dell'attrito: lo *stagno* serve alle saldature di zinco su

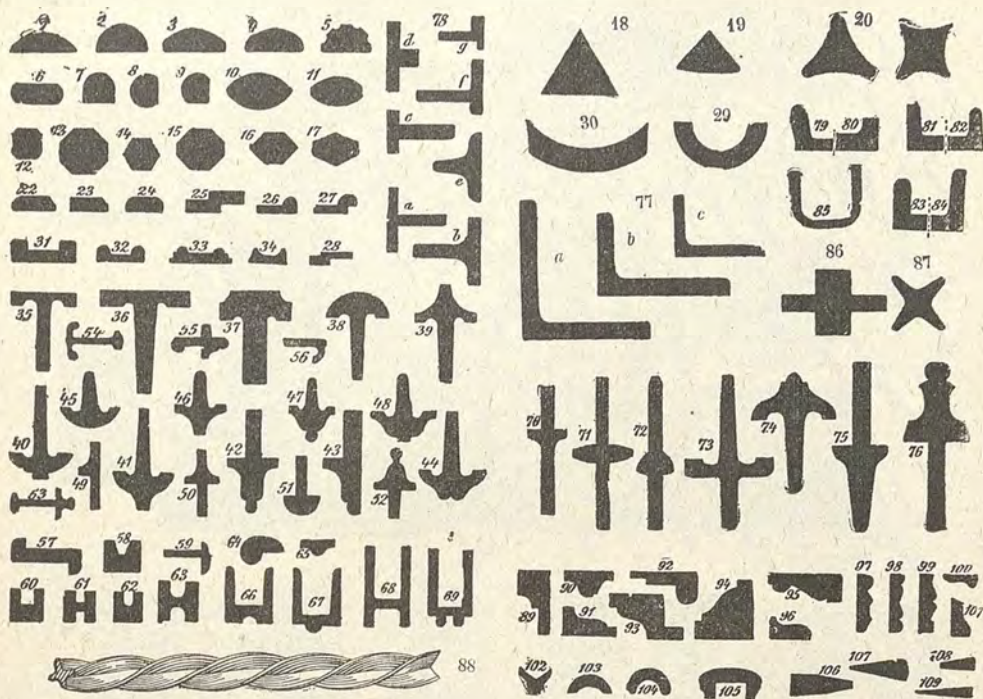


TAVOLA I. — Ferri profilati o speciali.

1, ferro mezzo tondo schiacciato; 2, id. pieno; 3, id. scan-tonato; 4, id. ellittico; 5, id. scanalato; 6, id. in verga tondo (tondino) appiattito d'ambe le parti; 7, id. da una parte; 8, id. arrotondato; 9, tre quarti di tondo; 10, ovale; 11, ad oliva; 12, ferro in verga quadrato smussato; 13, ottagonale; 14, esa-gonale; 15, ottagonale schiacciato; 16, esagonale schiacciato; 17, id. in costa; 18, triangolare; 19, id. arrotondato; 20-21, a faccie incavate; 22, ferro piatto (piattina) con 2 spigoli smussati; 23, id. con un solo spigolo smussato; 24, id. con due spigoli arrotondati; 25-28, ferri da orlatura (ribordi); 29-30, id. concavi; 31-34, ferri per ferriata; 35-44, ferri da finestra e battute (43, mezza battuta);

45-52, ferri a vetri; 53-56, nuove forme di ferri da finestra; 57-63, traversi per imposte da finestra; 64-65, id. id. a cerniera; 66-69, id. di intelaiatura a scorrimento; 70-76, id. da lucernario; 77, ferri d'angolo: a) ad ali eguali; b e c) ad ali diseguali; 78, diversi ferri a T: a) normale, a spigoli vivi; b) id. arrotondati; c) ad anima allungata; d) id. corta e grossa; e) ad ali eguali con anima rastremata; f) ad ali ineguali; g) con ali di grossezza differente; 79-84, diversi ferri ad U; 85, ferro a canale; 86-87, id. a croce; 88, id. attorcigliato; 89-96, ferri da cornici; 97-101, fasciette da cornice; 102-104, orlature d'angolo (102 anche p. cerniere d'ang.); 105, guida (o corrimano); 106-109, barre da graticola.

ferro ed anche subordinatamente delle parti formate principalmente in rame. Il *piombo* è impiegato per assicurare il ferro nella pietra, per sigillare, per formare contrappesi e piastre di base, mentre il *nickel* serve o come copertura superficiale di parti fine, specialmente ornate, oppure in lega per formare oggetti di alpacca. L'*alluminio* si adopera in lega per formare il bronzo-alluminio, oppure in lastra sottile come rivestimento.

Il ferro dolce e l'acciaio di laminatoio viene ora adoperato per la formazione di tutti i profili occorrenti nei lavori da fabbro per gli edifici. Nella Tav. I sono rappresentati i tipi principali tra i moltissimi profili di forme svariate pei diversi usi da fabbro che si trovano in commercio. È da notarsi che il ferro quadrato (*quadretto* □) sottile da 4 mm. a 1 cent. di lato si dice *vergella* o *ferro da chiodi*, e così pure il ferro piatto o lama fino a 1 cent. di spessore per 1 1/2 di larghezza (anche *ferro tagliato*); il ferro in verghe fino a cent. 1 1/2 di larghezza per 4 mm. di grossezza si dice ferro da cerchi (ferro in banda o anche *moietta*) e per dimensioni maggiori si dice in barra grosso. I ferri tondi fino a 1 cent. di diametro si dicono filo-ferro.

Nel compilare i progetti è consigliabile di esaminare i cataloghi di profili delle diverse ferriere, poichè anche piccole differenze di misure, come la scelta di profili poco usati, sono causa di molte spese e perdita di tempo, mentre invece colla scelta

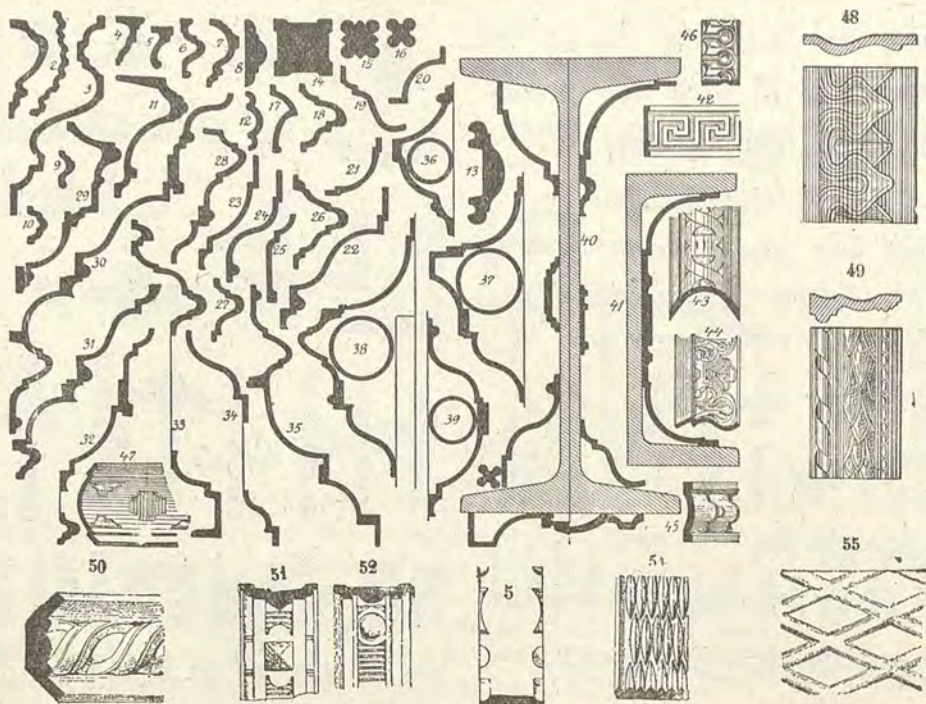


TAVOLA II. — Ferri sagomati e ornati.

1-12, ferri sagomati lisci (10, alto mm. $14,9 \div 30$; 2, alto mm. $21,5 \div 80$; 8, alto mm. $25 \div 40$; 12, alto mm. $17,5 \div 30,5$); 13, ferro da mancorrente (alto $45 \div 60$ mm.); 14-16, stili di sostegno pieni (14, mm. $13 \div 60$; 15, mm. $12 \div 22$; 16, mm. $20 \div 30$); 17-20, id. (19 mm. $34 \div 46$; 20 mm. $30 \div 50$); 21-27, can-

tonali per sostegni (21, mm. $30 \div 50$); 28-32, cornici; 33-35, zoccoli; 36-39, maschere per tubazioni; 40, 41, decorazioni di travi in ferro; 42-52, ferri ornati a rilievi; 53, ferro ornato con intagli d'orlo; 54, 55, lamine striate, rigate, ecc. per scalini, ricoprimenti e simili.

di profili adatti si possono sensibilmente ridurre le spese raggiungendo meglio lo scopo.

Lo stesso vale per il filo-ferro e le lamiere: le misure sono da scegliere tra quelle dei cataloghi delle ferriere.

In causa della grande varietà di forma nei profili ottenuti al laminatoio e dell'aiuto che presentano le lamiere ondulate, gli ornati in ferro (Tav. II), la ghisa malleabile, le lamiere stampate (Tav. III), le teste di viti ornate (Tav. V, 42-47) e le rosette stampate, e così via, il lavoro del fucinatoro si limita quasi soltanto alla saldatura di singole parti ed a piccole variazioni di forma, come sono rappresentate nelle Tav. IV e V coll'indicazione delle rispettive denominazioni. Nelle tavole qui riprodotte si vedono le più usate giunture di ferri e cioè anzitutto quelle che esigono una preparazione di fucinatura (lavori *a fuoco, a caldo*) (Tav. VI) e in seguito quelle *a freddo* o *da banco* (Tav. VII). Vi si aggiungono le diverse specie di unioni più in uso per comporre le diverse parti di una costruzione in ferro (Tav. VIII).

Oltre ai profili di ferri minuti rappresentati nella Tav. I sono anche da considerare quelli per grosse ferramenta (Tav. IX) da adottarsi nei sostegni, tavolati, soffitti, tetti.

È da notarsi che coi profili 12-23 b, 25, 26 e 44 (Tav. IX) si tagliano anche pezzi d'angolo per giunti, che dalle ferriere o dai negozianti di ferramenta vengono forniti anche già forati (o colla punzonatura o colla trapanatura) secondo determinate dimensioni. Lo stesso dicasi dei profili alle fig. 34-41, che trovano più spesso applicazione

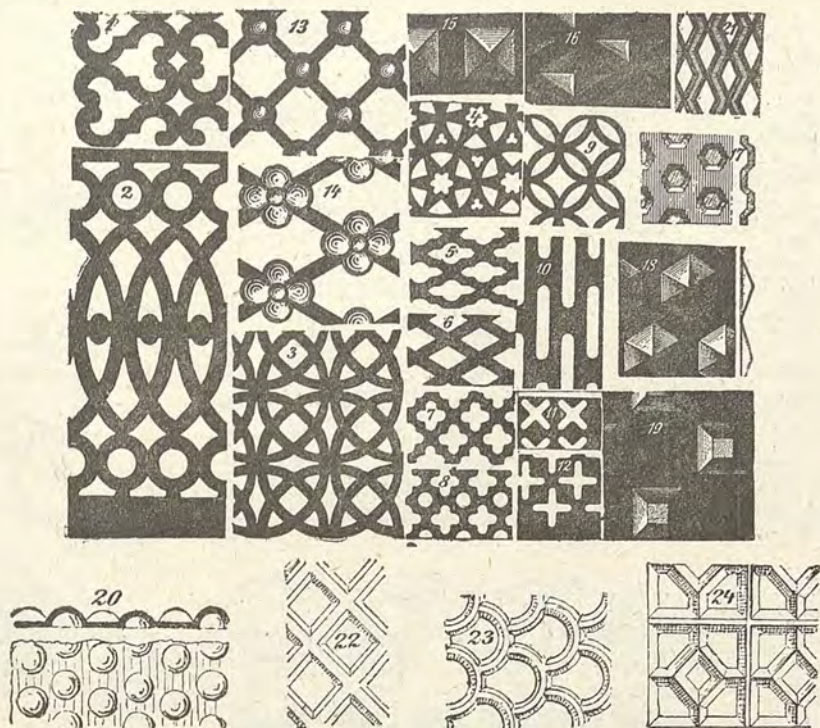


TAVOLA III. — Lamiere ornate e traforate.

1-12, lamiere forate (al punzone); 13, id. con bottoncini stampati; 14, id. con rosette stampate; 15-16, lamiera stampata a punta di diamante, per specchiature di porte e simili; 20, id. a bottoni per gradini; 21-24, lamiera stampata, a trafori, per oggetti di mobilio.

come cavalletti, staffe o braccioli per canale. Le stecche di congiunzione ricavate dai profili 28-29, 42-43 vengono pure fornite già preparate, quelle delle fig. 28 e 42 con fori punzonati (stampati), ma con bordi paralleli, quelle delle fig. 42-43 foggiate ad angolo per giunti.

Questi giunti d'angolo così ottenuti sono meno pieghevoli di quelli fucinati e perciò in alcuni casi sono più opportuni, ma allora bisogna sceglierli di dimensioni di $10 \div 15\%$ più grandi dei fucinati, avuto riguardo alla loro maggior facilità di rottura. Ciononostante si otterrà sempre con essi una economia di spesa, specialmente nel caso in cui ne occorra una grande quantità di misura eguale.

Il ferro fuso o ghisa (ferraccia) viene impiegato tanto per congiunzioni ausiliarie per resistere a sforzi di compressione, quanto per sostegni completi, mentre nelle pareti a tavolato, nei soffitti e nei tetti viene utilizzato solo come elemento accessorio. Nell'applicazione della ghisa si deve sempre aver presente che il piccolo risparmio che si ottiene per la maggior facilità di dar forma colla fusione è sovente pagato troppo caro per la difficoltà di allestire buoni modelli — perfettamente adatti anche per la tecnica della fusione — e per gli accidenti di fondita. Nei riguardi tecnici speciali è ancora da osservare che una suddivisione di masse molto spinta, come è richiesta a seconda delle forze di compressione e di trazione, viene necessariamente ristretta entro limiti angusti non solo per riguardi tecnici, ma anche per sollecitazioni diseguali che si verificano in seguito, come per cambiamento di temperatura, ecc.

Naturalmente qui non si parla delle circostanze speciali che possono influire in ogni singola applicazione: nei casi speciali si deciderà in seguito ad un calcolo di spesa e di resistenza.

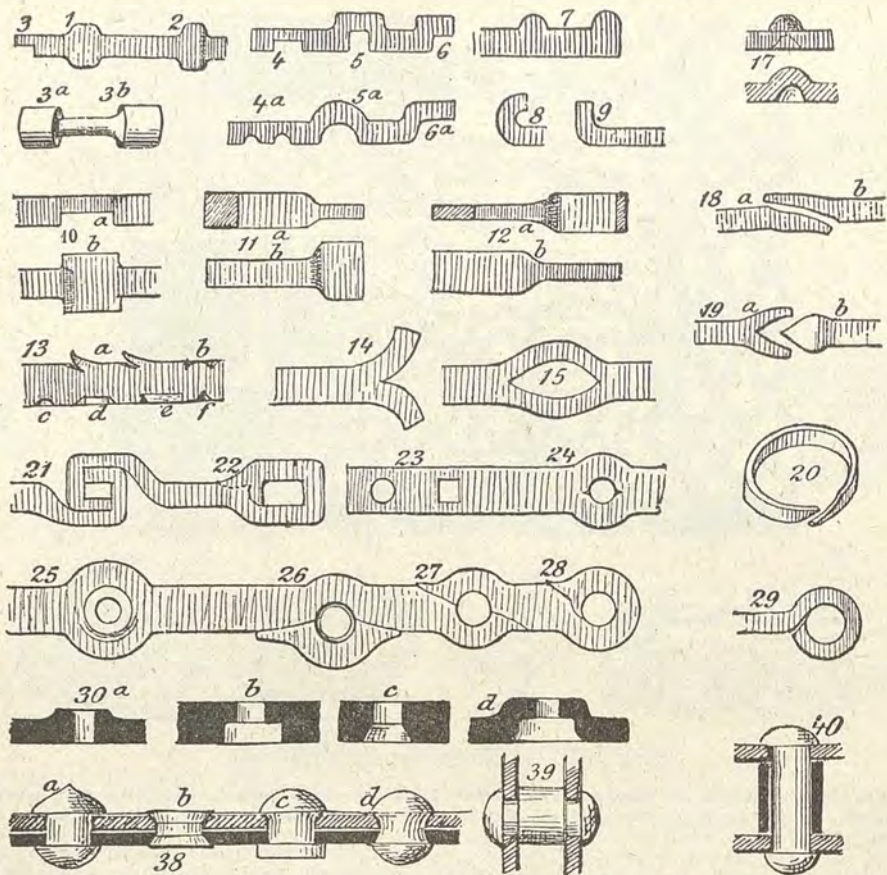


TAVOLA IV. — Lavori di fucinatura.

TAV. IV e V. — 1, ferro con allargamenti; 2, ricalcato, rintuzzato; 3, strozzato; 3 a, id. a spigolo vivo (da un ferro tondo); 3 b, id. arrotondato; 4, intaccato a spigoli vivi; 4 a, id. in tondo; 5, battuto a gomito dritto; 5 a, id. tondo; 6, piegato ad angolo retto; 6 a, id. in tondo; 7 a, sporgenze (escrescenze); 8, uncino ricurvo; 9, id. dritto; 10, assottigliato e allargato; 11, battuto in largo; 12, ricalcato ed appiattito; 13, tacche: a) rivoltate; b-f) ritagliate in varie maniere; 14, a coda di pesce; 15, occhio a

fenditura; 17, rigonfiature calcate; 18, saldatura piatta o bollitura; 19, bollitura a cuneo od a forchetta con previa ricalcatura; 20, bollitura ad anello; 21, occhio per cuneo, aperto; 22, id. bollito (saldato a bollitura o rimarginatura); 23, verga forata; 24, id. allargata con occhio; 25, id. forzata a stampo e allargata; 25 a, stampata come testa a croce; 26, occhio ottenuto colla saldatura d'una parte; 27, id. colla saldatura doppia di due verghe; 28, id. colla ripiegatura e saldatura; 29, verga ripiegata

In riguardo ai disegni di sagome o profili qui uniti ed alla loro applicazione, è da notarsi che vi si è fatto posto non soltanto a quelli preferiti nell'ingegneria per la pura costruzione in ferro, senza riguardo alla comodità e libertà d'immaginazione dell'architetto, ma anche ad una gran parte di quelle forme che possono servire all'architetto per le sue creazioni, quand'anche esse non siano applicate col determinato scopo, per cui furono create dalla ferriera.

Poichè per le forme occorrenti all'architetto non è da applicarsi tassativamente la massima di adoperare il ferro solo nelle forme di sezione più vantaggiose per l'assoluta capacità di resistenza col minimo volume; altri riguardi in parte estetici, in parte pratici possono influire per fargli adottare in certi casi per ferri d'ornamento dei ferri di resistenza, oppure di accoppiare dei ferri che potevano funzionare bene anche isolati, ecc.

Si è appunto in vista di ciò che molte ferriere non si limitano alla laminazione dei soli ferri corrispondenti a criteri normali, e così oltre alle solite forme di L, U, Z

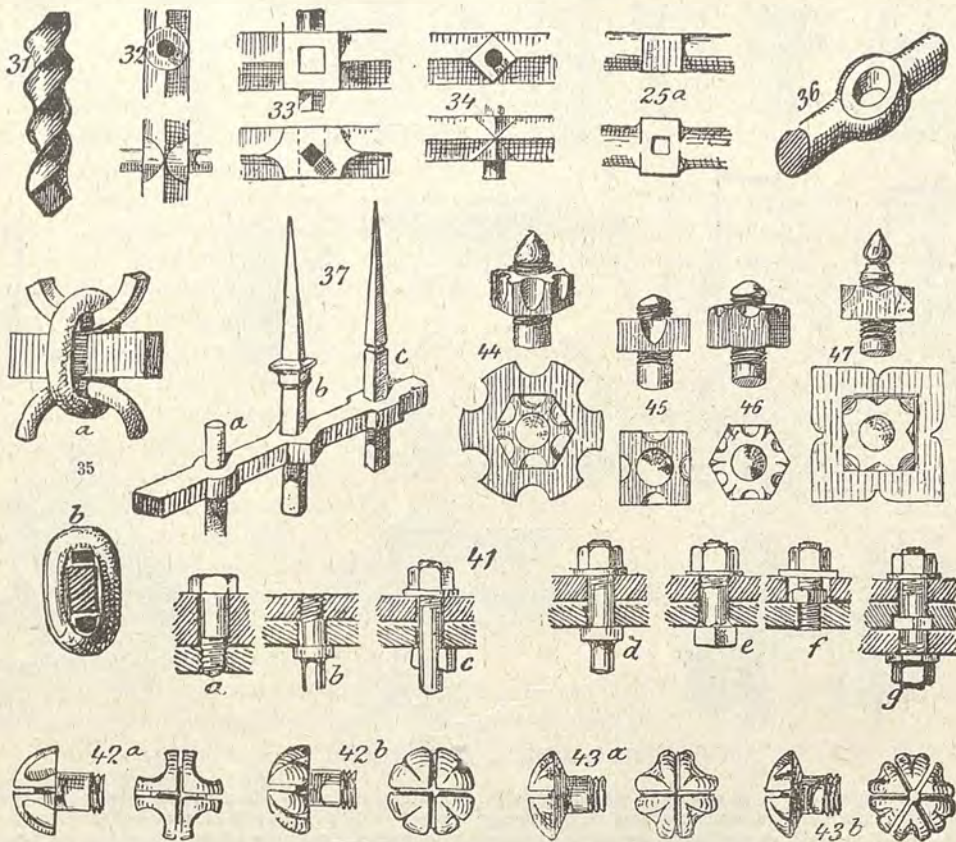


TAVOLA V. — Lavori di fucinatura

ad occhio; 30 a, foro a labbro sporgente; b) incassato a ripresa; c) affondato; d) a sporgenza posteriore; 31, verga attorcigliata; 32-34, diverse maniere di testa a croce; 35, anello di legatura; 36, occhio battuto fuori e perforato; 37, traversa di cancello: a) con foro battuto tondo; b) id. quadrato; c) id. rettangolare allungato; d) punta di un'asta di cancello con anello saldatovi, di diverso colore; e) id. con colletto scavato; 38, chiodature: a) con testa foggiate a punta; b) id. annegata d'ambe le parti; c) id. foggiate tonda; d) con testa stampata tonda d'ambe le parti; 39, chiodatura con ritegno di distanza; 40, id. con collare; 41, collegamenti a vite: a) vite con testa; b) vite con colletto; c) chiavarda (bullone) con bietta e madre vite; d) id. con colletto e madre vite; e) con testa quadrata e madre vite; f) vite a due vermi con madre vite da una parte; g) vite a due vermi d'ambe le parti con madre vite; 42, teste di viti ornate; 43, id. a metà affondate; 44-47, dadi (o teste di madre viti) ornati.

e Zorès (Ω) che servono a determinate esigenze, producono anche delle serie di profili che non hanno esclusivo scopo di portare, ma sono destinati a funzioni speciali, come ad esempio le lamiere ondulate per solai, ecc.

III. — IMPIANTO DI OFFICINA PEI LAVORI IN CANTIERE

Per rispetto al costo ed alla spedita esecuzione dei lavori, riesce spesso necessario, specialmente quando si fabbrichi in luoghi appartati, che chi eseguisce la fabbrica stabilisca un piccolo impianto d'officina, ciò risparmia ai diversi artefici specialisti di acquistare appositamente oggetti di uso non comune o difficili a trasportarsi sul posto, e permette loro di eseguire a piè d'opera lavori imprevisti.

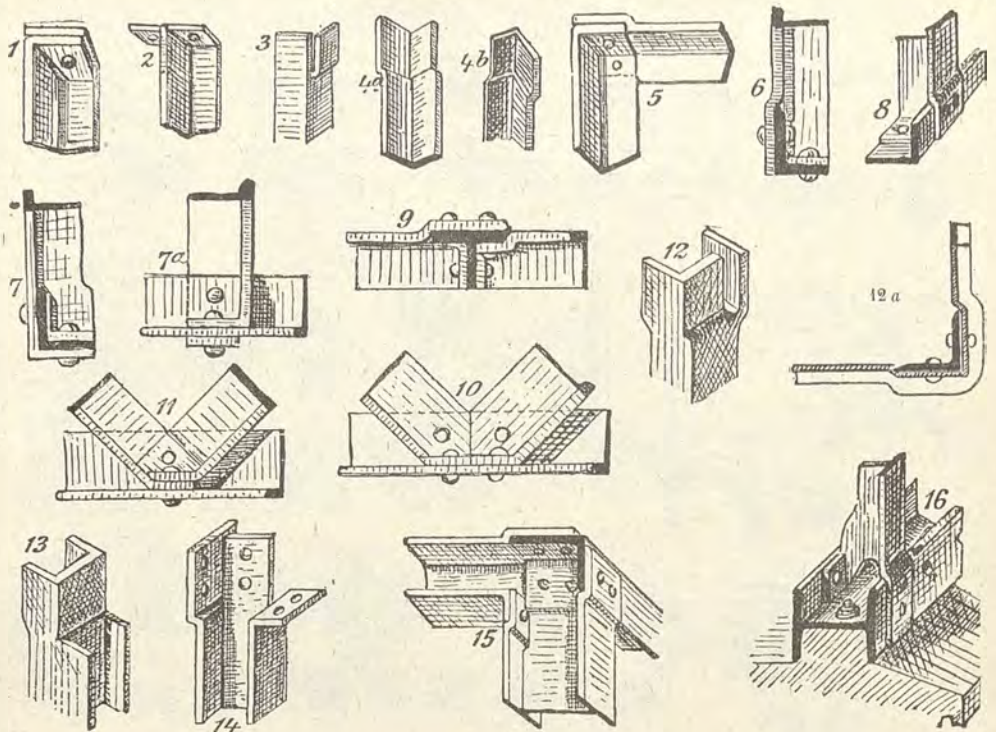


TAVOLA VI. — Giunti fucinati.

Ferri a L (d'angolo): 1, ali ritagliate e ripiegate entrambe all'interno; 2, ali ritagliate e ripiegate l'una verso l'interno l'altra verso l'esterno; 3, ali ritagliate ed una piegata a gomito infuori; 4, id. entrambe piegate a gomito infuori; 5, un ferro a L con un'ala piegata in dentro ed un altro sovrapposto con entrambe le ali piegate a gomito; 6, un ferro a L ritagliato, con un'estremità ripiegata verso l'interno e l'altro ferro a L inserito in mezzo; 7, 7a) un ferro a L con un'ala piegata all'interno, l'altra a gomito laterale, e ripiegata in dentro, l'altro ferro ad L preso in mezzo a tanaglia; 8, un ferro a T colle ali staccate dall'anima e ripiegate a gomito, l'anima ripiegata ad angolo retto lateralmente, un ferro d'angolo (a L) inserito con un'ala tra l'anima e le ali del ferro a T; 9, un ferro a L colle ali ritagliate una a gomito verso l'esterno, l'altra piegata ad angolo retto all'interno, un altro ferro a L colle ali ritagliate una a gomito verso l'interno,

l'altra piegata ad angolo retto all'interno, e un ferro a T inserito fra le 4 ali dei ferri a L; 10-11, unione di ferri d'angolo con ali ritagliate obliquamente e piegate obliquamente; 12, ferro ad U coll'asta e un'ala piegata a gomito all'interno e un'ala ritagliata e piegata a gomito lateralmente; 12a, ferro ad U ripiegato con gomiti intorno ad un ferro ad angolo; 13, ferro a I da una parte piegato a gomito, dall'altra colle ali asportate; 14, entrambe le ali tagliate, una piegata a gomito all'esterno, l'altra piegata all'infuori ad angolo retto; 15, lo stesso ferro a I unito con un altro la cui seconda ala è piegata a gomito verso l'interno e l'asta lateralmente, e un ferro d'angolo (a L) inserito frammezzo; 16, ferro a I come longarina per serra con montanti in ferro a T la cui ala è piegata a gomito e l'asta battuta fuori e ripiegata lateralmente ad angolo (impedito lo sgocciolamento all'interno dell'acqua di condensazione).

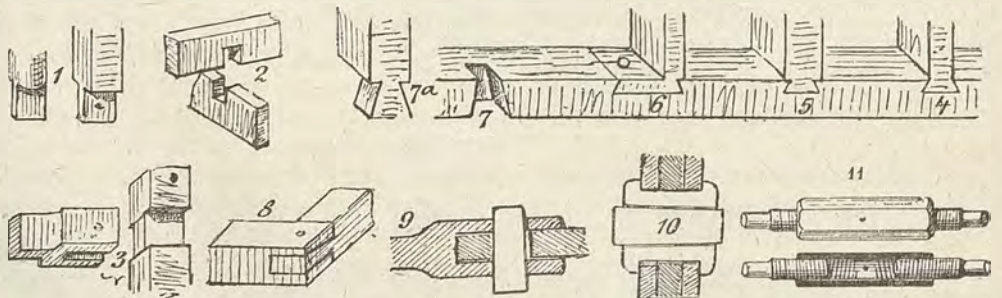


TAVOLA VII. — Lavori da banco (a freddo).

1, maschio da incastrare; 2, giunto a doppia intaccatura; 3, intaccatura da due parti con maschio a forcilla; 4, incastro con allargamento; 5, id. a coda di rondine; 6, id. a risvolto e con

allargamento; 7, a metà ferro con coda di rondine; 8, giunto di testa a squadra e coda di rondine; 9, biettatura (unione con chiave); 10, id. con controchiavetta; 11, unione a manicotte.

Comunemente quest'officina consta di:

1. Una piccola fucina; la più comoda è una piccola fucina da campo (fig. 1602) (V. pagine 783 e 784) con ventilatore a pedale (F).

È da osservarsi nei ventilatori rotativi, che il volante (s) abbia abbastanza forza da non richiedere nei piccoli lavori l'aiuto di un altro uomo: altrimenti è da scegliersi un ventilatore a mantice.

2. Un secchio per le bragie estinte e un secchio a carbone, colla sua pala, come pure palotto, e attizzatoi a uncino e a punta per rimuovere la bragia (fig. 1603).

3. Un'incudine munita di uno o due corni, di foro per tagliare e per stampare, nonchè di appendice ad angolo (s), del peso di circa 25 a 30 Kg. (fig. 1604), oltre al ceppo o toppo di legno molto duro.

4. Un assortimento di tanaglie da fucina (fig. 1605), oltre ad un anello *a* per serrare ed ai martelli da fucine, cioè un martello per battere, o mazza, di 2 Kg. (fig. 1606), uno per foggiare di 1 Kg. (fig. 1607) ed un martello a croce di 1 1/2 Kg. di peso (fig. 1608).

5. Un tagliolo (scalpello a codolo da incudine) (fig. 1609 *b*), oltre ad un assortimento di 2 martelli da tagliare (fig. 1609 *a*), e 4 da bucare (fig. 1610), nonchè un martello da spianare (fig. 1611).

6. Un assortimento di stampi (fig. 1612) di diverse forme (si devono procurare a seconda del bisogno e possono essere fabbricati dal fabbro magnano).

7. Una filiera (fig. 1613), che può essere sostituita da singole piastre forate, da prepararsi dal fabbro stesso (fig. 1614).

8. Una piccola macchina punzonatrice a mano (fig. 1615). (Questa serve nel caso in cui si hanno da eseguire molte forature e chiodature).

9. Un martello a controchiodaia (fig. 1616). (Specialmente utile per foggiare capocchie di chiodi ribaditi).

10. Banco da lavoro in legno con morsa (fig. 1617, 1), col posto per una seconda morsa e con piastra forata d'angolo per essere assicurata alla parete od al pavimento, oppure con piedestallo pesante.

Gli oggetti che seguono sono necessari solo nel caso che da chi fabbrica vengano eseguiti i lavori direttamente, in economia, poichè altrimenti vengono portati con sé dai singoli provveditori od operai a seconda del bisogno.

11. Morsetto a mano da lima (fig. 1618, 3) e da far cerchi (fig. 1618, 4) e vite per stringere o sergente (fig. 1618, 2).

12. Utensili per forare. Menarola (verina) (fig. 1619), oltre ad un assortimento di saette da trapano (fig. 1620). Trapano a mano (a nottolino ed a rotazione continua) (fig. 1621).

13. Martelli da banco (fig. 1622).

14. Trafila a guancialetti (fig. 1624) e volta-mastì (fig. 1623), con guancialetti e mastì per far madreviti (fig. 1625).

15. Chiave universale (detta inglese) per viti (fig. 1626) e giraviti.

16. Scalpelli dritti (piatti) o bulini e scalpelli a ugnetto (ugnetti o pedani) (fig. 1627), oltre a punte, spine e punzoni (fig. 1628).

17. Un assortimento di lime grosse da digrossare (dette impagliate), lime bastarde e lime fine o dolci, di diversa grandezza e sezione.

18. Sega montata per ferro, tanaglia per tirare alla trafila, tanaglie a mano, cesoie per lamiera.

19. Punta e mazzuolo per forare pietra (fig. 1629). Raspe per legno e piombo.

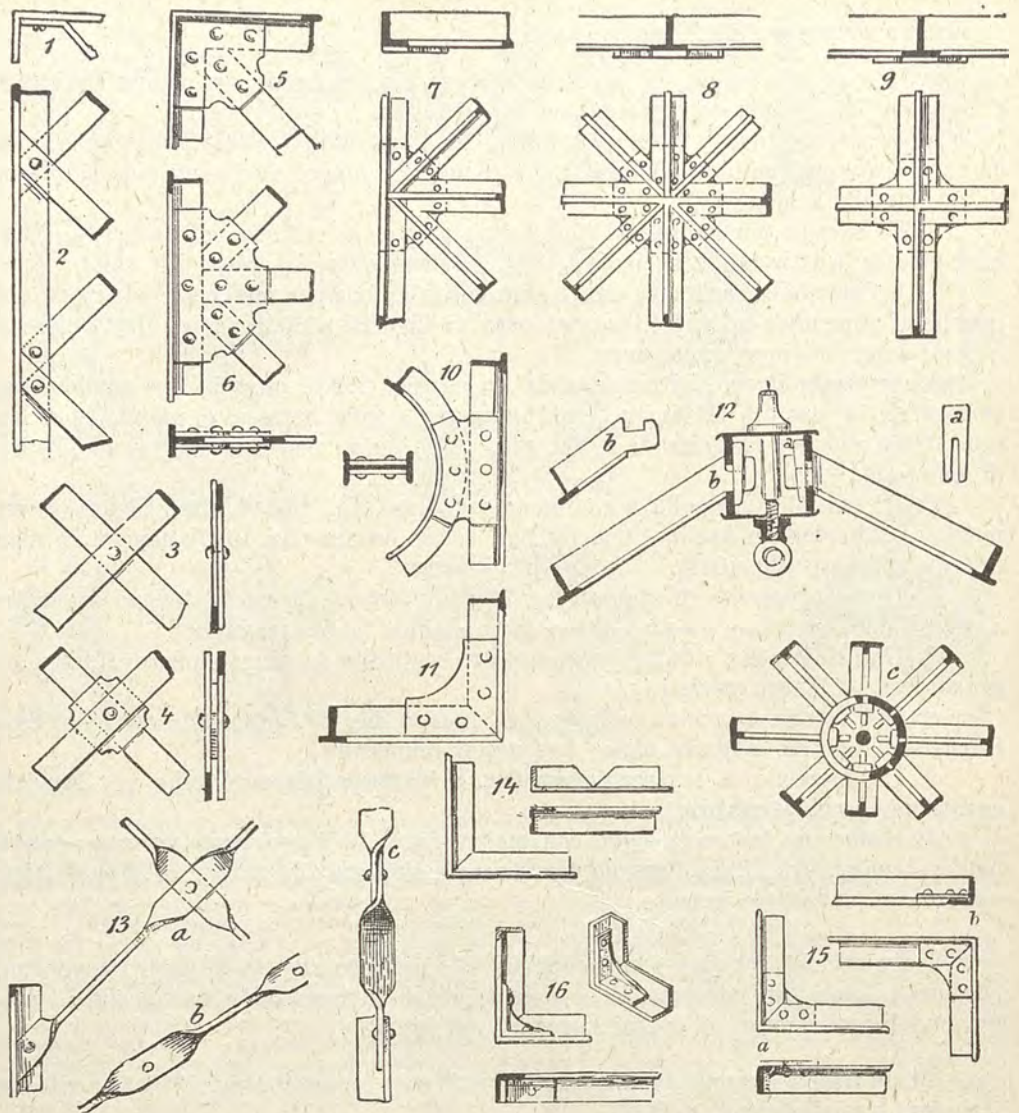


TAVOLA VIII a. — Collegamenti da fabbro in fino (da magnano).

TAB. VIII a e VIII b. — 1, angolo con inchiodatavi saetta ripiegata obliquamente; 2, ferro a T con inchiodatevi sbarre di un reticolato; 3, unione a semplice chiodatura di una sbarra di reticolato coll'altra (senza interposizione di lamiera); 4, id. con lamiera scantonata; 5, ferro a T inchiodato in angolo con sbarra diagonale ed interposta lamiera scantonata; 6, unione di un ferro a T con una sbarra perpendicolare e due diagonali, come sopra; 7-11, giunti di ferri a T con lamiere sovrapposte; 12 a-c, giunzione a raggi per un

comignolo a padiglione con scatola anulare composta e avvitata, con assicuratevi le teste uncinata (*b*) ad orecchio delle travi a T mediante chiave a forcilla (*a*); 13, giunto di cancellata (ferriata) reticolare con saette incrociate (*a, c*), attorcigliate (*b*); 14, giunto d'angolo di ferri a L con ali ritagliate; 15, giunto d'angolo con lamiera inchiodatavi: *a*) esternamente; *b*) internamente; 16, lo stesso con cantonale in ghisa malleabile; 17, ferro a T con anima asportata ed ala ripiegatavi contro ed inchiodata

20. Compasso (fig. 1630), compasso di grossezza (fig. 1631), calibro a scorsoi (fig. 1632), squadra a grucciona (fig. 1633).

Pei lavori in legno:

21. Scalpelli, seghe a mano o saracchi, seghe intelaiate, trivelle.

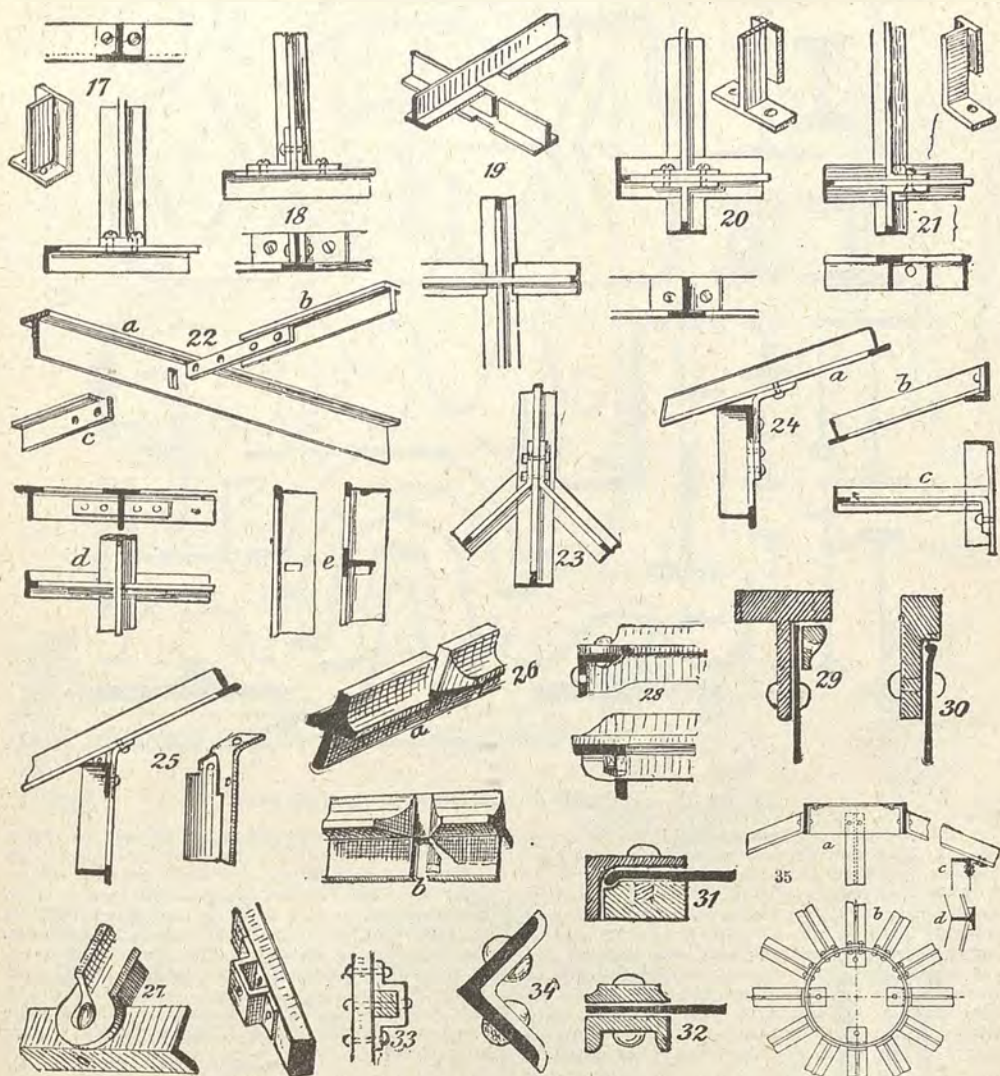


TAVOLA VIII b. — Segue Collegamenti da fabbro in fino (da magnano).

ad un ferro d'angolo (a L); 18, ferro a T collegato ad un ferro a L col mezzo di due cantonali interni applicati all'asta; 19, giunto di due ferri a T, l'uno con intaglio totale nell'asta e parziale nelle ali, l'altro con intaglio totale delle ali; 20, due ferri a T con ali ritagliate e saldati una doppia piastra trasversale, inchiodata ad un ferro a T; 21, due ferri a T con ali asportate ed aste piegate ad angolo; 22, tre ferri a T (a, b, c) come i precedenti ma riuniti per mezzo di una stecca di ferro piatto intro-

dotta a traverso l'uno di essi; 23, due ferri a T uniti obliquamente ad un terzo; 24, correnti L, terzere L e montanti T uniti con placche d'angolo; 25, correnti T uniti con terzere L e montanti con ali ripiegate, con asta passata tramezzo e chiavetta; 26, barre (traverse) a croce intagliate; 27-28, id. su ferri d'angolo; 29-32, orlature (ribordature) di lamiere; 33, bussola a viti; 34, giunto longitudinale di ferri a L con angolo sovrapposto; 35, anello superiore di lanterno circolare sostenuto da montanti d di ferro a T.

IV. — PRESERVAZIONE DALL'OSSIDAZIONE

Le piccole parti di ferro, che non devono essere protette poi contro la ruggine da verniciatura o simili, il fabbro deve ricoprirle ancora a caldo con bitume di Giudea (asfalto puro). Le battute di porte e finestre devono in simili casi venir spalmate con olio di lino (scevro di acidi inorganici) e poi arroventate al fuoco (annerite).

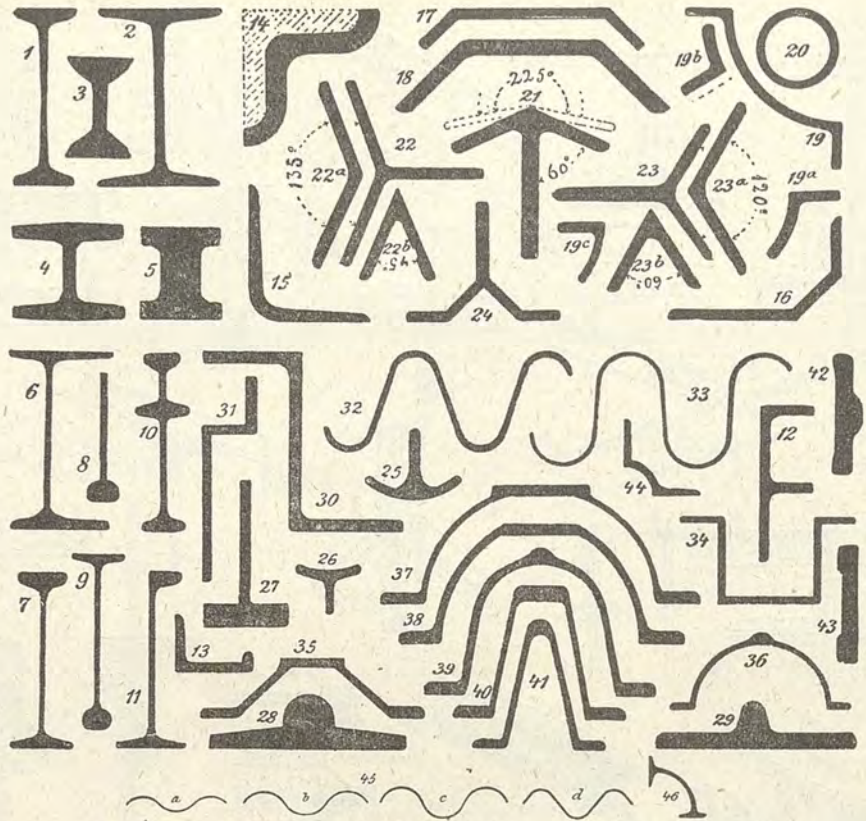


TAVOLA IX. — Profili di ferri grossi o travi di ferro.

1, trave da soffitto antico alla francese; 2, id. tedesco normale; 3, piccole travi da porta alla francese; 4, trave a I schiacciata per ripiani, ecc.; 5, ferro ad incudine (id.); 6, con ali di larghezza e grossezza diseguali; 7, colle ali superiori non eguali alle inferiori; 8, ferro a bulbo senz'ali (piede); 9, id. con ali larghe; 10, ferro a triplo T; 11-12, ferri a F: 11, con piede senz'ala di mezzo; 12, con ala di mezzo senza piede; 13, ferro a U ad ali diseguali; 14, cantonale da sovrapporre; 15, cantonale arrotondato; 16, id. spezzato; 17, ferro per comporre colonna quadrata; 18, id. id. ottagonata; 19, id. quarto di colonna a sezione circolare: a, b, c, angoli da annettervi; 20, tubo in ferro battuto; 21-23, ferri d'arcareccio, cioè ferri a T con ali oblique:

a e b (22 e 23), angoli da annettervi; 24, ferro a T con ali spezzate (v. 16); 25-26, ferri a T con ali tondeggianti, piegate all'interno o all'esterno (26 può anche servire da ferro di sostegno o piedi per caldaie); 27, ferro a T ad asta alta con ali di doppio spessore; 28-29, ferri a T coll'asta in forma di bulbo; 30, ferro a Z normale; 31, id. a Z con un'ala più larga; 32-33, lamiere ondulate portanti, ad asta obliqua o diritta; 34, profilo da canale; 35-37, 39-41, ferri Zorès; 38, ferro da appoggio tedesco; 42-43, stecche; 44, ferro d'angolo di rinforzo (controferro) o quarto di cerchio con ali larghe; 45, lamiera ondulata: a) onda piccola; b) onda media; c) onda alta; d) id., ma con tratti retti; 46, ferro a I ricurvalo.

Le congiunzioni a chiusura non perfetta, come le parti che devono combaciare con muratura o con legno non perfettamente secco, che poi non siano accessibili al pennello del pittore, dovranno essere bene spalmate con buon minio — previa pulitura con spazzola metallica o con acidi.

La *zincatura* è adatta per tutte le parti greggie in ferro esposte all'acqua e alle intemperie: tuttavia non è sempre durevole in contatto alla terra ordinaria, specialmente se argillosa, cretacea.

I *rivestimenti di piombo* sono soprattutto opportuni per le parti in ferro esposte permanentemente a vapori acidi.

Si rivestono con *bronzo, nickel e rame* solo le parti fine o lavori particolarmente artistici.

Le parti che devono scorrere l'una sull'altra, ma con tale perfetto combaciamento da non potersi in seguito praticare la lubrificazione, devono venir spalmate con *paraffina* o *spermaceti*.

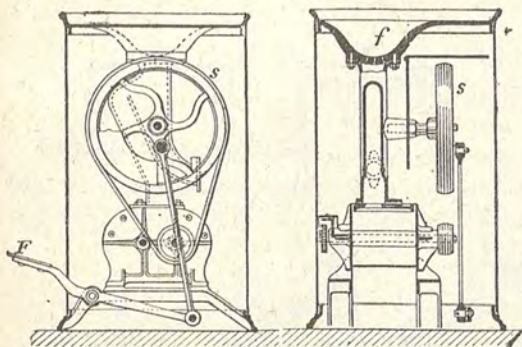


Fig. 1602. — Fucina portatile.

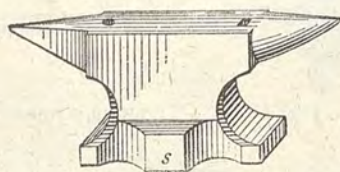


Fig. 1604. — Incudine.

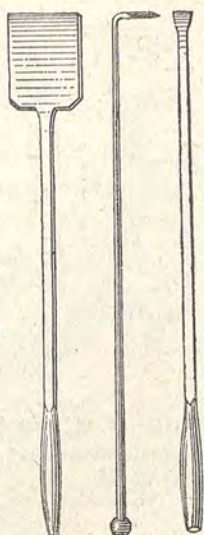


Fig. 1603. — Pala, attizzatori a uncino e a punta.

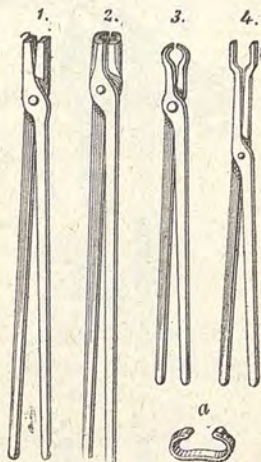


Fig. 1605. — Tanaglie.

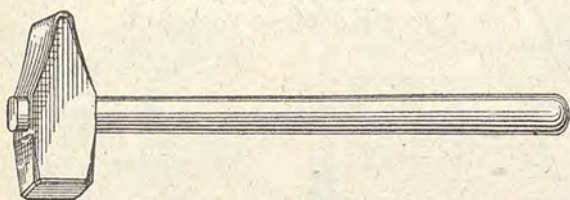


Fig. 1606. — Martello per battere.

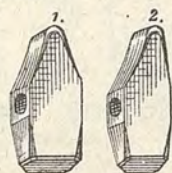


Fig. 1607. — Martello per foggiare.



Fig. 1608. — Martello a croce.

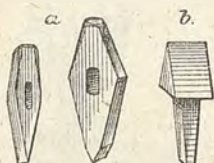


Fig. 1609. a, martelli per tagliare; b, tagliolo.

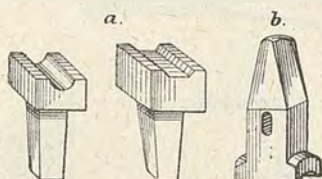


Fig. 1612. — Stampi.

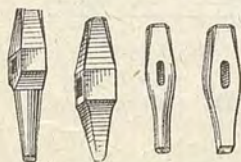


Fig. 1610. — Martelli per bucare.

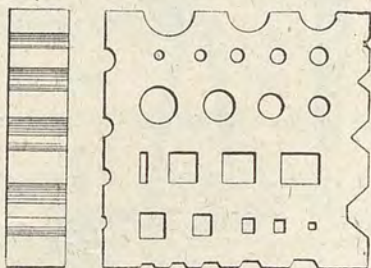


Fig. 1613. — Filiera.

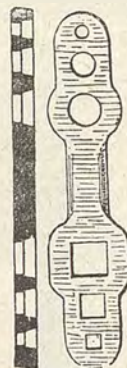


Fig. 1614. — Piastre-filiera

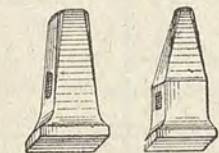


Fig. 1611. — Martello per spianare.

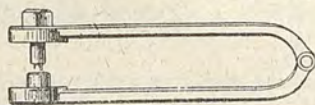


Fig. 1615. — Funzonatrice a mano.

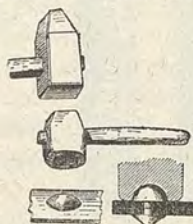


Fig. 1616. — Martello a controchiadaia.

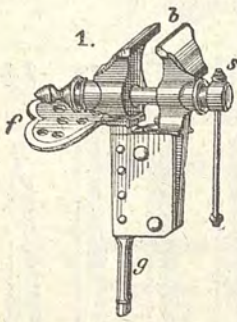


Fig. 1617. — Morsa per banco da lavoro.

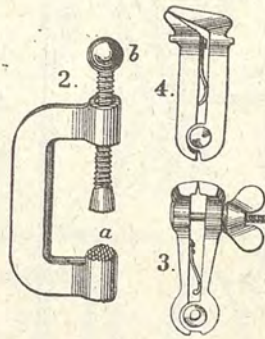


Fig. 1618. — 2, sergente; 3, morsetto a mano; 4, id. da far cerchi.

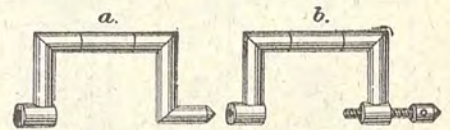


Fig. 1619. — Menarola.

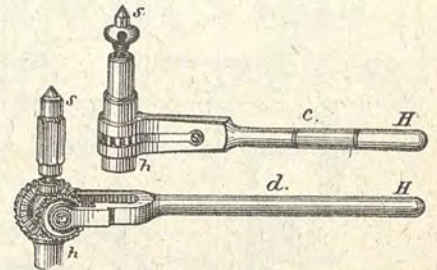


Fig. 1621. — Trapani a mano.

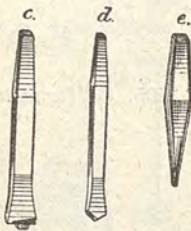


Fig. 1620. — Siette da trapano.

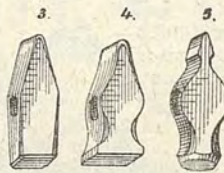


Fig. 1622. — Martelli da banco.



Fig. 1623. — Voltamaschi.

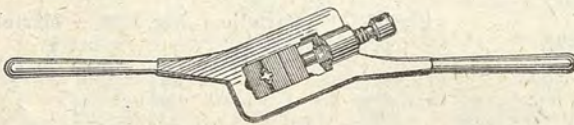


Fig. 1624. — Trafila a guancialetto.



Fig. 1626. — Chiave universale.

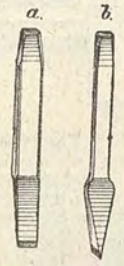


Fig. 1627. — Scalpelli.

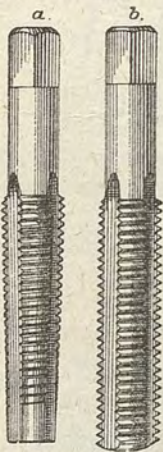


Fig. 1625. — Maschi per far madreviti.

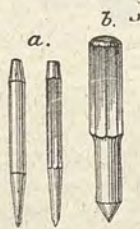


Fig. 1628. — Punte e punzoni.



Fig. 1630. — Compasso.



Fig. 1631. — Compasso di grossezza.

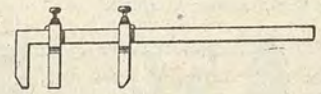


Fig. 1632. — Calibro.

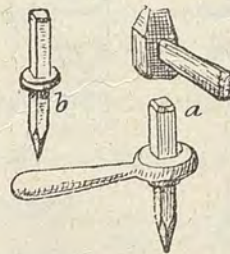


Fig. 1629. — Punta e mazzuolo per forare.

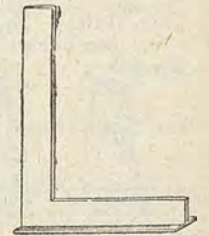


Fig. 1633. — Squadra.

V. — PEZZI AUSILIARI D'UNIONE PER LAVORI DA MURATORE,
SCALPELLINO E CARPENTIERE

Per le congiunzioni delle pietre da taglio⁽¹⁾ servono: le *caviglie* e *grappe* rappresentate nelle fig. 1634 e 1635, le *grappe a coda di rondine* (fig. 1636), gli *arpioni sigillati* (fig. 1637, 1638, 1639), le *viti perdute* (sigillate) nella pietra (fig. 1640).

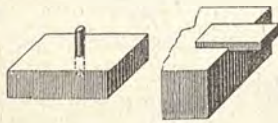


Fig. 1634. Fig. 1635.
Caviglia.

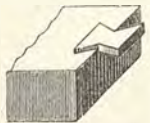


Fig. 1636.
Grappa a coda di rondine.

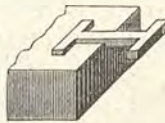


Fig. 1637.
Arpione.

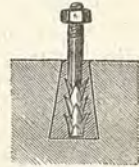


Fig. 1640. — Vite perduta o sigillata.



Fig. 1638. — Arpione sigillato.

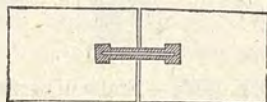


Fig. 1639. — Arpione sigillato.

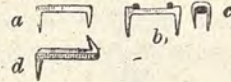


Fig. 1641 a, b, c, d.
Ramponi.



Fig. 1642. — Stecche bullonate.



Fig. 1643. — Stecche arpionate e bullonate.

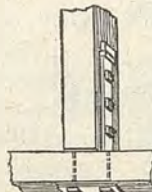


Fig. 1645.

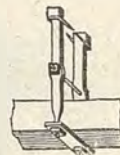


Fig. 1647.

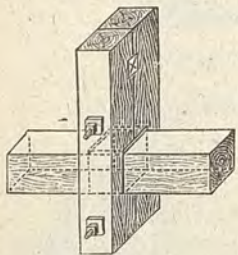


Fig. 1644. — Giunzione con chiodate.

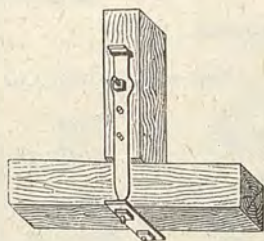


Fig. 1646.

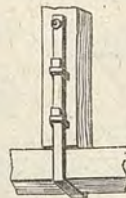


Fig. 1648.

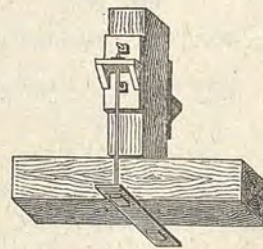


Fig. 1649.

Fig. 1646 a 1649. — Vari tipi di staffe in ferro.

Nei lavori da carpentiere⁽²⁾ vengono adoperati i *doppi ganci* o *ramponi* rappresentati nella fig. 1641 a, b, c, d: a) *rampone semplice*; b) *id. con sporgenze*; c) *id. a forcilla*; d) *id. a branche opposte*; le *piastre di congiunzione* e cioè a *stecche bullonate* (fig. 1642) od anche *arpionate* (fig. 1643), i *bulloni* (chiodate) (fig. 1644), le *staffe* in vari pezzi (fig. 1645-1647), le *staffe continue portanti* (fig. 1648), le *staffe con scatole bullonate lateralmente* (fig. 1649), le *staffe di vertice con cavalletto soprastante*

(1) Vedi anche *Lavori in muratura* (murature in pietra conca, rivestimenti).

(2) Vedi *Carpenteria*.

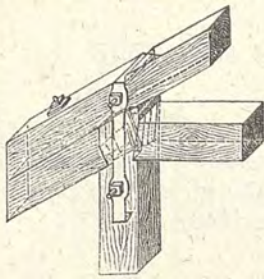


Fig. 1650.

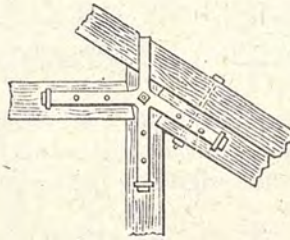


Fig. 1651.

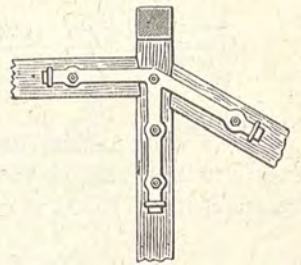


Fig. 1652.

Fig. 1650 a 1652. — Vari tipi di staffe in ferro.

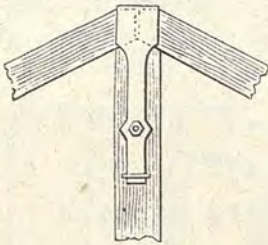


Fig. 1653.



Fig. 1655. — Staffa di vertice a forcella.

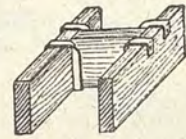
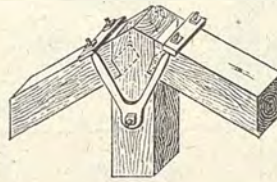


Fig. 1656.

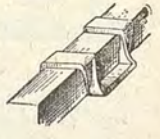


Fig. 1657.

Fig. 1656-1657. — Staffe a cavalletto.



Fig. 1658. — Vite da legno.

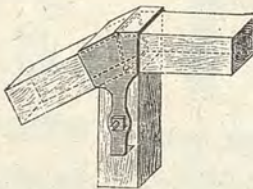


Fig. 1654.

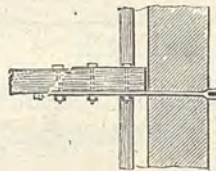


Fig. 1659.

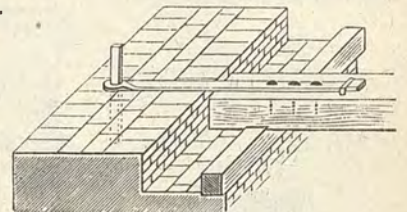


Fig. 1660.

Fig. 1653-1654. — Scatole di vertice.



Fig. 1661.

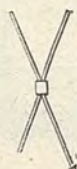


Fig. 1662.

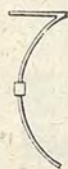


Fig. 1663.



Fig. 1664.

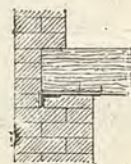


Fig. 1665.

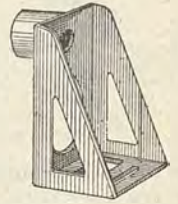


Fig. 1666.

Fig. 1661-1664. — Bolzoni ornati.

(fig. 1650-1651), le staffe biforcute a più braccia (fig. 1651-1652), le scatole di vertice simmetriche (fig. 1653) e asimmetriche (fig. 1654), le staffe di vertice a forcella con piastrine bullonate (fig. 1655), le staffe a cavalletto (fig. 1656-1657).

Oltre alle solite chiavarde a vite, si adoperano spesso con vantaggio delle *viti mordenti* o *viti da legno* (*tirefonds*) (fig. 1658) tanto a testa ingrossata quanto a testa quadrata o esagonale.

Per unire travi di legno con travi maestre che le portano e che non devono venire indebolite coll'intaglio a mezzo legno e quindi vanno collegate nella faccia superiore, si adoperano delle *staffe a cavalletto* (figure 1656-1657) di ferro piatto attorcigliato.

Per l'unione delle travi colla muratura si adoperano ordinariamente dei *capichiave* con *bolzone*, le cui forme più in uso sono rappresentate nelle fig. 1659-1660; spesso l'estremità ove si trova il risalto ha anche una punta ad arpione da conficcare nel legno. Quando i bolzoni devono essere visibili dall'esterno si foggiano spesso in modo ornamentale (fig. 1661-1664).

Questa maniera di chiavi, quasi universalmente usata, non è tuttavia sempre razionale poichè se i capichiavi o bolzoni non sono abbastanza grossi si piegano e lavorano solo nel tratto in contatto immediato coll'occhio, oppure se i muri sono sottili, col carico delle travi si piegano verso l'interno. Perciò, dopochè si è fatto strada un uso razionale del ferro, si dispongono i capichiavi orizzontalmente nella muratura sigillandoli con cemento: ricevono così direttamente il carico sovrincombente, costituendo un sostegno del muro. Si possono così spesso evitare del tutto i cavalli sopra le finestre e le porte. Il capochiave viene in tal modo costituito da una lista di muro continua; la fig. 1665 rappresenta una disposizione di questo genere, nella quale il capo chiave è formato con un ferro d'angolo. Con pari vantaggio si adoperano spesso a tal uopo ferri a \perp o a Γ .

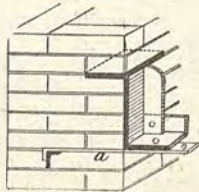


Fig. 1667.



Fig. 1668.

Per fermare i piedi dei puntoni si usano delle scatole di ghisa o di lamiera di ferro, nelle quali superiormente vi è un foro munito di collare esterno, per il passaggio del tirante in ferro collegante i piedi dei puntoni, e che alle estremità viene fermato con un dado a vite contro il detto collare (fig. 1666).

Così pure le teste delle travi dei solai si possono appoggiare entro scatole di ferro fatte nel modo indicato dalla fig. 1667. Si può anche introdurre nel muro dei ferri a doppio T e fissare la testa del trave mediante vite (fig. 1668) sopra la lastra *a* (fig. 1667) che si mette al disotto del ferro costituente scatola o sostegno.

VI. — ARMATURE

per muratura e carpenteria, chiavi, tiranti, stecche, piastre, fascie (1).

a) Chiavi.

Ordinariamente si chiamano *chiavi* le congiunzioni a tensione nascoste, immurate; quando invece sono libere si dicono *tiranti*; e quando sono libere soltanto in parte, o addossate alla muratura, *tiranti a chiave*.

α) Chiavi rettilinee.

Le chiavi più semplici sono indicate nella fig. 1669, in cui è rappresentato un ferro con estremità spaccate e rivoltate, e nella fig. 1670 ove il ferro piatto è invece forato alle estremità per ricevere i capochiavi. Si capisce facilmente che entrambi possono essere sufficienti in molti casi, ma che non sono di grande solidità. Nel secondo caso viene a mancare la grossezza di ferro necessaria nelle sezioni più pericolose. Le figure 1671 e 1672 rappresentano delle chiavi foggiate con ferro a Γ ; nel primo caso nel punto più pericoloso, cioè all'estremità, si forma una sporgenza di rinforzo ripiegando il ferro in senso opposto, nel secondo caso il foro vien fatto senza asportazione

(1) Vedi *Carpenteria* (solai) e *lavori in muratura* (archi, volterrane, solai).

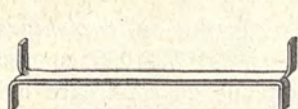


Fig. 1669.



Fig. 1670.

Chiavi semplici.

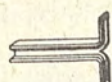


Fig. 1671.

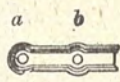


Fig. 1672.

Chiavi con ferro a I.

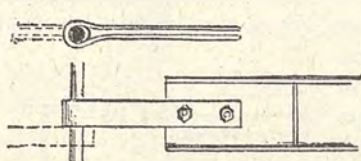


Fig. 1673. — Chiave per muro mediano.

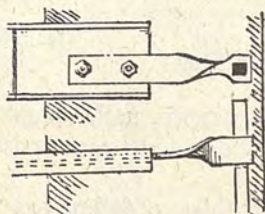


Fig. 1674. — Chiave per muro perimetrale.

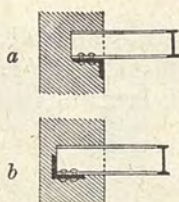


Fig. 1675. — Tirante in ferro a I.

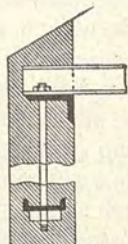


Fig. 1677. — Tirante con sottochiave.

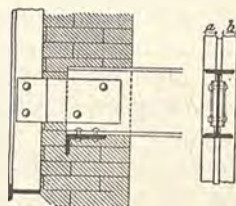


Fig. 1676. — Tirante con bolzone a T.

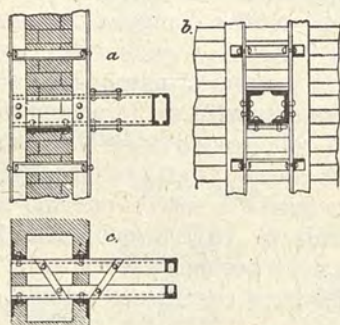


Fig. 1678. — Tirante doppio con rilegamento di muro.

a, sezione; b, prospetto interno; c, pianta.

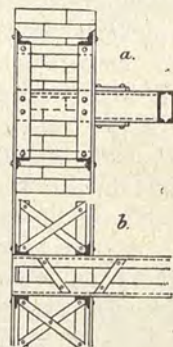


Fig. 1679. — Tirante doppio con testa a traliccio.

a, alzato; b, pianta.

di materia, ma con allargamento del ferro, quindi non vi è diminuzione di sezione; è indifferente che la testa di chiave vi venga o non saldata.

Le fig. 1673 e 1674 rappresentano simili chiavi assicurate ad un ferro a I, la prima su di un muro mediano, la seconda con barra torta e testa orizzontale in un muro perimetrale.

La fig. 1675 a, b, rappresenta un tirante fatto con ferro a I assicurato nel muro a un ferro a L posto orizzontalmente nei due diversi sensi.

La fig. 1676 mostra la maniera di assicurare un tirante fatto con ferro a I mediante un bolzone in ferro a T.

La fig. 1677 indica il modo di impedire che la testa di un tirante poco caricato, possa muoversi. Mediante il tirantino verticale assicurato in basso a un ferro a L si supplisce alla deficienza d'incastro del tirante superiore.

Nella fig. 1678 è indicata la maniera di rilegare un pilastro vuoto a un altro pilastro o muro opposto. Il tirante è fermato con ferri a C e la fasciatura del pilastro con ferri ad L.

La fig. 1679 mostra la struttura più complessa di un tirante, alle cui estremità si ha una vera carcassa indeformabile fatta con ferri a L e con traliccio di collegamento.

Se le chiavi devono essere messe in tensione dopo la loro applicazione o essere collocate in opera in diversi pezzi, si fa uso di cunei o chivette, di cui le fig. 1680

e 1681 rappresentano due diverse maniere. Quando le estremità delle chiavi oltrepassano i muri così che sia possibile applicarvi esternamente un dado di vite, allora si usano delle piastre per ripartire su una maggior superficie di muro lo sforzo del tirante (fig. 1682). Queste piastre si fanno in ferro o anche di ghisa con nervature di rinforzo. Per ripartire ancor meglio la pressione si aggiungono spesso dei bracci in croce, pure bullonati colla muratura, e se tali bracci sono molti si ha una piastra a raggi o a stella (fig. 1683).



Fig. 1680.



Fig. 1682.

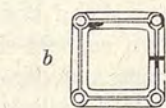
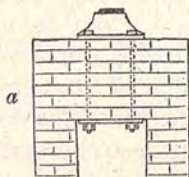


Fig. 1685 a, b.



Fig. 1684.

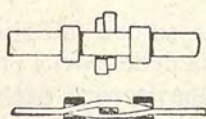


Fig. 1681.

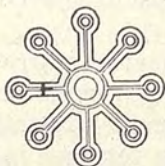


Fig. 1683.

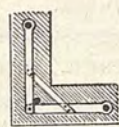


Fig. 1686.

Per assicurare i piedestalli delle colonne, dove si debbono quindi applicare tiranti verticali, si utilizzano pure simili piastre a stella: una di tali piastre, a tre lati, è rappresentata nella fig. 1684. Un modo consimile di assicurazione alla base si vede nella fig. 1685 a e b, ove è rappresentato un fumaiolo in lamiera assicurato sopra un condotto in muratura pel fumo.

β) Chiavi d'angolo.

Vengono formate o con ferro piatto o con ferro profilato posto di piatto e semplicemente ripiegato ad angolo, oppure con due braccia saldate nell'angolo. Nelle estremità libere le due braccia o sono risvoltate oppure forate in modo da ricevere un bolzone. Se il bolzone cade in un muro d'angolo, allora esso deve giacere almeno nella terza parte del muro verso l'esterno, quando l'angolo non sia in qualche modo rinforzato. In certe circostanze vi si applica anche una sbarra secondaria formante triangolo indeformabile (fig. 1686).

γ) Armature con chiavi poligonali od anulari nei muri verticali.

Nelle murature poligonali e circolari nelle quali la coesione delle commessure esterne è in condizioni più vantaggiose rispetto alle interne, per ottenere un equilibrio, si assicurano sovente non solo gli angoli ma si dispongono anche degli anelli o fascie formate con lamiera o con ferri a profilo piatto vicino alle superficie esterne della muratura; si ottiene così in pari tempo un contrasto nelle singole parti della muratura stessa. Raramente occorrono speciali collegamenti agli angoli; se ne è il caso si praticano nei modi già indicati. Sono necessarie queste chiavi ad anello sopra le coperture a volta: e la loro applicazione non riesce difficile che raramente, poichè la chiave trova opportuna sede nelle imposte.

δ) Armature con barre.

Le fabbriche erette sopra suolo mal sicuro, o sopra vecchia muratura, vengono opportunamente provviste di un'armatura con barre nelle fondazioni stesse o nel primo corso del muro soprastante. Si collocano a tal uopo delle sbarre orizzontali

per tutta la lunghezza e alle due faccie dei muri sempre entro la muratura stessa, a convenienti intervalli, unite l'una all'altra con chiodi o serrate insieme con anelli e munite all'estremità di serracunei perpendicolari, che servono anche per ricevere delle teste di chiave.

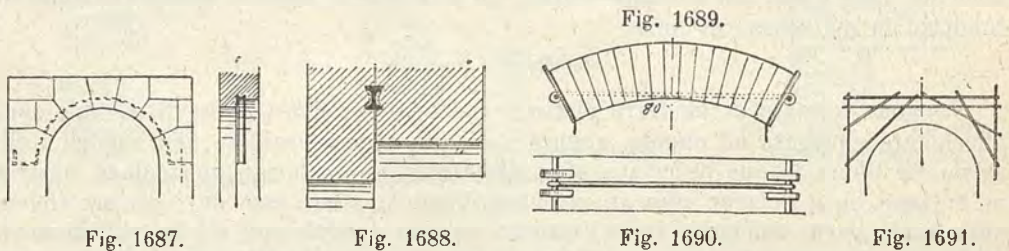
Secondochè si ha maggiormente a temere una deviazione laterale od un cedimento verticale, si sceglierà la sezione piatta od in costa per le sbarre. Raggiungono anche in questo caso ottimamente lo scopo i soliti profili di travi in ferro portanti, specialmente poichè una deviazione in un senso porta quasi sempre con sè anche una deviazione nell'altro senso, e a tali deviazioni si oppone la forma di dette travi, mentre le sbarre semplici piatte o tonde verrebbero strappate o tagliate.

Quando le condizioni di stabilità del terreno siano molto cattive si potrà ottenere la maggior sicurezza mediante una doppia armatura con sbarre, a conveniente distanza, e collegate l'una all'altra con chiodi formanti chiavi, ottenendosi così un'intelaiatura completa.

Spesso queste armature con sbarre devono essere applicate ad una fabbrica già eseguita. Anche in questo caso la forma più opportuna è quella delle travi a profilo, purchè, come deve sempre avvenire, vengano incastrate da ambe le parti nel muro e collegate l'una coll'altra. I collegamenti verranno indicati più innanzi trattando dei soffitti in ferro.

e) Chiavi d'arco.

Gli archi pesanti, i cui piedritti non possano venire caricati abbastanza e ai quali non si può applicare un vero tirante a chiave, cioè passante nel vano, molte volte si muniscono di chiavi di ritegno formate da una semplice cerchiatura, come si vede



nella fig. 1687. Adoperando un ferro a H piuttosto sottile e curvato, non si riesce che ad elidere limitate spinte dell'arco; la sua applicazione non dà luogo a difficoltà durante la esecuzione della muratura.

È però meglio applicare una cerchiatura con un ferro simile completamente immurato ad una distanza dalla parete interna eguale ad almeno $\frac{2}{3}$ della grossezza dell'arco, ripiegandone in basso le estremità a ferro di cavallo, verso l'interno (fig. 1688).

Anche per gli archi ribassati e per le piattabande sono sempre opportune queste armature a chiave colla forma della fig. 1688. Devono però allora avere le estremità o incurvate verso il centro oppure munite di teste di chiave dirette secondo il raggio, od anche di chiave orizzontale con piastre di pressione (fig. 1689-1690).

Nelle piattabande (anche in pietra da taglio) bastano queste chiavi in ferro a I sottile anche per grandi ampiezze, però quando i piedritti sono assai deboli, è necessario ripiegare le estremità o introdurre delle teste di chiave. In queste ultime disposizioni il ferro viene adoperato contro lo sforzo tagliante, ma però nelle migliori condizioni, poichè propriamente serve come caviglia passante continua.

In certe circostanze può essere utile anche l'antiquato sistema di armatura rappresentato in due diverse forme nella fig. 1691, però spesso superfluo e mal sicuro.

Serve solo per piedritti molto deboli, quando la volta in chiave è molto grossa e l'arco caricato inegualmente, cioè in modo non simmetrico. Questo sistema richiede altrettanto ferro e maggior lavoro di quanto occorra coll'uso delle solite travi profilate portanti, senza contare che accresce notevolmente anche il lavoro dei muratori.

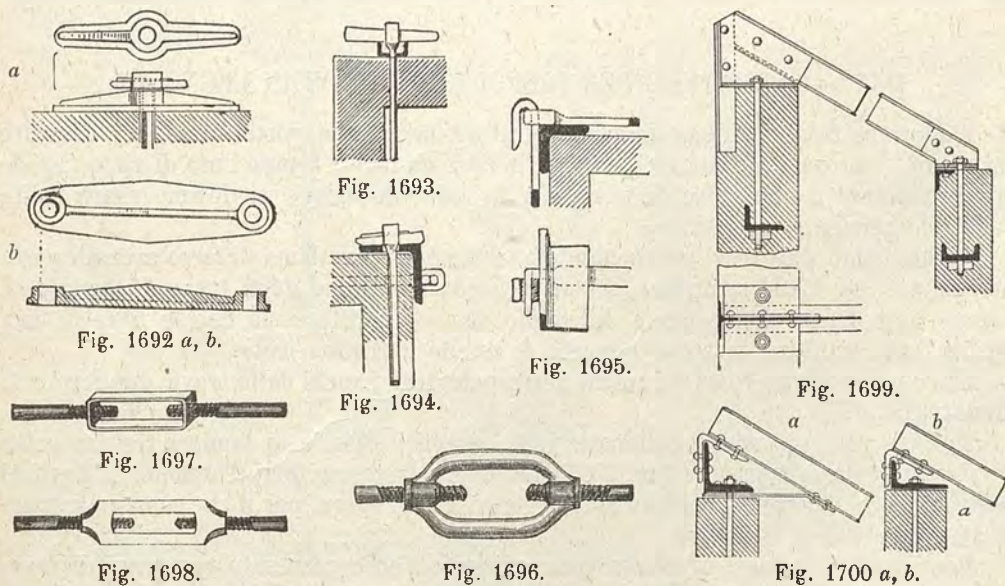
ζ) Armature anulari per cupole, ecc.

Esse vengono stabilite nelle sezioni di rottura trovate graficamente od analiticamente ed oggi si fanno, senza eccezione, in ferri d'angolo (a L). Siccome si devono piegare secondo una superficie conica, e tale piegatura presenta inevitabili difficoltà di fucinatura, così riesce più comodo acquistarle in pezzi già piegati, come provengono dalle ferriere, da collegarsi in opera con ferri d'angolo esterni. È meno consigliabile il collegamento con semplici stecche.

η) Tiranti a chiave. V. *Tiranti*.

θ) Tiranti con piastre d'angolo.

Sono le armature destinate a legare insieme esternamente gli angoli di una costruzione a pareti sottili, come per esempio accade di sovente per forni e funaioli, ecc.



Esse sono provviste di lunghe piastre per ripartire la pressione sopra maggior superficie (come nelle fig. 1682-1683), fatte in ghisa a forma di solidi di uniforme resistenza (fig. 1692), oppure con ferri laminati che si approssimano a detta forma e riuniti poi con viti o cunei. Molte volte parecchi tiranti fanno capo ad una sola piastra comune. La fig. 1693 mostra una piastra in ferro a L, nella quale il tirante è fissato con una bietta a cuneo. Le fig. 1694, 1695 mostrano due diverse armature d'angolo eseguite con ferri a L. La prima ha i tiranti nascosti, la seconda visibili addossati al muro.

ι) Tiranti.

Sono spranghe libere in ferro piatto o tondo le cui estremità sono fissate con viti o con cunei a piastre od a staffe in ghisa o in ferro. Per staffe si adottano opportunamente teste di ferri a L o a I. Se i tiranti devono essere molto lunghi, spesso si compongono di pezzi a catena. Non sono opportune sbarre più grosse di quelle

piegabili sotto il proprio peso (V. *Travature di legno e ferro*). Le sbarre che devono essere messe in tensione dopo collocate, quando la tensione non si possa ottenere alle estremità, si muniscono nel mezzo di serracunei, oppure, specialmente se si tratta di sbarre rotonde, di anelli o manicotti con giri di vite inversi (fig. 1696 a 1698). Girando il manicotto le viti penetrano e i tiranti si tendono. Se i tiranti devono avere aspetto decorativo è opportuno applicarvi un manicotto pieno a vite (fig. 11, Tav. VII), il quale può essere anche decorato.

Se i tiranti devono essere fortemente e soprattutto alternativamente sollecitati, è opportuno ricalcarli prima in modo che per un tratto lungo quanto la vite sieno ingrossati finchè riescano grossi come il filetto di vite. Talvolta è consigliabile di scegliere per le sbarre dei tiranti ferri piatti a \sqsubset o a \sqcap come si vedrà in seguito.

*) *Armature oblique.*

Quando si tratta di rilegare due muri, di cui uno dovrebbe subire una spinta come nel caso della fig. 1699, allora si ricorre al sistema di armatura che risulta chiaro dalla stessa figura. Allorchè si tratta di sostenere sopra un muro il piede di una armatura si può ricorrere ai sistemi indicati nella fig. 1700 *a, b*.

VII. — ARMATURE PER RINFORZO DI TRAVI IN LEGNO (1).

L'adottare travi di legno della squadratura necessaria porta spesso ad ossature incomode, costose e disadatte; perciò è invalso da molto tempo l'uso di rinforzare le travi mediante membrature di ferro, per la cui collocazione si devono usare molte volte accorgimenti speciali.

Accoppiando due travi e bullonandole insieme con una lama di ferro arcuata posta nel giunto (fig. 1701) si ottiene già un sufficiente rinforzo della trave. Bisogna però avere l'avvertenza che le faccie del taglio siano invertite ossia che le fibre di una mezza trave risultino in senso opposto di quelle dell'altra metà.

Un buon rinforzo consiste anche nell'avvitare ai fianchi della trave due ferri a \sqsubset arcuati (fig. 1702).

Sovente vengono anche bullonate delle semplici striscie di lamiera tra parecchie travi di piccola squadratura (fig. 1703). La disposizione con ferri d'angolo a \sqsubset avvitati esternamente si adatta anche ad armare travi già in opera, per il che non si prestano le altre maniere d'armatura.

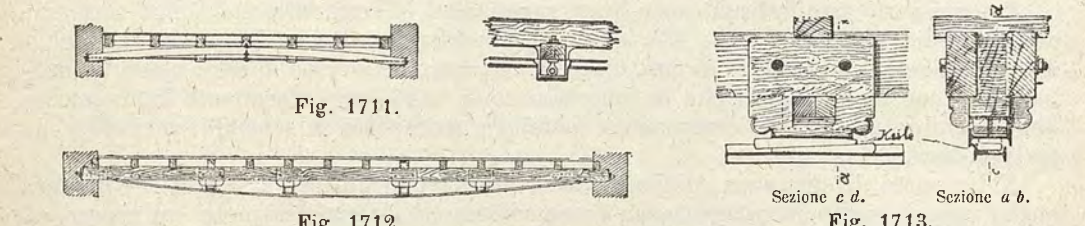
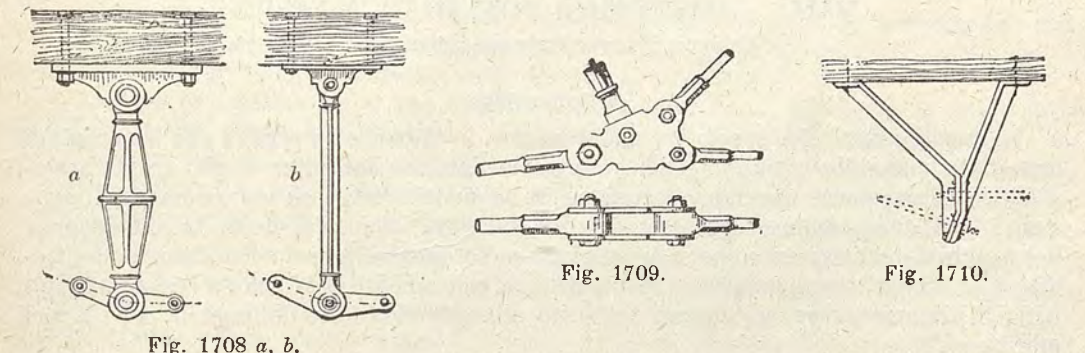
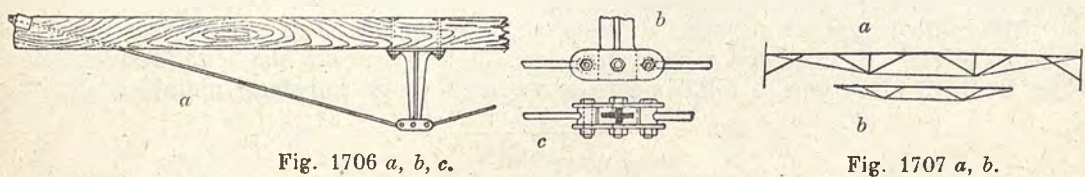
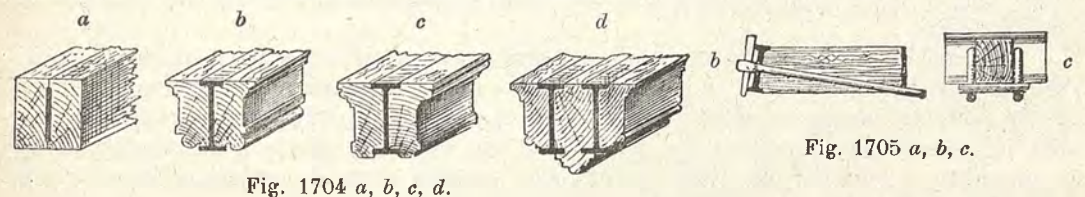
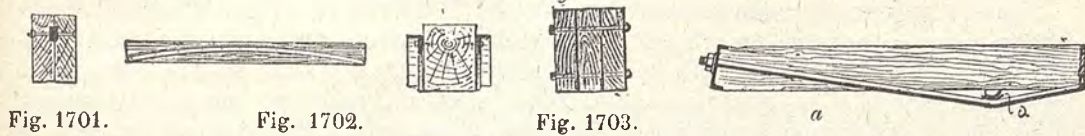
Per legnami resinosi si adotta con vantaggio l'accoppiamento con travi di ferro diritte (*poutrelles*) specialmente quando si tratta di soffitti di legno in vista (figura 1704 *a, b, c, d*).

Delle travi armate si è già detto trattando dei *solai* nei lavori di carpenteria. Si deve però ricordare essere opportuno abbracciare l'intera testa della trave con una scatola o cuffia di ferro a \sqsubset od a \sqcap e di serrarla con cunei, come mostra la fig. 1705, per impedire le scheggiature.

La cuffia o scatola forma chiave od appoggio. Si ovvia al grave pericolo della spezzatura del tirante sotto al dado, o bietta di tensione *a*, mediante opportuna larghezza e arrotondamento del medesimo, meglio ancora coll'interposizione di una grossa striscia di lamiera opportunamente curvata.

Invece del tirante continuo si usano i tiranti in due pezzi, coll'interposizione di uno o più contraffissi o colonnette (fig. 1706). Il contraffisso può essere di legno o di

(1) Vedi *Carpenteria*.



Armature di travi di legno con lame, ferri sagomati, tiranti, ecc.

ghisa. Esso deve presentare un piede assai largo ed è anche opportuno sottoporre alle teste superiori delle chivarde una larga piastra d'appoggio. Ove sono necessari parecchi contraffissi, come nella fig. 1707, essi si muniscono alla base di articolazione come nella fig. 1708. L'articolazione può avere anche la forma indicata dalla fig. 1709. I contraffissi in ghisa possono essere benissimo sostituiti con altri semplici in ferro, nel qual caso si può facilmente foggiarli in modo da permettere la tenditura dei tiranti, senza bisogno di ricorrere agli incomodi e costosi anelli a vite. La fig. 1710 mostra una forma semplice di contraffisso in ferro a \sqsubset od a L; esso viene fissato al legno soltanto con viti mordenti.

Assai maggiori vantaggi presenta l'adozione di travi curve con tiranti rettilinei formati di verghe tonde, come è rappresentato nella fig. 1711.

Questo sistema fu usato nella costruzione dell'Osservatorio presso Potsdam. Diede ottima prova e procurò un rilevante risparmio. All'attacco della vite alla saetta dell'arco è infilata sul tirante una guaina formata di un sottile tubo da gas e i due altri cavalletti sono fatti in legno di quercia. Non è possibile esercitare una nuova tensione dopo che le travi sono a posto, ma essa non è necessaria neppure se aumenta il sovraccarico.

Per carichi importanti e variabili si usano travi rettilinee munite di cavalletti di tensione di cui la fig. 1712 mostra una disposizione che venne adottata per una torre di 10 metri di larghezza esistente nell'osservatorio suddetto. La scelta del ferro ad H era in questo caso suggerita dal bisogno di introdurre le biette a cuneo (fig. 1713) e impedire il pericolo di rovesciamento, che sarebbe stato da temere colla posizione verticale del ferro a H o coll'adozione di un ferro piatto.

Malgrado la grande capacità di resistenza conseguita ed il temporaneo sovraccarico, le travi di cui sopra conservano ancora la loro prevista elasticità, desiderabile nei locali di abitazione, e difficilmente conseguibile cogli impalcati metallici.

VIII. — COSTRUZIONI INTELAIATE IN FERRO.

(PORTONI, PORTE, FINESTRE E FERRIATE).

a) Generalità.

In questi lavori che servono comunemente di chiusure esterne, e che sono quindi esposti in maggiore o minor grado a tutte le dannose influenze degli agenti atmosferici, si deve porre speciale attenzione ai seguenti effetti: *a)* variazione di dimensioni; *b)* id. delle commessure; *c)* azione della pioggia; *d)* id. del vento. In conseguenza del rapido deterioramento che si è osservato nelle opere di ghisa sotto l'azione dei frequenti e violenti cambiamenti di temperatura, unitamente alla scarsa resistenza agli urti ed alle piegature, si è quasi del tutto abbandonato l'uso della ghisa per i lavori edilizi.

Il ferro verniciato in bruno, esposto ai raggi solari liberamente, può sopportare una differenza di temperatura da -20° a $+50^{\circ}$ C.; vi corrisponde per un lunghezza di 1 metro una variazione di lunghezza di $\text{mm. } 0,126 \times 75 = \text{mm. } 0,95$ cioè in cifra tonda un millimetro. Sono questi i dati che devono servire di base per determinare le lunghezze delle membrature di una costruzione metallica sottoposta a sensibili variazioni di temperatura.

Nelle porte di sicurezza contro il fuoco, che devono offrire passaggio ai pompieri anche quando siano investite da un fuoco violento, bisogna assumere un giuoco di almeno 6 volte maggiore di quello sopradetto. Le specchiature in ghisa non debbono essere collegate in modo coll'intelaiatura in ferro da risentirne le vibrazioni, le dilatazioni, ecc. Tutte le costruzioni debbono poi essere così disposte che l'acqua di pioggia e la nebbia che vi si condensa sopra abbiano a scolare prontamente per la via più breve e che non presentino angoli in cui possa raccogliersi ghiaccio o neve. Perciò i ferri in forma di \sqcup o di H o sono da evitare o da munire di fori di sufficiente ampiezza a breve distanza l'uno dall'altro. Le forme concave e simili devono sempre offrire all'acqua il mezzo di scolare, perchè altrimenti vi si formerebbe dentro del ghiaccio che potrebbe danneggiare il ferro fessurandolo e sfaldandolo.

Nelle porte, finestre, ecc., girevoli, i pezzi di intelaiatura mobili si devono fare abbastanza forti, talchè sia esclusa ogni possibilità dei piegamenti, che si verificano in singole parti per rapido movimento dei battenti, e che possono danneggiare non solo la porta stessa, ma anche la costruzione a cui è assicurata (pilastrini, ecc.).

b) Disposizioni per il movimento.

Per tutte le porte che formano battuta in una scanalatura, questa deve essere corrispondentemente allargata: nelle porte a 2 battenti ciò si fa anche nel mezzo. I catenaccioli e le stanghette degli sportelli debbono quindi farsi relativamente più lunghi che per le imposte in legno. Le porte in ferro devono sempre muoversi su di un solo perno sospeso: gli altri non possono servire che di guida per impedire spostamenti in ogni senso. Per maggiore stabilità, sullo stipite della porta si avvita spesso un ferro a \square sul quale quindi si possono avvitare le parti fisse della sospensione a distanza ben commisurata per il libero movimento. I fori per le viti nel ferro a \square si fanno oblungi così che esso conservi la possibilità di dilatarsi.

Le traverse rigide di maggior lunghezza, tra appoggi di muro o di ferro (come, per es., le sbarre orizzontali dei cancelli) devono essere fissate rigidamente da una parte sola: il fissare le aste verticali intermedie nel muro sottostante è tollerabile solo quando si tratta di aste molto pieghevoli; ma tale sistema è però da evitarsi. (Sulle altre disposizioni V. all'art. *Sulle inferriate*).

c) Portoni e porte.

Le porte più grandi, sotto il solo aspetto costruttivo, possono considerarsi come intelaiature sospese e venir costruite in tal modo (Vedi *Costruzioni intelaiate*). Le relative congiunzioni si vedono nelle Tavole IV e VIII.

Le porte a battenti con una larghezza di battenti di m. 1,50 e più, si fanno girare all'estremità libera su di una guida in ferro ad arco di circolo, per il che la porta può venir costruita più leggiera di quello che altrimenti sarebbe necessario. Come nei portoni a battenti in legno, così anche in quelli in ferro il praticarvi un portello presenta qualche pericolo, perchè non si può evitare di interrompere i maggiori pezzi di collegamento. Le porte a scorrimento quando sieno sostenute nel miglior modo, in generale richiedono minor peso di quelle a battenti girevoli per un'ampiezza eguale: il maggior vantaggio che presentano consiste però nel minore spazio che richiedono per l'apertura della porta stessa. Questi vantaggi vengono in parte distrutti dalla costruzione costosa di un corsoio in ferro coi suoi accessori come pure dalla necessità di una guida alla parte inferiore della porta. Un difetto speciale delle porte a scorrimento consiste in ciò, che i loro apparecchi di chiusura facilmente vengono disordinati e non adempiono al loro ufficio, se non sono eseguiti con gran cura. Mentre per il rivestimento delle porte a battente si adopera di preferenza lamiera liscia o rigata (mm. 1,5 ÷ 3 di grossezza), nelle porte a scorrimento è più usata la lamiera ondulata (grossezza 1 ÷ 2 millimetri).

La fig. 1714 rappresenta una grande porta a battenti razionalmente costruita, di una luce di m. 3,60 e di una superficie totale di mq. 19,50: i particolari sono rappresentati nelle fig. 1715 *a, b, c, d* nel rapporto di $\frac{1}{8}$ della grandezza effettiva. I ferri a \square adoperati per l'intelaiatura pesano 14 Kg. per metro lineare, quelli per le sbarre orizzontali e traverse 11 Kg.: i ferri a \perp rispettivamente Kg. 1,80, 3,03 e 3,60 al metro lineare. La porta è orlata sì in alto che in basso con ferro d'angolo. È opportuno il sospendere entrambi i battenti della porta ai vertici superiori di appoggio con tiranti, la cui tensione si ottenga per mezzo di manicotti a vite (V. *Tiranti*). Questa porta avrebbe un peso totale di 762 Kg., cioè 39 Kg. per m² di superficie.

Colla fig. 1716 si è rappresentata una porta a scorrimento di grandezza non molto rilevante, costruita in lamiera ondulata. Le due imposte divise in due parti sono inquadrate da ogni lato con ferro d'angolo del peso di Kg. 4,50 per m. l. Esse sono rinforzate negli angoli mediante grandi lamiere e a metà con una guarnitura in ferro piatto e 2 altre lamiere triangolari, cosicchè diventano molto rigide. Le spalle del vano della

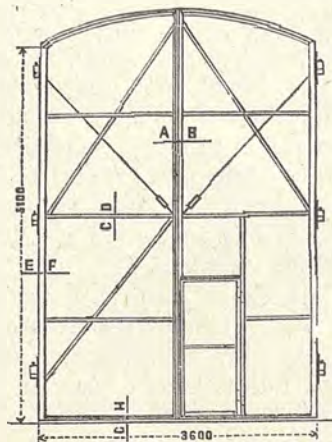


Fig. 1714. — Porta in ferro a due battenti.



Fig. 1715. — Particolari della fig. 1714.

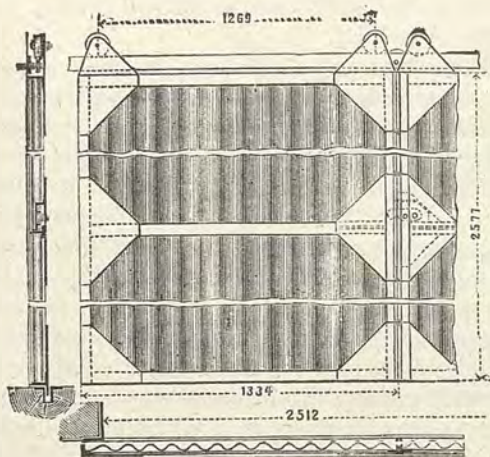


Fig. 1716. — Porta in ferro scorrevole.

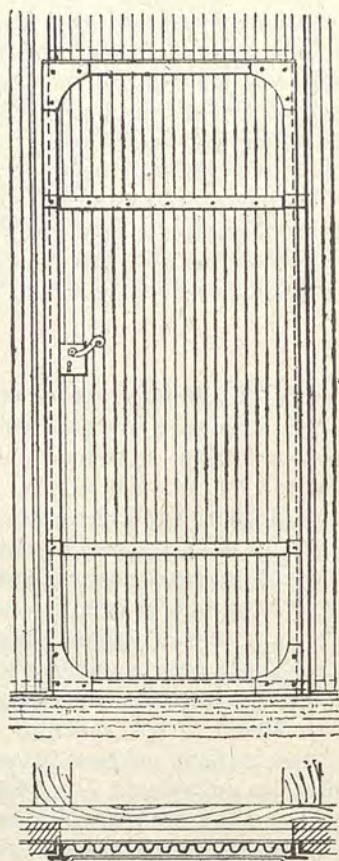


Fig. 1717. — Porta di ferro con lamiera ondulata.

porta sono guernite di un ferro d'angolo, come pure la scanalatura inferiore di guida (ordinariamente fatta in ghisa in forma di \cup). I detti ferri d'angolo pesano circa 6 Kg. per m. l. Il peso totale di questa porta, della superficie di m² 6,80, includendovi le orlature degli stipiti, le guide, ecc., sarebbe di 260 Kg., corrispondente a circa 38 Kg. per m². Tale peso unitario è piuttosto elevato ed oggigiorno per le porte consimili che si fabbricano nelle buone officine si riduce anche a Kg. 25.

In generale si può ritenere che, tanto per le porte in ferro a battenti quanto per quelle scorrevoli, il peso unitario varia solo insensibilmente colle dimensioni delle porte, poichè il peso unitario del rivestimento in lamiera è quasi indipendente dalla grandezza della porta e così pure, fino a una certa misura, quello dell'ossatura.

La fig. 1717 mostra una porta più semplice in ferro a \perp con lamiera leggera molto ondulata, come si usa spesso per le porte di sicurezza contro il fuoco.

È meglio che l'asta del ferro a T o a L venga a far battuta in una scanalatura: nel qual caso si deve lasciare maggior giuoco.

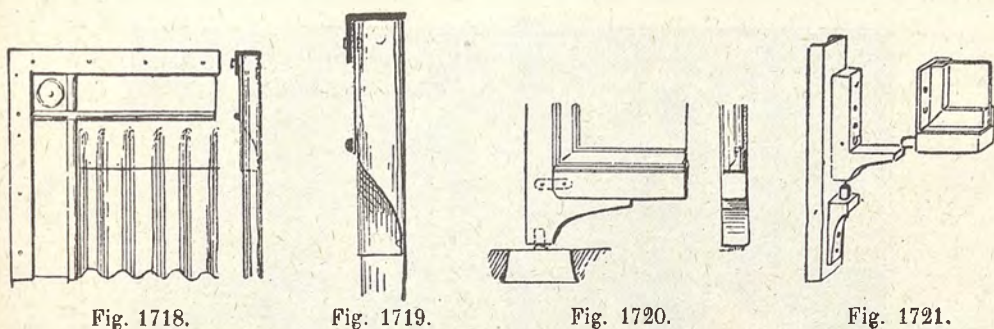


Fig. 1718.

Fig. 1719.

Fig. 1720.

Fig. 1721.

Fig. 1718 a 1721. — Particolari di porte in ferro.

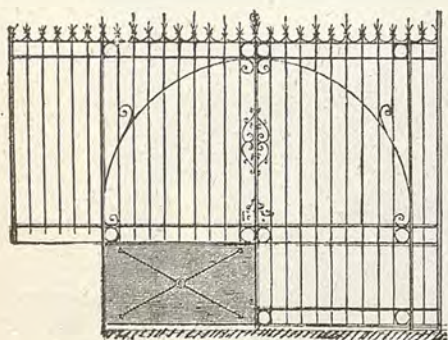


Fig. 1722. — Porta a cancello, in ferro.

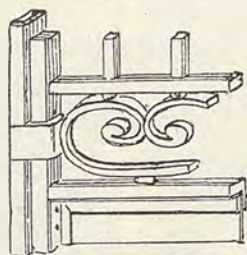


Fig. 1723.

Fig. 1722-1723. — Riempimento del telaio di una porta a cancello.

In questo genere di chiusure sono da includersi in generale anche le imposte delle grandi vetrine e i sipari o teloni di sicurezza dei teatri, come anche le imposte avvolgenti delle quali si dirà più innanzi nelle *Opere di finimento*.

Per i portoni delle case, per le porte che conducono a locali di cassa, di uffici, ecc. non si possono generalmente applicare le forme originali come sono richieste dai semplici motivi costruttivi; tuttavia questi servono di guida per progettare porte del genere suindicato.

Nelle porte con specchiature piene (grosse) si tratta principalmente di avvicinarsi alla forma delle somiglianti costruzioni in legno.

Nelle fig. 1718, 1719, 1720, 1721 si hanno alcuni esempi tipici, che danno un'idea sufficiente di questo genere di lavori.

Le fig. 1722-1723 mostrano il riempimento del telaio di una porta a cancello; il modo di orlatura della lamiera si può vedere anche nelle fig. 29-32 della Tav. VIII. Nella fig. 1718 si vede un semplice rivestimento in lamiera ondulata, colla lamiera di contorno a tondino inchiodata o saldata, la quale delimita il passaggio dalla superficie ondulata a quella piana dell'intelaiatura (fig. 1719).

Fra le porte metalliche sono da includersi anche quelle di bronzo, di ghisa, ma le prime sono ora raramente adottate, e quasi solo per edicole funerarie. Le grandiose costruzioni dei secoli scorsi ne offrono bellissimi esempi, specialmente all'epoca del rinascimento. Basterà ricordare le celebri porte del Battistero di Firenze, specialmente quella prospiciente Santa Maria del Fiore, capolavoro del Ghiberti, che Michelangelo giudicò degna di formare la Porta del Paradiso (fig. 1724). Anche oggigiorno però si sono pure eseguite opere pregevoli e importanti del genere. Così si citano le magnifiche porte di bronzo della Chiesa di S. Antonio a Padova, inaugurate nel 1895 in occasione del centenario di S. Antonio. Furono fuse dal Michieli di Venezia su disegno di

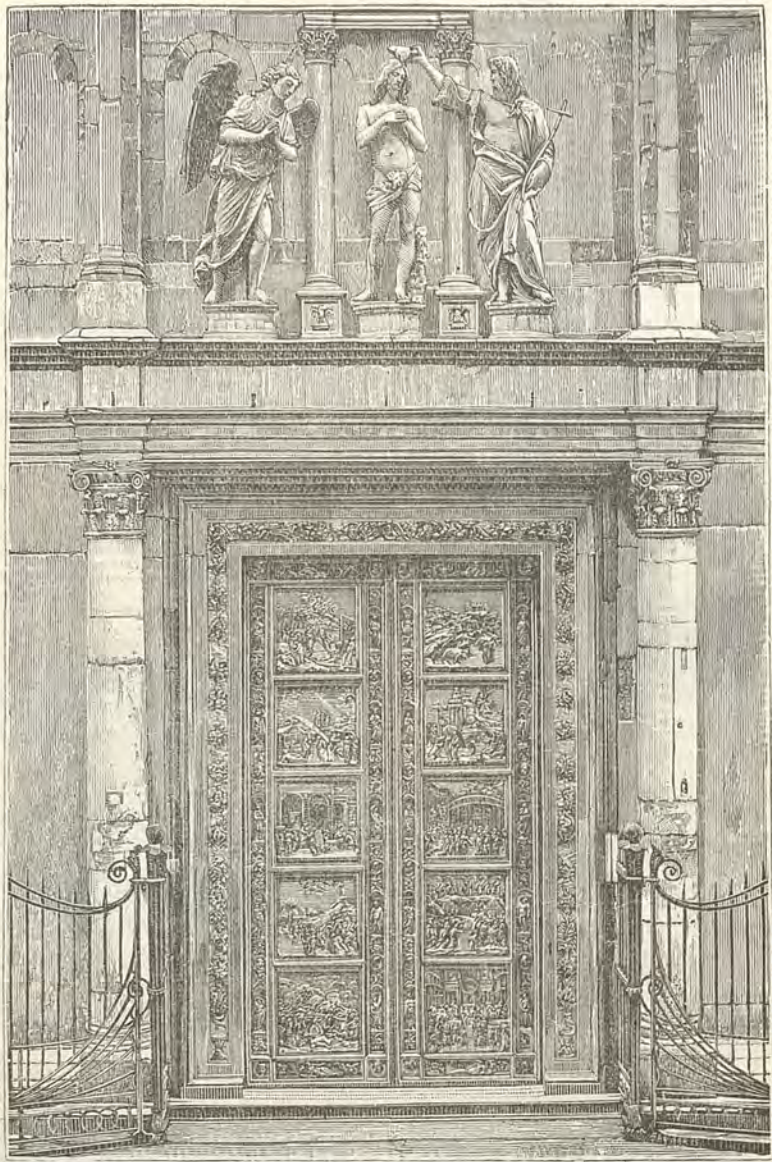


Fig. 1724. — Porta Ghiberti detta del *Paradiso* a Firenze (battisterio). Da fotogr. BROGGI

Camillo Boito. Ugualmente grandiose e artistiche riusciranno le porte del Duomo di Milano, su disegno del Pogliaghi, vincitore del concorso appositamente bandito.

In quanto alle porte di ghisa esse sono poco usate in causa della fragilità del metallo e anche perchè diventano troppo pesanti.

Tanto le porte di bronzo quanto quelle di ghisa vengono fuse intiere: gli ornati e i pezzi accessori vi sono fissati per mezzo di viti acciecate. Nelle porte metalliche la ghisa ora si adopera appunto solo per ornamenti di riporto. Per tali ornamenti fusi si ricorre però anche a leghe metalliche, o allo zinco.

I contorni delle porte ornate sono spesso fermati con ferri speciali di cui nella fig. 1725 si danno alcuni profili.

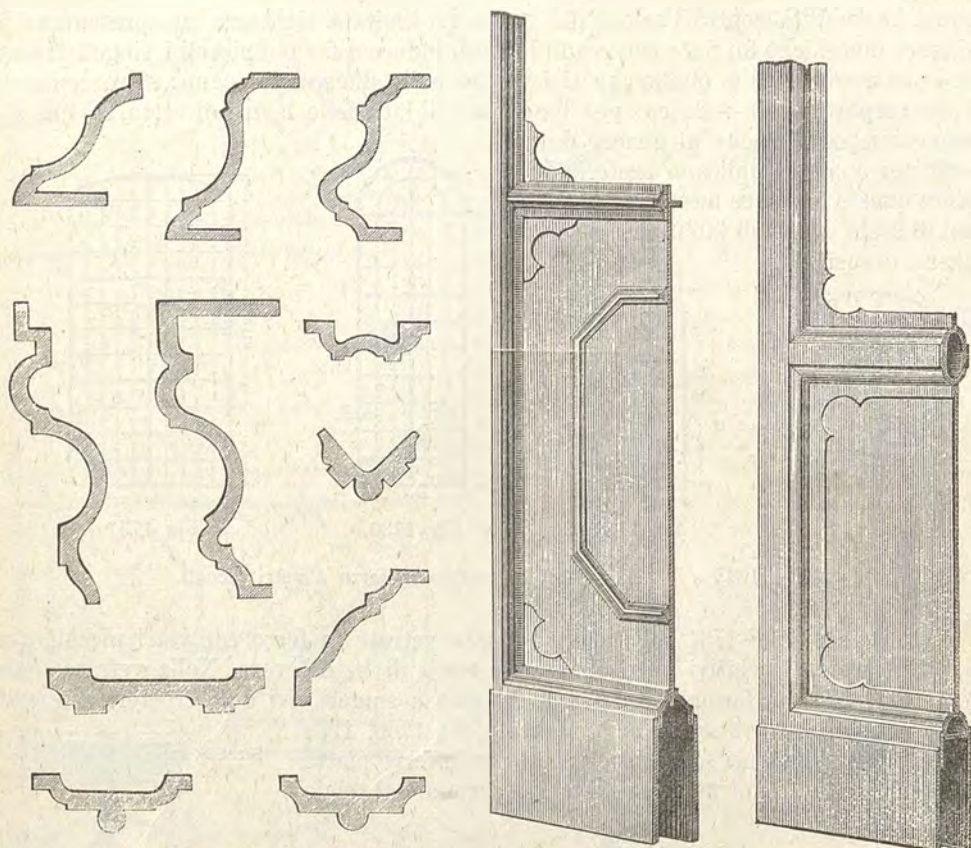


Fig. 1725. — Profili di ferri speciali per porte metalliche.

Fig. 1726.

Fig. 1727.

Fig. 1726-1727. — Porte vetrate in ferro.

Alcune volte, come per le porte in legno, le specchiature superiori delle porte in ferro sono sostituite da lastre di vetro: nelle fig. 1726 e 1727 sono rappresentate in prospetto e sezione due di tali porte vetrate, adatte per antiporte o per vetrine di negozio.

d) Finestre in ferro.

Per la facilità di prestarsi ad ogni forma di apertura per finestra e ad ogni svariata disposizione dei telai sarebbe sotto molti rapporti preferibile la ghisa al ferro: ma riguardo alla resistenza contro i guasti derivabili dal trasporto e dalla messa in opera e poi dagli urti, dall'azione del vento, ecc., e riguardo alla maggior facilità per le piccole riparazioni, è invece sempre preferibile il ferro alla ghisa. Poichè non si ha una sensibile differenza di peso tra una imposta di finestra eseguita in ghisa ed una in ferro, quando si tratta di finestre piccole, in generale riesce meno costoso l'uso della ghisa, mentre i lavori in ferro con ferri di piccola sezione riescono generalmente di prezzo piuttosto elevato. Quanto alla difesa contro le correnti d'aria, la pioggia e la neve, le finestre tanto di ferro quanto di ghisa sono egualmente difettose se non vi si applicano delle striscie elastiche di gomma o delle treccie impregnate d'olio, in scanalature appositamente riservate nelle loro battute. Sia coll'intelaiatura in ghisa sia con quella in ferro riesce in date circostanze assai dannosa l'introduzione di parti mobili (imposte, sportelli, ecc.), poichè agiscono spesso nel senso di diminuire tanto l'impermeabilità

quanto la stabilità contro l'azione del vento. La limitata rigidezza che presentano le chiusure metalliche formate con regoli leggeri, induce a far più piccoli i singoli riparti per le lastre di vetro di quello che si facciano nelle finestre in legno: si raccomanda di non sorpassare $20 \div 24$ cm. per lunghezza di lati delle lastre di vetro, ciò che del resto corrisponde anche al genere dei locali nei quali si applicano preferibilmente queste chiusure metalliche, cioè vani di scala, locali di fabbriche e magazzini e così via.

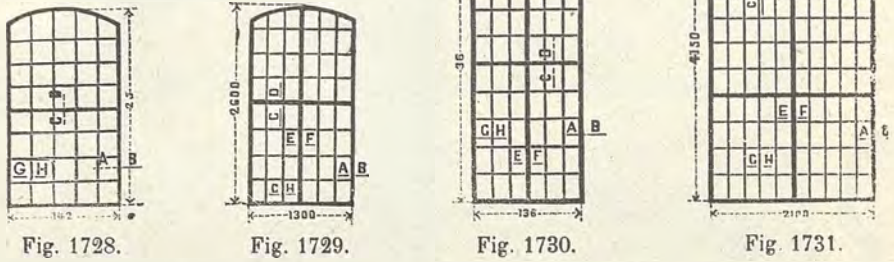


Fig. 1728 a 1731. — Tipi di vetrate in ferro a vetri piccoli.

Nelle figure 1728-1731 sono rappresentate vetrate in ferro con vetri piccoli, e la fig. 1732 mostra i relativi particolari nella scala di $\frac{1}{4}$ del vero. Nella vetrata della fig. 1728 il telaio è formato con ferro d'angolo a spigoli vivi e la crociera con ferro piatto, mentre nelle finestre delle figure 1729, 1730, 1731 le parti corrispondenti sono rispettivamente in ferro piatto e in ferro a \square . Come nella superficie di sezione del telaio

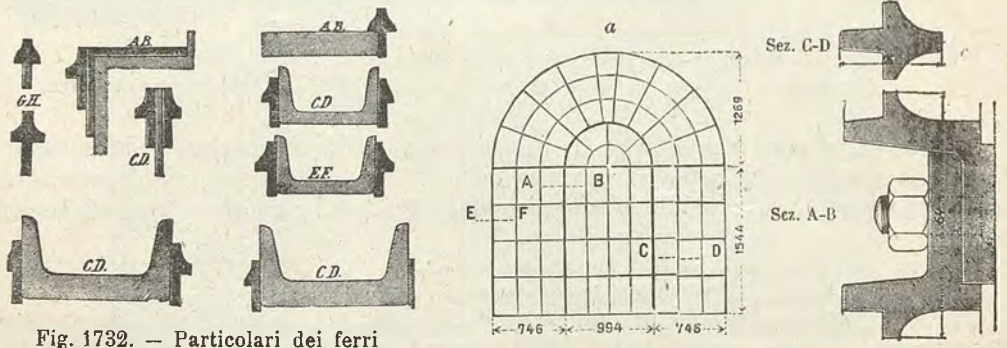


Fig. 1732. — Particolari dei ferri delle vetrate a vetri piccoli ($\frac{1}{4}$ dal vero).

Fig. 1733 a, b, c, d. — Finestra di ghisa.

e della crociera, così anche in quella dei regoli si ha un limitato accrescimento col crescere dell'ampiezza della finestra (fig. 1733). Il peso dei ferri per regoli completi (con battuta su entrambe le faccie) oscilla tra Kg. $1,50 \div 2$ per metro; il peso dei ferri a \square impiegati in queste opere varia da $4,50 \div 9,50$ Kg. per metro.

Il peso totale di queste finestre sarebbe:

Fig. 1728	-	Superficie m ²	3,20,	peso Kg.	95 =	Kg.	31 per m ²
>	1729	-	>	>	3,40,	>	118 = > 35 >
>	1730	-	>	>	5,50,	>	185 = > 33 >
>	1731	-	>	>	8,80,	"	280 = > 33 >

Fig. 1734.

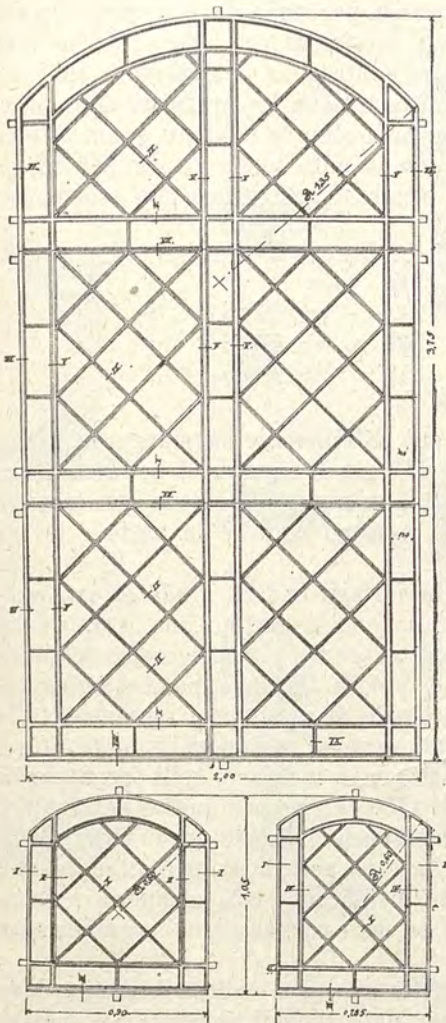


Fig. 1735.

Fig. 1736.

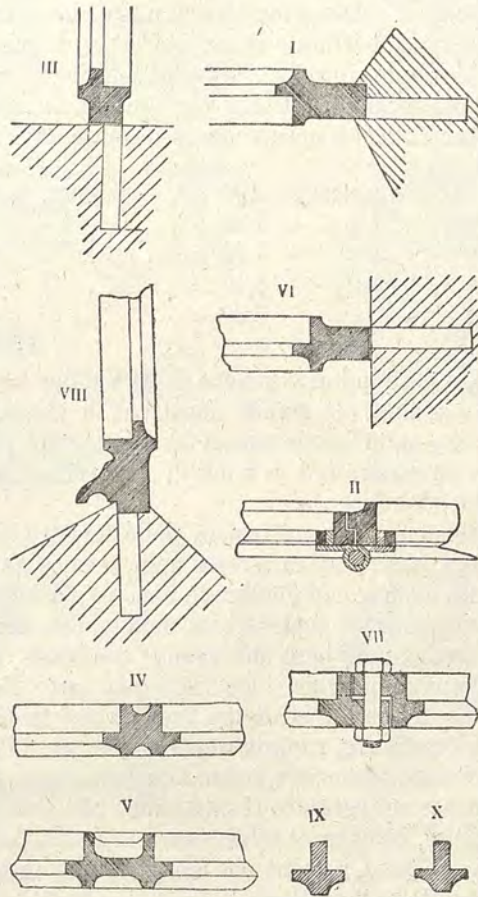


Fig. 1734 a 1736. — Vetrate di ghisa con relativi particolari.

Queste costruzioni ora si debbono ritenere in genere come *pesanti* poichè in molti altri casi è stato possibile far discendere il peso unitario per m² a 25 Kg. per piccole finestre, e anche a meno di 25 ÷ 30 Kg. per le più grandi.

L'unione dei regoli o traversi col telaio si fa tagliando a maschio (o dente) l'estremità dei primi e inchiodandoli nel telaio; la reciproca unione dei regoli si fa intagliandoli nelle intersezioni. Se sono lunghi è inevitabile la saldatura.

Costruzioni recenti ottenute coi mezzi della tecnica moderna più perfezionata danno alle volte fino solo Kg. 12,50 compreso il telaio maestro fisso (1).

Nelle finestre di ghisa in cui si adoperino pezzi fusi allo scoperto, solo una facciata può essere piana: i regoli sono perciò in forma di T e tutte le parti del telaio sono da tener collegate colla flangia (ala) superiore.

Le fig. 1733 *a, b, c, d* danno esempio di una finestra di grandezza più che media, in ghisa fusa in staffa e controstaffa. Le sezioni AB, CD, EF delle varie membrature sono rappresentate in scala di 1/2 del vero.

(1) V. più avanti *Finestre a vetri grandi.*

Con una tale ampiezza di finestra si raccomanda, per riguardo alla sicurezza nel trasporto e nella messa in opera, di suddividere la finestra in parecchie parti. Nel caso presente il telaio è formato in modo che la finestra è introdotta nell'apertura liscia del muro senza battuta e viene assicurata ai due lati con arpioni. Le grossezze della ghisa nell'esempio riprodotto sono da considerarsi all'incirca come le minime: se ne ottiene un peso totale di 150 Kg. per l'intera finestra, cioè in cifra tonda 24 Kg. per m². Le seguenti cifre di peso vennero desunte da altre finestre di costruzione più economica:

Ampiezza	3,00 m ²	Peso totale	87 Kg. = 29 Kg. per m ²
>	4,30 >	>	102 > = 24 > >
>	4,70 >	>	130 > = 26 > >
>	6,10 >	>	166 > = 27 > >
>	6,30 >	>	154 > = 23 > >

Un peso unitario minore di 20 Kg. per m² si può difficilmente raggiungere; d'altra parte anche i più grandi finestroni in ghisa (15 m² e più di superficie) non richiedono un peso unitario che superi 20 Kg. Questi grandi finestroni si dividono con crociere fisse in parti di 3 ÷ 4 m² di superficie che si possono mettere in posto e levare indipendentemente.

Sebbene le applicazioni delle finestre di ghisa siano andate gradatamente scemando, tuttavia il progresso nella tecnica della fusione ha in parte riconquistato anche questo campo; col fondere le finestre già munite di appendici per assicurarle nel muro si è risparmiato qualche cosa nelle opere di minor valore. Queste appendici immurate non presentano però una grande sicurezza: una simile disposizione è raccomandabile soltanto negli edifici i cui muri non sono soggetti a grandi variazioni di temperatura, come sarebbe il caso delle finestre del fabbricato per le macchine della fognatura di Charlottenburg, rappresentate nelle fig. 1734 a 1736. Anche per queste vetrate era condizione essenziale l'ottima fusione della ghisa, affinché la parte apribile (fig. 1735) formasse col battente II una buona chiusura. — Sarebbe pericoloso, per ottenere tale risultato, lavorare il telaio sopra una sola facciata, modificando così la superficie naturale del getto, giacchè per l'ineguale distensione del materiale accadrebbero facilmente in seguito delle rotture.

In tutte le finestre in ferro la battuta o risalto su cui si colloca il mastice deve essere rivolta verso la parte maggiormente colpita dall'acqua di pioggia. Come mostra la fig. 1737 il vetro si colloca sempre in modo che prima si comprime una sottile striscia di mastice sulla battuta per spianarne le ineguaglianze: poi si ferma il vetro a 3 vertici con punte, per il che si devono praticare anzitutto i fori necessari. Naturalmente deve essere determinata prima la grossezza del vetro, ciò che è indispensabile quando in una stessa finestra si debbano adoperare lastre di diverso genere (comuni e scanalate).

Gli sportelli apribili vengono disposti o corrispondentemente a un solo riparto (a una sola lastra di vetro) (fig. 1738) o anche a più riparti; ma in tal caso sono ordinariamente imperniati (fig. 1739), e allora vengono soppressi in corrispondenza uno o più regoli sostituendovi una bacchetta da vetri in corrispondenza alla metà del telaio dello sportello. In sportelli a grandi vetri si applicano ferri a \neg L come mostra la fig. 1740.

Le vetrate di finestre a lastre grandi, che sono combinate coi profili moderni di ferri laminati per rispondere a tutte le esigenze di forma, rendono possibile di soddisfare anche le maggiori esigenze riguardo alla stabilità e all'impenetrabilità. Le fig. 1741 a-e rappresentano una medesima chiusura di finestra rispondente a tutte le esigenze, formata unicamente di ferri a T con scanalature e di ferri a \neg L, oltre ai regoli pure scanalati. Il collegamento della crociera della finestra è eseguito mediante una croce avvitata in ghisa malleabile (a a); il canaletto di scolo (e) è in lamiera di



Fig. 1737.

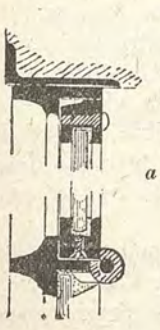


Fig. 1738 a, b.

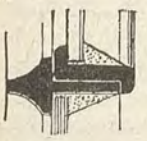


Fig. 1740.



Fig. 1739.

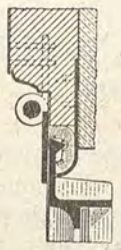


Fig. 1742. — Sistema Spengler per finestra a un battente.

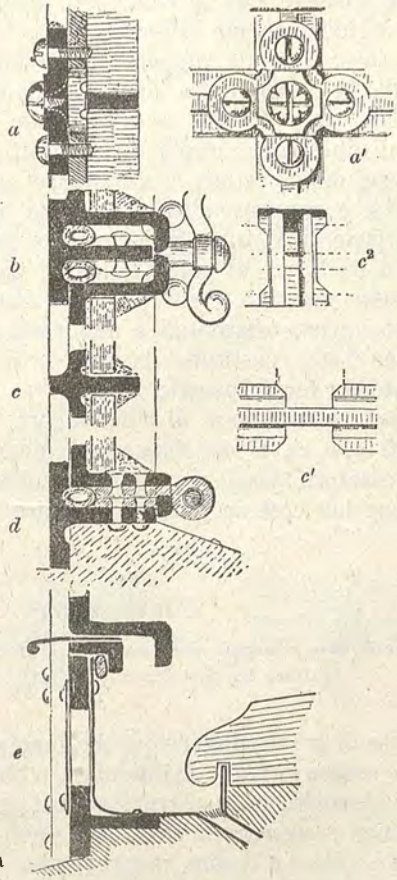


Fig. 1741 a-e, a' c' c².

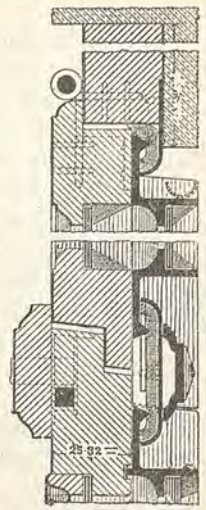


Fig. 1743. — Sistema Spengler per finestre a due battenti.

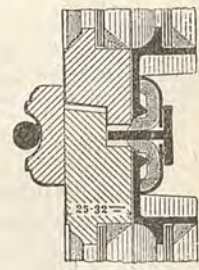


Fig. 1744. — Sistema Spengler per finestre con pilastro centrale fisso.

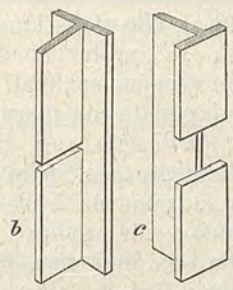
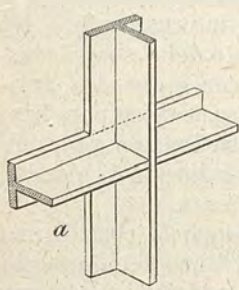


Fig. 1745.

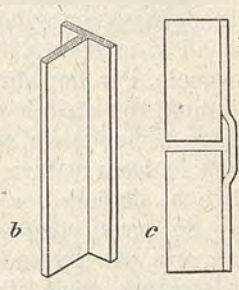
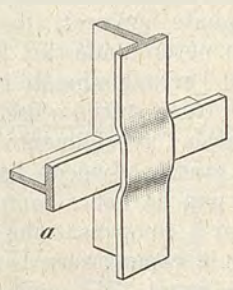


Fig. 1746.

Fig. 1745 e 1746. — Sistema Pantz di congiunzione delle membrature per vetrate metalliche.

ferro zincato, le guarnizioni per l'impenetrabilità consistono in tubetti di gomma elastica applicati nelle scanalature con vernice ad olio. Poichè le giunzioni negli angoli del telaio in ferro a \perp vengono eseguite col ripiegare ed inchiodare le estremità dell'asta degli stessi, rimangono tra l'asta del ferro a T e quella del ferro a \perp delle fessure nelle quali possono introdursi e venir inchiodate le palette delle bandelle, ecc., senza indebolire i telai.

Una costruzione speciale, che in complesso richiama le intelaiature delle finestre in legno, ma però richiede minor grossezza di telaio e permette di ottenere maggiore superficie di luce, è quella rappresentata come finestra semplice nella fig. 1742 e come doppia nella fig. 1743, detta finestra blindata di Spengler. La figura 1744 rappresenta la stessa con pilastro di mezzo fisso.

Questo genere di finestra permette all'architetto molta libertà nella forma della incorniciatura esterna dell'apertura, e garantisce da ogni trasudamento d'acqua.

Nella Tav. XI si è rappresentata una delle vetrature del fabbricato Torneria delle officine ferroviarie di Torino. Tale vetrata pesa Kg. 18 al m². Gli scomparti inferiori sono chiusi da lastre di vetro rigate di mm. 5-6 di grossezza, gli altri da lastre ordinarie grosse mm. 1,5. Ogni vetrata è fornita di sportelli apribili occupanti ciascuno quattro scomparti orizzontali e uno verticale. Invece che di ferri speciali queste vetrature sono tutte costituite da ferri ordinari a T, a L, a L. Soltanto il battiacqua è formato da ferro speciale.

L'officina francese Pantz invece di congiungere i ferri tagliandoli come si fa abitualmente (fig. 1745 a, b, c), li congiunge nel modo indicato dalle fig. 1746 a, b, c, ottenendo così un'ossatura assai più rigida e solida. La lavorazione dei pezzi viene fatta con utensili speciali così da poter conseguire la massima economia.

e) Inferriate.

Inferriate e cancelli con o senza ricoprimento, inferriate da finestre e da balconi, tralicci in filo ferro e relativi sostegni.

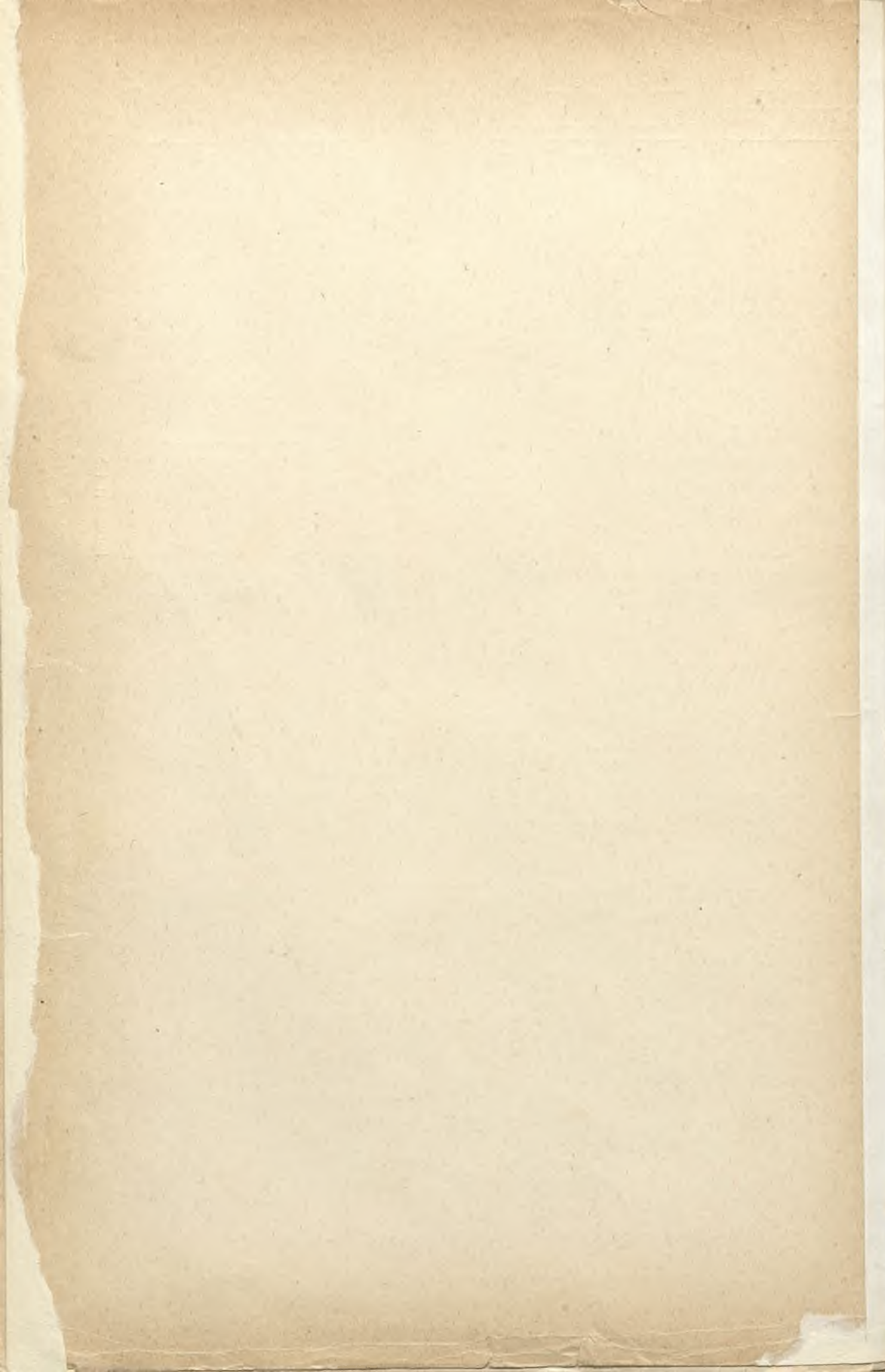
Tutte le inferriate di grandi dimensioni che soggiacciono a importanti variazioni di temperatura devono essere formate da intelaiature libere (coi riempimenti inchiavistellati), a meno che la elasticità della costruzione sia tale da garantire che colle variazioni di lunghezza non venga a scemare la resistenza degli organi che la rendono stabile.

Nelle figure 1747, 1748 a e b sono rappresentati dei compensatori (a scorrimento) per le variazioni di lunghezza prodotte dai cambiamenti di temperatura. Il miglior sistema di compensatore per l'attacco alla muratura consiste in semplici pezzi di tubo da gas, previamente immurati (fig. 1749 a), che si lisciano internamente e nei quali si introduce un perno tondo (fig. 1749 b, c, d), prolungamento della sbarra trasversale. Per impedire l'arrugginimento i perni vengono spalmati con *spermaceti*, avviluppati con striscie di carta sottile e liscia, impregnate con spermaceti o con paraffina. È raccomandabile anche l'avvolgimento con fili di seta, resi difficilmente alterabili con le dette materie grasse, ed anche l'avvolgimento con foglio di zinco o di piombo, il qual sistema però non ha avuto completa sanzione dall'esperienza.

Se questi congegni a compensazione devono venir applicati dopo la posa, hanno un orlo che nasconde la commessura di malta. Con ferri piatti si fanno degli attacchi a scorsoio, come alla figura 1747, nella quale i fôri dei chiodi o delle viti devono essere ovali (allungati), ecc.

A vantaggio della rigidezza e per evitare l'impiego di compensatori, troppo lunghi, le maggiori lunghezze tra due punti di sostegno si diminuiscono mediante altri ritti fissi secondari.

Quando questi sono di ghisa si fissano negli zoccoli, come indica la fig. 1750. I ritti di ferro vengono invece formati con ferri a I, a -|- , a L e in casi speciali con ferri a T. Molte volte presentano saette di rinforzo: le fig. 1751 a, b, 1752, 1753 ne offrono alcuni esempi. Più innanzi se ne vedranno altri ove si tratta delle ferriate a maglie di filo ferro.



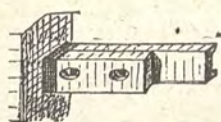


Fig. 1747.

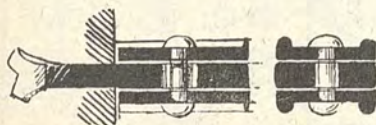


Fig. 1748.

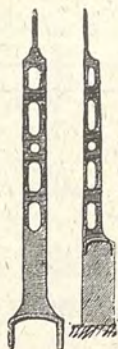


Fig. 1750.



Fig. 1751 a, b.

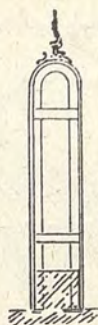


Fig. 1752.

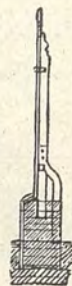


Fig. 1753.

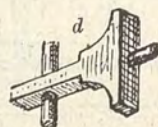
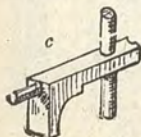
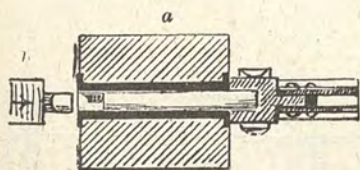


Fig. 1749 a, b, c, d.

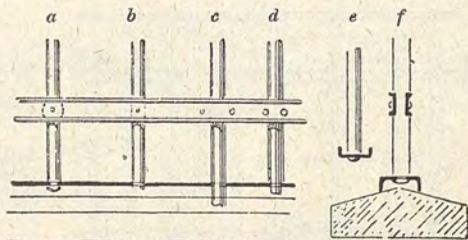


Fig. 1758 a-f.

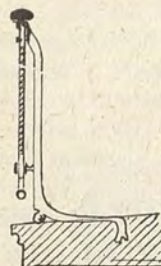


Fig. 1754.



Fig. 1755.



Fig. 1756.



Fig. 1757.

In lunghe ringhiere da balcone, che per riguardi architettonici non comportino una divisione verticale con ritti, si dispongono i soliti balaustri leggeri con zanche di forza nella parte posteriore: così pure quando non si possono assicurare sullo spigolo della soglia (fig. 1754-1756).

Nelle scale ed anche sui balconi, per non produrre restringimento di spazio coi balaustri, si adottano quelli sporgenti o a collo d'oca, con zanca esterna, come nelle fig. 1755-1757.

Per ovviare agli inconvenienti che possono derivare da troppo numerosi fori nelle lastre di pietra, i ritti secondari invece di fermarli sulla pietra si fissano sopra traverse orizzontali (fig. 1758).

È da notarsi che una chiodatura come in *a* è superflua; che il taglio come in *c* è dannoso, e che il collocamento della traversa a \perp come in *e* sarebbe tecnicamente un errore. Ne consegue che l'unione dei bastoni colla traversa segnata *a* è buona, ma costosa, e che i chiodi come in *c* saltan fuori facilmente. Resta l'unione *b*, la quale

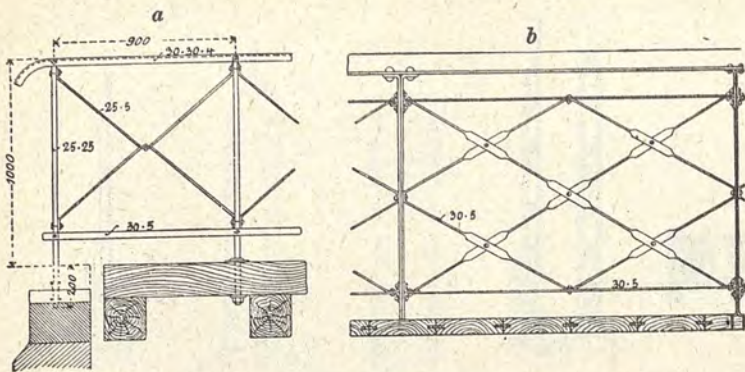


Fig. 1759 a, b.

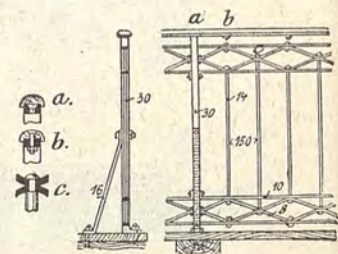


Fig. 1760.

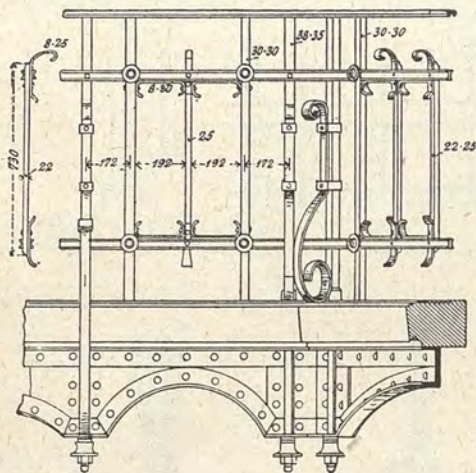


Fig. 1761.

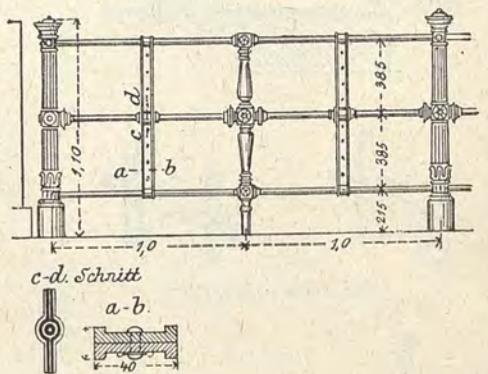


Fig. 1762.

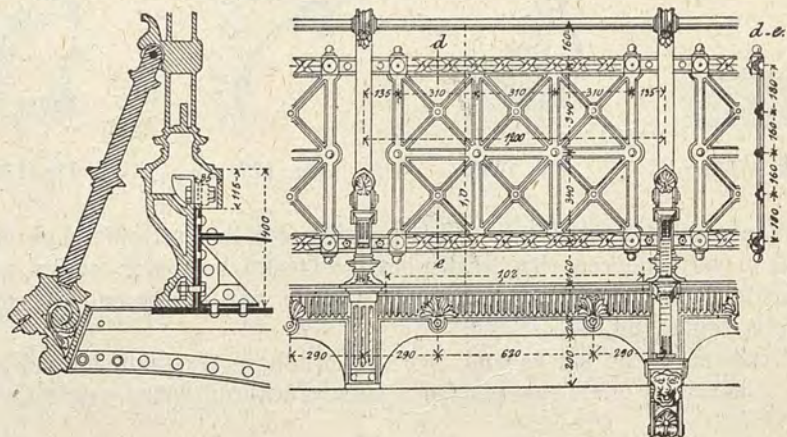


Fig. 1763.

è sufficiente, e la *d* che è la migliore; in essa i bastoni hanno una leggera imposta nella sbarra; una piccola intaccatura dei bastoni in cui entrino le sbarre, come in *f*, è sempre da raccomandare.

Congiunzioni molto adatte per cancellate e parapetti si possono vedere sia nella Tav. VI (nel testo), come nelle figure 1759-1767.

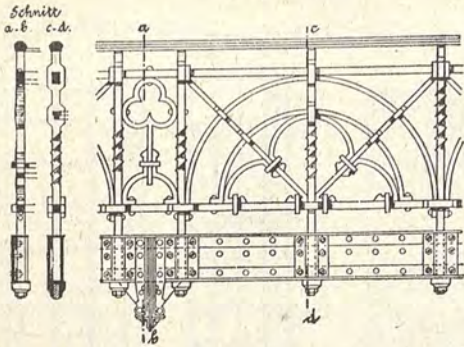


Fig. 1764.

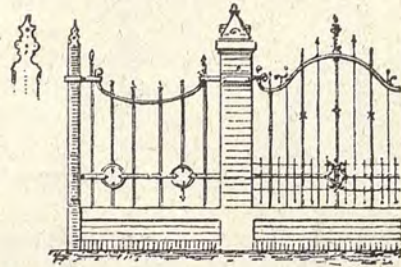


Fig. 1765.

Fig. 1766.

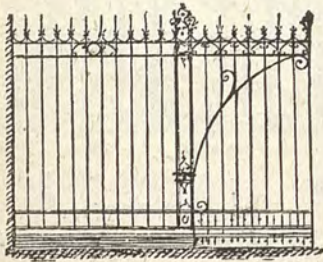


Fig. 1767.

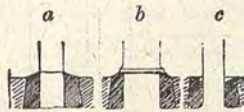


Fig. 1768 a, b, c.

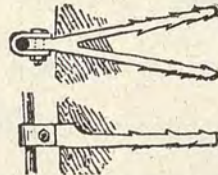


Fig. 1769.

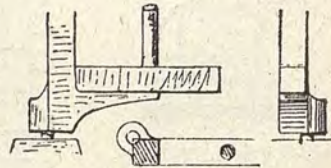


Fig. 1770.

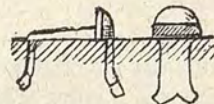


Fig. 1771.

I cancelli del tipo rappresentato nelle fig. 1765 e 1766, aventi una leggera sbarra curva superiore, non hanno bisogno di apparecchi di compensazione, mentre questa è necessaria per i tipi secondo la figura 1767.

Nell'impiombare o sigillare con zolfo o in altro modo il piede dei balaustri di ferro nella pietra (fig. 1768) si deve sempre aver cura di formare un po' di collare con orlo inclinato (come in *a*, *b*), poichè un'incavatura intorno al piede del montante (come in *c*) favorirebbe l'arrugginimento.

Molto semplici, ma molto resistenti e anche di bell'apparenza, sono le ringhiere per parapetti delle figure 1759 a 1762, fatte con ferri quadri, rettangolari e con ferri a \sqcup . La ringhiera della figura 1759 *a* è fatta con montanti e traversa al piede di ferro quadro, diagonali di ferro piatto e mancorrente di ferro a \perp o ad \sqcup . Quella della figura 1759 *b* è tutta formata con lame, meno il corrimano; le ringhiere delle figure 1760 e 1761 hanno le bacchette diritte, che nella seconda sono munite di riccio, tanto alla sommità come al piede.

Il parapetto della figura 1762 è formato con tubi da gas, ferri ad \sqcup che li rilega e colonnine e balaustri di ghisa. Più complicata ed elegante è la ringhiera della fig. 1763, in cui si vedono delle saette esterne mobili di ghisa che sostengono i pilastrini pure di ghisa. Nella figura 1764 è infine rappresentata una ringhiera formata con ferri quadri, dritti e curvi. I ferri sono passanti fra loro e fermati anche con collari od anelli quadri.

Per le porte a cancello valgono le stesse osservazioni già esposte. Si dispongono dei tiranti di sospensione o da una sola parte o da entrambi i lati. In generale i ritti girevoli girano entro collari di guida (fig. 1769) sopra un perno assicurato nella soglia; il sistema di farli girare entro una piletta (fig. 1770) è meno consigliabile.

Le porte a cancello che non presentano battuta superiore hanno d'uopo di sbarre di battuta assai robuste. È molto opportuno munirle al piede di un piccolo rullo di



Fig. 1772.



Fig. 1773.

Scansaruote (fig. 1772 e 1773).

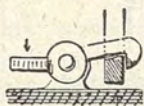


Fig. 1774. — Nottolino a scatto.

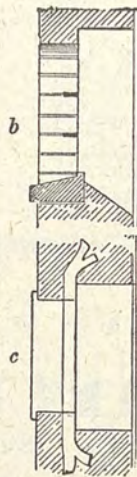
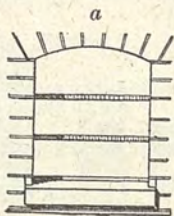
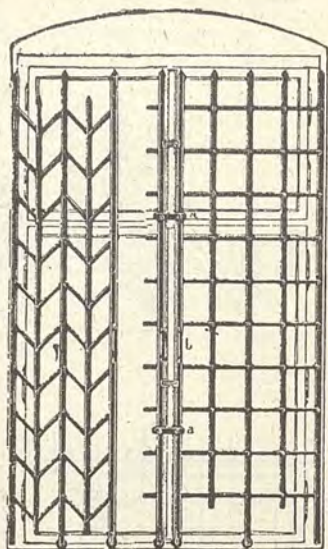


Fig. 1775 a, b, c. — Ferriata per finestre a pianterreno.

In parte aperta o ripiegabile
Ghiose
Fig. 1776. — Inferriata tipo Born.

scorrimento, che nella battuta inferiore viene ad urtare contro un arresto (fig. 1771), per attutire i colpi troppo violenti.

Le porte carraie (o carrozzabili) vengono provviste di scansaruote, come sono indicati nelle figure 1772 e 1773.

Per chiusura automatica si adoperano anche i nottolini a scatto (fig. 1774) (vedi anche *Battute delle porte*).

Le balaustrate d'appoggio di almeno m. 0,95 d'altezza devono avere un mancorrente rigido; se si desidera che questo sia in legno si farà di regola la sbarra superiore in ferro a T.

I parapetti a inferriata delle finestre devono avere almeno metri 0,85 d'altezza e venire saldamente immurati alle loro estremità.

I parapetti amovibili si fanno ordinariamente con tubi da gas. Le relative congiunzioni si troveranno nel capitolo ove si parla appunto dell'uso dei tubi da gas. Le balaustrate da ginocchio devono avere superiormente una traversa a sezione tonda, non a spigoli, ed avere non meno di 55 cm. d'altezza.

Le ferriate da finestra vengono in generale formate con telai applicati entro gli stipiti; però, quando si vuole rendere più ampia e facile la veduta all'esterno, allora si fanno panciute o a collo d'oca, in forma di canestro.

Si deve sempre evitare di incastrare le aste nelle soglie, per ragioni ovvie. La figura 1775 a, b, c mostra un modo semplice, poco costoso e sicuro di ferriata a barre orizzontali per finestre a pianterreno.

Quando non occorre una inferriata molto resistente e sicurissima contro le infrazioni, e si desidera avere un semplice riparo, facile da rimuovere in occasione di lavori nei locali interni, si può ricorrere all'inferriata ripiegabile del tipo Born (fig. 1776).

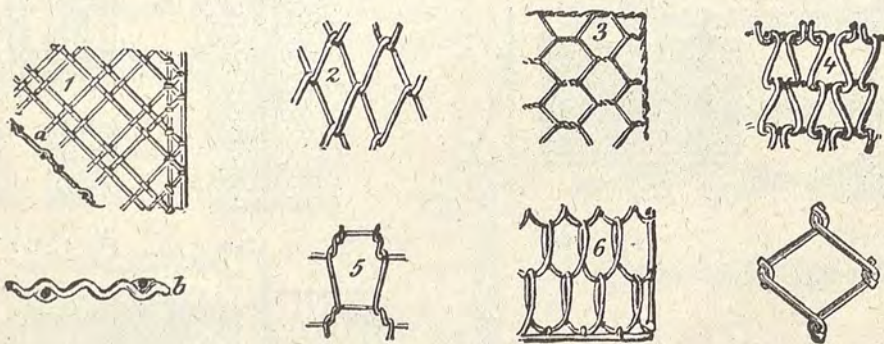
Le ferriate nelle inquadrature delle porte e finestre si fanno su telaini di ferro piatto o di ferro ad angolo con lamiera stampata, riempimento a viticci, reticolato di filo di ferro o di ferro piatto semitorcigliato, che naturalmente impediscono solo il passarvi traverso colla mano e resistono soltanto ad urti leggeri. Le lamiere a fori od a traliccio (Tav. III, nel testo) sono specialmente adatte a tale uso.

Le divisioni (o siepi) si possono fare con filo teso tra bastoni formati di ferri

laminati sottili, oppure col distendere dei ferri piatti attorcigliati incrociantisi (vedi fig. 13, Tav. VIII, nel testo).

Le tele metalliche vengono distese pronte in telai assicurati ai montanti fissi, oppure nella larghezza stessa del tessuto tra i montanti, avvolgendo intorno a questi i capi dei fili. Con questi ultimi procedimenti si deve però aver riguardo a ciò che i viluppi dei capi del filo metallico che servono ad assicurarlo, non sporgano in fuori, per non dar campo a possibili guasti. Molte volte questi capi vengono saldati a piccoli bottoni.

Questi lavori in rete metallica è meglio lasciarli eseguire dagli specialisti. Si può con vantaggio scegliere per questi lavori una delle reti di filo zincato della Tav. X,



TAV. X. — Reti metalliche.

1, a maglia in croce; 2, a rombo; 3, esagona; 4, triangola; 5, trapezia; 6, a scaglia di pesce; 7, quadrata.

nelle quali, in seguito alla zincatura, i fili sono saldati nei punti d'incrocio come al profilo *b*. Le reti 2-5, specialmente l'ultima, richiedono una sbarra di telaio superiore ripiegata in giù (fig. 1788).

Per eseguire questi lavori occorrono tanaglie tirafili (fig. 1777-1779); quella della fig. 1779 serve, colla punta delle branche, ad attorcigliare i capi del filo e colle guancie seghettate nella parte interna a tagliarlo netto.

Le figure 1780 a 1799 offrono una collezione dei lavori svariati in rete metallica eseguiti dalla Casa Lerm e Fratelli di Berlino. Le fig. 1780-1783 mostrano i ritti per reti metalliche con basi di lamiera per interrarle; le figure 1784-1787 ne rappresentano altre da immurare, e le fig. 1788-1794 diverse forme di reti metalliche.

La figura 1795 ne mostra una arcuata, come alle volte occorre per porte, ecc., e la figura 1796 indica l'applicazione di una rete metallica per divisione di cantine e simili.

Nella figura 1797 sono rappresentate delle ferriate basse per contorni o per coronamenti, eseguite dalla ditta sopranominata in maniere svariatissime

Le figure 1798 offrono parecchi esempi di reti da riempimento eseguite dalla stessa ditta, con variabili grandezze e grossezze, a seconda delle destinazioni, anche per porte interne, ecc.

Spesso per divisioni di campi e simili occorre solo una siepe di fili tesi, di cui la figura 1799 rappresenta una fra le disposizioni più usate. Pei fili tesi si adoperano ordinariamente semplici fili; per i fili più lunghi, non tesi, si adoperano spesso funi

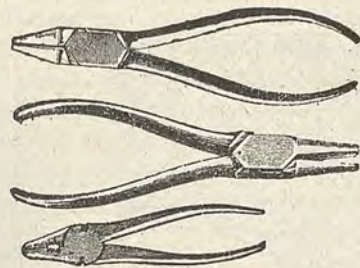


Fig. 1777-1779. — Tanaglie per lavori in filo metallico.

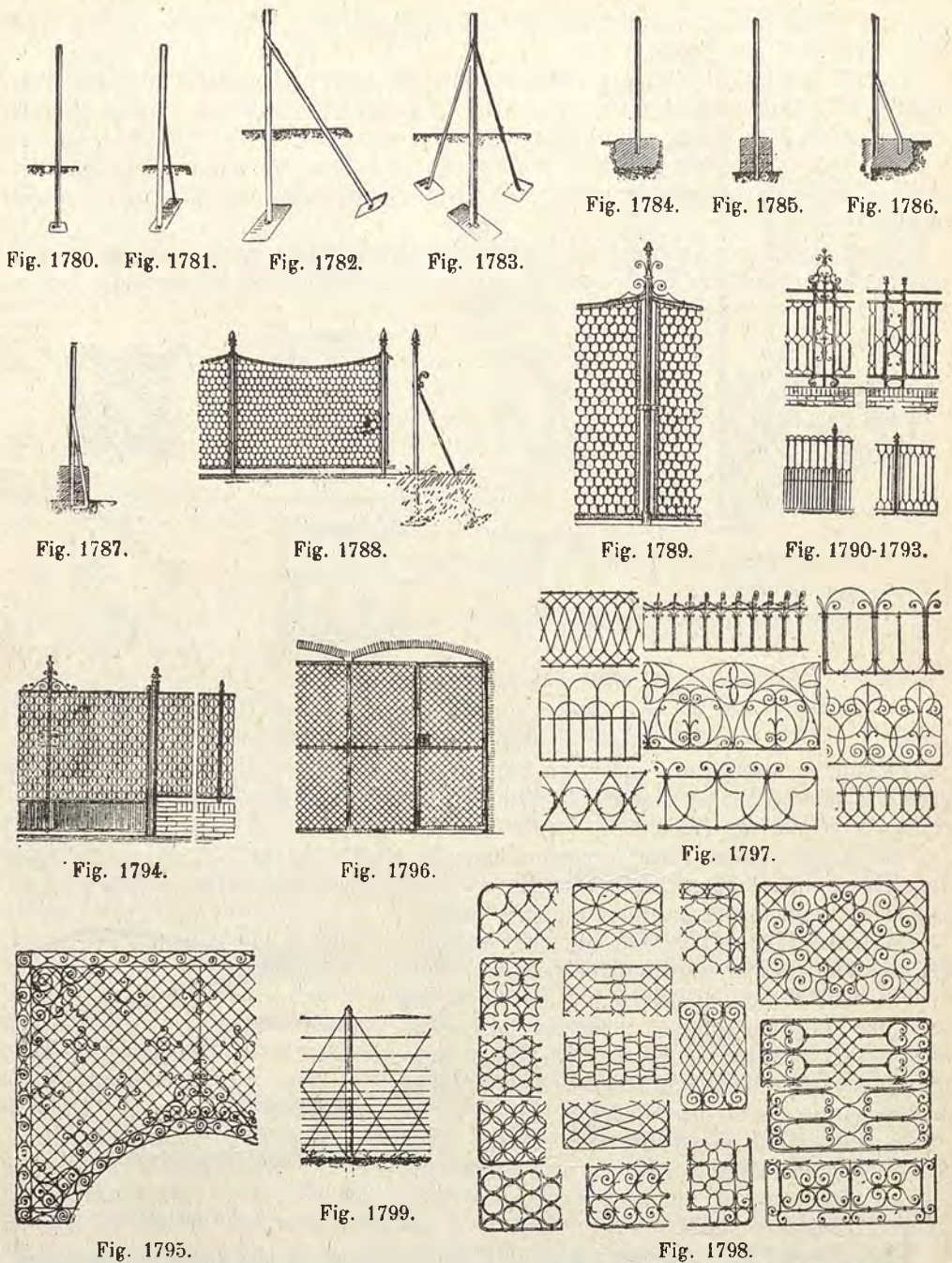


Fig. 1788 a 1798. — Tipi svariati di reti metalliche.

metalliche (fig. 1800), a due fili (*a*), a tre fili (*b*), a più fili (*c*), in questo caso a tre gruppi di tre fili. Per assicurare i fili ai pali di legno si adoperano uncini (fig. 1801 *a*) o forcelle (fig. 1801 *b*); per assicurarli alla muratura punte a bottone (fig. 1802), punte con occhio (fig. 1803), cancani ad occhio da ingessare (fig. 1804), arpioni o arpesi (fig. 1805), od uncini (fig. 1806). Nella stessa forma della fig. 1802, ma di grandezza

adatta, si fanno anche dei pali a punta da infiggere nelle commessure del lastricato o in un terreno compatto.

Gli oggetti rappresentati dalle figure 1800-1806 sono anche utilizzati per distendere viticci, spalliere sui muri e per simili altri scopi.

Invece delle corde metalliche, quando si voglia impedire di scavalcare il riparo o di avvicinarvisi, si adottano vantaggiosamente i fili a pungiglioni (fig. 1807, 1-7),



Fig. 1800.
Funi metalliche.

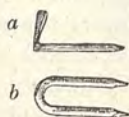


Fig. 1801.

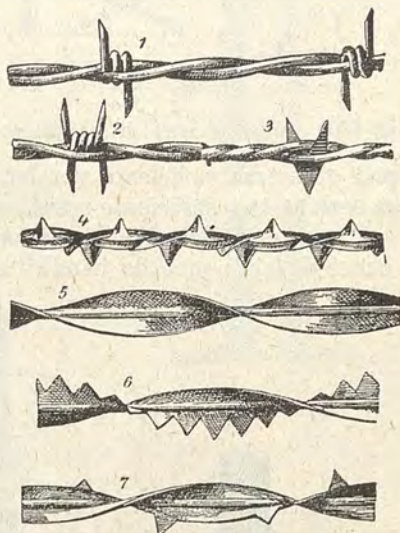


Fig. 1807.

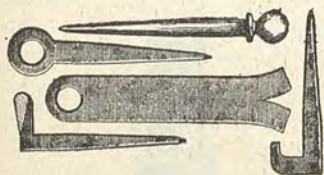


Fig. 1802-1806.

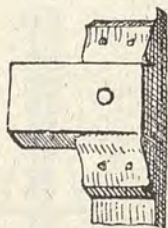


Fig. 1808.

cioè a 2 punte (1), a 4 punte (2), intrecciati con spine in lamiera d'acciaio (3), il nastro d'acciaio attorcigliato a pungiglioni (4), il nastro d'acciaio da siepe attorcigliato (5), lo stesso seghettato (6), lo stesso con denti spazati. Naturalmente l'applicazione di queste difese — in certi casi realmente pericolose — deve essere subordinata a speciali previdenze, in modo che non possano risulterne danni imprevisti.

Per finire coi lavori a intelaiatura si richiama l'attenzione sopra di una congiunzione raccomandabile in ogni circostanza, sia per sicurezza che per ornamento, quando le membrature del telaio non si possono collegare a raso (cioè nello stesso piano) e non vi è spazio bastevole per una molteplice chiodatura. Si inchiodano sopra una delle membrature due piccoli gattelli (fig. 1808) tagliati in isbieco, in modo da formare un incastro a coda di rondine, nel quale si fissa l'altra membratura incrociantesi colla prima. Questo sistema contribuisce straordinariamente a rinforzare gli incroci.

IX. — SOSTEGNI

a) Sostegni di ghisa.

Come per tutti i lavori in ghisa, vale la condizione fondamentale che per ottenere una buona resistenza la grossezza dev'essere, quanto più è possibile, eguale in tutte le parti di un medesimo pezzo, per evitare tensioni che si produrrebbero in causa dell'ineguale raffreddamento. Perciò opportunamente, nella maggior parte dei casi, la testa ed il piede di un sostegno vengono fusi come pezzi separati, così pure gli ornati vengono spesso eseguiti con altro materiale e fissati o inseriti in seguito.

Quando dei pezzi a pareti sottili devono poggiare l'uno sopra l'altro, le superficie d'appoggio devono venire piallate, o tornite, o rese in altra guisa affatto piane e lavorate in modo che combacino perfettamente.

Si può tuttavia evitare una lavorazione così accurata, inserendo delle lamine di piombo tra le superficie di appoggio, quando siano lavorate quasi esattamente. Del resto l'uso di queste lamine di piombo si raccomanda in tutti i casi nei quali le parti a pareti sottili debbano poggiare direttamente l'una sull'altra, e quando grandi superficie di getto debbano posare sopra superficie di ferro o di pietra. In quest'ultimo caso può bastare interporre anche uno strato di cemento, purchè lo strato

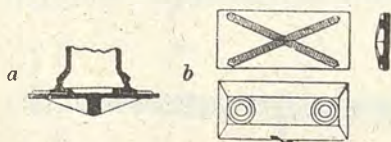


Fig. 1809 a, b. — Piastra di fondazione.

sia di grossezza sufficiente per far presa completamente e per poter presentare nella sua sezione una sufficiente resistenza al disgregamento.

È assai pericolosa l'interposizione di cunei sotto i sostegni dopo il loro collocamento; i cunei di ferro sono da bandire assolutamente; quelli in legno duro da prendersi

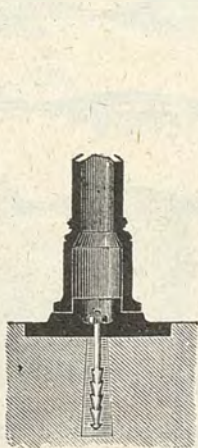


Fig. 1810.

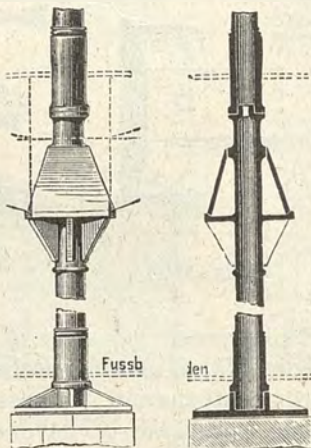


Fig. 1811.

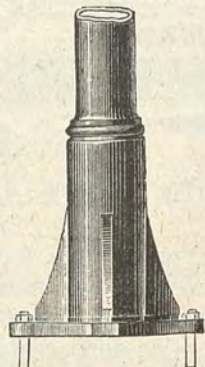


Fig. 1812.

Fig. 1810 a 1812. — Appendici di collegamento alle teste e alle basi di sostegni di ghisa.

assai stretti e da togliere dopo che sia stata suggellata la fondazione. Per questo motivo è opportuno fondere separatamente dal sostegno la sua piastra di base, ma è ancor meglio collocarvi sotto una piastra speciale di fondazione con nervature incrociate al disotto (fig. 1809 a e b), e colla faccia superiore perfettamente orizzontale; con ciò si ottiene una migliore ripartizione della pressione e in pari tempo viene grandemente facilitato il lavoro di montatura.

Alle piastre di testa e di base si danno le forme note per poterle assicurare con viti, oppure si muniscono di ali laterali per il loro attacco a travi; a seconda del caso vengono anche formate come scatole per ricevere imposte di vòlte. Le piastre stesse si uniscono alle colonne od ai pezzi speciali di testa o di base delle medesime con brevi alette di appoggio, come si vede indicato in diverse maniere nelle figure 1810 a 1812 e seguenti.

Le colonne di ghisa nelle costruzioni architettoniche si adoperano di rado con diametro esterno minore di 8 cm., poichè in tali casi sarebbero sotto ogni rapporto preferibili dei tubi di ferro. Così pure difficilmente si eseguono con pareti di una grossezza minore di 1 cm. Ordinariamente nelle colonne sottili si adotta una grossezza di parete

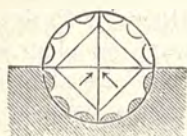


Fig. 1813. — Forma per colonna scanalata.

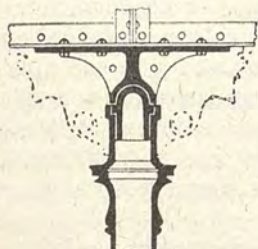


Fig. 1814. — Innesto sferico fra una colonna e la piastra di capitello reggente il carico.

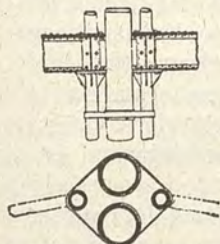


Fig. 1818. — Colonna all'Opéra di Parigi.

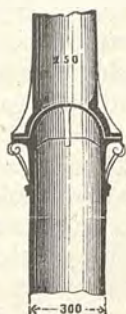


Fig. 1815. — Innesto sferico fra due tronchi di una stessa colonna.

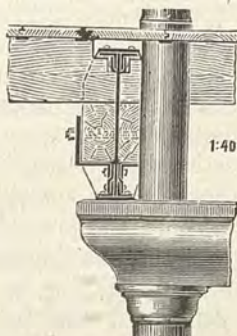


Fig. 1816. — Colonna con carico eccentrico.

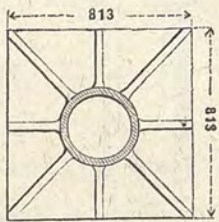
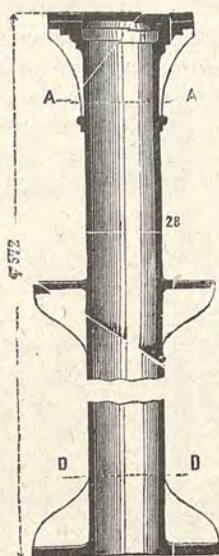


Fig. 1817. — Colonna nella stazione di S. Pancrazio a Londra.

da $\frac{1}{10} \div \frac{1}{5}$ del diametro; per quelle molto grosse (fino a 50 cm.) da $\frac{1}{20} \div \frac{1}{8}$ del diametro. In generale non si fondono colonne di oltre m. 8 di lunghezza; quella di m. 5 è già una lunghezza che non si supera spesso.

Le scanalature rendono più difficile la fusione, giacchè il modello deve venir diviso in parecchie parti (4 ÷ 6) per poterlo levare dalla forma (fig. 1813).

Le colonne, come i tubi, devono sempre esser fuse *in piedi*.

Se i punti di applicazione del carico possono spostarsi, come, per es., può avvenire per le variazioni di lunghezza (in seguito a cambiamenti di temperatura, ecc.), nelle travi in ferro, per ricondurre la pressione sull'asse della colonna in modo da evitare ogni carico eccentrico, si possono formare e tornire sferiche le superficie d'appoggio dei pezzi di testa e di base, come è indicato nella figura 1814. Lo stesso si può raccomandare anche per innestare un pezzo sull'altro (fig. 1815).

Per lo stesso motivo non è conveniente che lungo il fusto le colonne presentino delle piastre che ricevano pressioni, tanto più se non agiscano centralmente (fig. 1816). In tal caso è opportuno di innestare le colonne o di fare mobili le piastre. Nella colonna a grandi dimensioni della stazione di San Pancrazio a Londra (fig. 1817) non si hanno a temere gli effetti di una pressione laterale.

Le colonne accoppiate debbono avere le piastre di testa e di base comuni, quando debbono sopportare un'eguale pressione; sarà però indispensabile che le due colonne abbiano esattamente la stessa lunghezza.

Del resto non è raro il caso, come, per es., al Teatro dell'Opéra a Parigi, che una colonna mediana sia destinata a sopportare maggiori pressioni dai piani superiori; non sarebbe opportuno di aumentarne le dimensioni in relazione al maggior carico: si applicheranno invece delle armature, come si vede dalla figura 1818, mentre la piastra di base rimane una sola comune.

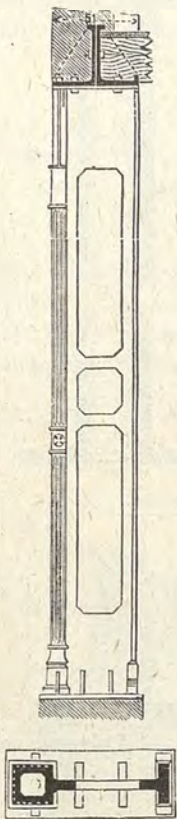


Fig. 1819. — Pilastro di ghisa in grossezza di muro.

La forma della sezione della colonna in pianta può essere determinata sia da condizioni di spazio sia da condizioni di stabilità. Perciò vengono adoperate ora colonne rotonde, quadrate od a \square , ora parecchie colonne a \perp od a Γ accoppiate. Nell'ultimo caso l'asta si fa spesso assai larga, ma non piena, con parti vuote; le ali o da una parte sola o da entrambe sono formate a colonna tonda o quadrata, così che ne risultano dei pilastri accoppiati. In simil modo dalla forma a \square si genera la forma a cassetta $\text{I}=\text{I}$.

Così, per es., quando un sostegno deve servire per lo scopo speciale di formare una vetrina o di dividere una grande apertura in parecchie minori, e la grossezza del muro è considerevole, invece di due colonne è raccomandabile di collocare un unico pilastro, di cui la larghezza di un lato coincide colla grossezza della parete, mentre l'altro lato è sensibilmente più stretto ed è solo di circa 15 cm. di larghezza (fig. 1819). La parte anteriore del pilastro metallico viene formata a cassetta, ciò che si fa più di rado per la parte posteriore. Questa disuguaglianza è determinata in parte da considerazioni estetiche, in parte anche da ciò, che se il fabbricato è a parecchi piani (come qui sarebbe il caso), la maggior parte del carico gravita sulla parte anteriore del pilastro, mentre la parte posteriore sopporta solo il primo impalcato.

Prova dei sostegni di ghisa. — In seguito alla giustificata diffidenza circa la sicurezza delle costruzioni in ghisa, specialmente di quelle con forme lavorate (con ali di ineguale grossezza) si è ormai generalizzato l'uso di provare tali sostegni con un carico quintuplo del calcolato.

Tecnicamente una simile esigenza non è giustificabile perchè allora occorrerebbe una fusione assai più accurata. Astraendo anche dal dubbio che gli apparecchi di prova presentino una sufficiente sicurezza, un simile aumento nello sforzo che il metallo dovrebbe artificialmente sopportare senza scopo, potrebbe riuscire assai dannoso e far nascere il dubbio che i sostegni provati, dopo il loro trasporto e la loro messa in opera, possano resistere anche soltanto al carico pel quale furono calcolati. Lo sforzo esagerato, e il susseguente rilassamento, devono necessariamente avere per effetto di togliere compattezza alla struttura. A comprova di quanto sopra, si ricorda che anche le colonne delle gru vengono provate solo con una pressione eguale ad una volta e mezza quella calcolata.

È essenziale usare la massima cura nel carico dei sostegni, specialmente sulle ferrovie, nel trasporto, e infine nella messa in opera, facendola eseguire da appositi operai montatori e non da semplici muratori.

b) Sostegni di ferro.

Di fronte ai difetti a cui vanno soggette le costruzioni di ghisa eseguite anche colla tecnica più perfezionata, e in seguito allo sviluppo della tecnica della lamina-

zione e al bisogno di forme più libere di quelle che possono fornire i getti di ghisa, anche gli architetti che mal si adattavano ad accogliere il concetto del razionalismo nell'arte costruttiva, dovettero piegare e convincersi che le forme decorative devono dipendere dalla natura dei materiali che si impiegano. Così coll'impiego del ferro fucinato e saldato, in sostituzione della ghisa, si aperse agli architetti un libero campo di svariatissime forme, sia nei riguardi della resistenza sia della decorazione architettonica, forme che non si erano potute raggiungere in qualsiasi epoca con alcun altro materiale. A questo proposito si può riferirsi tanto ai nuovi prodotti che si hanno nei tubi laminati, quanto ai ferri ornamentali di Mannstaedt, di cui sono riprodotti parecchi esempi nella Tav. II a pag. 774.

Colla zincatura si ottiene un'efficace difesa contro la ruggine: le parti in ferro zincate si possono, anche dopo la messa in opera, lisciare con facilità e brunire, mentre colla stagnatura, pulitura e lavatura con acidi si possono ottenere i ben noti disegni mazzati (madreperlacei) di bellissimo effetto.

Altrettanto facilmente si può applicare a parti zincate o stagnate la bronzatura galvanica, ecc., ed anche la vera doratura, che può venir poi lisciata con acciaio.

A molte forme di sostegni in ferro si applicano vantaggiosamente pezzi di testa e di base in ghisa ed anche piastre intermedie; per queste appendici non si ha che da ripetere quanto si è detto parlando dei sostegni in ghisa.

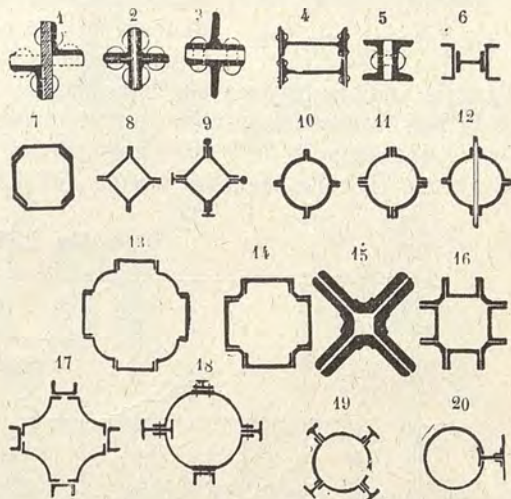
I sostegni, per ogni forma fondamentale richiesta dalle circostanze di luogo, possono venir costruiti con una sezione corrispondente al carico, ma col minimo consumo di materiale.

Si può facilmente capire come, con qualche riserva, le spese crescano, indipendentemente dalla forma di costruzione, unicamente coll'aumento dell'altezza e del carico.

A queste esigenze si può ora corrispondere con:

- 1° forme semplici, ferri tondi, d'angolo, ecc. ● L T □ I L T + < > ~ ~ ;
- 2° forme composte da parecchi profili eguali semplicemente chiodati;
- 3° forme composte con profili eguali ma chiodati mediante interposizione di rinforzi di ferro;
- 4° forme composte con profili diversi semplicemente chiodati;
- 5° forme con profili eguali o diversi, con armature, in forma di casse;
- 6° come ai numeri 2 e 4, con lamiere e piastre inchiodate;
- 7° le stesse con pareti a traliccio in ferri piatti, a — L od a I (intelaiatura a gabbia) con o senza saette a crociera. La Tav. XI mostra le forme più comunemente usate.

Per la scelta delle diverse forme è di grande importanza conoscere se i sostegni debbono essere affatto isolati o se debbono venire rivestiti, o formare l'ossatura d'un corpo di muratura; finalmente se possono o debbono appoggiarsi a pareti intermedie, od essere collegati l'un l'altro con saette incrociate o trasversali (come, per es., nelle biblioteche, nei magazzini, ecc.), formando una parete composta di ritti e saette a traliccio.



TAV. XI. — Forme diverse di sostegni di ferro.

La forma più usata in architettura è sempre quella della colonna a sezione circolare in ferro fucinato.

Le colonne circolari vengono fornite dalle relative fabbriche, cominciando da un diametro di 40 mm. con 3 ÷ 4 mm. di grossezza fino a 50 mm. di diametro con 12 ÷ 20 mm. di grossezza. Una rastremazione od un rigonfiamento non ne alterano sensibilmente il costo.

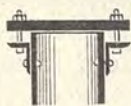


Fig. 1820.

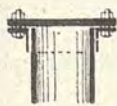


Fig. 1821.

È condizione essenziale per questi sostegni che la pressione agisca in direzione esattamente assiale; le piastre di testa devono quindi essere formate come nella fig. 1820 e non come nella figura 1821, per evitare che il ferro d'angolo anulare produca uno spostamento laterale della pressione.

Si può fare un ragguaglio approssimativo dei rapporti tra la resistenza R ed il peso p di sostegni in ferro ed in ghisa, aventi eguale diametro D , grossezza di parete s ed altezza H , colla seguente tabella di Scharowsky:

Tabella LXXXIV.

D mm.	s mm.	H m.	Ferro		Ghisa	
			R carico t.	p Kg.	R carico t.	p Kg.
80	4	2	6,20	15,00	—	—
80	6	2	8,80	21,60	—	—
»	»	8	1,30	86,40	—	—
»	10	2	—	—	4,80	32,00
»	14	2	—	—	6,00	42,00
»	»	8	—	—	0,30	—
150	7	2	27,20	49,00	—	—
150	10	2	37,80	68,80	—	—
»	10	8	12,10	275,20	—	—
»	12	2	—	—	19,40	75,40
»	24	»	—	—	31,00	137,80
»	»	»	—	—	4,50	551,20
500	12	2	181,80	287,00	—	—
»	20	»	298,00	470,40	147,20	237,40
»	»	8	253,00	1881,60	108,90	1749,60

Queste cifre suppongono che per ogni cm^2 di sezione il ferro lavori a Kg. 1000, sia a tensione sia a compressione, e la ghisa a Kg. 250 a tensione e Kg. 500 a compressione, naturalmente a condizione che la struttura della ghisa non sia stata resa meno compatta con una prova eccedente il doppio del carico reale, perchè altrimenti il rapporto di peso per questo materiale dovrebbe essere aumentato del doppio, se si vuol garantire con ogni sicurezza che il sostegno sia efficace dopo la prova.

Alcune delle forme più esatte di queste colonne tonde sono rappresentate più innanzi nelle costruzioni composte. Le colonne rotonde con una nervatura o ala, che possono collegarsi con una parete vicina, vengono formate o con un angolo esterno (V. Tav. IX, profilo 19 *a*, *b*, pag. 782), oppure mediante chiodatura con un ferro a profilo e lamiera.

Le colonne rotonde a scanalatura difficilmente si possono fare in ferro fucinato: si deve perciò adoperare della lamiera scanalata e formare gli imoscapi con pezzi speciali ad anello; per la rastremazione però s'incontrano troppe difficoltà. Si può ottenere un effetto abbastanza soddisfacente sovrapponendo delle verghette (fig. 24, 32-34 o 65, ecc.,

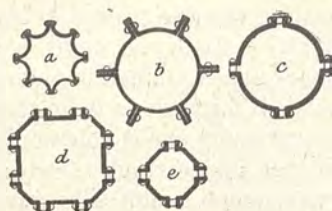


Fig. 1822. — Colonne di ferro composte.

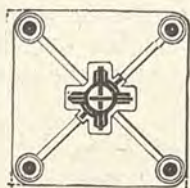


Fig. 1825.

Fig. 1823-1827. — Sostegni di ferro colle relative piastre di base e di cappello e ali di congiunzione.

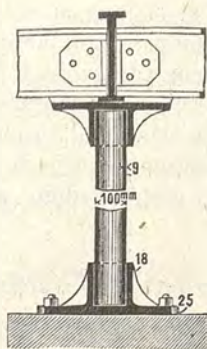


Fig. 1823.

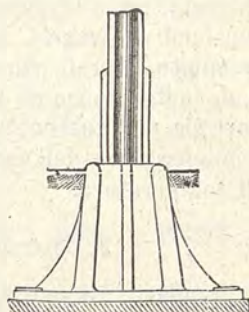


Fig. 1824.

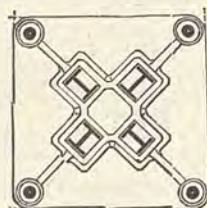


Fig. 1826.

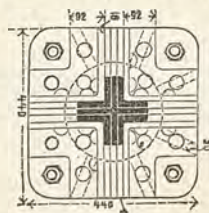


Fig. 1827.

Tav. I, pag. 773) od usando ferri sagomati cavi chiodati (fig. 1822 *a*) oppure introducendo apposite forme sotto alla lamiera sottile. In Francia si è raggiunto lo stesso scopo piegando insieme delle lamiere ondulate con anelli interni, e formando gli imoscapi con lamiere a lingua (od a squama) usate nella copertura dei tetti (vedi nei lavori di fabbro-lattiniere ed anche ove trattasi delle porte di ferro). Queste colonne si possono formare anche con rastremazione. I giunti alla base ed alla testa non vengono formati a piani con spigoli vivi (ciò che riuscirebbe straordinariamente difficile). Si piegano le estremità ad angolo verso l'interno, e le relative piastre si sigillano mediante una lega di metallo da caratteri. Questo però diminuisce alquanto la sicurezza contro il fuoco.

Le figure 1823-1827 rappresentano tipi di costruzione più comuni con piastre di testa e di base, e con congiunzioni laterali. Riguardo alla figura 1823 si nota che l'esempio scelto rappresenta una colonna molto bassa, di altezza circa eguale a venti volte il diametro.

Spesso si utilizzano le colonne cave come condotti di scarico delle acque piovane. È questa una pratica pericolosa quando l'ambiente in cui sta la colonna non rimanga sempre tiepido e quando i condotti siano inaccessibili oltre l'altezza di un piano.

Così pure il concetto di far circolare dell'aria fredda nelle colonne vuote per abbassare la temperatura del metallo durante un incendio, non ha pratica attuazione per le difficoltà gravi nella forma della testa e della base; d'altra parte l'esperienza ha dimostrato l'inutilità di questo sistema.

Si osserva eziandio che altrettanto inutile, anzi nocivo, è il sistema d'impedire la possibilità di un ricambio d'aria nell'interno delle colonne vuote, riempiendole, ad es., con calcestruzzo, astrazione fatta però delle colonne formanti anima di scala a chiocciola, per le quali il riempimento è vantaggioso sotto altri aspetti.

Quando si richiede una grande resistenza contro la rottura trasversale o recisione, le colonne rotonde si presentano meno adatte di quelle composte come nella figura 1822. Si preferiscono le forme *c*, *d*, *e* con chiodature a gambo visibile e munito

di colletto, perchè con esse si ottiene un migliore attacco, sia alle piastre di base e di testa, sia alle appendici laterali per mensole, supporti e simili, ed infine perchè più facili riescono i collegamenti trasversali fra le colonne stesse, i quali impediscono le spinte laterali che si potrebbero verificare. Il sistema di formazione delle colonne *c, d, e* offre anche un migliore attacco all'intonaco di rivestimento che si volesse applicare sia per guarentire il sostegno contro il fuoco, sia per impedire gli effetti della condensazione dell'acqua sul metallo nudo, allorchè avvengono rapidi abbassamenti di temperatura.

c) Costruzioni in ferro per rinforzo di sostegni in muratura.

I pilastri di muratura che in rapporto alla loro altezza riescono sottili, vengono sovente rinforzati mediante armature, fasciature e rinforzi angolari, eseguiti con ferri d'angolo, impartendo così al pilastro una maggior resistenza tanto alle spinte laterali

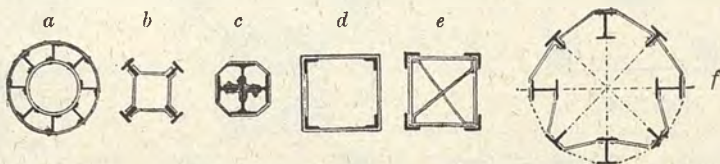


Fig. 1828 *a-f*. — Armature metalliche per rinforzo di pilastri in muratura.

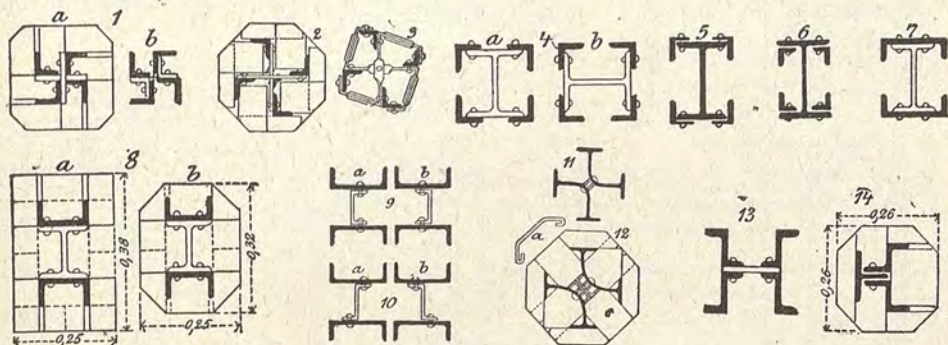
quanto alla rottura trasversale o recisione. Le figure 1828 *d, e*, mostrano schematicamente l'armatura dei grandi pilastri in muratura tra la sala degli spettacoli e i saloni adiacenti del gran Teatro dell'Opéra di Parigi. Le figure 13 ÷ 17 della Tav. XI indicano parecchi generi di fasciature formate con ferri ad U, ad angolo ed a quarto di circolo. Queste fasciature sono specialmente raccomandabili allorchè i condotti da camino isolati devono fungere anche da sostegni, come nel caso della figura 13 della Tav. XI, oppure quando il sostegno di muratura dev'essere vuoto nell'interno per formare condotti d'aerazione, nel qual caso (fig. 1828 *a, b*) si forma un'ossatura metallica, che poi si riveste con muratura.

d) Pilastri composti di ferri sagomati e muratura.

I pilastri metallici si usano in luogo di quelli di legno per ragione di resistenza contro il fuoco, e in luogo di quelli di muratura, perchè a parità di resistenza presentano dimensioni minori e quindi dan luogo ad aperture più ampie e a minor perdita di spazio, ciò che è specialmente richiesto nei pianterreni destinati a botteghe e magazzini. Ma i pilastri semplicemente metallici presentano parecchi difetti, principale quello di poca resistenza contro il fuoco, epperchè si immaginarono fin dal 1840 da Pastor, direttore degli stabilimenti Cockerill a Seraing presso Liegi, i pilastri di ferri murati. Anche nell'incendio di Parigi del 1871, si rilevò la grande resistenza di tali pilastri che avevano un rivestimento di intonaco grosso solo cm. 2,5 in corrispondenza delle ali dei ferri (fig. 1 a 6, Tav. XI, e fig. 1828 *a, b, c*).

È da notarsi che mentre nel calcolo di stabilità di un pilastro metallico isolato si adotta generalmente un coefficiente di sicurezza eguale a tre volte e mezzo quello relativo alla resistenza alla pressione verticale e due volte e mezzo quello relativo al taglio trasversale, e sul calcolo di un pilastro in muratura si adottano rispettivamente coefficienti di due volte e mezzo e una volta e mezzo, pei pilastri combinati di muratura e ferro si può ritenere che la loro resistenza è di 7, 8 ed anche 10 volte maggiore di quello che risulterebbe quando si considerassero i due elementi isolati.

La Tav. XII mostra diversi tipi di pilastri composti adatti per vari casi ed ai diversi generi di materiali che si possono o si devono impiegare per riempimento e rivestimento, il quale però dovrà sempre essere di ottima qualità ed a prova di fuoco. Il pilastro 1 *a* è formato con ferri d'angolo riuniti da lamiere piane; l'1 *b* da ferri d'angolo riuniti da lamiere angolari: nel primo si vede anche la disposizione dei mattoni di riempimento, i quali restano staccati in corrispondenza dei ferri d'angolo, ciò che contribuisce a meglio assicurare l'intonaco. Con ferri d'angolo congiunti da lamiere



TAV. XII. — Tipi diversi di pilastri composti di ferro e muratura.

sono pure formati i pilastri 2 e 3, mentre il pilastro 4 è costituito da ferri d'angolo spigolari continui e da pezzi di ferro a doppio T, e i pilastri 5 e 6 hanno continuo anche il ferro a T di collegamento. Con ferri a L e pezzi di ferro a T sono formati i pilastri 8 *a*, *b*; con ferri ad L continui e pezzi di ferro ad L o a Z sono invece costituiti i pilastri 9 e 10. Singolare è l'armatura dei pilastri 11 e 12 formata con ferri ad T ripiegati ad angolo e congiunti nell'angolo o con semplice chiodo a colletto oppure con ferri ad T o ad L addossati. Per meglio assicurare la muratura di riempimento alla struttura metallica, si adoperano delle grappette *a* di filo di ferro, che restano immurate.

e) Sostegni metallici a castello o a traliccio.

Pei magazzini, officine, serre, ecc. si dà ordinariamente la preferenza ai sostegni metallici a traliccio, perchè essi lasciano più libera la vista di tutto il locale e occupano minor spazio. Si vede chiaramente rappresentato nelle figure 1829 *a*, *b*, *c* uno di tali pilastri usato in una officina ove serve di sostegno per il tetto, e che a $\frac{2}{3}$ della sua altezza porta un'incastellatura per lo scorrimento di due pesanti grue a ponte. Il pilastro rappresentato nella figura 1830 *a*, *b* è destinato invece soltanto a portare il tetto di legno di una tettoia aperta.

f) Sostegni di ripiego con profili vari.

Non sempre ed ovunque si possono avere in tempo i ferri del necessario profilo per la formazione dei voluti sostegni, nè la mano d'opera nè gli attrezzi adatti. Allora si ricorre a costruzioni composte di ripiego, le quali possono dare buoni risultati, come quelle ad esempio rappresentate colle figure 1831, 1832, le quali rispondono bene anche alla condizione di non formare spigoli vivi. Però il peso del ferro di tali costruzioni sorpassa del 10 ÷ 15 % quello corrispondente ad un sostegno di ferri sagomati adatti, a pari resistenza.

g) Intelaiature di sostegno per taglio di muri.

Tali intelaiature, che si richiedono nelle ricostruzioni, vengono opportunamente eseguite con ferri ad L, che raggiungono l'intera grossezza delle pareti, oppure con

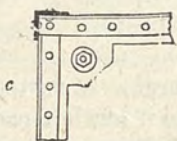
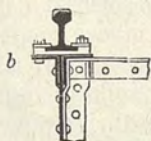
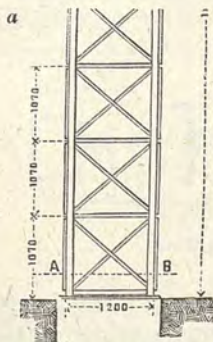
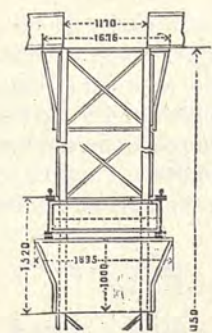


Fig. 1829 a, b, c. — Pilastro metallico a traliccio.

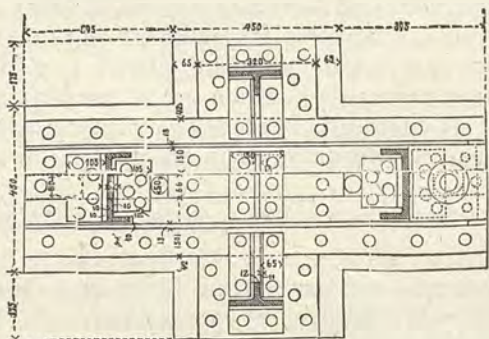
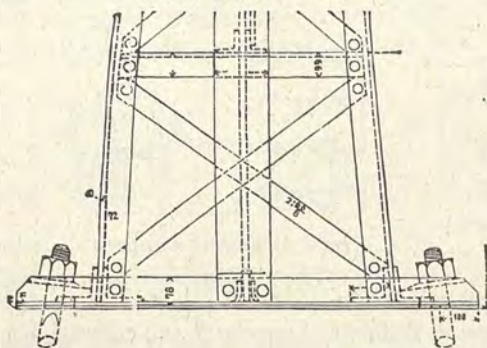
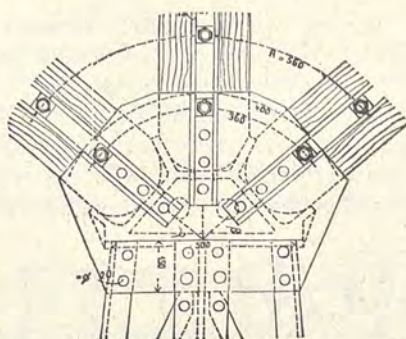


Fig. 1830 a, b. — Pilastro metallico a traliccio.

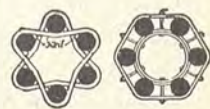


Fig. 1831. Fig. 1832.
Sostegni di ripiego.

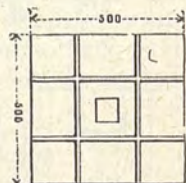


Fig. 1833.

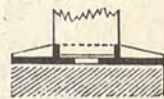


Fig. 1834.

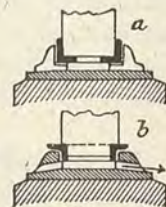


Fig. 1835 a, b.

ferri ad H che abbracciano gli angoli del muro. Possono quindi ricevere le intelaiature in legno (stipiti) delle porte. Vengono collegate alla muratura con chiavi a vite passanti per fori o con tiranti a sbarra e sigillate alle estremità.

Se si devono collocare dei sostegni di legno su muri di fondazione, di regola sono necessarie delle piastre di base in ghisa. Queste devono essere provviste di manicotti per dar passaggio ai sostegni ed avere nella loro suola un'apertura per la quale possa uscire l'umidità che eventualmente vi si introducesse (fig. 1833, 1834). Vi è però pericolo che l'umidità del legno non possa evaporare, e riesce dannoso l'appoggio immediato del legno sulla piastra; i legnami vengono perciò provvisti di un'orlatura fatta con ferri a L, e le ali del telaio della piastra vengono perforate in modo che l'aria vi possa circolare liberamente (fig. 1835 a, b).

Per impedire che questi sostegni abbiano a uscir dalla sede o rovesciarsi si devono introdurre delle chiavi in ferro tra piastra e fondazione e tra piastra e sostegno. Come esempio comprensivo servono le figure 1836 a, b. Le chiavi sono formate dai

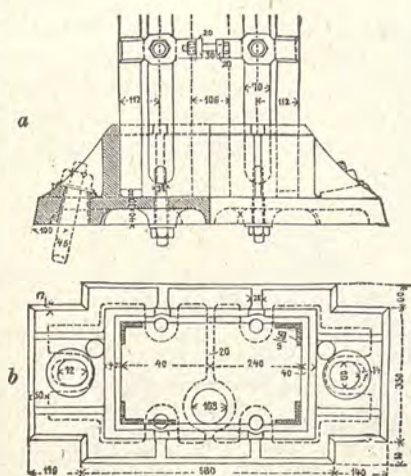


Fig. 1836 a, b.

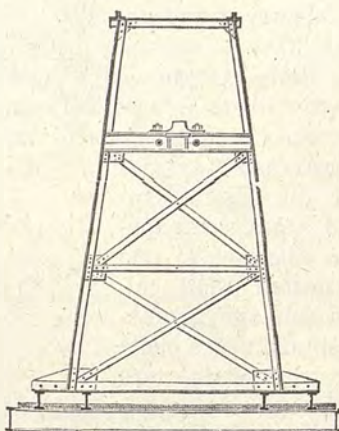


Fig. 1837. — Castello di ferro per campane.

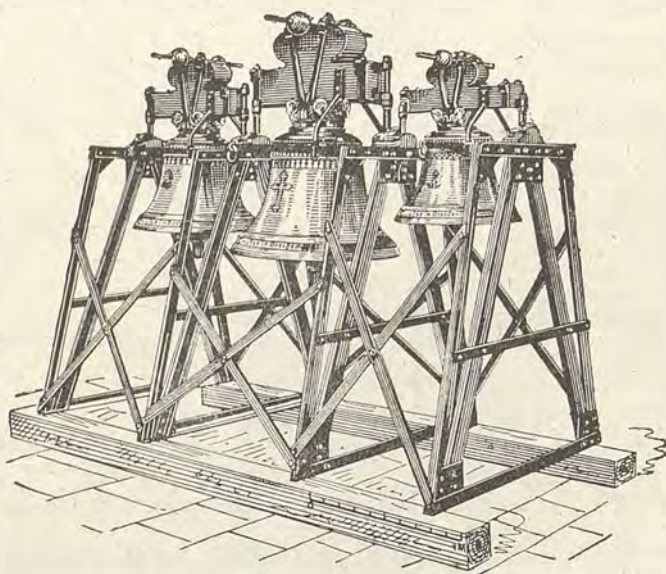


Fig. 1838. — Castello di ferro per tre campane.

soliti tiranti tondi o piatti e gli spigoli del sostegno sono orlati con ferri d'angolo. Vi si vede poi una scanalatura con un tubo di scarico pel cui passaggio è forata la piastra di base.

b) Castelli per campane.

Un genere speciale di sostegni è fornito dai castelli per campane, che ora si eseguono non di rado in ferro, perchè in tal modo la costruzione riesce incomparabilmente meno pesante e meno ingombrante di quella in legno. Nella figura 1837 è rappresentato un castello da campane costruito secondo il disegno del fonditore di campane Grosse di Dresda pel campanile della chiesa di Sion in Berlino: la parte che sopravanza superiormente al piano d'appoggio è destinata ad aumentare la stabilità.

La figura 1838 rappresenta un castello per tre campane, e la figura 1839 a, b, c quello per due campane.

Per un'altezza fino a m. 2,50 delle travi di appoggio delle campane, sopra il solaio (in ferri a I) del campanile, il peso del cavalletto o castello si ragguaglia circa a 0,6 del peso delle campane od a circa 80 ÷ 90 Kg. per metro quadrato di superficie dello spazio libero interno del campanile; se l'altezza è superiore ai m. 2,50 si deve calcolare un carico fino a 120 chilogrammi per metro quadrato di spazio libero.

Mentre i castelli da campane fin qui descritti appoggiano sopra solai speciali, ciò che non si può evitare trattandosi di collocarli in campanili già fabbricati, si può invece, nelle nuove costruzioni, riportare il peso di tutta la incastellatura sulla muratura, facendo anche in modo che l'effetto delle oscillazioni e del peso venga distribuito negli angoli mediante un'adatta disposizione di saette.

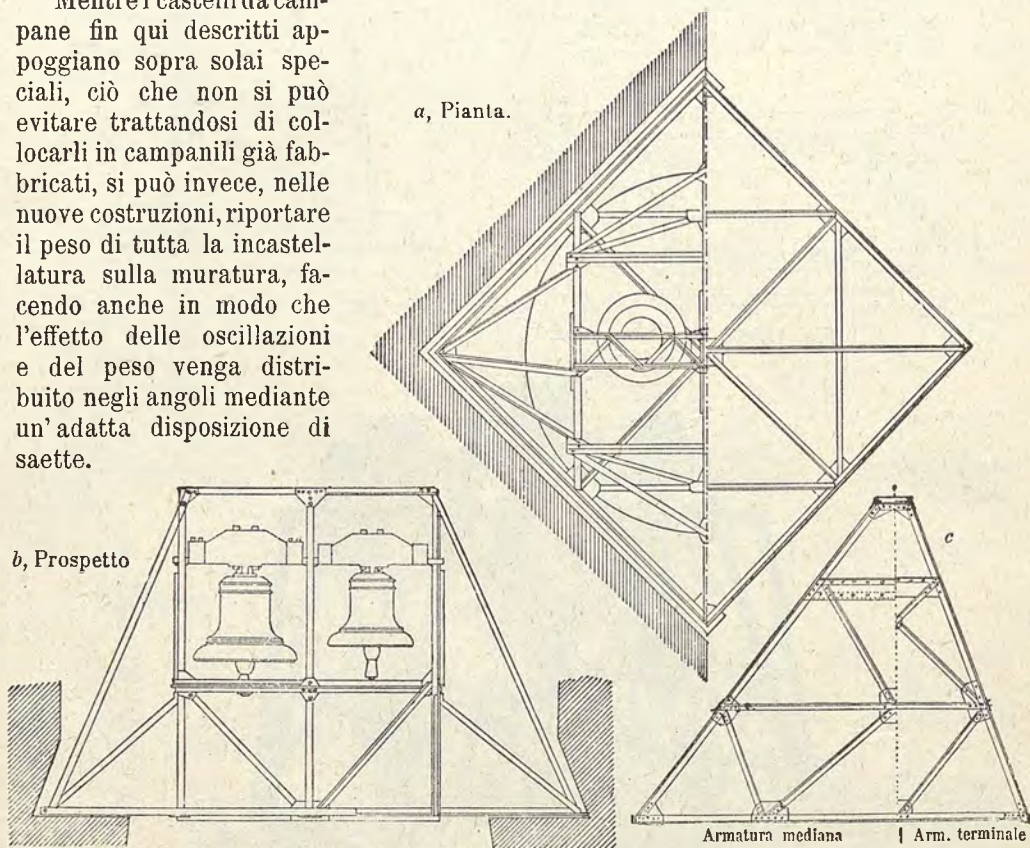
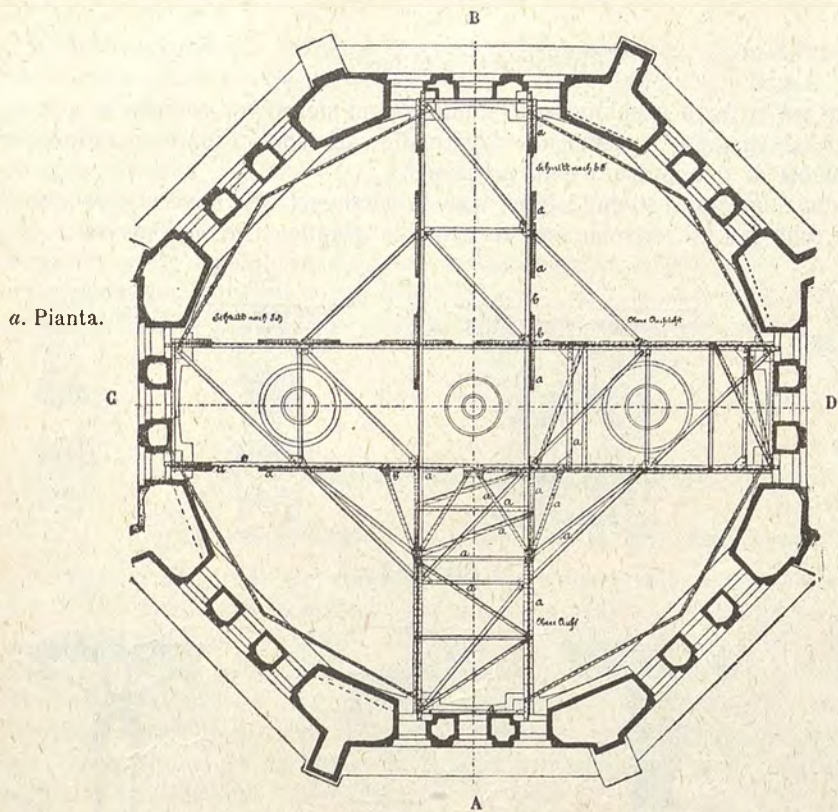


Fig. 1839 *a, b, c*. — Castello per due campane della chiesa di S. Giacomo a Kiel.

Nella figura 1839 *a, b, c* è rappresentato il castello per le campane della chiesa di S. Giacomo a Kiel, la cui torre campanaria si eleva sopra la cupola dell'incrocio delle navate. Le traverse sostenenti le campane sono disposte secondo una diagonale della torre quadrata, e ciò per riportare il peso delle campane agli angoli. Secondo l'altra diagonale è disposto un altro cavalletto, che alla sommità si collega colla traversa superiore delle campane, traversa che è formata da un trave orizzontale a traliccio.

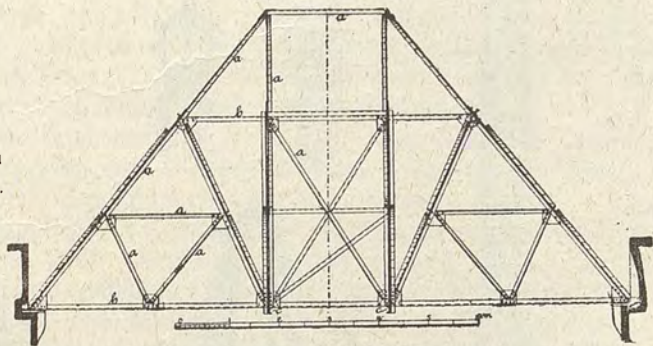
Un castello parallelepipedo che si collega alle armature diagonali è quello che regge la traversa di sospensione delle campane, il cui peso è di Kg. 1400 e 800.

La figura 1840 *a, b, c* mostra in pianta e in due sezioni uno fra i più interessanti esempi di questo genere di castelli e precisamente quello costruito da Bretschneider e Krüger per la chiesa della Croce in Berlino secondo il progetto di Otzen. Si fa specialmente notare che le longarine trasversali *c* vennero eseguite con ferri a L (di mm. 130 × 45), mentre tutto il sistema di tiranti e saette consiste solo di due diversi profili di ferro d'angolo (L) $a = \frac{80 \times 80}{8}$ $b = \frac{90 \times 90}{9}$ con lamiere d'angolo inchiodate.



Sezione secondo A B.

b, Sistema principale.



Sezione secondo C D.

c, Sistema intermedio.

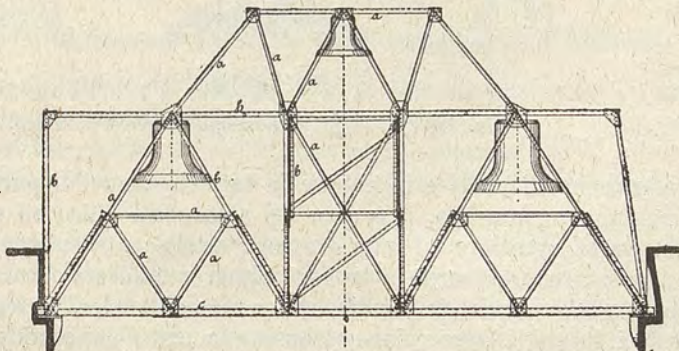


Fig. 1840 *a, b, c.* — Castello in ferro per tre campane.

2) Sostegni a bilico.

Il costruttore in ferro è obbligato a studiare ogni mezzo per cercare di sottrarre le sue opere alle dannose conseguenze dovute alle variazioni di lunghezza dipendenti dai cambiamenti di temperatura e di pressione.

Nella costruzione dei sostegni, i quali sono pure soggetti in forte misura a queste conseguenze (che non si possono evitare neppure usando in grandi masse il mate-

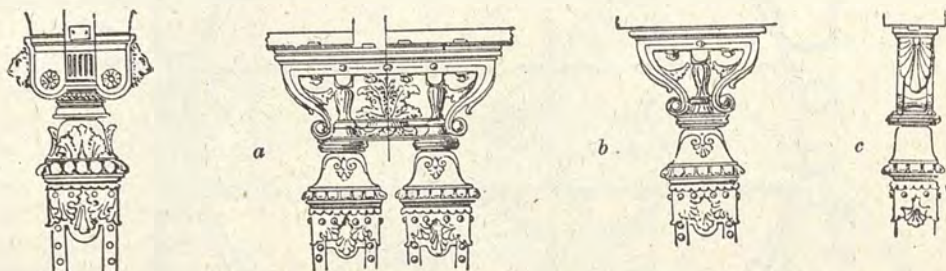


Fig. 1842 a, b, c.

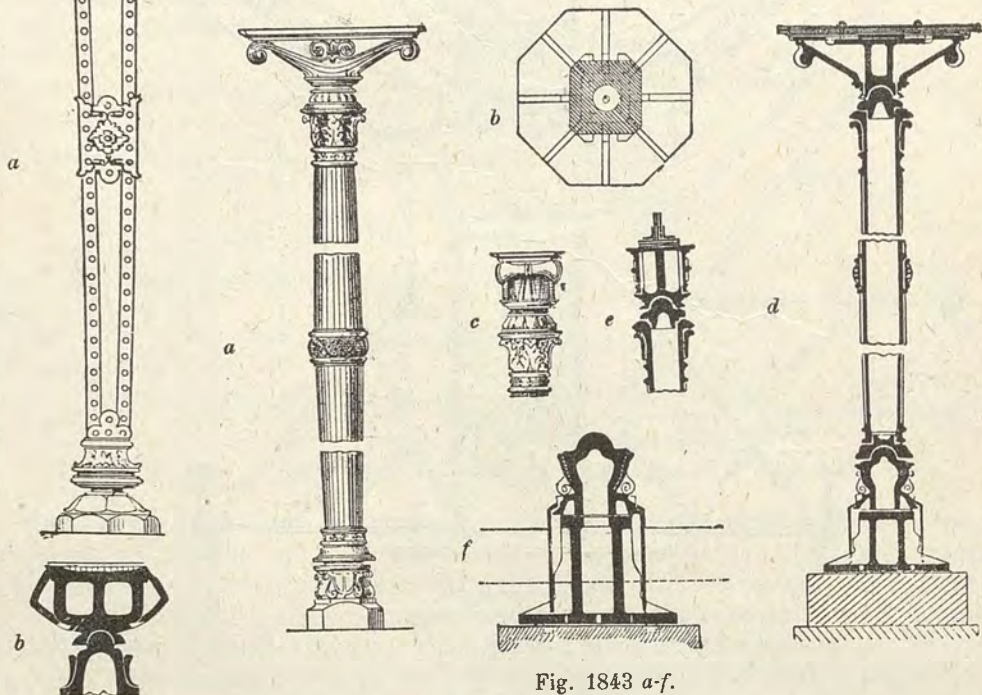


Fig. 1843 a-f.

Fig. 1841 a, b.

Fig. 1841 a 1843. — Sostegni di ghisa a bilico.

riale) per la costruzione di ponti e in genere in tutte le opere di pura utilità, si è adottato, per raggiungere lo scopo, il partito dei sostegni a bilico od oscillanti, nei quali cioè le estremità superiore ed inferiore sono articolate a snodo. Nelle costruzioni di ponti non si aveva riguardo a lasciare apparente questa forma, ciò che del resto già si faceva sullo scorcio del medio evo per le costruzioni in legno, ma negli edifici architettonici, in cui la decorazione assunse una parte importante, questo non poteva farsi che in via eccezionale o quando era possibile in certo modo nascondere

la vera disposizione dei sostegni, la quale non permette una grande libertà di forma, come d'altra parte mostrano le costruzioni rappresentate nelle figure 1841 a 1843. Quelle delle figure 1843 *a, b, c, d, e, f* furono eseguite in ghisa pei cavalcavia della ferrovia di Anhalt a Berlino, quelle delle figure 1841 *a, b* e 1842 *a, b, c* in ferro (ogni sostegno formato con due ferri ad \sqcup con lamiere di forma trapezia) per molti soprapassaggi della ferrovia metropolitana di Berlino.

Si tratta qui di forme che in ogni edificio non imitano le forme e gli stili degli antichi tempi troveranno buona applicazione e sempre maggior sviluppo, dando luogo a costruzioni più durevoli e più leggiere, come nell'esempio di Dresda già riportato (*Archil. Rof. Heyn*) di capitello a bilico rappresentato nella figura 1814.

X. — PARETI METALLICHE INTELAIATE

a) Sistemi più antichi di intelaiature in ferro per pareti.

Le ragioni del crescente sviluppo nelle applicazioni delle costruzioni in ferro intelaiate sono d'indole svariatissima; si accenneranno qui le considerazioni più generali:

Massimo risparmio di spazio e di materiale; carico ridotto ed uniforme, da riportarsi con sicurezza sopra singoli punti d'appoggio con maggiore rigidità; sicurezza sopra suolo malfermo, anche in caso di terremoti; massimo risparmio di tempo nella costruzione; resistenza contro il fuoco; sicurezza contro l'imputridimento e contro il tarlo; maggior facilità nei trasporti e nella esecuzione in paesi ove non si trovano materiali da costruzione nè operai.

Nelle figure 1844-1846 sono indicate alcune fra le più antiche applicazioni del ferro per sostegni da parete in forma di intelaiatura incompleta. Si tratta della sostituzione di pilastri di muro con ferri accostati o inseriti, senza collegamento longitudinale e senza tensione, con saette nelle formelle risultanti fra i ritti. Talvolta sono immurati nelle commessure dei brevi ferri d'angolo.

Queste costruzioni ausiliarie, nelle quali vengono utilizzate rotaie fuori d'uso, si applicarono dapprima più di frequente nei fabbricati ferroviari e di fortificazioni ottenendosi il vantaggio di un considerevole risparmio di massa e di spazio.

È spesso applicato un sistema di costruzione intelaiata senza longarine, con sostegni in ghisa, quali sono adoperati opportunamente per sotterranei murati di fabbricati per mercato e simili, ed anche per muri d'ambito (figure 1847 e 1848). Di regola questi sostegni non sono sbadacchiati l'uno contro l'altro con traverse o saette. Servono spesso per sostegno di base a costruzioni intelaiate sovrastanti.

b) Costruzioni intelaiate senza riempimento a contrasto.

Consistono unicamente in sostegni il cui profilo maggiormente resistente è disposto nel senso della grossezza della parete.

Bisogna evitare gli spigoli vivi e le ali molto sporgenti dalla parete specialmente quando dall'una o dall'altra parte o da ambo le parti della parete si ha un passaggio continuo.

Per ricevere i riempimenti come anche le saette trasversali di sbadacchiamento, si devono disporre le necessarie ali (o flangie), che, trattandosi di sostegni di ghisa, possono essere sostituiti con occhi e chivarde (fig. 1847). Lo sbadacchiamento si fa con semplici sbarre diagonali in ferro piatto, oppure (nei porticati aperti) con reticolati interposti (fig. 1850).

Simili costruzioni si presentano anche, per es., per fabbricati di magazzini e tettoie, nei quali manca una divisione orizzontale con soffitti. I montanti o ritti, siano in ghisa, siano in ferro, debbono sempre avere una sezione di forma tale che la muratura possa esservi solidamente mantenuta, come avviene, ad es., coi profili comuni a **I**. Per fabbricati isolati di una certa altezza, quando non si possa avere uno sbadacchiamento

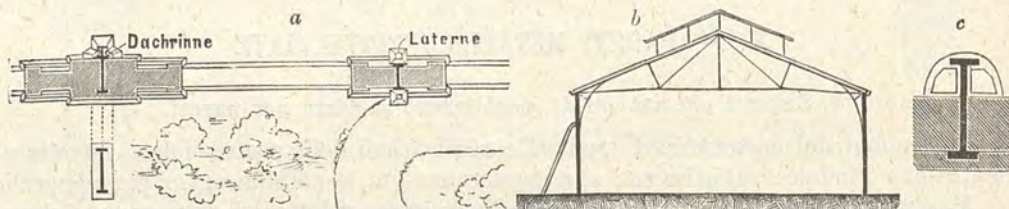
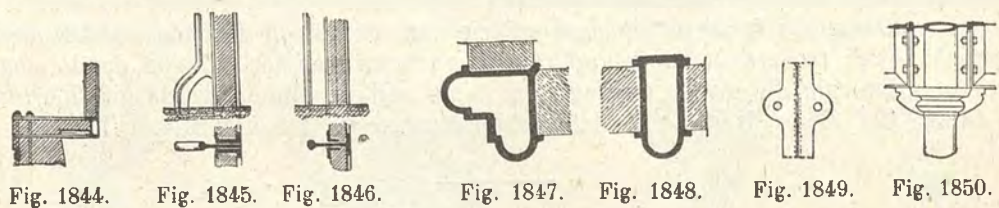


Fig. 1851 *a, b, c*. — Tettoia di ferrovia.
Dachrinne, pluviale; Laterne, lucernario.

trasversale sufficiente per mezzo dei cavalletti del tetto, diventa necessario di provvedervi con membri costruttivi speciali. Nell'esempio della figura 1851 *a, b, c* (fabbricato di arrivo delle ferrovie ungheresi dello Stato in Budapest), questi membri consistono in saettoni di forma usuale applicati all'esterno del fabbricato e coincidenti in profilo coi ritti nascosti nella grossezza della muratura. Questi saettoni vennero mascherati in quel caso con cespugli: le ali dei ritti che sporgono isolate verso l'interno vennero rivestite con lamiera di zinco a modanature: dello spazio vuoto entro qualcuno di questi rivestimenti si approfittò per farvi passare i tubi pluviali.

Nelle pareti a vetrate lo sbadacchiamento si fa o per mezzo delle stesse intelaiature delle vetrate o per mezzo di ferri a **L**, a **T** o ad **U**, a cui esse si collegano. Nelle costruzioni in ghisa si ha ora la tendenza ad evitare il più che sia possibile le ali (flangie) e si costruiscono perciò dei sostegni in ghisa per le vetrate, secondo le forme della figura 1852, coi telai delle vetrate avvitati immediatamente sulle aste in ghisa: per ottenere l'impenetrabilità vi si interpone della stoffa di juta greggia impregnata di olio o del cartone (da appretto). Si evita con ciò lo spezzarsi delle lastre di vetro nei forti cambiamenti di temperatura.

c) Pareti intelaiate con riempimento in muratura a contrasto.

In questi lavori a intelaiatura, la muratura e il ferro devono appoggiarsi l'uno contro l'altra come portanti. Al ferro spetta specialmente di resistere al piegamento laterale della parete e alla rottura nel senso della grossezza della parete, ciò che si ottiene mediante armature d'angolo. Si devono perciò scegliere dei profili che soddisfacciano a questi scopi e presentino il miglior attacco possibile alla muratura, la quale deve formare contrasto coll'ossatura in ferro.

Nella figura 1853 *a, b, c* è rappresentata la costruzione più semplice per pareti con o senza intonaco. I montanti o ritti in ferro a **T** o ad **I** sono d'ambo le parti collegati con ferri angolari a longarine di base formate con ferri a **L** od a **H** e a corrispondenti

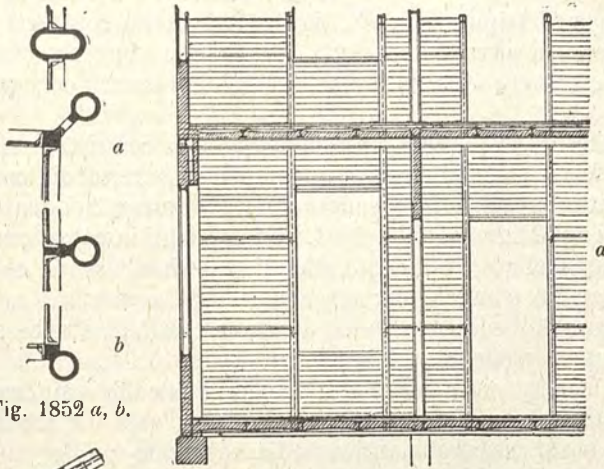


Fig. 1852 a, b.

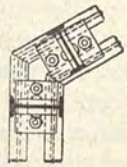


Fig. 1857.

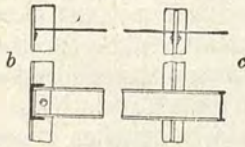


Fig. 1853 a, b, c.

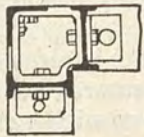


Fig. 1855.

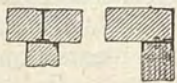


Fig. 1858. Fig. 1856.

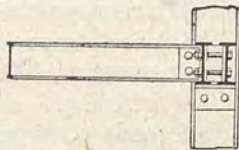


Fig. 1861.

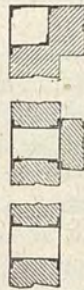


Fig. 1862.

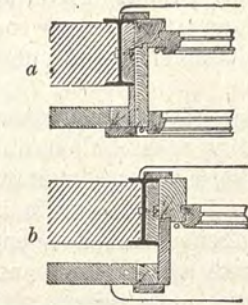


Fig. 1854 a, b.

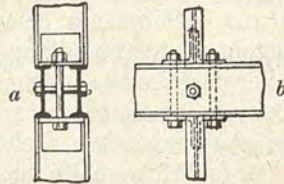


Fig. 1859 a, b.

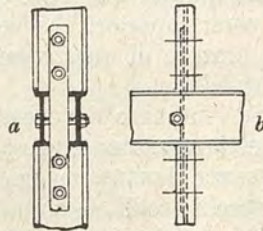


Fig. 1860 a, b.

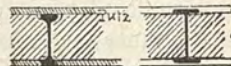


Fig. 1863.

intelaiature superiori; la distanza per una grossezza di parete di una a due teste di mattoni, solo eccezionalmente può eccedere m. 1,20. Le ali dei ritti si ritagliano in corrispondenza alla larghezza delle longarine, nei punti d'incontro.

Una leggera tensione con tiranti tondi o meglio con ferri piatti ripiegati ad angolo alle estremità (fig. 1853 c), suddivide la superficie principale in comparti secondari, la cui altezza sarebbe bene non oltrepassasse 1 metro.

I telai delle porte e delle finestre vengono formati parimenti con profili simili (fig. 1854 a, b), ma più leggeri, ritagliandone le estremità delle ali; essi si collegano alle longarine o ai montanti mediante lamine d'angolo.

Gli angoli retti di una fabbrica di questo genere vengono formati con ferri a L ed il contrasto è ottenuto mediante un pezzo di ferro o di ghisa all'interno (fig. 1855) o colla sovrapposizione di due ferri a L (fig. 1856).

Per gli angoli diversi dai retti si adoperano ferri d'angolo aperti o chiusi a seconda dell'angolo delle pareti, oppure un genere di collegamento come quello indicato nella figura 1857. Gli angoli interni vengono formati come è indicato dalla figura 1858.

Se le pareti devono resistere a maggiore spinta, vengono formate, o per lo meno i montanti principali, con ferri a T tripli (Tav. IX, fig. 10) od anche con ferri a I in unione a ferri a L o con ferri di altri profili adatti. I cavalletti vengono collegati immediatamente con queste armature e sono rispettivamente formati con eguali sagome.

L'intelaiatura può essere eretta per l'intera altezza dell'edificio con ritzi continui, ai quali vengono bullonati dei ferri a C per ricevere gli impalcati intermedi: oppure può essere formata un'intelaiatura speciale indipendente per ogni piano, nel qual caso si usano i collegamenti indicati nelle figure 1859 a 1861. Le travi degli impalcati metallici vengono o semplicemente appoggiate e bullonate alle ali delle intelaiature, oppure congiunte ad esse mediante lamine d'angolo per ottenere soffitti a raso.

Anche in questi casi gli angoli dell'edificio si fanno di regola continui; è necessaria la maggior cura nei collegamenti d'angolo dei telai (v. Tav. VI, fig. 15).

Spesso, principalmente per costruzioni massiccie, gli angoli dell'edificio si formano con una membratura composta; i telai si collegano non solo all'asta dei montanti d'angolo con stecche d'angolo, ma si assicurano anche mediante tiranti.

Per pareti molto leggiere, principalmente per quelle che all'interno debbono essere intonacate, si adoperano spesso solo ferri a T per ritzi e telai di finestre e porte e ferri a L per le altre intelaiature e le armature delle pareti (fig. 1853 b, c).

Per fabbriche molto massiccie si adoperano sostegni composti a cassa o a reticolato (fig. 1862) o si ricorre ai sostegni indicati nella Tavola XII.

La muratura si deve eseguire curando la massima aderenza agli organi in ferro; nei corsi superiori che vengono a contatto coll'intelaiatura, si forano a tal uopo le membrature di questa, per poter colarvi del cemento e così riempire bene lo spazio intermedio.

Se l'intonaco deve essere tale da non lasciar vedere esternamente in alcun modo l'intelaiatura, sono meno opportuni i ferri ad ali larghe, perchè la muratura deve avere grossezza alquanto maggiore del ferro (fig. 1863). Si consegue quindi un miglior attacco coi vecchi profili ad ali strette. Questa maggior grossezza della muratura è necessaria, perchè così lo strato d'intonaco sopra le ali del ferro è più grosso e si possono incastrarvi dei piccoli cocci di mattoni o di tegole onde ottenere maggior resistenza. Se questo non fosse però possibile, allora si deve distendere, sopra le ali, del filo-ferro fermato a punte infisse nella muratura presso l'ala stessa. È opportuno tenere alquanto distaccati questi fili dal ferro con schegge di tegole o simili.

Il riempimento con gesso o cemento si fa per lo più mescolandovi insieme dei grossolani cocci di laterizi e facendo la colatura fra tavolati provvisori ben fissi da ambe le parti.

Quando si deve eseguire l'intonaco anche sulle ali del ferro si dispongono sopra le medesime delle piccole righe di 1 cm. circa di grossezza, per cui lo strato di intonaco può venir formato con una grossezza sufficiente come si è detto sopra. Anche se di ghisa sono preferiti i profili ad ali strette.

Se invece la intelaiatura deve anche esternamente presentare un aspetto architettonico, allora gli incroci delle membrature si decorano con rosette stampate oppure si usano lamiera ornate del genere di quelle rappresentate nella Tav. III.

Questo si eseguisce molto facilmente quando la superficie della parete deve essere intonacata a raso colle ali del ferro, nel qual caso, del resto, le commessure devono essere nettamente visibili. Se invece la parete deve essere a mattoni in vista, gli ornati in lamiera non debbono sorpassare le ali, quando non si foderi la parte sporgente con un raddoppio della grossezza dell'ala del ferro, ciò che riesce difficile da eseguire: gli ornati degli angoli e simili si fanno perciò opportunamente in getti duri temperati.

d) Costruzioni intelaiate con riempimenti in lamiera ondulata.

Vengono formate similmente alle precedenti; pei montanti possono però servire, secondo le circostanze, ferri a T od a L; mancando le divisioni a scomparti (pannelli), vengono interposti dei ferri a Z fra le giunture verticali delle lamiere per potervi inchiodar queste d'ambo le parti (fig. 1864). Se la lungherina di base consiste in ferro a H od a U, si dovranno praticarvi dei fori onde permettere lo scolo dell'acqua. Le lamiere alte come quelle, ad es., di 2 m. circa, devono avere una o più armature in ferro piatto od in liste di ferro a L od a C, che vengono inchiodate alle singole ondulazioni delle lamiere e ritagliate sopra i montanti. I telai devono consistere in ferri a N od a C, oppure devono esservi inchiodati (al di fuori o al di dentro) speciali ferri d'angolo. Se la costruzione deve presentare aspetto decorativo i bordi delle lamiere ondulate si salderanno su una lista di lamiera a guscio (fig. 1718) (v. anche *Coperture in lamiera ondulate*).

Molte volte le lamiere si inchiodano esternamente sui montanti come rivestimento, ma allora devono pure inchiodarsi esternamente i loro giunti. Oppure si introducono tra i montanti ferri a L od a I, e le estremità delle lamiere si inchiodano l'una sull'altra (fig. 1865). In questi casi non si devono risparmiare delle saette inclinate; possono però essere sostituite in pari tempo le fascie d'armatura.

L'uso delle pareti con doppio rivestimento in lamiera ondulata va estendendosi, specie nei casi in cui si tratta di ripararsi dal calore radiante (come pure dal freddo). In tal caso bisogna però osservare:

1° Tutti i montanti e gli altri pezzi di collegamento, come pure le lamiere, si debbono scegliere della minima grossezza possibile, evitando quindi le masse di ferro compatte.

2° Le lamiere debbono avere in alto ed in basso aperture abbastanza larghe perchè non sia ostacolato il ricambio continuo dell'aria racchiusa.

3° Non devono esservi internamente orditure tali che intercettino tale ricambio d'aria.

Perciò le traverse si fanno reticolari come alla fig. 1866 o con bolzoni di ritegno o con ferri a L come alla fig. 1867.

Le saette inclinate in ferro d'angolo vengono foggiate a croce di S. Andrea, collegate nel mezzo con piastre scantonate di lamiera inchiodate, o con pezzi d'angolo; ottenendosi un risparmio in confronto all'uso dei ferri a I (fig. 1868).

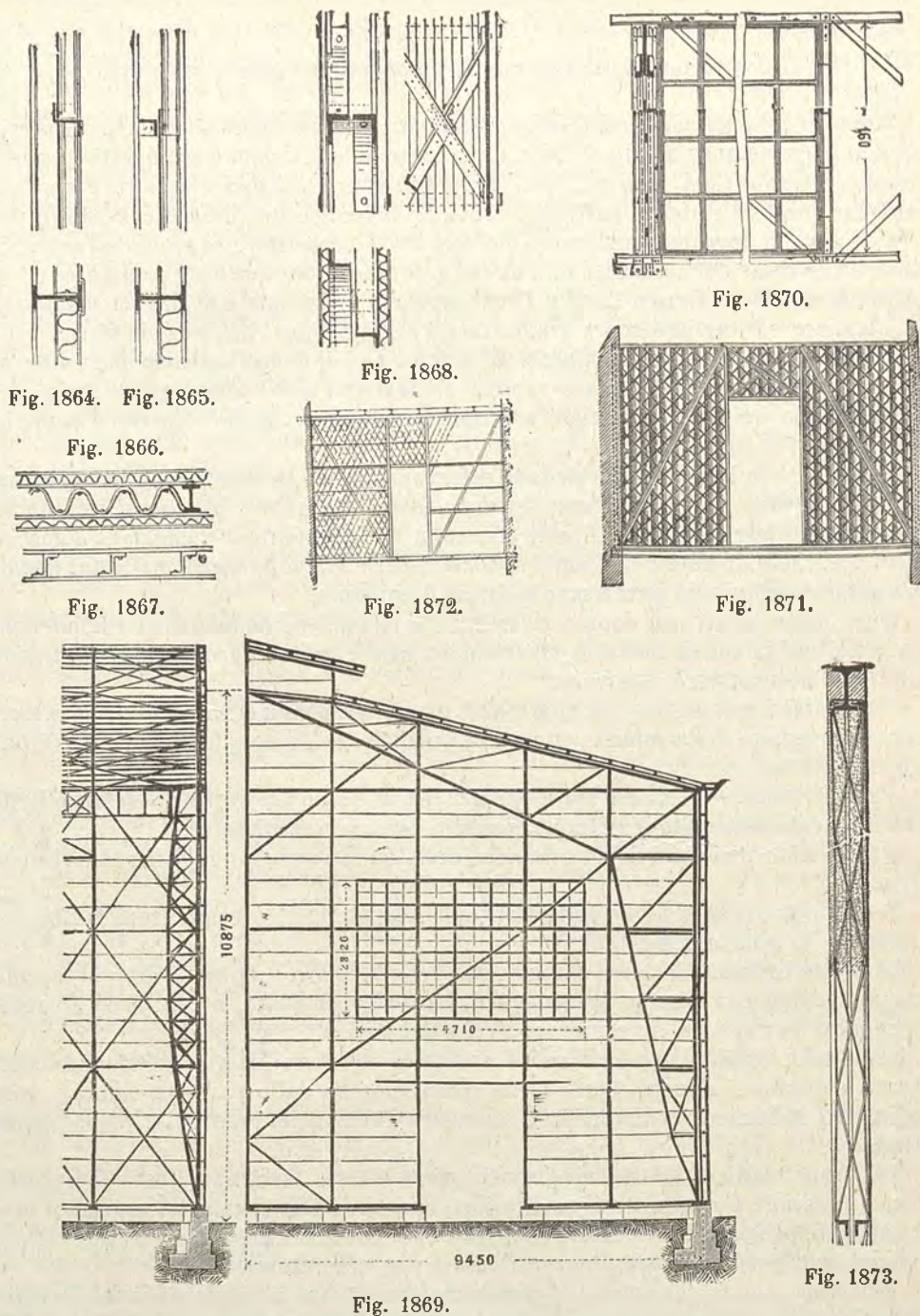
Nei grandi calori devono rimanere aperte le aperture interne inferiori e quelle esterne superiori, affinchè l'aria meno calda (perchè dalla parte in ombra), possa risalire tra le lamiere e diminuire o annullare l'effetto dei raggi solari sulla lamiera esterna.

Nel gran freddo si adotta la disposizione opposta, lasciando libere le aperture interne superiori e quelle esterne inferiori, cosicchè l'aria circolante, entrando calda o tiepida dalle aperture superiori, cede, raffreddandosi, il calore alle pareti, verificandosi così una perdita insignificante di calore per irradiazione.

Lo stesso si nota nel sistema dei rivestimenti interni in legno od in tavole sottili isolanti di gesso o di cemento, ecc., ed anche nelle pareti intelaiate a doppia muratura.

Una costruzione intelaiata speciale per pareti di tettoia d'officina con rivestimento di tavole, i cui montanti sono rafforzati da armatura reticolare sporgente verso l'interno, è rappresentata dalla fig. 1869.

Si possono anche eseguire a sospensione costruzioni intelaiate di maggior lunghezza libera, come indica la fig. 1870. La muratura di riempimento però in tal caso agisce più spesso per peso che per tensione. Siccome il cambiamento di lunghezza dei



tiranti per effetto della tensione avrebbe per effetto di far staccare l'intonaco, è necessario costruire una parete indipendente, formata con maglia metallica su cui si applica l'intonaco di cemento o di gesso.

Anche nella disposizione della fig. 1871, che rappresenta una intelaiatura con saetoni e riempimento con lamiera ondulata su cui è distesa una rete metallica, l'intonaco

farà buona presa soltanto quando la rete metallica sia distesa esternamente sopra il dorso delle saette.

È più opportuno di serrare a contrasto soltanto il telaio occorrente per la porta e riempire la parete nei suoi due scomparti con lamiera ondulata ritagliata, ed intonacare poi con rottami di mattoni e malta di gesso o di cemento, sempre coll'aiuto del filo-ferro. Per questo si ricorre specialmente al sistema della fig. 1872. Sopra un'ossatura mediana, formata con ferro a L, si distendono dei fili di ferro da ambe le parti della lamiera che si attaccano alle chiodature superiore ed inferiore negli avvallamenti delle ondulazioni della lamiera; alcuni fili invece sono tesi parallelamente alla lamiera.

Per pareti non troppo caricate basta il rivestimento con fili, senza lamiera, come mostra la fig. 1873.

Simili pareti si eseguono con ferro a I (sagome n. 3) e risultano della grossezza complessiva di cm. 6.

e) Costruzioni intelaiate e intonacate su lamiera tagliata o stirata o sbalzata
(*métal deployé*).

Se in una lamiera piana si fanno dei tagli e di questi si arrovesciano gli orli, oppure le porzioni comprese fra i tagli si sbalzano dall'una e dall'altra parte della lamiera, oppure si stira la lamiera in senso normale ai tagli stessi, si aumenta notevolmente la rigidezza e la resistenza alla flessione della lamiera e si viene ad ottenere una specie di reticolato nelle cui maglie un intonaco qualunque resta saldamente trattenuto, contribuendo ad aumentare la resistenza delle lamiere.

La fig. 1874 *a* rappresenta una lamiera piana tagliata, che dopo stiramento viene a formare un reticolato, come indicano le fig. 1874 *b, c, d*. Invece la fig. 1875 *a, b*, rappresenta una lamiera tagliata e sbalzata.

La fig. 1876 indica un graticcio di ferro ottenuto collo stiramento di lamierino sottile, quale si usa principalmente in America per intonacare i soffitti di legno e i tavolati, oppure le pietre molto levigate e dure sulle quali l'intonaco non farebbe presa.

In sostanza si sostituisce con questo graticcio le maglie metalliche di filo tondo, perchè meno pieghevole e meno cedevole sotto il peso proprio e dell'intonaco.

In Inghilterra ed in America la forma indicata dalla fig. 1875 si ottiene usando la lamiera ondulata, e si usa per sostituire vantaggiosamente le costruzioni armate del sistema Monier. Si adopera tanto per soffitti quanto per rivestimenti in costruzioni intelaiate, per volte di piccola e grande portata, per formazioni di cornici e cornicioni.

Le costruzioni in ferro rivestite con questo genere di lamiera intonacata si sono mostrate resistentissime all'azione di un fuoco anche violento, e contro quella dei getti d'acqua d'estinzione.

Allorchè si richiede una particolare resistenza ai carichi ed una notevole rigidezza, allora sulle serie di occhi formati dalle sbalzature si infilano dei ferri tondi o quadri o ad angolo.

In Francia e in Italia è ora assai in uso il sistema indicato nella fig. 1874, detto *métal deployé*, sistema che ha avuto non poche applicazioni, anche nelle opere di cemento armato.

f) Costruzioni di lamiera a cassetta, senza intelaiatura.

Per montare e smontare con facilità e rapidamente senza intervento di appositi operai, baracche e costruzioni provvisorie, quali occorrono spesso per accampamento di truppe, per cantieri di grandi lavori, e specialmente nelle colonie, sono necessari

dei materiali che con una sola forma offrano la possibilità di comporre pareti esterne od interne, tetti e soffitti.

La lamiera a doppia parete De la Sauce e Kloss, fu immaginata appunto per soddisfare nel miglior modo a questa necessità.

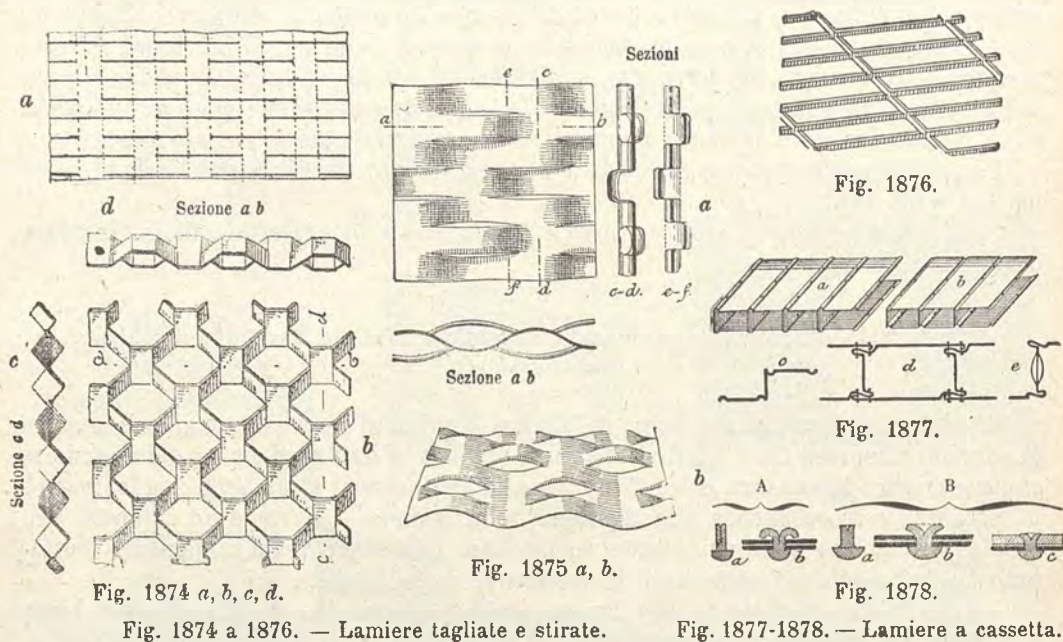


Fig. 1874 a, b, c, d.

Fig. 1874 a 1876. — Lamiere tagliate e stirate.

Fig. 1875 a, b.

Fig. 1877.

Fig. 1878.

Fig. 1877-1878. — Lamiere a cassetta.

Nella fig. 1877 si ha in *a* il tipo a ripiegatura tonda esterna pella chiodatura, e in *b* quella colla ripiegatura interna.

I difetti che si riscontrano in queste sagome sono:

I. che le lamiere non si possono far scorrere una nell'altra, e richiedono perciò forte spesa di trasporto come merce ingombrante.

II. che gli operai facilmente si feriscono cogli spigoli non orlati della lamiera.

III. che la chiodatura da una parte sola non è abbastanza resistente.

IV. che col comporre e scomporre la costruzione facilmente le lamiere si spezzano nelle ripiegature.

Il profilo di tipo *c* evita il primo di questi difetti ma non gli altri, che invece sono evitati del tutto col profilo *d*, il quale richiede per verità un maggior consumo di materiale, ma presenta una resistenza straordinariamente grande per la doppia chiodatura alternata. Si può rinforzare maggiormente il gambo praticandovi dei rigonfiamenti verso una parte e l'altra, come si vede in *e*.

È poi da osservarsi che sovente questo genere di costruzione viene affidato ad operai qualunque e magari ai soldati; cosicchè bisogna rinunciare alla chiodatura ribattuta, perchè chi non è pratico batte i chiodi fino a rottura, oppure taglia la lamiera colla testa dei chiodi. È quindi assai più conveniente impiegare dei chiodi da ribattere a spacco (fig. 1878 A, *a* e *b*) od a punzone (fig. 1878 B, *a* e *b*); entrambi questi tipi sono formati con ferro dolce od acciaio; i primi si ribattono colla penna del martello. gli ultimi con un punzone, ottenendosi in entrambi i casi sufficiente resistenza allo sforzo tagliante. Quest'ultimo genere di chiodi è da preferirsi ad ogni altro quando si debba inchiodare una lamiera piuttosto sottile con una nervatura più grossa (con capocchie affondate), e quando la testa dei chiodi potrebbe riescire imbarazzante (fig. 1878 B, *c*).

XI. — SOLAI METALLICI

a) Soffittatura delle aperture nei muri.

Ogni qualvolta non è applicabile una costruzione ad arco, si raccomanda sempre di chiudere superiormente le aperture con travi di ferro o di collocarvi un architrave in muratura con armatura inferiore in ferro, oppure di costruire una piattabanda di calcestruzzo cementizio armato.

Nella fig. 1879 è rappresentata un'armatura semplice di questo genere: si tratta del collocamento di un architrave da finestra in mattoni forati da *paramento*, che ha da portare poco più del proprio peso; i mattoni sono disposti coi giunti verticali,

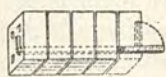


Fig. 1879.

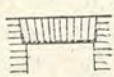


Fig. 1880.

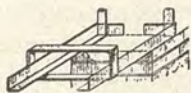


Fig. 1881.

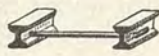


Fig. 1882.

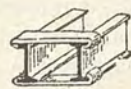


Fig. 1883.

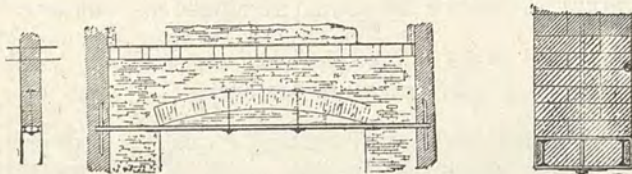


Fig. 1884.

Fig. 1879 a 1884. — Sistemi diversi per architravare aperture.

i quali si sigillano con malta di cemento dopo aver applicato il collegamento di sostegno, formato da una verga tonda o quadrata introdotta nei fori dei mattoni stessi e ripiegata alle estremità.

Secondo un'altra disposizione si possono adoperare uno o più ferri piatti appoggiati con ripiegatura alle estremità e ricoprenti l'apertura, sopra i quali si costruisce una piattabanda in mattoni a coltello (fig. 1880).

Per maggiori grossezze di muro, e per maggiori ampiezze di aperture si ottiene spesso la necessaria resistenza con due ferri d'angolo ripiegati all'insù alle estremità, oppure l'uno verso l'altro, e collegati per mezzo di cerchiature in ferro piatto ad intervalli di circa 75 cm. Su di essi si eseguisce poi la piattabanda (fig. 1881). In date circostanze possono adoperarsi allo stesso scopo due ferri a Γ dei più leggeri (sagoma n. 3), del peso di $4 \div 6$ Kg. per m. l., collegati insieme alle estremità con verghe ripiegate (fig. 1882), o stretti con anelli od arpioni doppi (fig. 1883). Spesso può servire da sostegno anche un foglio di sottile lamiera ondulata.

Un'armatura in ferro per arco di scarico, adottata sovente con buon successo, è quella indicata dalla fig. 1884, che rappresenta l'armatura dell'arco di un'apertura di porta di 4 m. di larghezza in parete di due teste di grossezza, con un ragguardevole carico centrale e coi piedritti poco caricati dal muro soprastante e traforati da condotti. L'armatura formata da due ferri a Γ leggieri di 10 cm. di altezza, è posta in tensione per mezzo di cerchiature e sospesa a piastre poste sopra l'arco. Altre piastre sono introdotte fra le teste di chiave per ripartire la pressione. L'armatura porta il riempimento sotto la vòlta e tra le ali dei ferri a Γ sono introdotti dei pezzi di tavola, ai quali si può comodamente assicurare il telaio maestro della porta, ecc.

Per chiudere superiormente le grandi aperture delle vetrine di negozi si adoperano di solito ferri a Γ semplici od accoppiati. Se l'altezza è limitata possono prestare buon ufficio le travi della sagoma 4 (Tav. IX, pag. 782); se è anche limitato lo spazio in larghezza si adoperano le travi colla sezione detta *ad incudine* (n. 5), o con alette intermedie (n. 10), oppure i ferri a \square (n. 11, 12), od a Z , ecc., od anche, per carichi molto grandi, le travi di lamiera composte a cassa.

Nei muri frontali le travi maestre vengono collocate nell'altezza dell'impalcato, cosicchè ricevono immediatamente le teste dei travetti. Vi si applica quindi, per potervi stabilire il solito rivestimento che copre le imposte avvolte a rotolo, un ferro a \square od a Γ , che porta appunto soltanto il muro di rivestimento. Se le aperture hanno più di due metri di ampiezza, è opportuno collocare piatto il ferro che porta il rivestimento e sospenderlo nel mezzo all'asta di uno dei travetti soprastanti.

È da osservarsi che è sempre utile di collegare insieme con travi continue parecchie aperture (quando non sieno eccessivamente grandi gli intervalli tra le medesime), poichè in tal modo questi travi, come incastrate, posseggono una resistenza molto maggiore, e permettono un sensibile risparmio nel peso del ferro e nei collegamenti.

Rispetto alla sicurezza contro il fuoco è preferibile generalmente adottare travi accoppiate piuttosto che semplici, potendosi esse più facilmente e più durevolmente ricoprire con muratura. È sempre opportuno riempire con muratura le parti vuote.

b) Travature portanti.

La sezione più opportuna per le travi portanti è quella a Γ di profilo normale, ma qualche volta si riuniscono invece insieme altri profili di ferri laminati per mezzo di chiodarde, di anelli, oppure si formano le sagome mediante chiodature. Quest'ultimo caso si verifica sempre quando i profili normali eccederebbero un certo peso relativo.

Nelle figure seguenti sono rappresentate schematicamente queste composizioni di travi portanti.

a) Travi composte piene.

1. Trave a Γ con gambo di lamiera e ali con ferri d'angolo (fig. 1885). Se sonvi anche 2 o più lamiere sovrapposte sulle ali, formanti suola, è necessario rendere più rigida la lamiera verticale con ferri d'angolo formanti nervature a distanze di m. 1,50, ed in date circostanze occorre un raddoppio (fig. 1886).

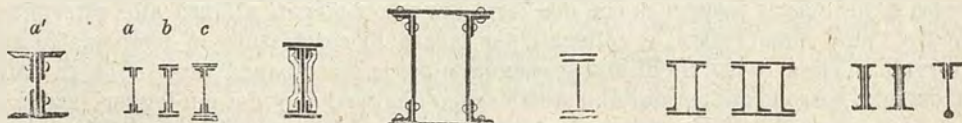


Fig. 1885.

Fig. 1886.

Fig. 1887.

Fig. 1888.

Fig. 1889.

Fig. 1890.

Fig. 1885 a 1890. — Sezioni di travi portanti composte.

2. Similmente vengono formate delle travi a cassa con ferri d'angolo e lamiere; con questa forma non occorrono nervature (fig. 1887).

3. Trave a Γ con lamiere di rinforzo (fig. 1888).

4. Travi composti a cassa con ferri a \square e lamiere (fig. 1889).

5. Forme eccezionali: per es. (fig. 1890) due ferri a \square con asta in lamiera o con lamiere di rinforzo alle chiodature, oppure anima con ferro a bulbo e ferri d'angolo nell'estremo opposto.

β) *Travi reticolari.*

Di solito vengono composte secondo le seguenti forme fondamentali:

1. con saette inclinate e tiranti verticali (sistema Neville) (fig. 1891).
2. con saette verticali e tiranti inclinati (fig. 1892).
3. con tiranti e saette formanti triangoli isosceli (fig. 1893).
4. id. con saette e tiranti incrociantisi (fig. 1894).
5. con saette e con tiranti rispettivamente incrociantisi e verticali (traliccio misto o bastardo) (fig. 1895).
6. a reticolato completo (o a traliccio) (fig. 1896).

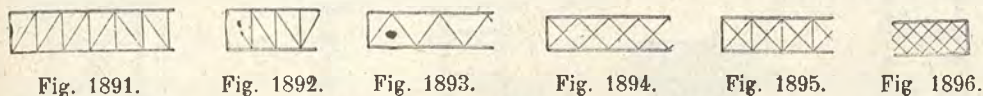


Fig. 1891 a 1896. — Schemi di travature reticolari.

L'armatura di contorno si eseguisce con ferri d'angolo o ferri a \perp , di rado con lamiere di testa; le saette si fanno di ferro piatto o di ferri ad angolo o a \perp . I collegamenti che si devono usare per queste travi vennero già indicati (v. anche pag. 511); se ne dà un completamento nelle fig. 1897 a 1903.

E da notarsi in particolare che colla disposizione della fig. 1897 *a* si ottiene un aspetto più elegante ed una maggiore rigidezza che con quella della fig. 1897 *b*; se le sbarre del reticolato, che fanno da contraffissi (o saette), vengono formate con ferri

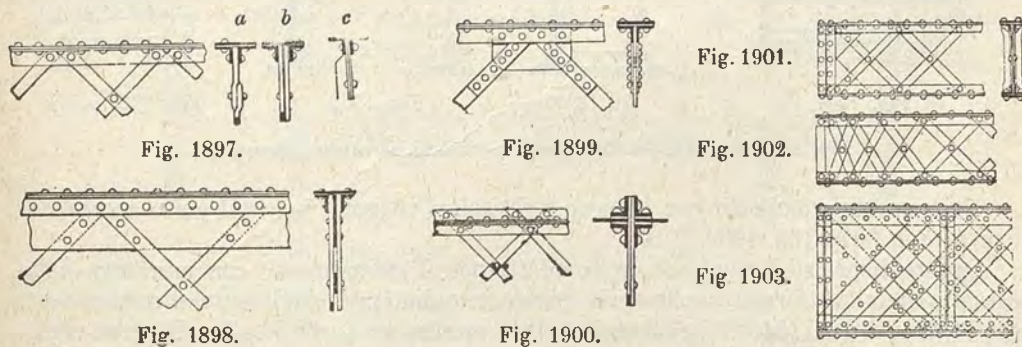


Fig. 1897 a 1903. — Particolari costruttivi di travi reticolari.

a \perp , e quelle che fanno da tiranti con ferro piatto, come nella fig. 1897 *c*, si uniscono i vantaggi del sistema Neville (fig. 1891) con quelli del sistema della fig. 1892, senza dover abbandonare i vantaggi offerti dal disporre le maglie del reticolato, come indica la fig. 1902; colla quale disposizione si raggiunge, insieme allo scopo estetico, quello che forma il carattere essenziale delle travature reticolari, cioè la maggiore economia nell'impiego del materiale.

La disposizione della fig. 1897, con lamiere intermedie per la chiodatura, è buona per potere eseguire una chiodatura molteplice delle saette; la disposizione della fig. 1898 si adotta solo per dimensioni straordinarie, e a quella della fig. 1899, che non è molto razionale, si ricorre solo quando le lamiere debbano avere una data posizione e i ferri d'angolo di rinforzo non debbano eccedere una certa larghezza.

L'impiego di lamiere d'angolo per le chiodature, secondo le fig. 1901 e 1903 è per sè stesso comodo (se anche di non bell'aspetto), e perciò sempre consigliabile quando gli appoggi ricevono anche un sopraccarico speciale.

Come forme particolari delle travature reticolari sono da considerarsi quelle trapeziche (fig. 1707) che, facendo successivamente più vicine le saette, si trasformano in *travature paraboliche*. Vengono ordinariamente formate interamente con ferri d'angolo e trovano principalmente applicazione nelle costruzioni più leggiere, come per arcarecci e simili.

Le travi accoppiate si possono comporre: 1° semplicemente bullonando le aste rispettive; 2° introducendo dei bulloni di ritegno (fig. 1904, 1905), con cuscinetto o collare di ferro o di ghisa; 3° sbadacchiando con ripieni di ferro; 4° sbadacchiando con cuscinetti od anelli di ghisa (fig. 1906 a 1908).

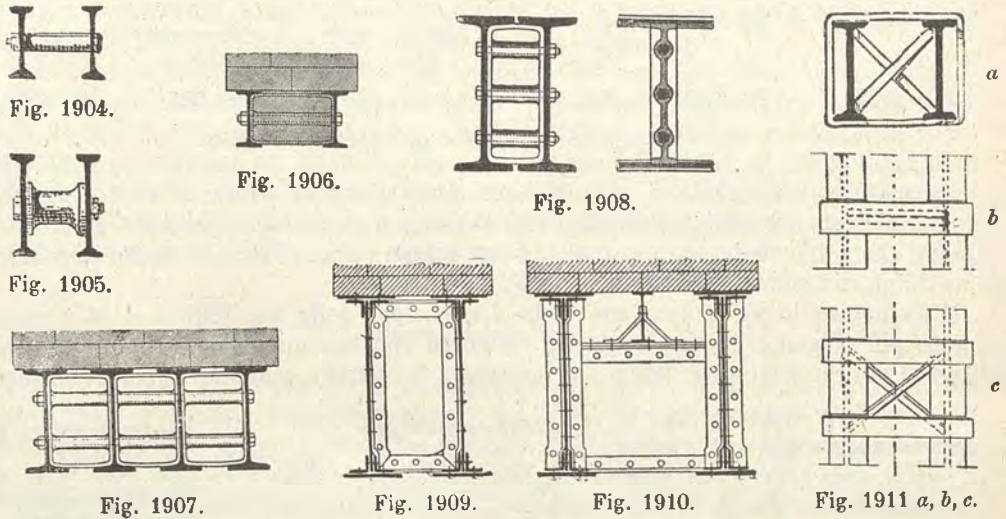


Fig. 1904 a 1911. — Collegamenti diversi per travi accoppiate.

Le travature composte con lamiere e reticolari vengono in simil guisa accoppiate con aste in ferro (fig. 1909, 1010).

Queste disposizioni non sono molto adatte per il riempimento con muratura della cassetta metallica formata dalla trave. Si ricorre quindi preferibilmente ai collegamenti con arpioni esterni (fig. 1883), alle cerchiature esterne, ed ancor meglio, all'introduzione di una serie di verghe quadrate (fig. 1911) (pianta in *b*).

Le travature composte con cerchiature di tensione esterne, per le quali i profili ad ali strette si adattano ottimamente per venir murati, offrono facile opportunità anche per essere completamente circondati con muratura e presentare così la massima sicurezza possibile contro il fuoco. Il rivestimento completo in muratura difende generalmente dalle forti variazioni di temperatura, e quindi dalle variazioni di lunghezza. Le cerchiature devono essere sempre poste in tensione con biette a cuneo.

Coll'applicazione di sbadacchiature si raggiunge, con mezzi limitati, una grande rigidezza; non si richiede una grandissima esattezza di lavoro, quando sia ottimo il materiale con cui si eseguisce il riempimento. Collocando parecchie sbadacchiature in prossimità degli appoggi si aumenta sensibilmente, con piccolo dispendio di ferro, la resistenza delle travature immurate, specialmente quando gli sbadacchi, inclinati anche nella direzione longitudinale, agiscono come saette (contrafissi) di reticolato (fig. 1911 *c*).

I rinforzi ottenuti con tensioni forzate di solito si adottano soltanto quando non si hanno a disposizione travi della forma calcolata e spesso si ottiene un sensibile risparmio di materiale. Si può ottenere questa tensione forzata: 1° con tiranti a travi arcuate (fig. 1912), attaccando i tiranti alle ali piegate; 2° con tiranti fra travi

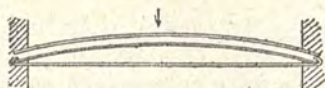


Fig. 1912.

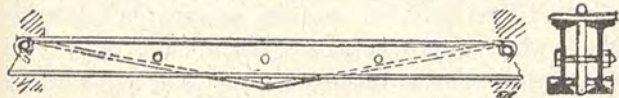


Fig. 1913.

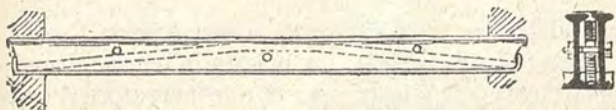


Fig. 1914.

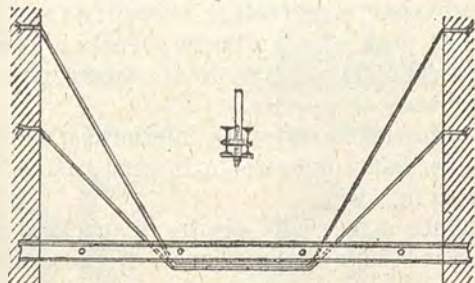


Fig. 1915.

Fig. 1912 a 1915. — Sistemi vari per aumentare la resistenza delle travature.

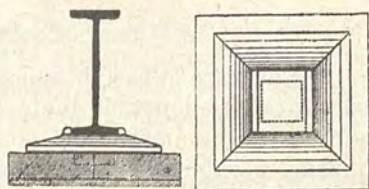


Fig. 1917.

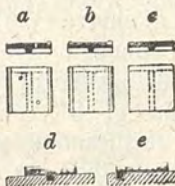


Fig. 1918 a, b, c, d, e.

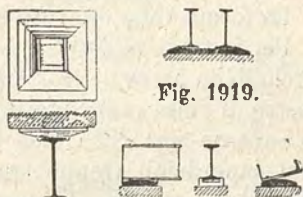


Fig. 1919.

Fig. 1920.

Fig. 1921.

Fig. 1917 a 1921. — Piastre di pressione, in ghisa.

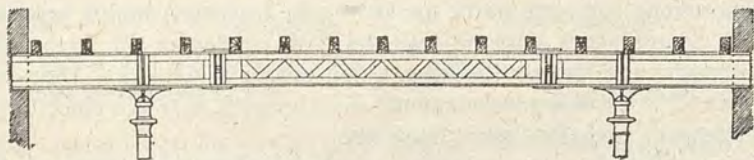


Fig. 1916. — Travatura articolata.

collegate con bulloni (fig. 1913); 3° con sbarre di tensione (fig. 1914); 4° con tiranti di sospensione (fig. 1915). Quest'ultimo modo è naturalmente applicabile solo in dati casi particolari.

Travature articolate. — Quando le travature hanno lunghezze molto considerevoli, specialmente se sono isolate e soggette quindi a forti variazioni di temperatura, oppure se devono sopportare carichi molto variabili, si costruiscono vantaggiosamente, come nella costruzione dei ponti, non come travi continue, ma come travi snodate (fig. 1916). La travata di mezzo viene appesa a snodo (consistente in semplici sbarre trasversali) alle parti estreme della travatura rigidamente fissata o immurata da una parte ed appoggiate dall'altra su sostegni a bilico. È necessario di adottare questo sistema specialmente allorchè le dimensioni della trave sono così considerevoli da essere obbligati a diminuirne la portata per mezzo di sostegni metallici, nel qual caso, variando questi di lunghezza colle variazioni di temperatura, possono produrre dilatandosi dei dannosi incurvamenti nella travatura.

Travature scomponibili. — Nel paragrafo f) è esposto un nuovo sistema di travi ideato dal Joly, assai usato nelle costruzioni metalliche, per il vantaggio che presentano di essere scomponibili e quindi facilmente trasportabili e nello stesso tempo di offrire grande resistenza.

c) Basi di appoggio su muri e su sostegni metallici.

Per formare le basi di appoggio, ossia per riportare la pressione sopra sostegni in muratura, si adoperano tanto dei ferri fucinati o laminati, profili a \perp , a \perp , a \perp ed anche a \perp , come anche dei ferri piatti. I ferri profilati saranno sempre da adottarsi quando si voglia in pari tempo sbadacchiare muri, come per es., quando detti ferri debbano essere caricati anche lateralmente da muratura soprastante e quando le travature debbano essere ancorate, così che la piastra di pressione possa servire anche da testa di chiave (V. *Chiavi*).

Per l'appoggio invece su pilastri isolati o su teste di pilastri si raccomanda l'applicazione di piastre di pressione in ghisa (fig. 1917-1921). La piastra in forma piramidale della fig. 1917 è adatta particolarmente per pilastri isolati e le nervature d'orlo sigillate facilitano un più pronto e sicuro collocamento in opera.

Le forme della fig. 1918 sono tutte provviste di nervature inferiori da sigillare il che garantisce di poter presto ottenere una posa stabile: quella segnata *a* ha inoltre dei fori per introdurre delle viti di fondazione o delle chiavarde di assicurazione.

La forma della fig. 1919 è adatta per le travi accoppiate.

Per le travi incastrate è necessario caricarne le estremità inferiori: si adoperano perciò delle barre di pressione, come quelle dianzi indicate, o in certi casi le stesse piastre di ghisa capovolte, come dimostra la fig. 1920.

Sovente una falsa idea economica induce a dare alle piastre di appoggio dimensioni superficiali troppo scarse. Ne nascono delle ineguaglianze di pressione, che fanno risentire i loro dannosi effetti anche dopo parecchi anni. Lo scopo delle piastre di appoggio non è solo quello di ripartire le pressioni sopra più larga superficie, ma anche di ristabilire l'equilibrio nelle pressioni sui sostegni, quando esso sia turbato da carichi eventuali o da unioni di materiali di resistenza diversa.

Nella disposizione indicata dalla fig. 1916 per travature molto arcuate, che pel crescere della temperatura possono rialzarsi, può convenire ed anche prescriversi di dare all'appoggio una forma cilindrica, come indica la fig. 1921. Adottando questo sistema si ovvia all'eventuale rovesciamento della piastra, e si può riportare sempre in direzione verticale la pressione sulla muratura.

Per ottenere appoggio sopra sostegni metallici isolati, può essere vantaggioso di ricorrere ad alette o mensole, come si vede nella fig. 1922. È però pericoloso il sistema di inchiodare o bullonare in tal modo le travature, perchè le pressioni laterali agiscono sui sostegni e possono produrre schiantamenti. È quindi migliore la disposizione della fig. 1923, nella quale le alette sono di getto con un pezzo anulare che riposa liberamente sulla colonna.

Ancora migliore è la disposizione della fig. 1924, nella quale tra la colonna e le piastre di collegamento è lasciato un giuoco sufficiente, oppure quella della fig. 1925, nella quale un pezzo anulare riceve il collegamento delle travature, ed esso stesso poggia sulla colonna solo coll'ala (flangia) anulare inferiore e sopra un anello in lamina di piombo.

La fig. 1926 mostra la miglior disposizione per introdurre, tra due colonne sovrappontenti, un pezzo a forcina che accavalca la travatura, e che può esercitare solo pressione verticale quando gli appoggi delle estremità ne sieno mobili.

d) Solette di compimento.

a) Generalità; norme costruttive.

Molte volte le travi di ferro vengono adoperate unicamente in sostituzione delle grosse travi di legno per ottenere risparmio nell'altezza della costruzione, oppure per evitare di agglomerare molto materiale combustibile in quei locali o edifici dove facil-

mente può manifestarsi il fuoco, od infine per ovviare all'imputridimento del legno nei luoghi umidi, e la conseguente rovina dei solai. Spesso la ragione principale che suggerisce l'impiego del ferro è quella della sicurezza contro il fuoco, ma molte volte entra in giuoco anche la considerazione del peso minimo e quella della maggior facilità della messa in opera.

A vero dire l'esperienza ha dimostrato che per quanto meno combustibili dei solai costituiti da solo legname, i solai misti di ferro e altri materiali, anche incombustibili, non hanno dato prova di grande sicurezza negli incendi; poichè si sono veduti edifici,

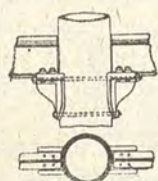


Fig. 1922.

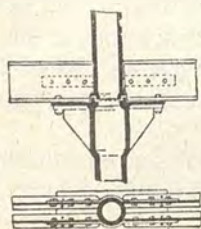


Fig. 1924.

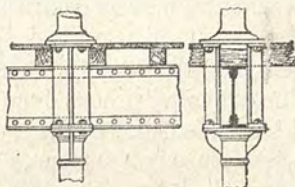


Fig. 1926.

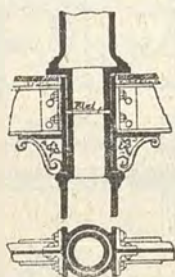


Fig. 1923.

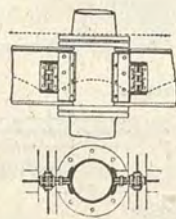


Fig. 1925.

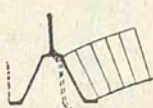


Fig. 1927.



Fig. 1929.



Fig. 1930.

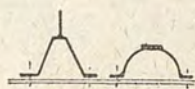


Fig. 1928 a, b.



Fig. 1931.

Fig. 1922 a 1926. — Disposizioni di appoggi sopra sostegni isolati.

Fig. 1927 a 1931. — Travature di ferro per solai.

e specialmente stabilimenti industriali od opifici, in cui il ferro predominava come elemento costruttivo, rovinare completamente in seguito ad incendi, anche dove si era usata la precauzione di rivestire le parti metalliche con materiali resistenti. Il materiale che oggi si conosce come veramente resistente contro il fuoco, e che dà assoluto affidamento di sicurezza, è il calcestruzzo cementizio armato o non.

Nella costruzione dei solai si devono tener presenti alcune norme che qui si espongono.

1° Siccome lo zolfo intacca fortemente il ferro, così si deve evitare l'impiego di materiali che contengano zolfo, oppure essi devono bene isolarsi dalle parti metalliche.

2° Si devono evitare appoggi irrazionali come quelli della fig. 1927, che facilmente si contorcono sotto l'azione del fuoco, causando il crollo delle solette che sostengono. Simili forme di travi, che del resto offrono parecchi vantaggi nei solai a voltine di mattoni e di getto, devono essere sbadacchiate o collegate nella parte inferiore come indica la fig. 1928 a, b, con lame o tondini di ferro che funzionano altresì da chiavi (v. anche fig. 982). Il sistema indicato nella fig. 1929 (v. anche fig. 977) è pure difettoso poichè, non passando la linea di pressione delle voltine al piede dell'asta, si possono verificare delle pressioni sulle ali inferiori che ne producono il ripiegamento, come è indicato in disegno, specialmente quando la resistenza del ferro venga a diminuire sotto l'influenza del fuoco. In tal caso conviene adottare un sistema di rivestimento delle ali inferiori della trave metallica, di cui si è già parlato trattando della costruzione delle voltine per solai (v. fig. 503 e seg.).

3° Si accoppino preferibilmente le travi di solai caricate inegualmente od obliquamente mediante appositi pezzi lavoranti a tensione invece di semplicemente sbadacchiarle o rinforzarle con tiranti (fig. 1882), ciò che può essere talvolta pericoloso.

4° Si eviti di posare direttamente sul ferro i travicelli di legno, ma s'interponga qualche sostanza elastica (per es., cartone incatramato e simili). La stessa precauzione si deve usare per impedire l'imputridimento del legno negli appoggi sui muri. Per ovviare ai danni che produce sul legno l'acqua che si condensa sulle parti metalliche, è indispensabile che in ogni punto di contatto fra legno e ferro si facciano delle spalmature di asfalto, o delle coloriture di olio di lino e cera su cui si sparge del sughero polverizzato o simili. Così nei solai formati soltanto di un tavolato di legno posato sopra travi di ferro (fig. 1930), si deve tra queste interporre uno strato di feltro o cartone incatramato, precauzione non indispensabile pei travi a \surd sorreggenti i travicelli di sostegno (fig. 1931).

Nelle travature con sezione a V (fig. 1942) serve bene tanto il cartone incatramato quanto la spalmatura di asfalto, però assai più costosa. Nella disposizione della

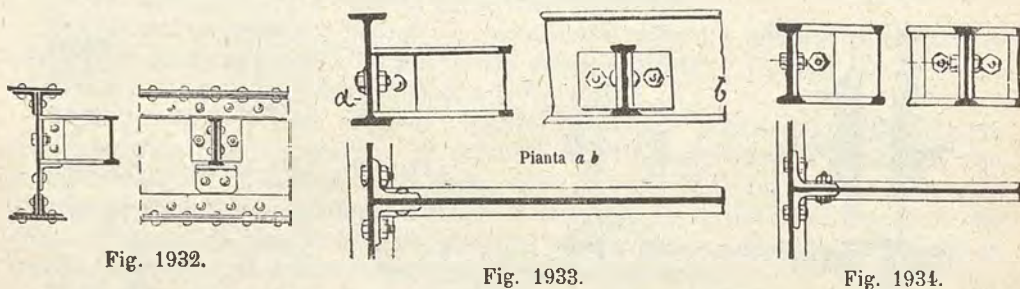


Fig. 1932.

Fig. 1933.

Fig. 1934.

Fig. 1932 a 1934. — Sistemi di attacco fra le nervature metalliche di solai.

fig. 1937 basta impregnare con olio o catrame l'anima interposta, che riceve i chiodi, e in quella della fig. 1938 spalmare con catrame tutte le superficie di contatto.

5° Se a un solaio con travi di ferro, con o senza travicelli di legno, si deve applicare inferiormente un intonaco su rete metallica, o su cannicci e listelli, od anche su voltine o volterrane laterizie o di getto, bisogna badare che l'intonaco abbia una certa grossezza (almeno cm. 2, 5), anche sulle ali inferiori dei ferri, onde diminuire il pericolo di fenditure nell'intonaco in corrispondenza delle travature di ferro, o l'apparizione della posizione di queste in seguito al cambiamento di colore dell'intonaco aderente alla parte metallica. Allorchè i locali sono esposti a sensibili cambiamenti di temperatura, è raccomandabile, anche quando esista un soffitto su rete metallica o cannicci, di rivestire le ali inferiori dei ferri con cartone incatramato.

Si è notato che i solai collegati con forti tiranti, allorchè questi siano ben calcolati e di tipo adatto, presentano molti vantaggi anche dal lato economico, in confronto di quelli formati con travi appoggiate su travi trasversali. Essi servono di collegamento ai muri d'ambito, aumentandone la stabilità. Di tali collegamenti si è già detto. Le fig. 1932, 1933 e 1934 rappresentano varie maniere di attacco delle travette secondarie alle principali, ed altre se ne vedranno in avanti (v. anche pag. 511 e seg.).

β) Solai di travi in ferro con pavimento in legno e rivestimento inferiore in legno.

Secondo la fig. 1935 sono bullonati all'asta delle travi in ferro dei beccatelli ed alle loro estremità inchiodati dei listelli sui quali alla loro volta si può inchiodare sia il pavimento superiore sia il rivestimento inferiore di legno. Secondo la fig. 1936 i singoli

tasselli sono cacciati tra le ali e fasciati insieme con un pezzo di tavola, mediante legature di reggia di ferro. Nella fig. 1937 un pezzo di tavola è inchiodato fra i due ferri a C che costituiscono la trave. Questa disposizione è più particolarmente adatta per i tetti. Nella fig. 1938 (sistema usato nel Belgio) dei ferri piatti a gola sono assicurati alle estremità di verghette d'acciaio (inchiodate all'asta della trave). La chiodatura con chiodi dentellati a sega (fig. 1939) si è riscontrata sicura, ma l'applicazione non se ne è diffusa in causa della minuziosa esecuzione.

Le travi divise in due parti (sistema Gocht), fig. 1940, 1941, fra le quali è racchiusa un'anima a forma di vite, di sezione rotonda se di ferro ed oviforme se di ghisa, che

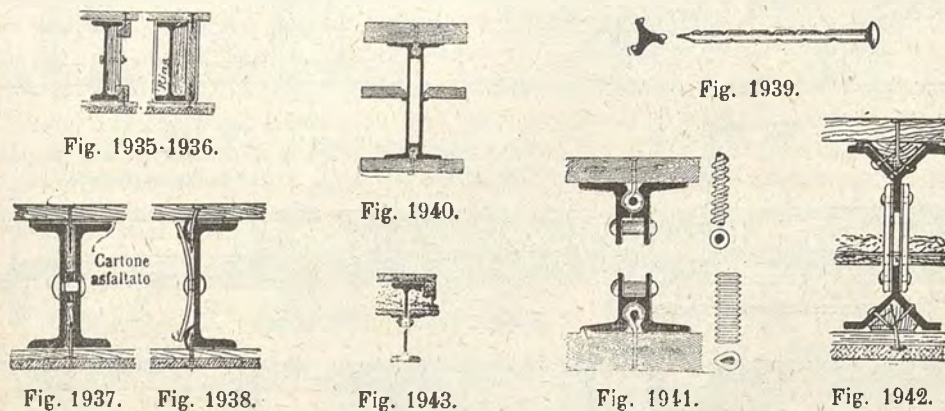


Fig. 1935 a 1943. — Particolari costruttivi di solai in ferro e legno.

obbliga i chiodi lunghi a ripiegarvisi intorno ed a fare così da arpione, sono piuttosto costose e richiedono operai molto pratici.

La disposizione con ferri in forma di V, che vengono poi riuniti tra loro con sbarre piatte inchiodate a reticolato (fig. 1942), è opportuna nei casi in cui carichi molto ragguardevoli richiedano grande altezza di travatura, come avviene negli opifici e simili. Naturalmente anche con questo sistema, come col precedente, si deve frapporre del cartone bituminoso o simili tra legno e ferro. È bene riempire le travi a V superiori, oppure praticarvi dei piccoli fori per quali possa avere scolo l'acqua che eventualmente vi penetra.

Nelle due forme ora descritte di travature è prevista l'interposizione di un falso solaio per la formazione del riempimento. Esso può facilmente stabilirsi anche con altre forme di travature, come mostra la fig. 1943. Se si ha motivo di temere trapelamenti d'acqua, si possono tenere distaccati i ferri d'angolo dall'asta con due pezzetti di ferro piatto in corrispondenza alle chiodature; si ottiene poi l'impenetrabilità stucando le fessure con argilla o simili. Questo sistema di attacco può essere parimenti utilizzato per sostegni del pavimento.

γ) *Sollette formate con travicelli di legno e tiranti di ferro sottostanti o intermedi.*

Il sistema più semplice è quello in cui i travicelli di legno poggiano sopra le travi di ferro (fig. 1944). Nel sistema rappresentato dalla fig. 1945, i travicelli di legno appoggiano sulle ali dei ferri, a cui sono assicurati mediante cantonali bullonati; questo sistema si usa per solai con soffitto continuo o a raso. Ove le portate sono maggiori ed occorrono travi composte o reticolari, e non importa che restino visibili nel soffitto le nervature principali di sostegno, le quali possono anche dar motivo a cassettonature, allora si ricorre ai sistemi delle fig. 1946, 1947.

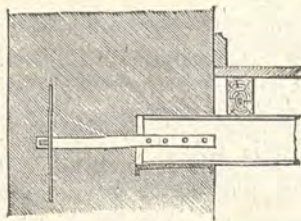


Fig. 1944.

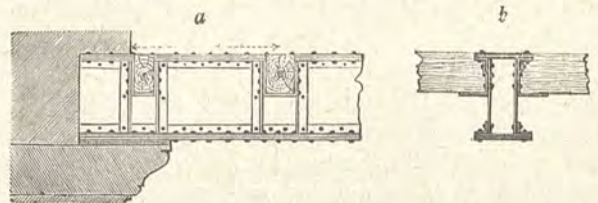


Fig. 1947 a, b.

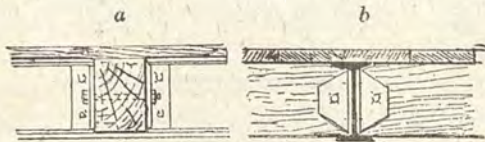


Fig. 1945 a, b.

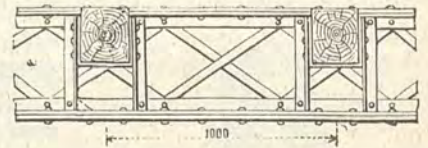
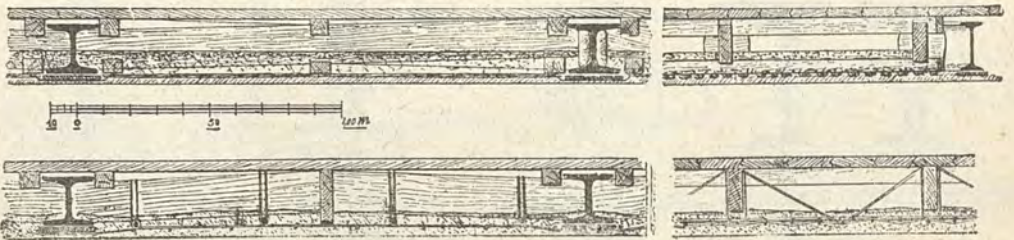


Fig. 1946.

Sezione trasversale

Fig. 1948.

Sezione longitudinale



Sezione trasversale

Fig. 1949.

Sezione longitudinale

Fig. 1944 a 1949. - Sistemi vari per formazioni di solette in legno per solai.

Nella fig. 1948 è rappresentato un solaio adottato frequentemente in Lorena, e che può considerarsi come l'origine dei così detti solai alla parigina. Le travi a Γ , di profilo più largo del normale, sono collocate da m. $1,50 \div 2$ di distanza l'una dall'altra, e sono sbadacchiate a distanze di circa cm. $50 \div 60$ con tavole di cm. $4 \div 6$ di grossezza disposte in croce; si ottiene un solido appoggio di queste tavole contro le ali delle travi, a mezzo di cunei forzativi da una parte in alto e dall'altra in basso.

I travicelli a sostegno del pavimento di legno e quelli di sostegno del riempimento e del soffitto incannucciato, si dispongono nel modo solito, come del resto risulta dalla figura. Se l'intonaco del soffitto deve applicarsi sopra una tela metallica, si dovrà tenere questa almeno cm. $1\frac{1}{2}$ o 2 più in basso dello spigolo inferiore delle ali delle travi in ferro, perchè l'intonaco possa far presa e non abbiano poi a rendersi visibili le travi stesse nella superficie inferiore del soffitto con screpolature o con una colorazione diversa (fig. 1949).

Questi solai vengono spesso formati in modo che gli sbadacchi fra le travi rimangono di circa cm. 2,5 più in basso delle ali, e superiormente vengono inchiodati con delle tavole sottili sulle quali viene poi assicurato il pavimento, mentre lateralmente vi vengono inchiodati dei capi di filo di ferro che portano una rete metallica o delle verghette di legno di mm. $5 \div 6$ di grossezza, che, intonacati a gesso, formano il cielo del soffitto, detto comunemente *plafone*.

Sovente i solai che, per ampiezza di m. $5 \div 6$, non sorpassano i cm. 20 di altezza totale, vengono riempiti con trucioli spappolati con calce magra o con gesso diluito.

Riguardo alla resistenza al carico di questi solai, bisogna aver riguardo a ciò, che i singoli carichi mobili non vengono sopportati da una campata isolata, ma che anche le

campate vicine, per effetto della sbadacchiatura vi partecipano allo sforzo, e perciò sono necessari forti appoggi e chiavi trasversali. Per assicurare che la tensione si verifichi realmente per effetto degli sbadacchi, si puntellano nel mezzo le travi di ferro, mentre si mettono in opera gli sbadacchi stessi.

La conduttività del calore viene diminuita coll'applicazione del soffitto intonacato. Il miglior sistema sarà sempre quello in cui tutto il materiale metallico è completamente rivestito con materiale poco conduttore, e che le parti in legno ne sieno separate colla interposizione di laterizi, tavelle, tegole piane e simili.

δ) Solai di getto di sistema parigino.

Per formare questi solai si pongono in opera delle travi a Γ ad ali strette, con o senza chiavi, a distanza di circa m. 0,65 ÷ 0,85 al massimo l'una dall'altra; vengono sempre assicurate con chiavi le pareti parallele alla direzione delle travi, quando non abbiano a ricevere una contropressione sull'altra faccia. Vicino alle pareti laterali, se queste sono grosse, non si dispone nessuna trave, oppure si collocano travi più deboli delle altre (anche ferri a L od a Γ); se invece sono sottili e non sbarrate, si collocano



Fig. 1950 a, b. — Solette di sistema parigino.

Fig. 1951 a, b. — Solette con laterizi vuoti di punta.

travi più robuste. Da trave a trave, a distanza di circa m. 1 ÷ 1,10 al più (fig. 1950), si collocano delle sbarre uncinato di ferro piatto di 25 mm., che devono essere ripiegate contro l'asta e l'ala inferiore del ferro, oppure serratevi contro per mezzo di rottami di mattoni. Nei soffitti molto caricati vengono inoltre collocate liberamente nella direzione delle travi delle verghe di ferro fucinato di 10 mm. in quadro o di mm. 15 × 10 che suddividono lo spazio. Sotto al solaio si colloca a contrasto, od appeso, un suolo di tavole alla distanza di cm. 1 1/2 ÷ 2 dall'ala inferiore. Si prendono in seguito dei pezzi di vecchi solai di gesso demoliti, o di intonaco di pareti (calcinaccio o muriccio in pezzi, *plâtras* dei francesi), naturalmente scelti, duri, asciutti e senza polvere, oppure anche dei pezzi di pietre naturali assorbenti o di materiale laterizio, e si dispongono a strati di cm. 8 ÷ 12; su questo riempimento si versa poi della malta di buon gesso da fabbrica che riempia gli interstizi, tralasciando a tutta prima di sigillare le estremità del solaio che stanno vicine a pareti non assicurate alle travature con tiranti o con sbadacchi. Le travi di ferro poste in opera colla loro curvatura naturale, come provengono dalla ferriera (non raddrizzate come si usa in Germania), cioè convesse verso l'alto con una saetta di circa 1 cm. per metro di lunghezza, cedono alquanto dopo il carico: soltanto dopo questo cedimento si sigillano, sempre con malta di gesso, gli interstizi lasciati.

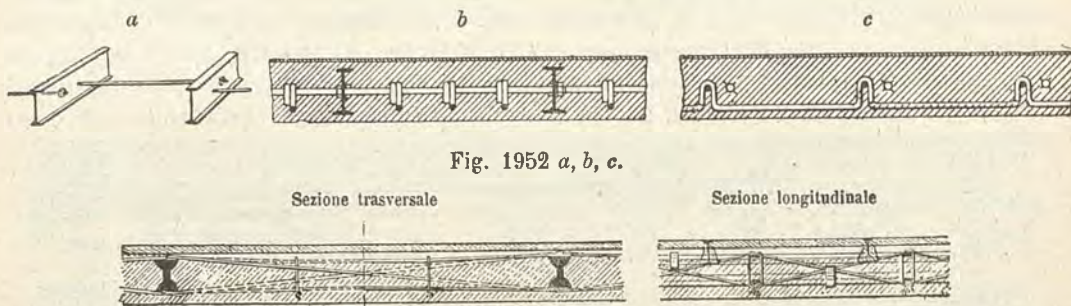
I travicelli che sopportano il pavimento vengono inchiodati lateralmente con grosse punte, le teste delle quali si assicurano al riempimento od alle travi con malta di gesso (come nella fig. 1951 a). Assai di rado si adotta un riempimento di sabbia, ma spesso quello di cenere di carbone *coke* eguagliato poi con sabbia, specialmente quando si abbia a posarvi sopra un pavimento di piastrelle.

Il getto in gesso circonda tutta la parte in ferro, e quindi ordinariamente si ritiene bastevole applicarvi sotto un intonaco dello spessore di cm. 1/2 ÷ 1.

Un antico processo per ottenere l'indurimento dei getti in gesso (col quale si otteneva un effettivo risparmio di gesso) venne quasi affatto abbandonato in seguito alla

quantità di nuovi processi proposti; però da parecchi anni venne ripreso. Si aggiungeva circa $\frac{1}{6}$ di calce grassa in pasta alla malta di gesso. Tosto dopo avvenuta la presa si inzuppava la massa per un'ora o due con una soluzione di solfato di ferro o di zinco, trasformando così la calce caustica (ossido di calce) in gesso (solfato di calce). Le lamelle di gesso cristallino, non ancora completamente indurite, si agglomeravano per tal modo insieme che il gesso raggiungeva quasi la durezza di un buon cemento.

Poichè le travi ad ali strette hanno un'altezza comparativamente maggiore di quella a travi larghe, così si credeva con queste ultime di poter ottenere dei solai di minore altezza, e di far perciò a meno delle sbarre uncinate, piuttosto costose, sostituendovi semplicemente le verghe tonde bullonate, come nella fig. 1952 *a*, o delle sottili verghe soltanto inserite, come in *b* e *c*. Come si è già detto, bisognava in tal caso rivestire l'ala inferiore con intonaco, di forte grossezza, per evitare le screpolature nel

Fig. 1952 *a, b, c*.

Sezione trasversale

Sezione longitudinale

Fig. 1953.

Fig. 1952 e 1953. — Solai di sistema parigino.

soffitto, mancando la sbadacchiatura. Anche i solai pieni, ossia con riempimento di tutta altezza come nella fig. 1952 *b* e *c*, non si possono caricare fortemente perchè il carico proprio del materiale di riempimento diventerebbe troppo grande, quando non si possono adottare travi di minore altezza.

Dove il gesso è a buon mercato, per solai poco caricati, sui quali si debba porre solo un tappeto di *linoleum*, può essere vantaggioso il sistema ora descritto.

Per la costruzione di solai di questo genere si adottarono travi di sezione molto limitata (sagoma n. 3) soltanto rilegate in giro con filo piatto (fig. 1953 *a, b*), interponendovi poi una rete formata con filo tondo sottile e riempiendo il tutto con gesso colato. Si ottennero così dei soffitti perfettamente sicuri contro il fuoco, che per ampiezze di m. 3,50 ÷ 4 hanno solo un'altezza di circa cm. 10 ÷ 12. La spesa di mano d'opera risulta però relativamente elevata, se non si hanno a disposizione operai che siano pratici del sistema.

*) Solai con materiali laterizi.

Di questo genere di solai si è parlato trattando delle voltine su ferri (pag. 503 e seg.). Si aggiungerà soltanto che i solai del tipo della fig. 1954 non presentano sicurezza contro il fuoco, poichè non hanno la suola del ferro rivestita. Questo rivestimento si ottiene assai bene come si è visto, con mattoni speciali d'imposta aventi una tacca nella quale entra l'ala del ferro. Le fig. 1955 e 1956 rappresentano due forme speciali di tavelloni forati per solai, usate specialmente in Inghilterra: i fori restano sempre disposti normalmente ai ferri.

Una fra le buone disposizioni è quella indicata dalla fig. 1951 *a, b*, la quale alla leggerezza riunisce i vantaggi della sicurezza contro il fuoco, e della insonorità. Nel mattone d'imposta si fa una tacca per introdurre l'ala del ferro e nella parte superiore

del mattone se ne fa un'altra per colare la malta nella commessura tra il mattone e il gambo del ferro. Con questa disposizione di mattoni non si producono spinte sui ferri, quando si usi buona malta. I travicelli del pavimento vengono assicurati come già si è detto.

Per solai molto caricati si può adottare il sistema indicato nella fig. 1957, nella quale i pezzi d'imposta



Fig. 1955.

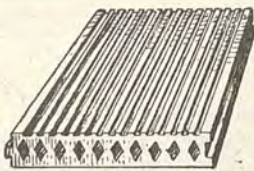
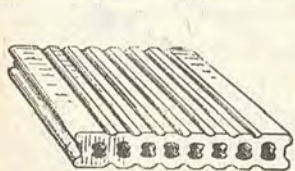


Fig. 1956.



Fig. 1957.

Fig. 1955-1956. — Tavelloni inglesi per solette di solai.

Drath, filo di ferro; Keil, cuneo.

vengono ritagliati, oppure sono appositamente formati; la suola del ferro è poi ricoperta con una tavella sostenuta con fil di ferro alla trave metallica.

ζ) Solai con travi tubulari Siegart (1).

I solai di getto parigini, armati con sottili verghe di ferro che, come si è visto, appoggiano sulle travature di ferro, trovano un riscontro ed un succedaneo di gran lunga migliore nei solai formati colle travi tubulari Siegart, le quali sono travi di cemento con sezione rettangolare vuota, colle pareti armate di verghe di ferro aventi la funzione che hanno le armature metalliche nelle costruzioni in calcestruzzo armato di sistema Hennebique. Queste travi sono fabbricate in appositi cantieri e con speciali macchine, e sono messe in commercio con varie misure di altezza e lunghezza. La fig. 1958 dà un'idea delle travi Siegart. L'appoggio sui muri d'ambito del locale che si deve coprire, o sopra piattabande di ferro o di cemento armato, è in generale di cm. 15, e siccome da una parte almeno la testa della trave non è piena, quando si deve costruire un muro al disopra delle travi, si riempie tale testa con mattoni posti in cemento. Le travi si collocano in opera accostandole l'una all'altra e poi colando negli interstizi che rimangono fra di esse, della malta di cemento, oppure della malta di calce ordinaria o di gesso. Queste malte penetrano anche nelle solcature inclinate che ogni trave porta ai suoi fianchi e collegano così saldamente una trave all'altra dando luogo a un solaio rigidissimo. Se la malta è cementizia, assai più difficile riesce il ricupero delle travi intiere quando si dovesse demolire il solaio, mentre invece le malte di calce o di gesso permettono tale ricupero. La lunghezza delle travi Siegart varia da m. 2 a 6 e in relazione alle varie portate sono le altezze delle travi le quali variano da cm. 9 a 22.

Si crede inutile diffondersi a descrivere i vantaggi grandissimi che offrono queste travi tanto sotto l'aspetto costruttivo, quanto sotto gli aspetti della stabilità, dell'economia, della speditezza di esecuzione, dell'incombustibilità, dell'insonorità e della coibenza causata dal cuscino d'aria che resta nella cavità di ciascuna trave, dell'igiene, della facilità con cui si può costruire sopra di essi un solido pavimento o di legno o di cemento o di asfalto o di piastrelle, ecc., della nessuna necessità di un soffitto incan-

(1) L'inventore sig. Siegart è un architetto svizzero ed è una Società svizzera che è proprietaria del brevetto. Di questo è concessionario per tutta l'Italia l'ing. G. A. Porcheddu che ha attualmente (anno 1904) in esercizio tre grandi fabbriche di queste travi, a Milano, a Genova e a Torino.

nucciato o di altro genere simile, di cui son noti gli inconvenienti. I solai formati con queste travi offrono tutti i vantaggi di quelli in calcestruzzo armato, ma sono ad essi superiori perchè non abbisognano nè di armatura nè di stagionatura sul posto, ciò che rende assai più spedita la costruzione, e perchè presentano in ogni caso la doppia soletta, ciò che raramente si fa cogli ordinari sistemi in calcestruzzo armato, essendochè in questi la doppia soletta è alquanto costosa.

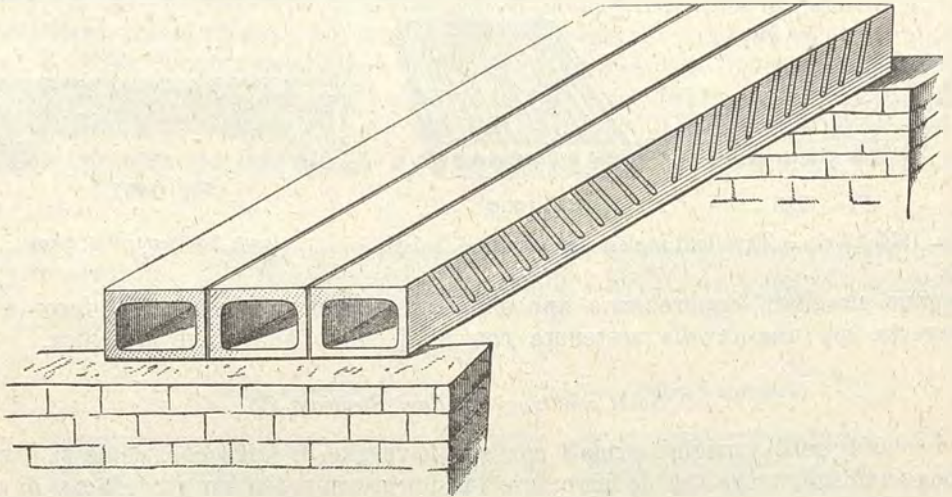




Fig. 1958. — Travi tubulari Siegwart.

Le armature in ferro di queste travi sono in generale così calcolate e disposte da impartire al solaio la resistenza di Kg. 250 per m² di sovracarico netto; però tale resistenza può essere anche inferiore per ragioni di economia, od anche superiore a seconda delle esigenze. Siccome d'altra parte fino ad ora i solai Siegwart sono per lo più usati per locali di abitazioni e difficilmente per magazzini o per solai sottoposti a carichi considerevoli, così le travi si fabbricano solidamente colla resistenza di Kg. 250, cioè quella che praticamente soddisfa alle più comuni esigenze. È però da notarsi che se la resistenza nominale è di Kg. 250 per m², quella effettiva è di gran lunga superiore, come lo dimostrarono le molte prove eseguite.

n) Solai con solette metalliche.

I solai nei quali il riempimento di spianamento delle solette è sostenuto da una superficie metallica, si possono considerare fino ad un certo grado incombustibili, ma non perfettamente sicuri contro il fuoco.

Il sistema più antico di costruzione di tali solai è quello indicato dalla fig. 1959, in cui si vede che sulle travi principali venivano appoggiati dei ferri di sezione a trogolo (ferri Zorès o ferri a cavalletto) fermandoli con bulloni onde impedire lo scorrimento, e inserendo fra l'uno e l'altro dei cunei di legno per impedire lo schiacciamento sotto il peso del riempimento e del pavimento. I cunei di legno (*a*) venivano anche sostituiti da verghe di ferro (*b*). Il solaio così formato può essere riempito con malta a grana grossa, coperto con lastricato battuto, ecc.; si adatta specialmente ai grandi carichi e sopporta bene le scosse, ond'è appropriato in modo particolare ai passaggi e simili. Per ampiezze limitate i ferri a  possono poggiare immediatamente sulle pareti senza alcun sostegno intermedio. In date circostanze i ferri a  possono essere scostati l'un dall'altro di una lunghezza di mattone e, se leggermente caricati, fino di 1 ³/₄ di detta lunghezza.

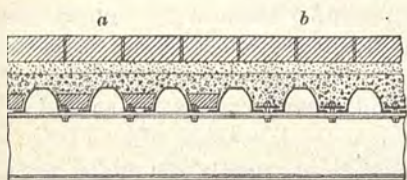


Fig. 1959 a, b.

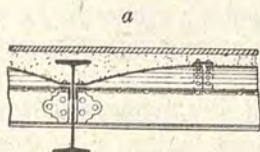


Fig. 1961 a, b.

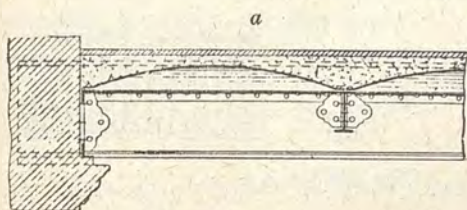


Fig. 1960 a, b.

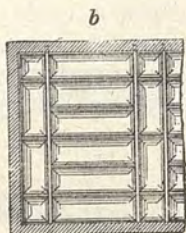
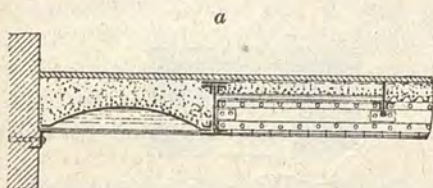
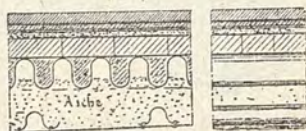
Fig. 1965.
Asche, cenere.

Fig. 1962 a, b.

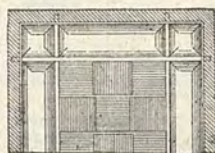
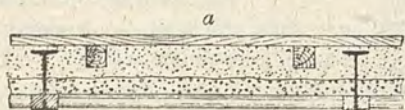
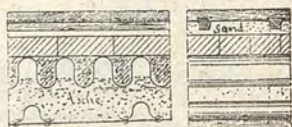
Fig. 1966.
Asche, cenere Sand, sabbia.

Fig. 1963 a, b.



Fig. 1964.

Fig. 1959 a 1964. — Sistemi diversi di solai con solette metalliche.

In modo affatto somigliante vengono formati i solai con lamiere convesse, a trogolo, o colle così dette lastre gobbe (fig. 1960 a e b), colle quali si possono ottenere dei buonissimi effetti decorativi; tali lamiere devono però essere ordinate in tempo.

La fig. 1961 mostra la stessa disposizione per il caso in cui la lamiera occorra in pezzi troppo lunghi o in diversi pezzi, dei quali non si possa determinare prima la lunghezza. Allora, come mostra il disegno, si uniscono insieme mediante un coprigiunto di lamiera delle mezze piastre convesse a padiglione, che formano una mezza volta a vela.

La fig. 1962 mostra un solaio di questo genere cassettonato, con cassettoni estremi formati con lamiere a trogolo, e col campo centrale di lamiere ondulate, le cui ondulazioni sono collocate in direzioni diverse, cosicchè, senza alcun altro mezzo, si evita la uniformità monotona dei soffitti in lamiera ondulata.

I soffitti di lamiera ondulata diritte portanti, in massima sono eguali a quelli formati con lamiera a conca o convesse. Le lamiere ondulate possono venir considerate come una serie di lamiere convesse disposte parallelamente e formate in un sol pezzo. La disposizione del riempimento, ecc., è pure affatto eguale alla precedente, come, per es., nella fig. 1963. Per appoggi sulla parete di solai molto caricati si adoperano ferri a L od a C.

Se è prescritto un pavimento di legno non è consigliabile, come si fa molte volte, di includere i travicelli del medesimo nelle ondulazioni perchè i legnami potrebbero

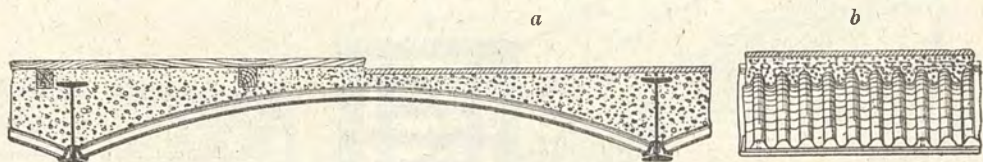


Fig. 1967.

Fig. 1968 a, b.

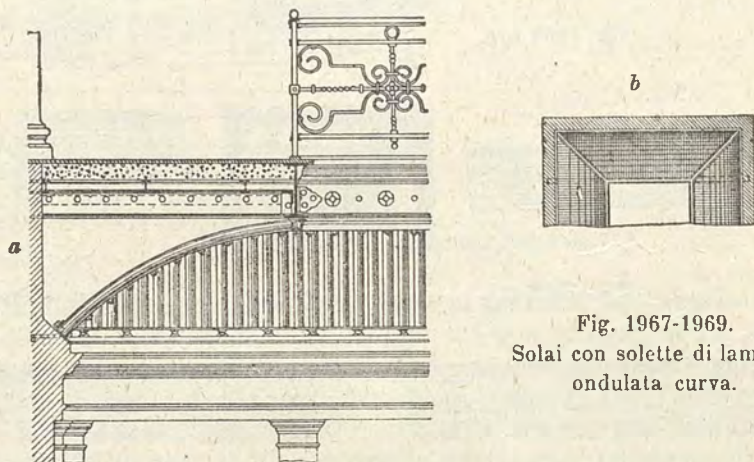


Fig. 1969 a, b.

Fig. 1967-1969.
Solai con solette di lamiera
ondulata curva.

facilmente imputridire per effetto dell'acqua penetrante e facilitare l'arrugginamento della lamiera.

La fig. 1964 mostra la disposizione di un soffitto poco caricato, nel quale la lamiera ondulata è distesa sopra l'ala superiore delle travi di ferro.

È inoltre a notarsi che per rendere rigide le ondulazioni e per l'impermeabilità, si riempiono di solito con cemento gli spazi intermedi fra le lamiere ondulate e le ali delle travi (fig. 1963).

Nelle fig. 1965, 1966 sono riprodotte delle disposizioni per solai di lamiera ondulata sopra condotti d'aria calda, come si eseguirono in Germania per il così detto Osservatorio di Potsdam e che fecero buona prova. Il soffitto rampante dei condotti d'aria è formato di lamiera piana con singole onde inchiodatevi sopra e sul riempimento di cenere è distesa la lamiera poggiante sui muri di spalla d'ambe le parti. Le ondulazioni sono chiuse con malta di grossa grana, su cui si stende l'impiantito di cotto: il letto nella fig. 1965 è disposto per pavimento a piastrelle, nella fig. 1966 per listoni di legno.

θ) Solai con lamiera ondulata arcuata.

Le lamiere arcuate presentano naturalmente maggior resistenza delle piane, ma esercitano delle spinte agli appoggi allorchè sono caricate. Per serrare queste lamiere

fra le travi (o fra i muri) come nelle fig. 1967, 1968, di cui la prima rappresenta il caso di un pavimento in legno, e la seconda quella di un battuto o terrazzo alla veneziana, si debbono sempre adoperare dei ferri d'angolo come imposte per offrire appoggio sufficiente.

La fig. 1969 mostra l'applicazione di tali solai di lamiera per formare una vòlta a schifo, colla parte centrale aperta per dar luogo a un lucernario. Soltanto per il ballatoio piano che gira intorno al lucernario si è fatto un'imbottitura di getto: il resto del soffitto è vuoto.

Questi soffitti metallici, anche quando siano provvisti di un sottorivestimento indipendente metallico, ed anche quando esiste l'imbottitura, danno luogo facilmente a sgocciolamenti. In questo caso riesce pure opportuna una coloritura con vernice di olio a cera, sulla quale venga poi spolverata una polvere di sughero, a sua volta colorata.

d) Solai con armatura di lamiera ondulata stirata, sbalzata e rivestita con malta.

Si è già detto dell'uso che si fa oggigiorno delle lamiere stirate: poco è quindi da aggiungere circa l'uso di esse per le solette dei solai. Si osserva soltanto che nel caso di solai a carichi rilevanti, la lamiera appoggiata sulle ali inferiori dei ferri maestri viene sorretta con fili metallici che passano sopra alle ali superiori. Con questo mezzo si ottiene una grande rigidità, specie se per la malta di rivestimento si usa un buon cemento.

Per giudicare del grado di resistenza dei diversi solai contro il fuoco, si possono tenere presenti i risultati che diedero i rilievi statistici eseguiti in seguito agli incendi della Comune di Parigi nel 1871.

Si mostrarono allora molto sicuri i soffitti costruiti coi sistemi indicati dalle fig. 1950, 1951, 1952 e 1957. Se essi si sfondarono per la caduta di parti superiori della fabbrica o per altre cause, pure la loro rovina non occasionò quella dei muri di appoggio. Parecchi di questi solai vennero solo perforati; nei luoghi di rottura, il materiale di ferro si era fuso e le scorie amalgamate col materiale della muratura, mentre le altre parti del solaio rimanevano ancora orizzontali e solo leggermente piegate verso il punto della rottura; così alcuni di questi solai si poterono ancora conservare dopo ripristinate le parti distrutte.

Nessuno dei solai a voltine, che fosse stato costruito senza accurato rivestimento delle ali inferiori, nessuno di quelli con laterizi cavi paralleli alle travi, rimase in posto. E così avvenne anche dei soffitti mal eseguiti, riempiti con gesso, nei quali l'asta non era ricoperta con uno strato di intonaco grosso almeno la metà della larghezza dell'ala inferiore dei ferri.

e) Costruzioni sporgenti a sbalzo (balconi, finestre sporgenti, mensole).

I terrazzini interni, i ballatoi, i pianerottoli di scale e simili si possono costruire come i soffitti, facendo sporgere le travi di un solaio situato allo stesso livello e costruendovi sopra il relativo impalcato; quando non si verifichi questa coincidenza di livello, si devono collocare apposite travi sporgenti. Se esse non risultassero sufficientemente caricate nel punto d'incastro o di appoggio, in modo che tale carico bilanci almeno quello che deve essere sorretto dalla parte a sbalzo e se non è possibile ricorrere a chiavi o tiranti, allora bisognerà adottare dei saettoni a guisa di mensole. Questi consistono in membrature di ferri a Γ , E , \perp od a L , collegati nelle note maniere.

Costruzioni complicate come quelle rappresentate nelle fig. 1970-1972, si adottano di rado. Di solito si adotta solo una trave incastrata, con chiave all'estremità superiore e collocata tra due piastre di pressione corrispondenti all'azione delle forze: la saetta inferiore è semplicemente introdotta nel muro. Un collegamento lungo la parete, tra la trave ed il piede del saettone, facilita la messa in opera e sostituisce le piastre di pressione pel saettone stesso.

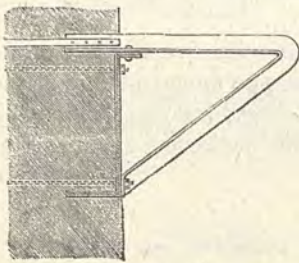


Fig. 1970.

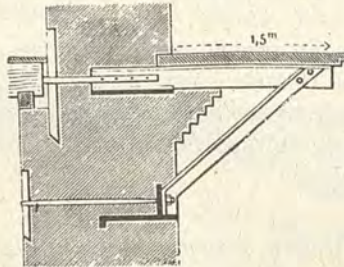


Fig. 1971.

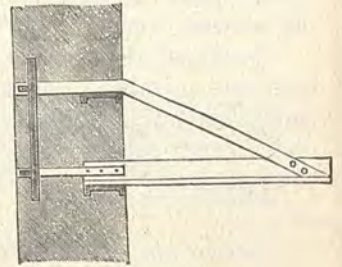


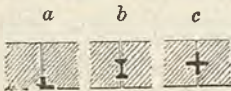
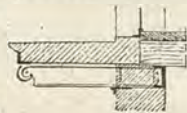
Fig. 1972.

Fig. 1970 a 1972. — Esempi di mensole di ferro, da rivestirsi o non di muratura.

Quando si hanno a sopportare solo carichi limitati, si possono raccomandare le costruzioni in semplice lamiera ondulata sporgente, con un'orlatura esterna in ferro a \square o ad L .

I terrazzini esterni costruttivamente sono uguali agli interni, ma richiedono più di sovente una copertura in lastre di pietra; il ferro può essere nascosto nelle medesime (fig. 1973 *a, b, c*) oppure lasciato scoperto: in quest'ultimo caso dev'essere lavorato come per es., nella fig. 1974.

Pei terrazzini sporgenti e di forma curva, si adopera spesso della lamiera ondulata ridotta radiale (acciaccata insieme) come si fa nella costruzione di cupole in lamiera ondulata (v. più avanti *Tetti in lamiera ondulata*); riuscendo le ondulazioni più basse verso l'esterno, più alte verso l'interno, viene aumentata la resistenza.

Fig. 1973 *a, b, c*.Fig. 1974.
Mensola di ferro nuda.

Le finestre chiuse sporgenti (tribune o bow-window) si formano con travi sporgenti e con solette intermedie; bisogna aver riguardo ad un accurato collegamento nei punti d'incontro. È superfluo

notare che le costruzioni metalliche completamente racchiuse in muratura, sono meno soggette a pericoli pei cambiamenti di temperatura.

L'esecuzione delle travi di appoggio mediante sospensione non presenta vantaggi, in causa della maggiore difficoltà.

Molte volte i terrazzini tanto aperti quanto chiusi, presentano esternamente delle costruzioni di sostegno solo per ornamento, come mensole o modiglioni; per assicurarle bene si darà loro una forma adatta affinché agiscano come saette.

Le pareti dei terrazzini chiusi vengono spesso murate a mano libera, e se si estendono a più di un piano bisogna anzitutto aver molta cura nel collocamento delle piastre di appoggio. Si è appunto per questo che si suggerisce di adottare il sistema più semplice di costruzione. È inoltre consigliabile di ripetere la sporgenza delle travi ad ogni piano e di collegare insieme le travi all'estremità posteriore con chiavi comuni.

In tutte queste costruzioni sporgenti si deve evitare l'impiego della ghisa, fuorché per le piastre di pressione (di appoggio).

Le mensole essenzialmente corrispondono alle travi di sostegno e si fanno tanto di ferro battuto quanto di ghisa. Siccome anche per una sporgenza limitata si richiede per le mensole una sufficiente resistenza, è in generale poco consigliabile di adoperare per esse la ghisa. La si può tuttavia adoperare per qualche parte puramente ornamentale.

La forma esterna delle mensole metalliche viene spesso ottenuta con ricoprimenti in zinco o in stucco od altro. Una forma tipica è quella della mezza centina, forma che è facile ottenere colla semplice fucinatura e che spesso anche è ottenuta ad arte con rivestimento di lamiera di zinco stampata o con getti in zinco e così via.

Le mensole di ghisa riescono sempre pesanti e richiedono anche più complicate disposizioni pel loro appoggio. Si eseguono a parete piena ed a parete traforata.

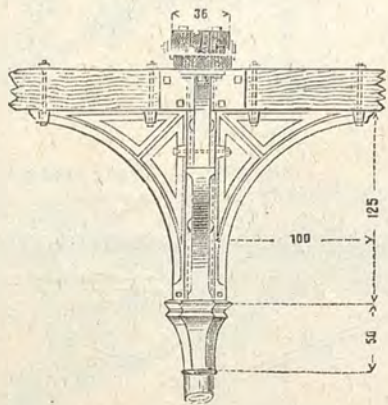


Fig. 1975.

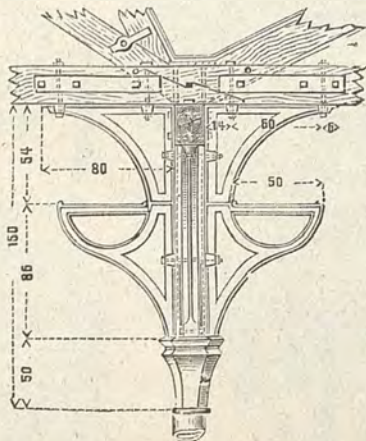


Fig. 1976.

Fig. 1975 e 1976. — Esempi di mensole di ghisa.

Come esempi di mensole semplici servono le fig. 1975 e 1976: nella fig. 1976 la mensola inferiore, destinata a sopportare alberi di trasmissione, è fusa separatamente dalla superiore. Se una grande mensola deve essere provvista di ornamenti fini, questi vengono fusi separatamente con modello di gesso e si uniscono con mastice o con viti all'ossatura della mensola.

Nel paragrafo seguente è indicato il sistema di mensole scomponibili Joly, assai comodo e nelle illustrazioni relative alle costruzioni dei tetti si troveranno altri esempi di disposizioni esecutive per questo genere di lavori, sia di ferro, sia di ghisa.

f) Travi reticolari in ferro e ghisa scomponibili, di sistema Joly.

Le travi a traliccio composte con ferri sagomati chiodati, offrono spesso notevoli difficoltà di trasporto per le contorsioni che facilmente si verificano ed inoltre riesce assai costoso il foggiarle in modo decorativo. Alorchè poi la loro messa in opera richiede il concorso di operai specialisti, allora la spesa di collocamento può superare quella stessa del materiale.

Per ovviare a questi inconvenienti il Joly, delle ferriere di Wittemberg, ideò un sistema di travi smontabili, suscettibili anche di decorazione, le quali servono ugualmente bene per costruzioni di balconate, di tettoie, di solai, di ponti, di scale, di mensole, ecc. Le fig. 1977 a 1983 danno un'idea abbastanza chiara di tale genere di costruzioni, e la fig. 1977 ne spiega il sistema costruttivo. Due piattine di ferro *a, a* sono tenute a una determinata distanza l'una dall'altra mediante ritti tubolari *b*, che sono di ferro o di ghisa, entro i quali passano i perni *c* con testa di vite in basso, che servono a tenere strettamente unite fra di loro le piattine *a*. Le diagonali *d*, pure di piattina di

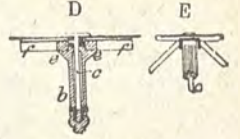
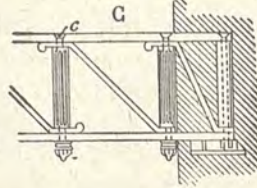
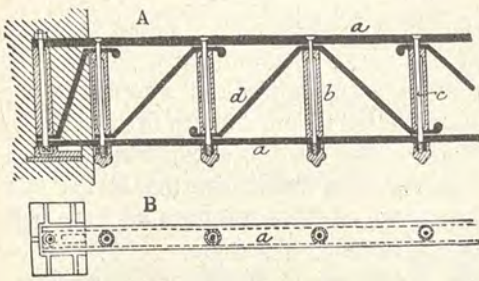


Fig. 1977 A, B, C, D. — Trave reticolare rettilinea.

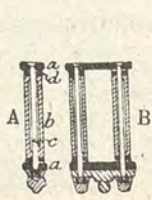


Fig. 1978. — Trave tubolare.

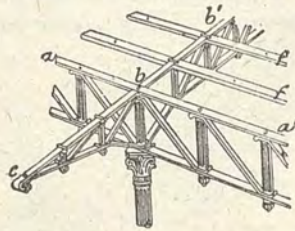


Fig. 1979. — Travi con sbalzo.

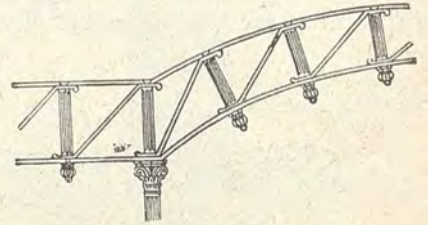


Fig. 1980. — Trave centinata.

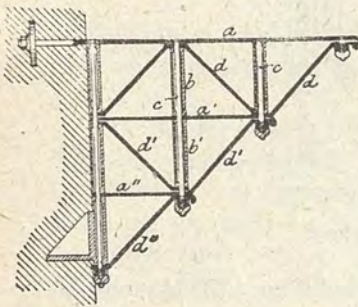


Fig. 1981. — Mensola.

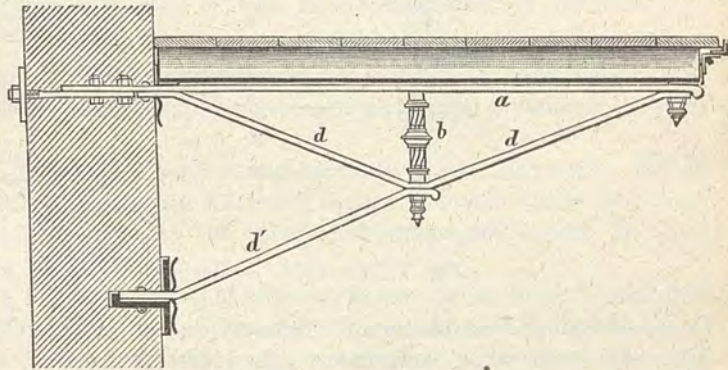


Fig. 1984. — Mensola per balcone.

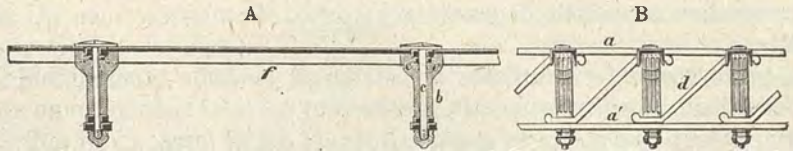


Fig. 1982 A, B. — Ossatura per tettoie, soffitti, ponti, ecc.

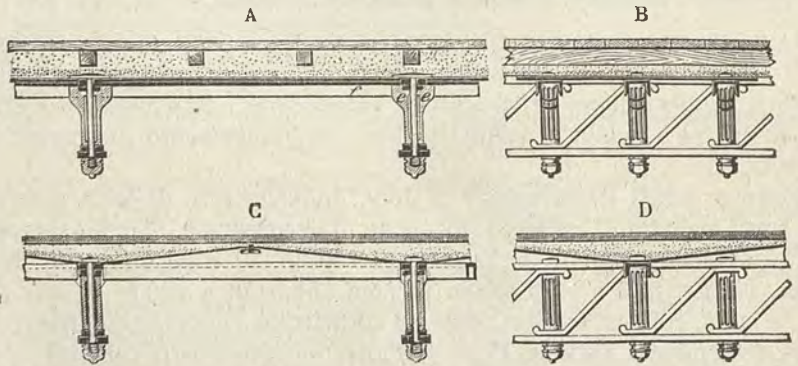


Fig. 1983 A-D. — Solaio resistente al fuoco, pavimentato a legno.

Fig. 1977-1984. — Esempi di travature, mensole e solai di sistema Joly.

Mensole e travi metalliche di sistema Joly.

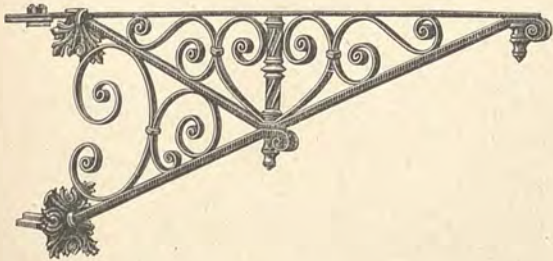


Fig. 1.

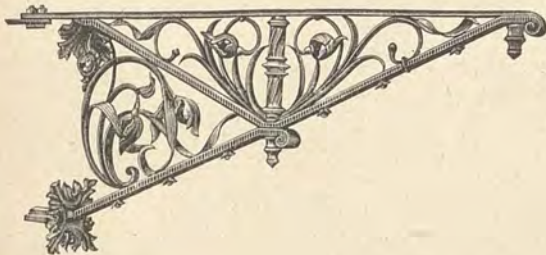


Fig. 2.

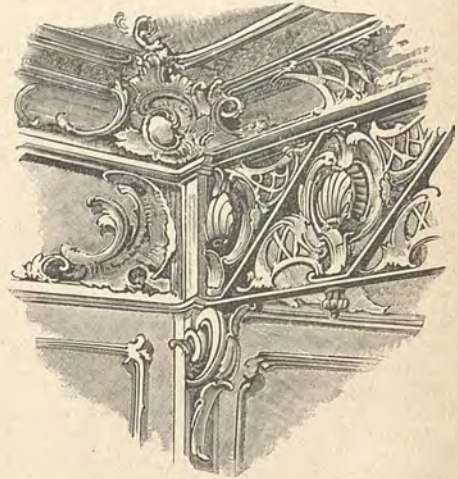


Fig. 3.

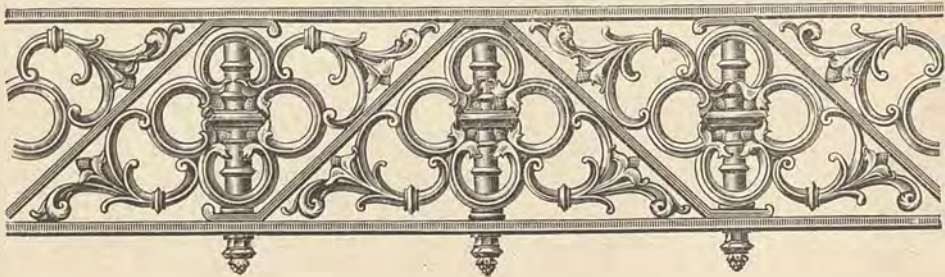


Fig. 4.



Fig. 5.

ferro, attraversate anch'esse dai perni *c* completano il sistema a traliccio. Le fig. 1977 A, C indicano come la trave viene formata all'incastro ed appoggiata entro la muratura sopra una piastra di ghisa. La fig. 1978 mostra una trave doppia o tubulare; la fig. 1979 l'applicazione del sistema per la costruzione di una tettoia con pensilina a sbalzo, formato dalle teste *c* delle travi reticolari *b*, *b'*, che insieme colle travi maestre *a*, *a'*, appoggiano sopra una colonna di ghisa; la fig. 1980 l'applicazione ad una trave centinata. La fig. 1981 rappresenta la costruzione di una mensola « Joly » nella quale le piattine *a*, *a'*, *a''*, ecc., separate dai ritti tubolari *b*, sono collegate dai perni *c* e dalle diagonali *d*, *d'*, *d''*. I ritti possono essere di ghisa decorati, e così le madreviti dei perni *c*. Per le tettoie, gli impalcati, i ponti e simili ed anche per le balconate sorrette da mensole si usa il sistema indicato nella fig. 1982 A, B, in cui il collegamento trasversale delle varie travi o mensole è formato da ferri *f* a \cap che hanno l'ufficio di sopportare l'impalcato e sono sostenuti da ingrossamenti dei ritti *b* (fig. 1982 A). Nei solai alle traverse di ferro a \cap si fissano delle lamiere zincate, ondulate o convesse, e sopra queste si forma un letto di materie isolanti, oppure un altro genere di sottofondo atto a sopportare pavimenti di legno, di marmo o di altro materiale (fig. 1983 A, B, C, D).

Le mensole per balconi si fanno anche con diagonali meno inclinate, come mostra la fig. 1984, dalla quale risulta pure il sistema di costruzione dell'impalcato ed il modo di ancoramento e di appoggio delle mensole. Il piede della saetta *d'* è poi decorato da una rosetta metallica.

Come si vede dalla tav. XII questo sistema è suscettibile di decorazione più o meno ricca ed elegante, ed anche i soffitti dei solai rappresentati nella fig. 1983 possono venir decorati mediante l'applicazione di rosoni, di riquadrature, ecc.

g) Sostegni collegati ai solai, ecc.

Finora abbiamo riportati esempi isolati di sostegni e di solai: qui se ne riportano alcuni assai istruttivi (tolti dal Catalogo di Scharowsky) nelle fig. 1985-2000 che danno un'idea abbastanza estesa delle diverse particolarità costruttive negli attacchi e dai quali specialmente si rilevano i vari sistemi dispositivi per la base e la testa e per i collegamenti tra i sostegni e i corrispondenti solai.

a) Sostegni in ghisa.

Nella fig. 1985 sono rappresentati sostegni di pianta quadrata nei quali anche la base e il capitello, o testa, sono fusi insieme. Nel primo piano, per ottenere un collocamento esatto, si deve ricorrere ad una piastra speciale (*a*) il cui nocciolo e il corrispondente pezzo di posa devono essere accuratamente torniti. Nel piano superiore ove l'unione si pratica per mezzo delle ali, essa permette la interposizione di una lamina di piombo.

La fig. 1986 mostra una colonna rotonda, il cui fusto è fuso unicamente come un tubo, mentre piedestallo, anello e capitello vi sono inflati, come pure il congiungimento col soffitto è formato da un pezzo tubolare separato, munito di ali per assicurarvi le travi del soffitto, inserito tra la testa della colonna inferiore e la base della superiore.

La fig. 1987 rappresenta una colonna slanciata con capitello ed anello tutti in un pezzo ed il cui piedestallo e sostegno sono fusi invece separatamente. Perchè ogni pressione venga a coincidere coll'asse, si sono in questo caso introdotti, sia nella base sia nella testa, dei noccioli di ghisa dura accuratamente torniti.

Le disposizioni della fig. 1988 non richiedono altre spiegazioni dopo quello che si è detto riguardo ai tre esempi precedenti.

Quanto al sostegno da parete (o pilastro) della fig. 1989, basterà aggiungere che la pianta inferiore mostra la disposizione da adottare nel caso in cui pilastri simili debbano essere visibili nella parete di facciata per formare vetrine di negozi o simili.

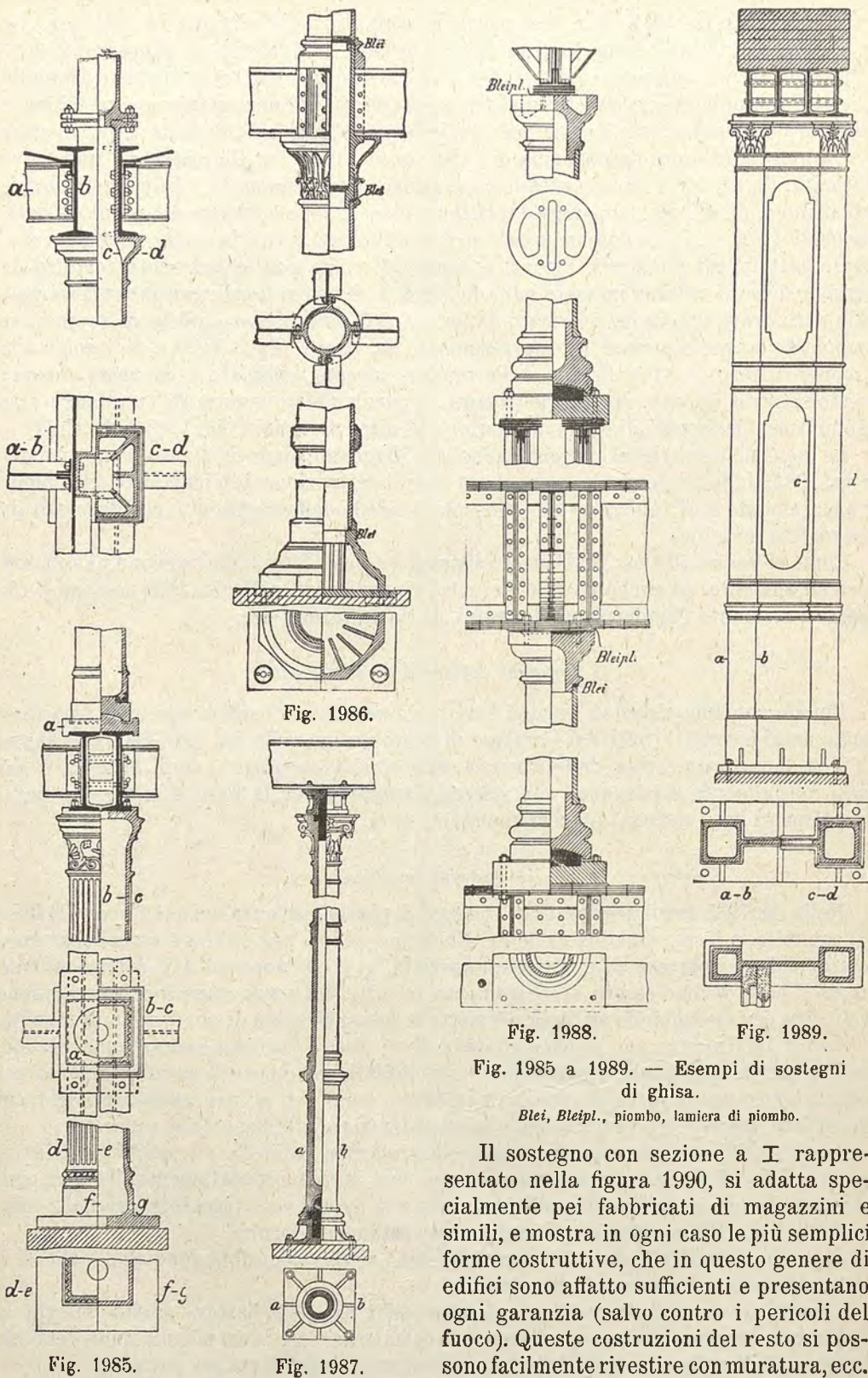


Fig. 1985 a 1989. — Esempi di sostegni di ghisa.

Blei, Bleipl., piombo, lamiera di piombo.

Il sostegno con sezione a I rappresentato nella figura 1990, si adatta specialmente per i fabbricati di magazzini e simili, e mostra in ogni caso le più semplici forme costruttive, che in questo genere di edifici sono affatto sufficienti e presentano ogni garanzia (salvo contro i pericoli del fuoco). Queste costruzioni del resto si possono facilmente rivestire con muratura, ecc.

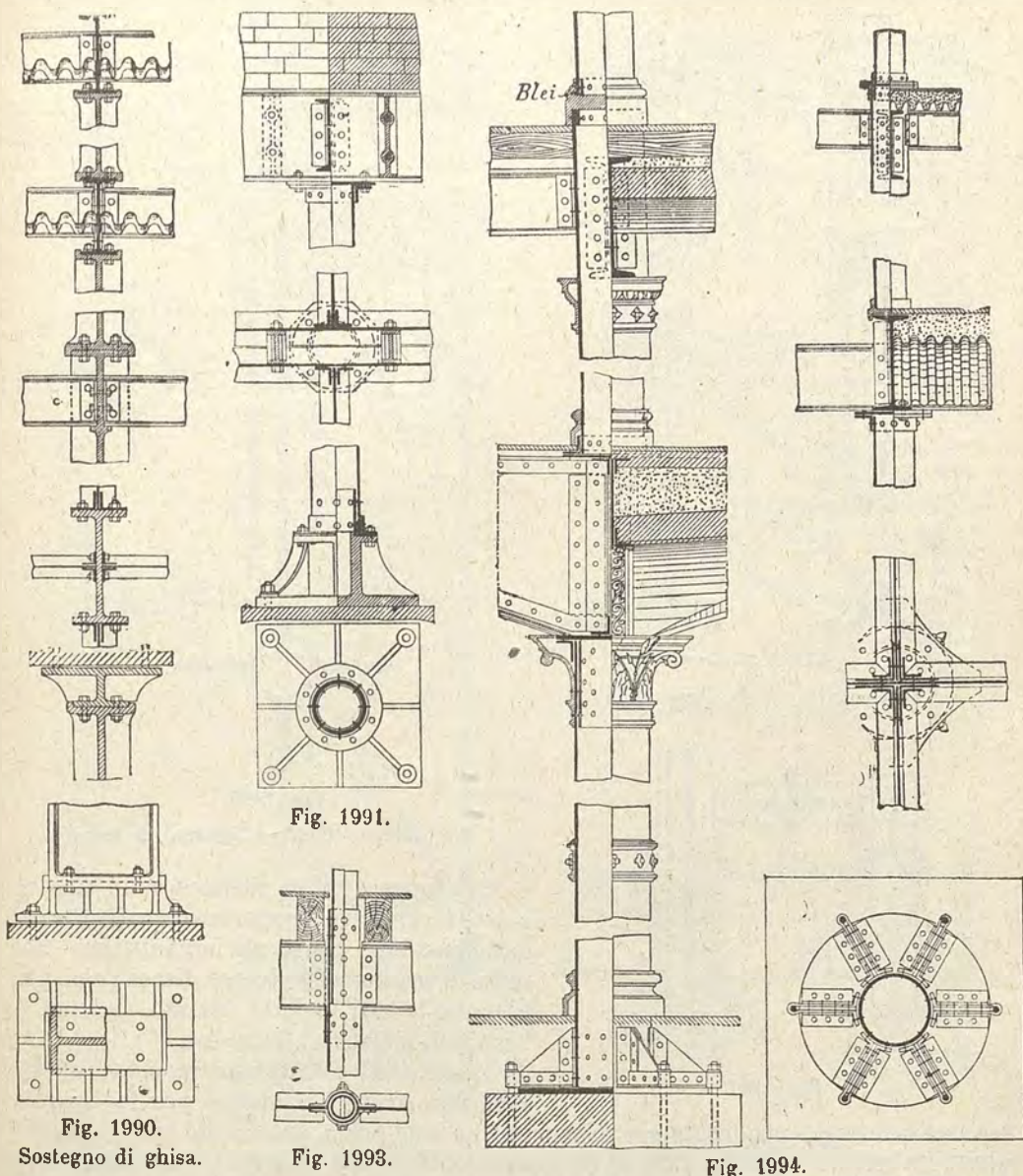


Fig. 1990.
Sostegno di ghisa.

Fig. 1991.

Fig. 1993.

Fig. 1994.

Fig. 1991 a 1994. — Sostegni di ferro (Blei, piombo).

β) Sostegni in ferro.

La colonna rappresentata nella figura 1991 mostra una congiunzione colla base (in ghisa) che può servire di modello, mentre la fig. 1992 mostra le corrispondenti giunzioni di testa e base per colonne leggere di costruzioni secondarie.

Nella fig. 1993 si vede una buona congiunzione per quelle colonne che, dovendo elevarsi per diversi piani, si devono innestare l'una sull'altra. Per simili disposizioni si richiede un lavoro molto accurato: perciò anche il pezzo anulare esterno viene spesso formato con ferri a quarto di circolo (↷) provvisti di ali o flangie per la unione.

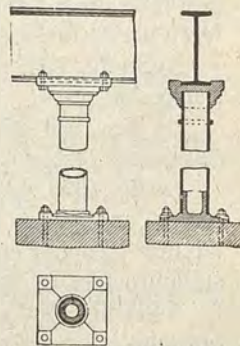


Fig. 1992.

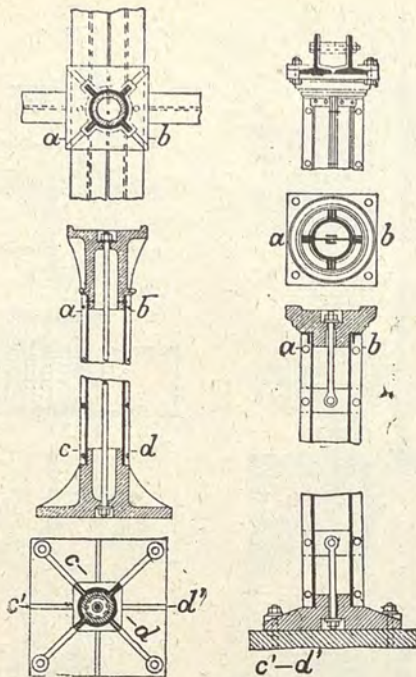


Fig. 1995.

Fig. 1996.

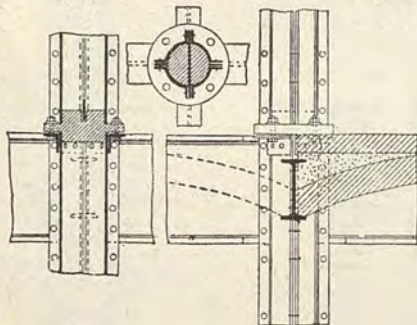


Fig. 1997.

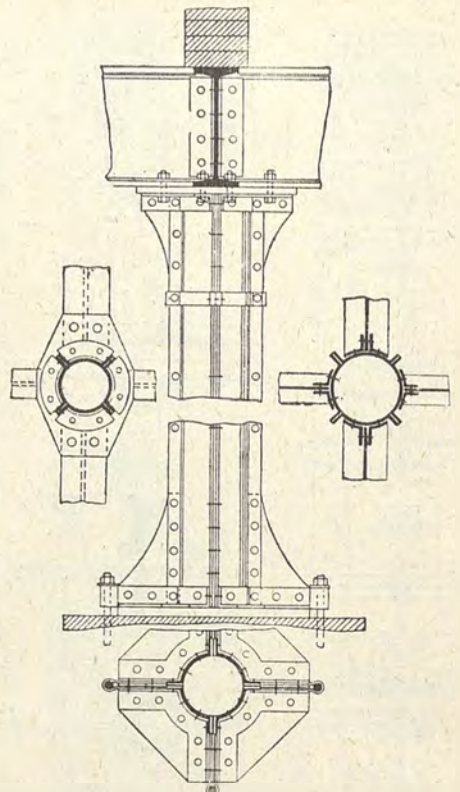


Fig. 1998.

Fig. 1995 a 1998. — Sostegni di ferro.

La figura 1994 si riferisce a un tipo di colonna che deve sopportare quattro solai incombustibili, oltre all'incavallatura del tetto, e presenta le diverse disposizioni per eseguire le basi in ferro battuto, gli anelli e i capitelli infilati sul fusto, ecc.

Le fig. 1995 e 1996 mostrano le disposizioni che sono da adottarsi per le colonne formate con ferri a quadrante per sostegni di un solo piano, applicando basi o teste di ghisa. La colonna nella fig. 1995 ha un tirante continuo che unisce la testa alla base; in quella della fig. 1996 sonvi invece due tiranti brevi che si attaccano ciascuno a un ferro piatto inchiodato a traverso; vi ha inoltre un collare di ferro a L alla testa.

Nella fig. 1997 sono rappresentate le giunzioni dei solai per colonne di questo genere a parecchi piani.

La fig. 1998 offre la figura della base e della testa di colonne in ferro fucinato (lamiere e ferri a L) per un solo piano di solai.

La fig. 1999 rappresenta un sostegno in ferro a L inchiodati, adatto per parecchi piani. Per il primo e secondo piano esso consiste in quattro ferri a L inchiodati sopra lamiere formanti crociera, mentre pel terzo piano consiste di due soli ferri a L inchiodati sulla crociera di lamiera.

Nella fig. 2000 è rappresentato un pilastro o sostegno da parete in ferri a L con tensione ottenuta per mezzo di tiranti incrociati; l'arco che forma la testa è formato di lamiera con orlatura in ferro a L.

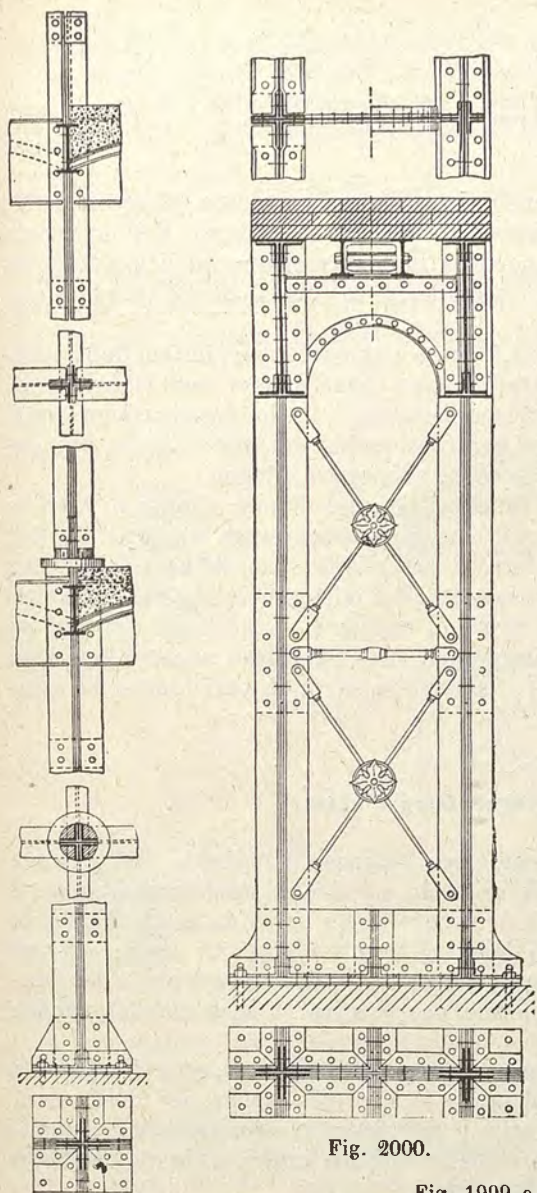


Fig. 2000.

Fig. 1999.

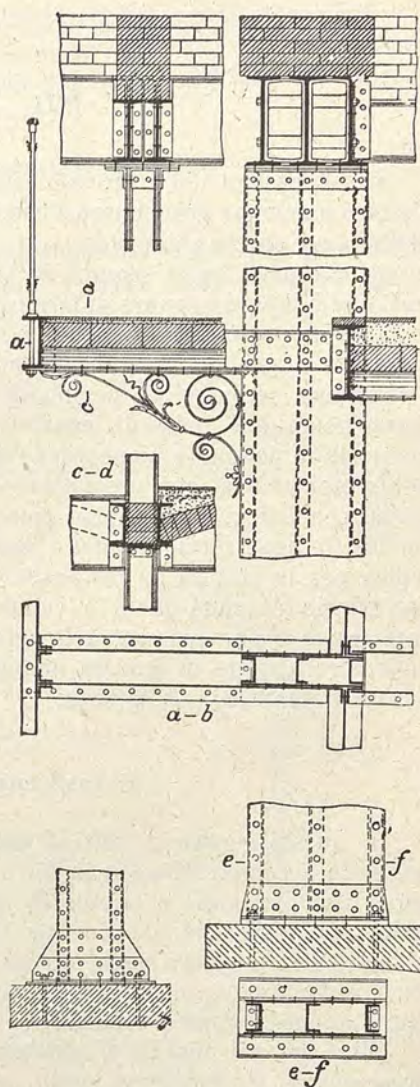


Fig. 2001.

Fig. 1999 a 2001. — Sostegni di ferro.

La fig. 2001 mostra un pilastro a forma di cassone che si eleva per parecchi piani ed è formato di tre ferri a \square e due lamiere. Il solaio che si vede dalla parte destra, si prolunga dalla parte opposta a guisa di balcone. La base, disegnata in una figura annessa, mostra la disposizione (allargata) per un pilastro formato solo da due ferri a \square .

Altri esempi interessanti di sostegni si trovano tra le costruzioni intelaiate in ferro.

Ove esistono sostegni in ferro di grandi dimensioni, cosicchè cospicua risulta la massa metallica e specialmente quando essi sono molto elevati, viene suggerito di provvederli di un parafulmine, e ciò anche quando tali sostegni si trovano nell'interno di edifici massicci già provvisti di parafulmini (V. il capitolo sui *Parafulmini*).

XII. — TETTI METALLICI

L'applicazione del ferro alla costruzione dei tetti è una conquista del secolo XIX; mentre dapprima preponderò l'uso del ferro-fuso (ghisa), dopo prese il sopravvento il ferro, ed ora la ghisa è del tutto abbandonata nella formazione degli organi principali. Siccome ora il sistema di tetti completamente in ghisa è affatto abbandonato, così non è il caso neppure di farne cenno.

Le coperture miste di *legno e ferro* (il legno è impiegato nei puntoni delle incavallature e per gli arcarecci) sono adottate ancora bene spesso per fabbriche di importanza secondaria e per limitate ampiezze; tuttavia il modo di costruzione ormai quasi generale è quello di incavallature ed arcarecci esclusivamente in ferro; solo nei travicelli in pendio (o piane) viene ancora sovente adoperato il legno.

In generale si può premettere come caratteristica dei diversi sistemi di tetti in ferro, che i tetti a due falde piane (a sella) hanno trovata larga applicazione per edifici di ogni sorta, mentre i tetti in ferro a padiglione sono diventati la forma tipica per le cuspidi di campanile; quelli arcuati od a falce per le tettoie di stazioni ferroviarie e infine quelli a cupola (in forma di cupole ribassate) per rimesse da locomotive e per gasometri. In questi ultimi anni si è poi esteso anche l'uso delle coperture arcuate in lamiera ondulata, ove la lamiera serve in pari tempo da ossatura e da materiale da coperta.

a) Tetti misti di legno, ferro e ghisa

In questo genere di tetti si eseguirono quasi sempre in legno le membrature soggette a compressione e in ferro quelle soggette a tensione, adoperando anche il ferro fuso per staffe o scatole di piede e di vertice, come indica la figura 2002 *a, b*, nella quale si vedono i due puntoni di legno, i tiranti obliqui di ferro, avvitati all'estremità inferiore nella scatola di ghisa, entro cui si appoggia il piede del puntone, e imperniati al vertice sopra un pernio che attraversa la staffa del vertice entro apposita guaina tubulare.

Oltre che nei puntoni si adoperò il legno per le saette, i monaci, ecc., dove questi occorrevano. Estendendosi però l'uso della ghisa la si preferì anche per detti pezzi, tanto più che essa consentiva una più facile e più sicura congiunzione colle membrature di ferro e presentava anche miglior aspetto estetico, imprimendo al complesso della costruzione un carattere di maggior leggerezza.

La figura 2003 *a, b, c* offre l'esempio di un'incavallatura mista, secondo il sistema Polonçeau. I puntoni in legno sono mantenuti in posto e sostenuti a metà lunghezza da contraffissi in ghisa od in ferro, i quali sono assicurati nella testa alla scatola del puntone e al piede sono articolati, insieme coi tre tiranti, a doppie piastre di ferro. Al tirante orizzontale, o catena, si può dare e conservare la giusta tensione per mezzo di un manicotto a vite, di cui si sono già dati parecchi esempi. Questi manicotti si possono applicare anche ai due tiranti inclinati.

I contraffissi o colonnette in ghisa si fanno generalmente con sezione a croce, come indica la figura 2003. Nelle incavallature di grande portata bisognerà ricorrere, oltre ai contraffissi, ad altre membrature sussidiarie, come saettoni, tiranti di sostegno verticali e snili, come nelle figure 2005, 2007. I saettoni potranno essere tanto di legno, quanto di ghisa.

Le capriate miste riescono di costruzione abbastanza semplice, e presentano, insieme ad un aspetto leggero, sufficiente durata, sicchè quando non si abbia bisogno di ottenere un'opera di lunghissima durata, della massima resistenza al fuoco e si voglia economia nella spesa, conviene ricorrere ad esse.

b) Tetti ad ossatura completamente metallica.

a) Tetti a sella o a due falde piane.

I sistemi di costruzione più in uso per questi tetti sono raccolti nelle fig. 2004-2009, dove sono anche indicate le corrispondenti ampiezze di portata. Nelle figure i membri tesi sono rappresentati da linee semplici, i membri compressi da linee doppie.

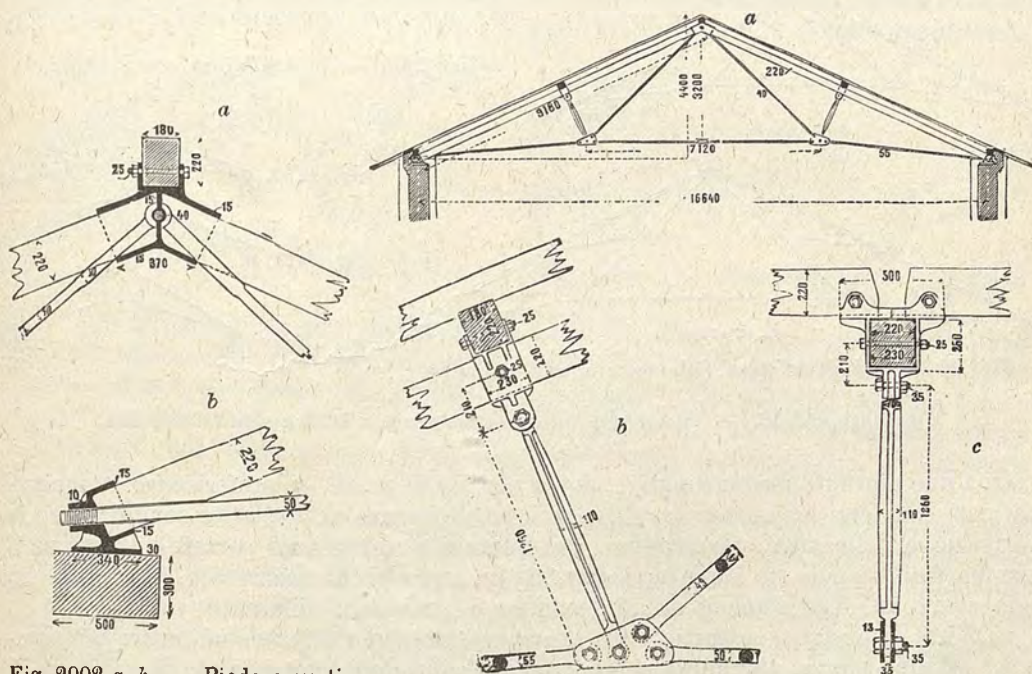


Fig. 2002 a, b. — Piede e vertice di incavallatura mista di legno e ferro.

Fig. 2003 a, b, c. — Incavallatura mista di legno e ferro di tipo Polonçeau.

Nel sistema, di cui dà lo schema la fig. 2008, si ha lo svantaggio, specie quando il tetto sia poco inclinato, che i membri più lunghi lavorano per compressione; per contro vi è la possibilità di foggare l'armatura inferiore a canale, impedendo così lo sgocciolamento d'acqua. Oltre a ciò con questo sistema si ottiene nel mezzo una maggiore altezza libera.

Le fig. 2010-2012 mostrano alcuni più recenti tipi di incavallature, dei quali quello di tipo inglese, rappresentato nella fig. 2010, ovvia all'inconveniente del sistema della figura 2008.

Il tipo della fig. 2012 è bene non applicarlo oltre le portate di $4,50 \div m. 5$. Col sistema indicato nella fig. 2011 un'incavallatura può raggiungere una maggiore rigidità con membri di dimensioni più ridotte: i molti collegamenti ne rendono però incomoda la montatura.

Nelle costruzioni meno recenti si adoperavano per i puntoni (armatura superiore) soltanto ferri a T od a I; ora, sebbene siasi conservata la sezione a T, si ricorre però alle travi composte allorchè trattasi di portate importanti. Principalmente pei

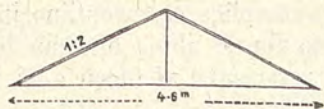


Fig. 2004.

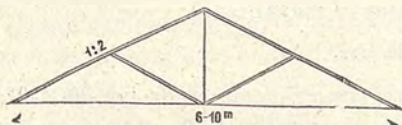


Fig. 2005.

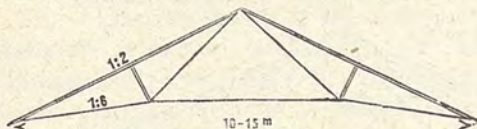


Fig. 2006.

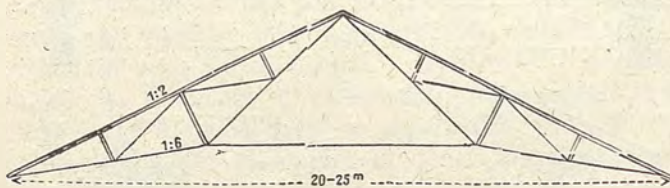


Fig. 2009. — Incavallatura Polonçeau a tre colonnette.

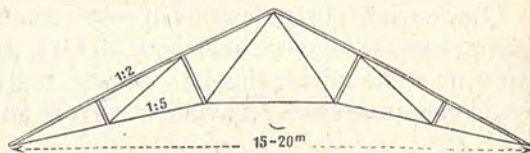


Fig. 2007. — Incavallatura a due contraffissi.

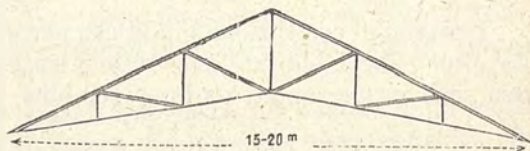


Fig. 2008. — Incavallatura con saettoni.



Fig. 2010.

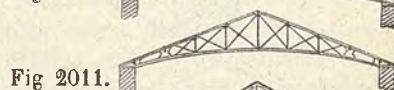


Fig. 2011.

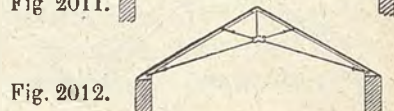


Fig. 2012.

Fig. 2004 a 2012. — Tipi diversi di incavallature per tetti a due falde piane.

tetti a due piovanti poco inclinati, e fino a portate di m. 26, si preferiscono i puntone formati con ferri ad angolo (a \perp), i quali si adoperano accoppiati o semplici per la formazione delle altre membrature. Pei puntone e per grandi portate si rinforza il gambo frapponendo tra i due ferri d'angolo un ferro piatto inchiodato. In generale si adoperano due ferri d'angolo ad ali eguali ma di grossezza differente.

Questa disposizione è particolarmente appropriata per ottenere un lavoro più semplice ed uno sforzo più uniforme in tutti i membri della costruzione, ciò che non si può raggiungere con ferri piatti accoppiati o con grande variabilità di sagome.

I nodi di congiunzione con questo sistema si devono fare sempre rigidi, con piastre di attacco; le dimensioni del gambo del puntone non permettono la diretta chiodatura: si devono altresì unire rigidamente tra loro i due ferri d'angolo accoppiati mediante lamiera di ripieno a doppia chiodatura e alla distanza di m. $1 \div 1,50$ l'una dall'altra.

Nelle membrature delle capriate il ferro si assoggetta ad uno sforzo di Kg. 1000 per cm^2 tanto per tensione, quanto per compressione: negli arcarecci e nei travicelli però non lo si fa lavorare che a Kg. 850 per cm^2 .

Per questi ultimi si può ammettere una inflessione solo di $\frac{1}{600}$ della distanza tra gli appoggi.

Per gli arcarecci (o terzere) si adoperano sulle falde ferri a \perp , per quelli al piede delle falde, o quando si presentano doppi sul colmo, si adoperano ferri a \square ; per copertura in lamiera ondulata ferri a Σ , i quali tutti, per tetti poco inclinati, si inchiodano al di sopra o nell'altezza del gambo del puntone. Nei tetti ripidi gli arcarecci sono tenuti in posto mediante pezzi d'angolo di appoggio. I ferri a \square ed a Σ devono sempre essere collocati coll'ala superiore verso il colmo (anche se invertendo la posizione si potesse ottenere un momento di resistenza più elevato). Per impedire un piegamento laterale degli arcarecci, quando sieno in una posizione molto inclinata, si devono

collegare coi travicelli e questi coi loro opposti, al colmo. Nei tetti a terzere (senza incavallature), se ne deve impedire il rovesciamento sul fianco per mezzo di tiranti sovrapposti o di chiavarde passanti fra le terzere stesse.

Quando gli arcarecci sieno molto lunghi, ossia quando le incavallature siano lontane fra loro, bisogna fare in modo che sopra ogni incavallatura l'attacco degli arcarecci venga fatto con fori ovali, in modo da permettere la dilatazione degli arcarecci (fig. 2044). Per impedire poi il rovesciamento delle incavallature, queste si collegano a due a due con lame di ferro incrociate (controventi), che vengono inchiodate ai puntoni in ogni nodo, sotto l'incontro con una terzera.

Solo in tipi di grande portata, o quando il tetto sia interrotto da qualche cupolino (o rocchetta), si raccomanda uno sbarramento trasversale (non nel piano delle falde) del contraffisso di colmo, per mezzo di croci di S. Andrea in ferro d'angolo (a L).

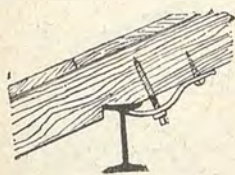


Fig. 2013.



Fig. 2014.

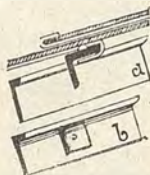


Fig. 2015.

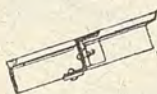


Fig. 2016.



Fig. 2017.

Per assicurare gli arcarecci di legno s'avvitano sull'armatura superiore dei pezzi di angolo (beccatelli); per assicurare invece travicelli di legno su arcarecci di ferro, si usano delle molle fissate con viti mordenti da legno (*tirefonds*) (fig. 2013). L'assicurazione con chiavarde a vite è costosa e minuziosa, quella con arpioni cacciati dentro di sotto in su non è abbastanza sicura, specialmente per chiodatura del rivestimento in tavole di legno.

Se si deve coprire il tetto con ardesie o tegole, senza impiego di legname, si adopereranno dei ferri a L come correntini (invece dei listelli); per sorreggere le tegole (embrici) si inchiodano coll'ala ritta in su, come indica la fig. 2014, mentre per le ardesie si collocano coll'ala pendente, per il che si devono ritagliare in corrispondenza ai travicelli (fig. 2015, *a*, *b*). Possono anche servire da correntini dei ferri leggeri con sezione a Z, oppure ferri in forma di onda poco incurvata traforati (fig. 2016, 2017).

I sistemi finora descritti rispondono alle condizioni più semplici *del tetto*, ma essi devono subire dei cambiamenti opportuni, quando o l'armatura superiore, ossia i puntoni, o l'armatura inferiore, oppure entrambe, abbiano a sopportare altri carichi oltre a quelli soliti del tetto o quando altre condizioni richiedano dei cambiamenti. I seguenti esempi schiariranno alcuni singoli casi.

Tetto di un magazzino di legnami in Wilhelmshaven (fig. 2018, 2019). I puntoni delle incavallature consistono ciascuno di due ferri a L; i contraffissi di due ferri piatti collegati con bulloni di ritegno; i tiranti di semplici ferri piatti e le catene di due ferri a C pesanti; questi ultimi sono necessari perchè vi scorre sopra la carrucola di una taglia differenziale di 50 quintali di portata. I nodi sono tutti rigidi. Le terzere o arcarecci sono in legno; un lucernario coperto con lastre di vetro greggio è collocato a cavaliere delle falde sopra sostegni in ghisa. In via secondaria si nota che gli sportelli laterali sono girevoli intorno ad un asse mediano e manovrando un apposito sistema comune di tiranti (che si vede nella figura) si possono muovere contemporaneamente due sportelli opposti. La portata delle incavallature è di m. 15,70, la loro distanza di m. 5,23; il peso proprio (escludendo il lucernario) è di Kg. 23,4 per m² di superficie coperta; ed esso è dovuto al forte carico mobile sull'armatura inferiore, di cui sopra si è detto.

Tetto di un fabbricato ad uso fucina in Wilhelmshaven (figure 2020 a 2036). Le incavallature che hanno rispettivamente metri 28,20 — 22 — 10,9 e 8,50 di ampiezza, sono interamente costruite in ferro, compresi i contraffissi e le molte staffe o scatole di congiunzione e di appoggio. Le quattro diverse ampiezze riportate provengono da ciò che l'edificio consiste in un lungo corpo di fabbrica, il quale a metà lunghezza è attraversato da un altro breve normale ad esso e che ha comune col primo l'altezza del colmo. Nella crociera il tetto è formato con due incavallature corrispondenti ai compluvii (figure 2021 e 2022-2031) (m. 28 di portata) e quattro incavallature intermedie

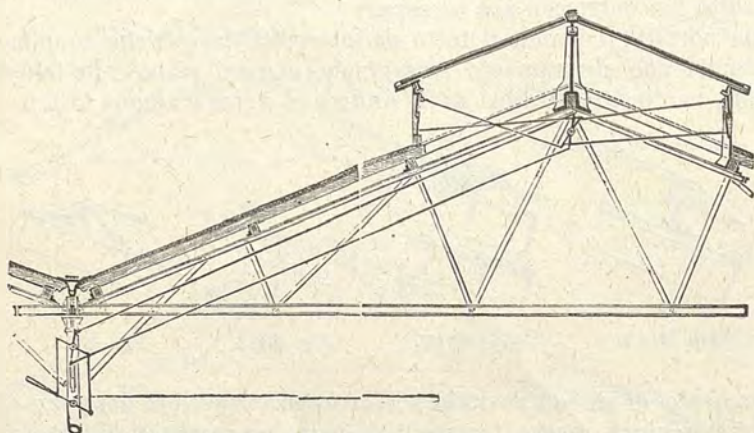


Fig. 2018.

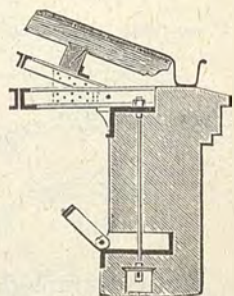


Fig. 2019.

Fig. 2018 e 2019. — Tetto di un magazzino di legnami a Wilhelmshaven.

(figure 2032-2036) (due di m. 10,90 di portata e due di m. 8,50) nelle quattro campate triangolari risultanti tra le quattro braccia delle incavallature principali, come si può meglio rilevare dalla fig. 2020. Il corpo di fabbrica lungo è coperto da un tetto sostenuto da incavallature di m. 22 d'ampiezza (fig. 2021, *b*), ripartite in guisa che a due a due sono accostate fino a m. 1,57 di distanza, formando colla loro unione un'incavallatura accoppiata, dalla cui mezzeria a quella di un'altra coppia consimile intercede la distanza di m. 6,28. Il collegamento longitudinale viene eseguito in parte per mezzo delle terzere di legno, in parte per mezzo di controventi diagonali incrociati, formati con verghe tonde di mm. 15 di diametro, disposte nei piani dei contraffissi (e cioè in tutte le campate senza eccezione). Tutti i nodi sono articolati, formati con bulloni e piastre in lamiera, e per la montatura si lasciò in ogni incavallatura qualche tirante mobile.

Le due incavallature principali di compluvio nell'incrocio (a stella) delle parti superiori (comprese) sono unite rigidamente mediante una scatola di ghisa, di forma adatta, e nell'intersezione delle catene sono unite per mezzo di un pezzo a croce in ferro fucinato, le estremità delle cui quattro braccia sono lavorate a vite, come si può rilevare dalle fig. 2027 e 2028. L'appoggio delle quattro incavallature intermedie è fatto sopra i puntoni delle due maggiori per mezzo di staffe in ghisa (fig. 2025 e 2026). Il peso proprio della costruzione (astruendo dalle parti in ferro del lucernario) ammonta a Kg. 17,5 per m² nella parte mediana (coperta con incavallature incrociate) ed a Kg. 18,4 per il braccio lungo del fabbricato.

Incavallature di portata straordinaria, formate col sistema Polonçeau, erano quelle del *fabbricato principale dell'Esposizione universale di Filadelfia del 1876*, con ampiezze di metri 30,50 e 36,60 (figura 2037). Presentavano solo vantaggio in ciò che i tiranti prolungati si cambiavano in contraffissi; sotto questo rapporto il sistema era

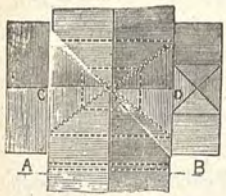


Fig. 200.

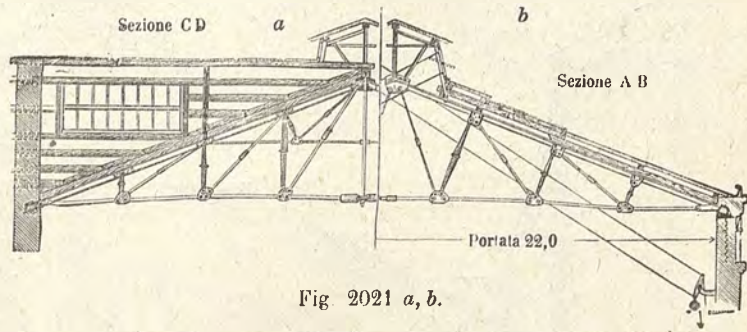


Fig. 201 a, b.

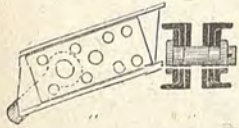


Fig. 203 a, b.

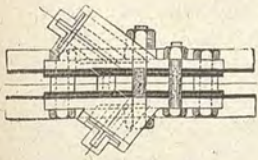


Fig. 205.

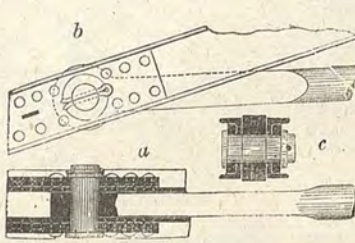


Fig. 202 a, b, c.

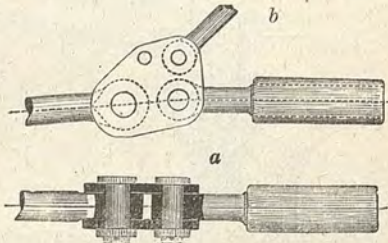


Fig. 204 a, b.

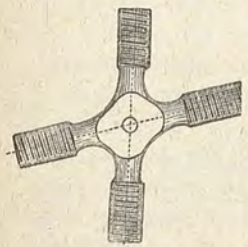


Fig. 208.

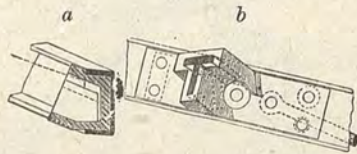


Fig. 206 a, b.

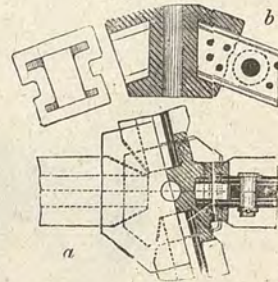


Fig. 207 a, b, c.

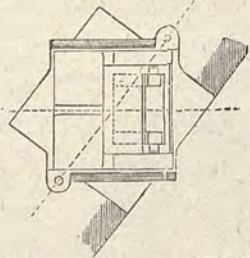


Fig. 209.

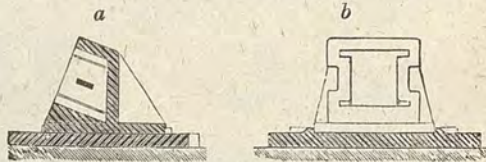


Fig. 2030 a, b.

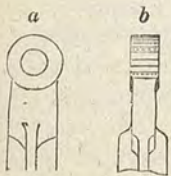
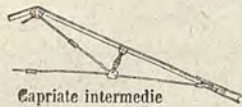


Fig. 2031 a, b.



Capriate intermedie
Fig. 2032.

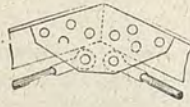


Fig. 2033.

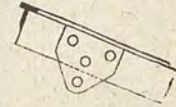


Fig. 2034.

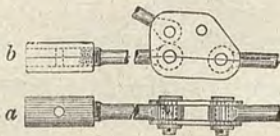


Fig. 2035 a, b.

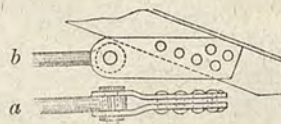


Fig. 2036 a, b.

Fig. 2020 a 2036. — Tetto di un fabbricato ad uso officina in Wilhelmshaven,

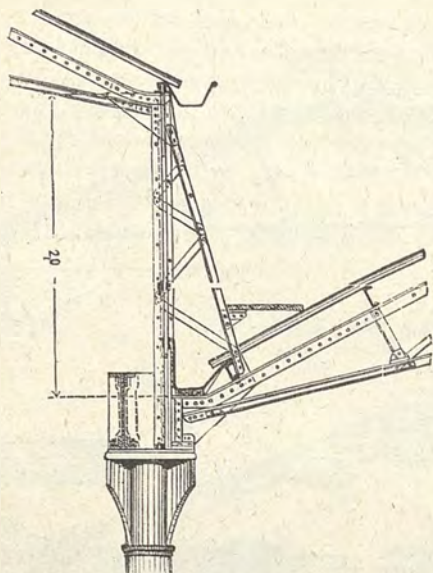


Fig. 2038. — Tettoia officina locomotive a Leinhausen.

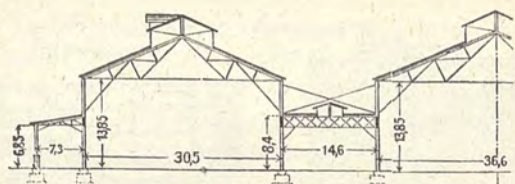


Fig. 2037. — Tettoie della Esposizione di Filadelfia del 1876.

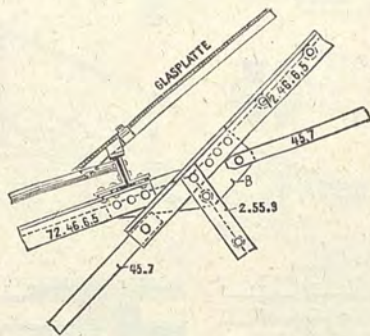


Fig. 2040. Glasplatte, vetro.

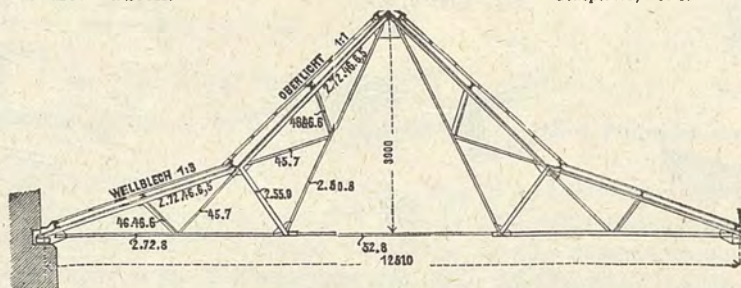


Fig. 2039.

Wellblech, lamiera ondulata; Oberlicht, lucernario.

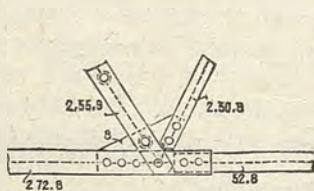


Fig. 2041.

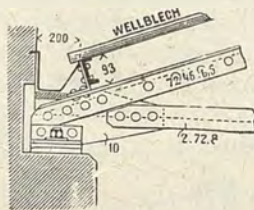


Fig. 2042.

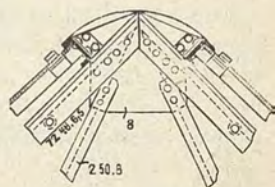


Fig. 2043.

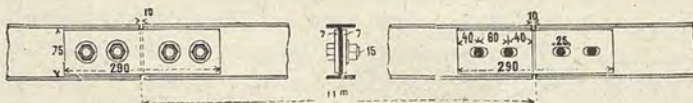


Fig. 2044.

Fig. 2039 a 2044. — Tetto officina carrozze ferroviarie a Leinhausen.

opportuno. L'introduzione (che appare dalla figura) di tetti bassi tra due corpi di fabbrica alti, ha lo scopo di poter dar luce all'interno di questi ultimi dalle pareti laterali, evitando l'impiego di lucernari sulle falde inclinate del tetto. Sono notevoli i forti controventi tesi tra due sistemi di tetto per sicurezza contro le deformazioni che potessero venir cagionate dalla pressione del vento.

Ha qualche analogia nei principii fondamentali colla disposizione ora riportata la copertura del fabbricato per officine di locomotive alla stazione Leinhausen, presso Annover (fig. 2038). L'aver collocata più in alto la linea di gronda di alcune campate ha avuto principalmente per iscopo di ottenere l'altezza necessaria pel movimento ed esercizio delle grue a ponte scorrevoli, pure ottenendosi anche il vantaggio della luce laterale. Il rialzo delle pareti, che servono a dar luce, mostra dei sostegni reticolari speciali che sono formati e collocati in modo da servire in pari tempo da saettoni opponentisi alla pressione del vento.

Il fabbricato dell'officina per carrozze ferroviarie a Leinhausen mostra una particolare trasformazione dell'incavallatura Polonçeau allargata (fig. 2039-2044). La parte inferiore è inclinata nel rapporto da 1 a 3 e coperta con lamiera ondulata, mentre la parte superiore, per il più facile scolo dell'acqua e il più pronto sgombro della neve e della polvere, ha un'inclinazione di 1:1 ed è coperta con lastroni di vetro di mm. 8 di grossezza. L'armatura superiore consiste di due ferri a L, mantenuti a distanza da un'anima e rispettivamente da una cerchia-

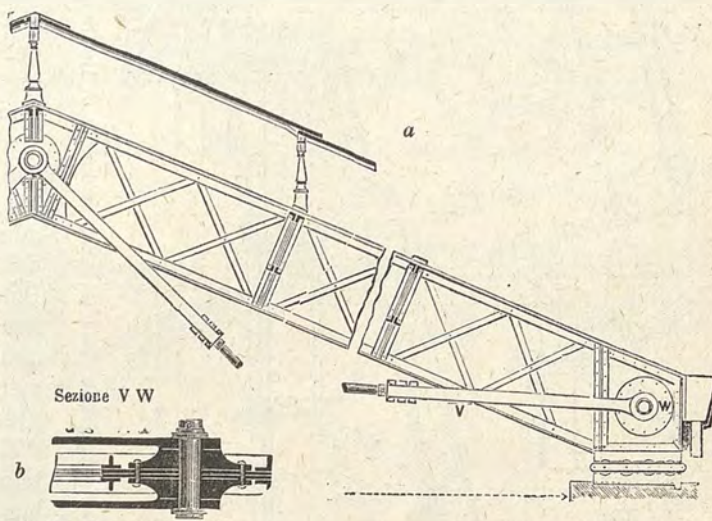


Fig. 2045 a, b. — Tipi di incavallatura con puntoni a traliccio.

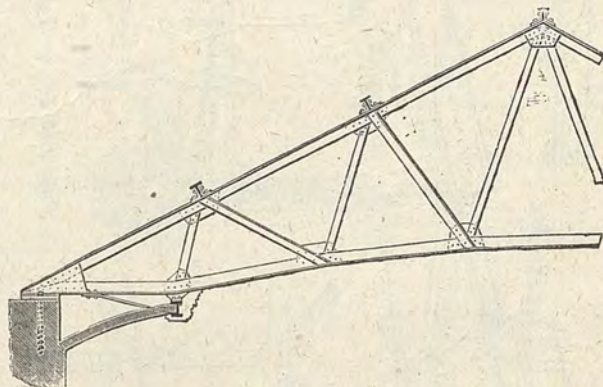


Fig. 2046. — Capriata supportante uno schifo di volta all'imposta.

tura, i quali alla spalla di appoggio abbracciano una piastra in lamiera (di mm. 10 di grossezza) che forma nodo. Quest'ultima, orlata con due brevi pezzi di ferro a L, forma l'appoggio, che riposa sopra una guida di scorrimento in ghisa, la quale è assicurata sulla pietra di supporto mediante piastre di pressione e di viti da fondazione. L'armatura inferiore consiste di due ferri piatti, che nei nodi intermedi si attaccano a piastre di lamiera interposte (fig. 2040 e 2043), le quali ricevono anche i contraffissi intermedi, formati pure con due ferri piatti mantenuti alla voluta distanza da bulloni di ritegno. Tutte le altre membrature compresse della costruzione consistono di ferri a L. I puntoni che si incontrano al vertice vengono collegati con una piastra (figura 2043), alla quale sono assicurate col mezzo di ferri a L anche le due terzere superiori formate di ferri a E.

Le altre terzere sono inchiodate sui puntoni per mezzo di angoli e, a motivo delle dilatazioni e contrazioni dovute ai cambiamenti di temperatura, sono congiunte l'una

all'altra (in senso longitudinale) ogni due incavallature, mediante lamiere a fori allungati (fig. 2044). Il colmo è coperto con un cappello in lamiera. I travicelli sono assicurati alle terzere con ferri a L. Il peso di un'incavallatura (senza la copertura e le

terzere) è di Kg. 440. La distanza fra le capriate è di m. 3,67. Tenendo conto anche delle terzere, si ha un peso unitario di Kg. 18 per m² di area coperta.

Quando per grandi portate (prossime o superiori ai m. 30), e per motivi speciali si richiedono superficie piane per le falde del tetto, anche il sistema Polonçeau ampliato, pur introducendovi sistemi collaterali, obbligherebbe a fare estremamente pesanti i membri compressi e renderebbe troppo difficile la costruzione. Adottando delle travature reticolari, o a traliccio, per puntoni, come se ne ha esempio nella fig. 2045, si facilitano di molto le condizioni della montatura. Questo sistema di costruzione si è impiegato su vasta scala per le grandi tettoie di stazioni ferroviarie.

Quando alcune membraure della incavallatura devono portare dei soffitti sottoposti, per esempio degli schifi di volta, sono generalmente inadatte le incavallature Polonçeau; si richiedono delle costruzioni più rigide, delle quali si ha un esempio nella fig. 2046. Si deve però osservare che un collegamento rigido come quello disegnato in tale figura tra l'incavallatura e l'imposta in ferro dello schifo non si può raccomandare in generale, ma si può tollerare soltanto per ampiezze limitate,

colle quali sono contenute in ristretti limiti le variazioni di lunghezza dei membri della incavallatura. Nelle grandi incavallature con corrispondenti variazioni di lunghezza, l'unione tra l'incavallatura e l'appoggio della volta a guscio si deve stabilire in modo che rimangano possibili gli spostamenti della prima senza riportare il loro effetto in modo sensibile sopra il secondo. In questo senso sono di speciale interesse:

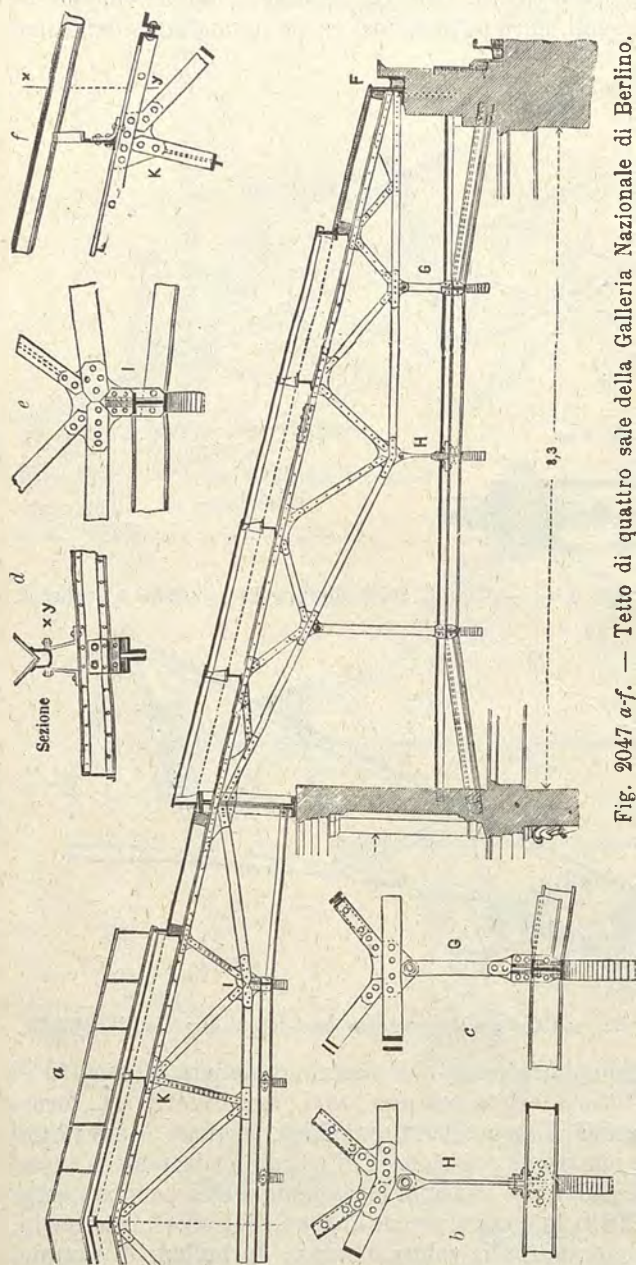


Fig. 2047 a-f. — Tetto di quattro sale della Galleria Nazionale di Berlino.

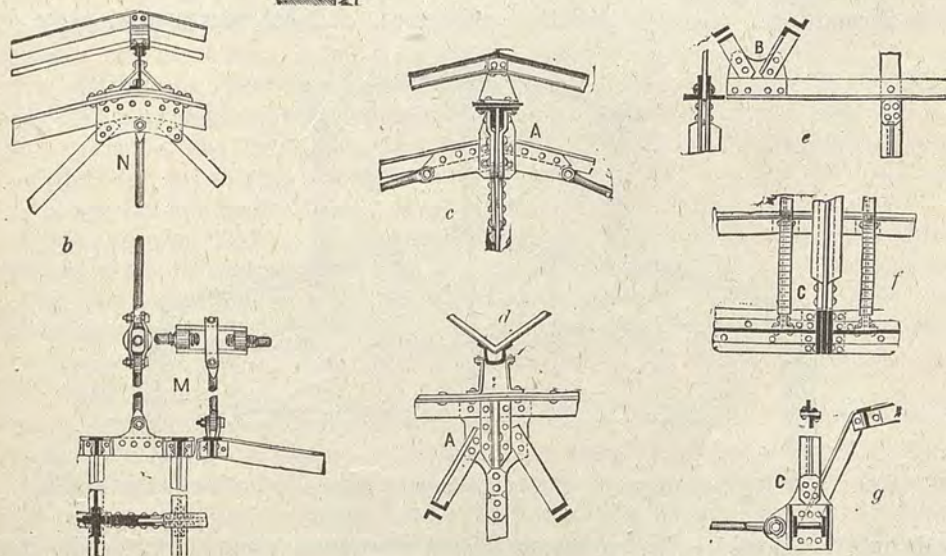
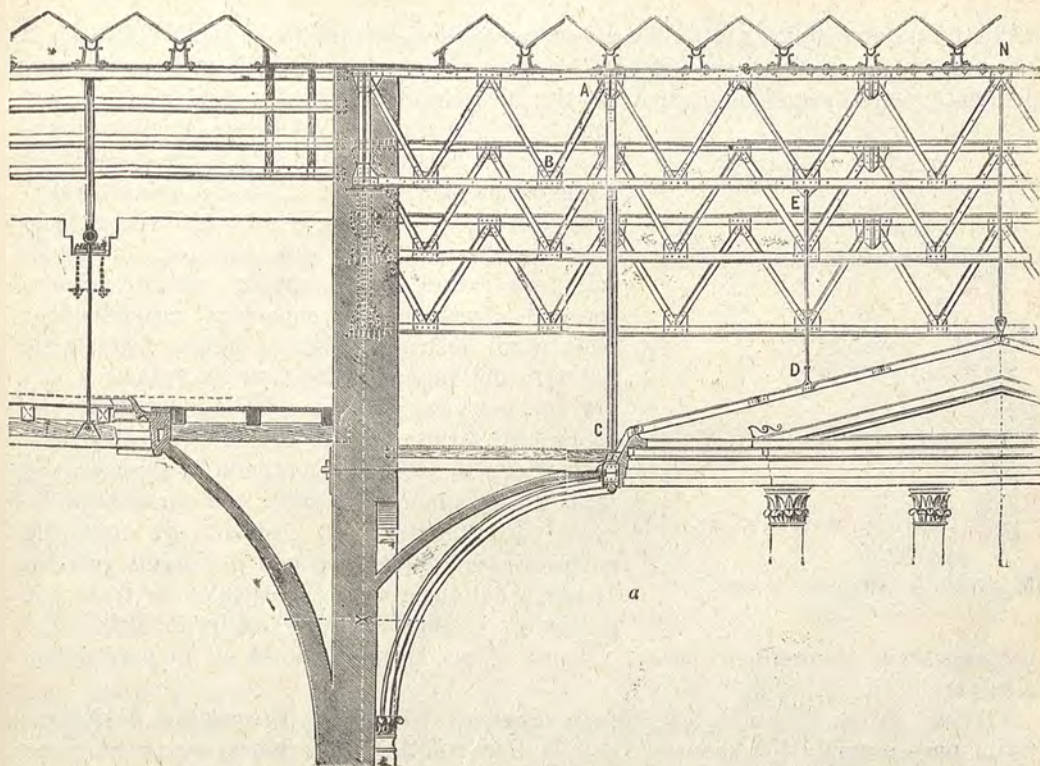


Fig. 2048 a-g. — Tetto di quattro sale della Galleria Nazionale di Berlino.

Le coperture di quattro sale della Galleria Nazionale di Berlino (fig. 2047 e 2048). In tutte le quattro sale vi sono lucernari, in tre di esse sono doppi; il loro telaio è appeso alle incavallature, ed è eseguito in modo da presentare un effetto decorativo.

In due casi (fig. 2047) si tratta di soffitti in cristalli, che elevandosi di poco sopra le quattro pareti d'ambito della sala, si chiudono con una grande campata centrale orizzontale, colla quale disposizione le costruzioni in ferro rimangono piuttosto semplici, di guisa che le loro particolarità si possono rilevare abbastanza dallo

schizzo d'assieme della fig. 2047 *a* e dai corrispondenti dettagli delle fig. 2047 *b, c, d, e, f*. Le membrature in ferro superiori ed inferiori possono fare piccoli movimenti, indipendentemente le une dalle altre. La fig. 2048 mostra a sinistra la sospensione del

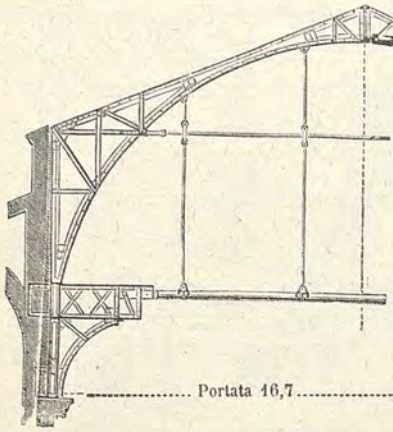


Fig. 2049. — Tetto nel Museo d'Arte di Vienna.

soffitto in legname che costituisce la campata centrale della copertura di una sala, e che è racchiuso all'ingiro da una grande cornice a gola in muratura; la vólta di questa si è fatta assai rialzata per diminuirne quanto più era possibile la spinta sull'inquadratura della campata centrale. Merita speciale attenzione la copertura rappresentata nella parte destra della stessa figura, nella quale si tratta dell'inquadratura di un lucernario a due piovanti per mezzo di una gola in muratura molto sporgente, fornita di lunette. Il peso di questa costruzione di soffitto ha motivata la struttura del

tetto essenzialmente formata con terzere (arcarecci, travi longitudinali) costituite da travature composte (intelaiate) secondo il sistema Neville. Il telaio del lucernario è costituito da travi a Γ disposte orizzontalmente, di cui le fig. 2048 *e, f, g*

rappresentano chiaramente l'attacco rigido all'armatura del tetto ed in pari tempo alla parete più vicina della sala. Il tetto del cortile coperto nel Museo d'arte ed industria a Vienna (fig. 2049) presenta pure esempio di sospensione mobile di un soffitto a lucernario, con un contorno pesante formato con voltine a lunette di muratura. Soltanto una piccola parte del

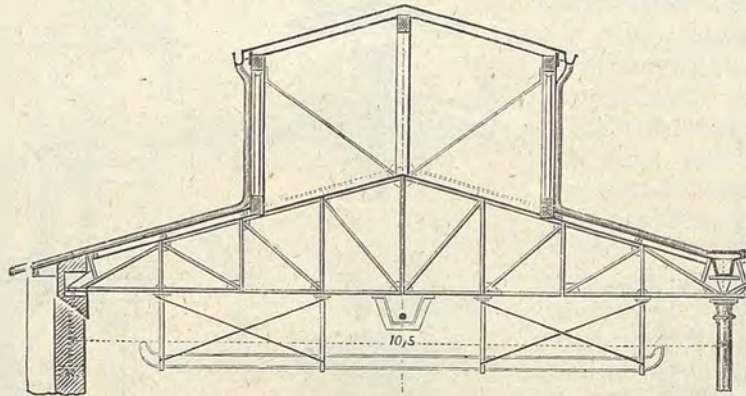


Fig. 2050. — Tetto della torneria officina locomotive della stazione di Berlino-Anhalt.

peso di questa incorniciatura, di circa m. 2,50 di sporgenza, viene portata dalle incavallature; il peso gravita essenzialmente su pesanti mensole in ferro, che sono incastrate nella muratura d'ambito e rigidamente fissate alla medesima per mezzo di chiavi, mentre sono unite al soffitto in modo da permettere gli scorrimenti.

Tetto della torneria nell'officina-locomotive della stazione della ferrovia Berlino-Anhalt presso Berlino (fig. 2050). — Le incavallature sono collocate a distanza di m. 3,60 l'una dall'altra, ed hanno una portata di m. 10,50. Esse, oltre allo scopo di sopportare la copertura, hanno anche quello di portare dei carichi che vi vengono appesi, cioè: *a*) una trasmissione per alberi che serve al movimento delle macchine utensili dell'officina; *b*) la guida, formata di 2 ferri a Γ , della carrucola scorrevole

di una taglia per sollevare i pezzi più pesanti (assi di 3200 Kg. di peso). Per soddisfare a queste esigenze, le incavallature sono costruite molto rigidamente, senza però eccedenza del peso proprio ordinario, risultando questo (comprese le parti in ferro pel collegamento longitudinale, i tiranti pel lucernario e le rotaie per la taglia) di solo 1040 Kg. complessivamente, cioè di 28 Kg. per m² di superficie coperta.

Tetto del locale delle storte nella regia fabbrica di porcellana a Charlottenburg (fig. 2051 a, b, c, d). — È formato con un'armatura inferiore, i cui nodi si trovano su di un arco scemo, con contraffissi verticali e tiranti diagonali; la portata è di m. 22.

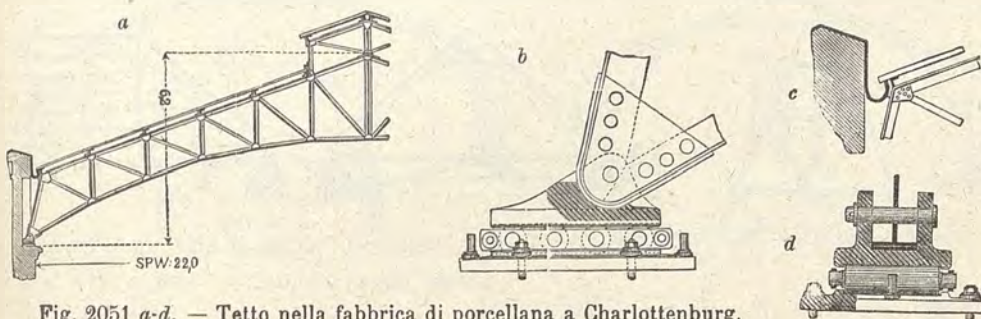


Fig. 2051 a-d. — Tetto nella fabbrica di porcellana a Charlottenburg.

Si fa notare la speciale disposizione delle estremità delle incavallature, che è consigliabile nei casi in cui la gronda del tetto deve essere coronata da un attico, in quanto che l'acqua e la neve vengono raccolte solo ad una piccola profondità sotto lo spigolo superiore dell'attico. Non si avrà pertanto a temere che si verifichi congelamento od ostruzioni causate da neve, a motivo dell'alta temperatura che regna nello spazio interno. Particolarmente opportuno è inoltre l'appoggio mobile (fig. 2051 d) di una delle estremità delle incavallature. Non solo questa estremità si impernia in un bolzone girevole, che entra in azione in seguito a variazioni di carico od a cambiamenti di forma, ma inoltre la scatola di appoggio è scorrevole sopra rulli nel senso della lunghezza dell'incavallatura: la corsa massima è limitata da due arresti.

Il peso proprio richiesto da questo sistema potè sembrare alquanto soverchio, in confronto di quello raggiungibile con altri sistemi, tanto più che le incavallature non sono che alla distanza di m. 3,50. Bisogna però considerare che a questo tetto dovevano venir sospesi molti fumaioli in ferro e che il continuo variare di temperatura nel locale, entro limiti molto larghi, doveva produrre delle importanti deformazioni nelle singole membrature.

Come esempio finalmente di un tetto a due piovanti piani, per chiese, si riporta nella fig. 2052 quello del *Duomo di Colonia*, che rappresenta un primo tentativo di sostituire i tetti in ferro a quelli in legno per le chiese. Questo tetto consiste in coppie di incavallature collocate a m. 3,38 di distanza. Tanto l'armatura superiore come l'inferiore ad arco acuto (secondo la forma della vòlta del duomo) consistono in ferri a T, collegati fra loro da ferri piatti. Le staffe in ghisa ai piedi dell'incavallatura sono collegate l'una all'altra con tiranti provvisti di manicotti a vite, ciò che costituisce una buona misura precauzionale.

Il tetto sopra il vestibolo occidentale (detto di Harley) del *Palazzo di giustizia a Parigi* (fig. 2053) è formato con travature di lamiera piena, con orlatura e saette in ferro a L e sorregge a mezzo di tiranti un soffitto di protezione (alla parigina) al di sopra della vòlta della sala, che ha m. 11,54 di portata. Le incavallature sono interamente rivestite con gesso, le falde del tetto sono riempite con muratura di gesso e coperte con ardesie sopra assito.

Le travature in lamiera piena sono state scelte in seguito all'esperienza locale fatta durante grandi incendi, essendosi dimostrato che le masse di ferro compatte non sono soggette, tanto facilmente come le costruzioni reticolari, a piegature, torsioni e rotture per effetto del calore che agisca da una parte sola. — Il sottotetto serve da archivio; era quindi necessario lasciarlo, quanto più era possibile, libero da membrature del coperto.

Come nei tetti di legno, così anche per quelli in ferro si utilizzano di preferenza gli appoggi che si trovano: in questo senso può servire di esempio il tetto sopra di

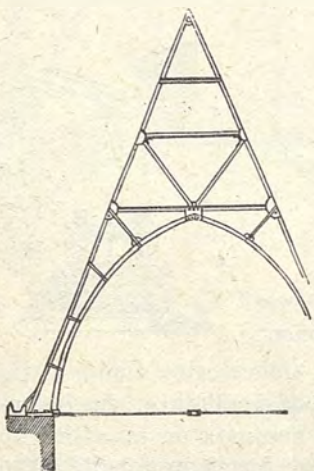


Fig. 2052.
Tetto del Duomo di Colonia.

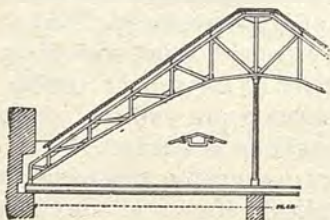


Fig. 2054.

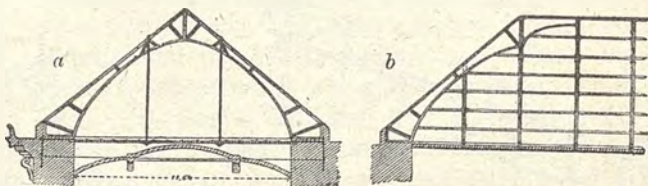


Fig. 2053 a, b. — Tetto nel Palazzo di Giustizia a Parigi.

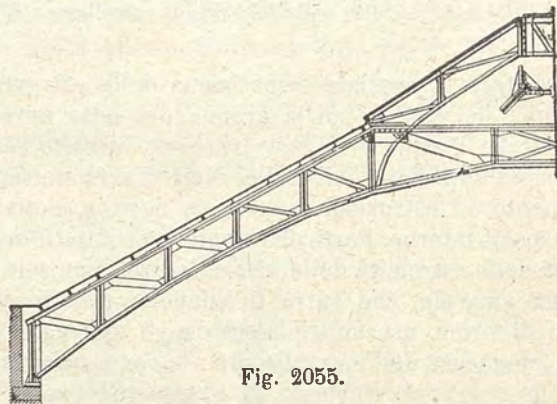


Fig. 2055.

Fig. 2054 e 2055. — Tetti nel Palazzo del Parlamento di Bruxelles.

un'ala del Palazzo del Parlamento a Bruxelles, rappresentato nella fig. 2054. Lo schema della sua costruzione si assomiglia a quello dato nella fig. 2051. La piccola figura intermedia spiega il modo col quale l'armatura inferiore si appoggia sulla colonna.

Altro esempio di simile costruzione è fornito dalla incavallatura principale del tetto sopra la sala delle sedute nello stesso palazzo, la quale è rappresentata nella fig. 2055. È da notarsi come la centina inferiore viene successivamente rinforzata dal piede, procedendo verso l'alto, coll'aggiunta di un numero crescente di lamie sovrapposte. In entrambi gli esempi si vede che il colmo è piano, in relazione alla prescrizione che vige a Bruxelles per tutte le nuove fabbriche nello scopo di offrire ai pompieri, in caso d'incendio, una superficie piana, sopra la quale potersi muovere senza pericolo di cadere. I costruttori di quella città non trovano in ciò alcuna maggior difficoltà di esecuzione.

Per uno studio più completo si raccomandano le costruzioni dell'Esposizione universale di Parigi del 1878, che sono riprodotte nei *Nouvelles Annales de la Construction*, di Oppermann.

Le coperture di cortili, rappresentate schematicamente nelle fig. 2056 e 2057, sono parimenti di Parigi; le incavallature consistono di 2 ferri a T di 55 per 56 mm. collegati con piastre di lamiera.

Una incavallatura per una corte coperta di m. 15 di ampiezza (sempre di Parigi), eseguita in lamiera di 6 mm. di grossezza, lavorata a trafori, con orlatura superiore ed

Fig. 2058.

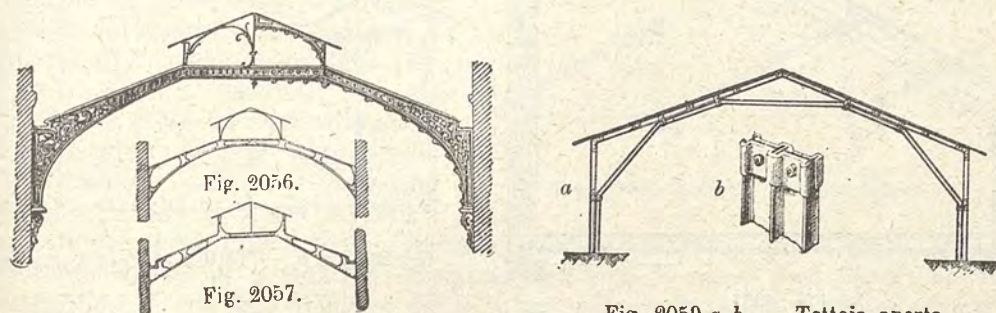


Fig. 2059 a, b. — Tettoia aperta.

Fig. 2056 a 2058. — Tetti per cortili coperti.

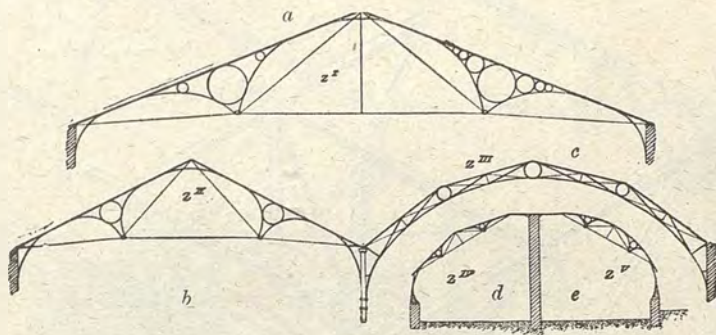


Fig. 2060 a-e. — Tipi di incavallature leggere costruite dalla Ditta Baudrit.

inferiore in ferro a L di mm. 50 per 50 per 6, è rappresentata nella fig. 2058. Le terzere (arcarecci), con portata libera di m. 5, hanno l'anima in lamiera di 2 mm. di grossezza e sono rinforzate con ferri d'angolo di mm. 35 per 35 per 4,5.

La fig. 2059 a, b, rappresenta un tipo di tettoia aperta, in ferro, formata interamente con ferri a I, adottato per mercati e per esposizioni temporarie e periodiche. I ritti nella parte inferiore sono formati di due ferri a I di 10 cm. d'altezza, congiunti con guaine in ferro fucinato, come quella rappresentata nella fig. 2059 b, che serve anche pei giunti di testa. I fori nelle pietre del lastricato in cui devono introdursi questi ritti, quando la tettoia è smontata, vengono chiusi con appositi tappi.

La montatura di queste tettoie è ordinariamente fatta per ogni incavallatura da 6 uomini in 10 minuti, adoperando solo scale a cavalletto come ponte di servizio. La ditta parigina Michelin è specialista in simili generi di costruzioni metalliche smontabili, le quali, oltre al vantaggio della celerità di messa in opera e di disfacimento, offrono anche quello della grande economia.

Si riproducono infine nella fig. 2060 schematicamente diversi tipi di incavallature leggere, che vengono fornite in gran numero come oggetti mercantili correnti, dalla casa costruttrice Baudrit di Parigi nel breve tempo di una settimana, per tettoie ad uso di opifici o per scopi speciali nei dintorni di Parigi. È interessante accennarne

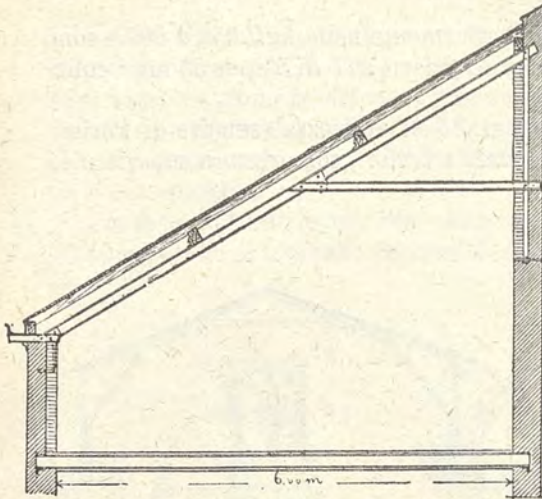


Fig. 2061.

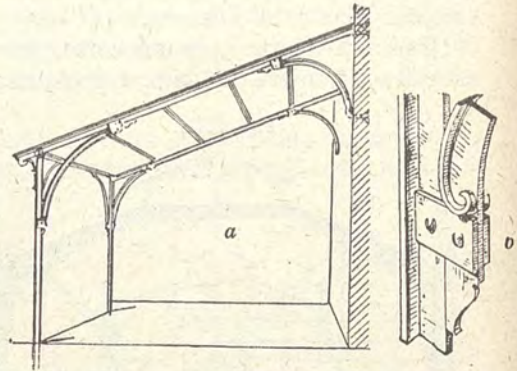


Fig. 2063 a, b. — Tettoia leggera a una falda.

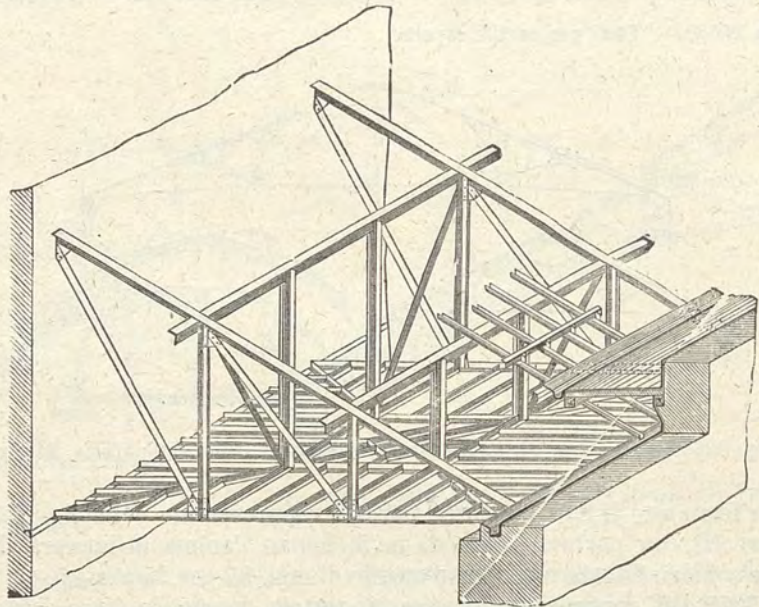


Fig. 2062.

Fig. 2061 e 2062. — Tetti a una sola falda.

il costo, per ampiezze ordinarie di m. 4. Il tipo Zⁱ con travicelli in legno, costa L. 5 per m² di superficie coperta; interamente in ferro, L. 6,50; il tipo Zⁱⁱ con copertura in zinco, L. 5,50, con embrici a scanalatura, L. 7; il tipo Zⁱⁱⁱ, per m² di superficie di tetto sviluppata e con copertura in zinco, costa L. 6; i tipi Z^{iv} e Z^v per serre a vetri, L. 15 per m² in pianta (travicelli compresi). Come termine di paragone può servire il prezzo delle ringhiere da scala o da balcone che costano circa L. 1 al chilogramma.

β) Tetti ad una falda.

Si costruiscono come i tetti a due pioventi col colmo spostato, oppure come la metà di un tetto a due pioventi. Quando il tetto sporge oltre la gronda, la parte sporgente prende il nome di pensilina.

Per ampiezze limitate, e quando non si possa applicare una catena al piede della falda, è adatta la forma della fig. 2061. Le incavallature consistono in ferri a Γ , assicurati ai muri in alto ed in basso con chiavi; una traversa orizzontale composta di due ferri a \square vi è inchiodata nel mezzo, ed è pure assicurata alla parete di appoggio.

Nella fig. 2062 si ha la struttura di un tetto ad un piovente, formato con mezze incavallature di tipo inglese e provvisto di un doppio lucernario. La particolarità principale consiste in ciò, che l'intelaiatura del soffitto a vetri interno è unita alle incavallature del tetto mediante interposti cavalletti ritti costruiti a traliccio, e formanti colle mezze incavallature un sistema rigido. Questa disposizione è in generale raccomandabile soltanto per tetti non soggetti a forti carichi di neve, nè a forti pressioni di vento e non troppo grandi, poichè allora diventerebbe difficile il montare l'armatura del tetto. È anche poco opportuna la disposizione di riportare il carico del tetto sui membri interni del soffitto a vetri.

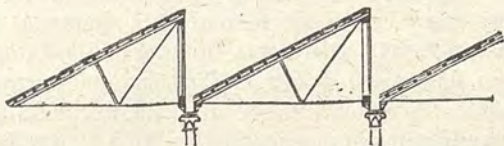


Fig. 2064. — Tetti per capannoni.

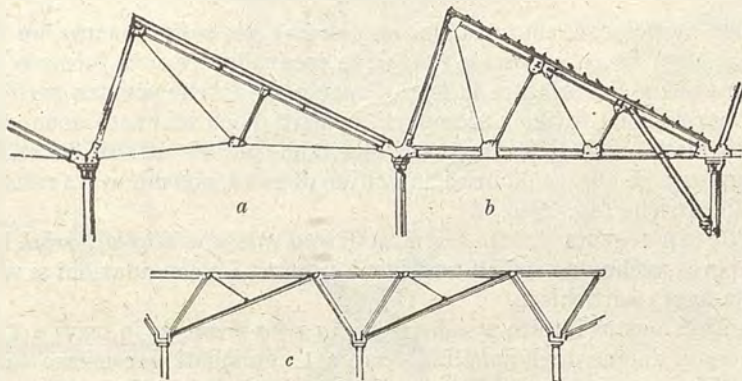


Fig. 2065 a, b, c. — Tetti per capannoni.

Un tetto molto semplice e leggero è quello rappresentato nella fig. 2063. Con una larghezza d'incavallatura di circa metri 3,50, si adottano ritti in ferro a Γ di $60 \times 60 \times 7$ mm., travicelli di $50 \times 10 \times 7$ mm., terzere di $50 \times 80 \times 6$ mm. e ferri arcuati di $50 \times 50 \times 6$ mm. La copertura è in zinco sopra assito di legno. Il collegamento (b) delle saette arcuate ai ritti ed ai travicelli è interessante, se anche non interamente degno di essere preso a modello.

Formano un genere speciale di tetti a un piovente i

γ) Tetti per capannoni (*sheds*).

Vengono adottati di sovente per coprire officine, fabbricati di esposizioni, ecc., principalmente laddove si tratta di ottenere una buona illuminazione laterale uniforme e proveniente dall'alto (in generale dal nord). Questi tetti (fig. 2064 e 2065 a-c) consistono di mezze incavallature, che per lo più si appoggiano sopra una travatura verticale od inclinata. Quest'ultima porta la vetrata (V. il capitolo relativo ai lucernari). Particolare cura richiede la costruzione dei numerosi impluvi che presentano questi tipi di coperture, perchè riesce difficile lo smaltimento della neve che vi si accumula e lo sgombero della stessa. Se ne deve perciò evitare una troppo grande

lunghezza, principalmente quando non si possano disporre in modo che vi soffi pel lungo il vento dominante.

Questa difficoltà si presentava specialmente allorchè si faceva verticale la falda vetrata e stretto il canale, ma si è quasi superata dappoichè si tiene questa falda inclinata di circa $10^\circ \div 15^\circ$, od anche più, rispetto alla verticale, facendosi di circa $75^\circ \div 90^\circ$ l'angolo fra le due falde formanti compluvio.

Per diminuire ancora tale inconveniente si tengono spesso i lucernari più bassi, così che i canali giacciono a metà distanza dalle serie di colonne di sostegno. In tal caso debbono avere una lunghezza limitata, oppure vi devono essere degli appositi tubi di scarico isolati nell'interno del locale. Diversamente servono da condotti di scarico le colonne medesime. La fig. 2065 *a* mostra la forma più usata di questi tetti quando non sono caricati e (fig. 2065 *b*), quella per tetti di fabbriche, e simili, che hanno da portare trasmissioni, ecc.

Molte volte l'armatura viene portata in tutto o in parte all'esterno, come indica la fig. 2065 *c*, o vengono collegati i colmi soltanto con tiranti e saette (V. per maggiori particolari il capitolo sui lucernari).

δ) Tetti alla " mansarde " (a soffitta).

La fig. 2066 rappresenta un tetto alla *mansarde* (con soffitta) sopra un braccio del nuovo Palazzo centrale delle Poste a Parigi; le incavallature sono formate con travature di lamiera piena con orlature in ferri d'angolo. Le catene portano anche un soffitto in getto: le pareti sono divise a scomparti, le parti poco inclinate sono coperte con zinco sopra tavolato e imbottite con gesso. Meritano speciale attenzione anche i soffitti di grande ampiezza di questa fabbrica, in voltine di getto, nonchè le travature portanti reticolari policentriche (fig. 2066 *b*).

La fig. 2067 rappresenta il tetto a soffitta di una casa d'affitto a Parigi. L'armatura in ferri a Γ porta anche due soffitti intermedi di getto. Le congiunzioni si vedono chiaramente dalla figura particolare.

La figura 2068 mostra il tetto a soffitta di una villa francese in travi a Γ con angoli fucinati e barre di unione degli angoli in ferro a \perp , bullonati per mezzo di pezzi formanti anima. La portata è di m. 7,50, e la distanza fra le incavallature di m. 5. Le travi di queste hanno mm. 100 di altezza, le terzere e i montanti delle pareti intelaiate sono ferri a Γ di mm. 80 di altezza. Le lungherine, banchine o radici, sono travi a \perp di mm. 100 di larghezza. Le incavallature e i montanti dei tavolati sono bullonati gli uni cogli altri a distanze di cm. 80 con verghe tonde di mm. 14 di diametro. Le pareti intelaiate sono per lo più imbottite con muratura in gesso, nella quale sono incastrati dei legnami di 5 cent. di grossezza su cui è assicurato il tavolato per il collocamento delle ardesie o della copertura in zinco (per le parti poco inclinate).

ε) Tetti a padiglione.

Questi tetti usati particolarmente per la copertura di cortili e simili, hanno in generale la forma fondamentale di piramidi di n lati. Come semplice esempio si riporta: un tetto a padiglione sopra uno spazio quadrato di 8 m. di lato. Le incavallature principali formate in modo simile a quelle alla Polonçeau (fig. 2069 *a, b, c, d*), sono disposte con le diagonali del quadrato e sulla loro armatura superiore ricevono le teste dei travicelli di lunghezze decrescenti dalla base al vertice. I vertici delle incavallature sono contenuti in una scatola di ghisa che serve anche all'attacco dei 3 tiranti che si dipartono dal vertice.

Tetto ottagonale a padiglione con incavallature alla Polonçeau sopra una cappella (fig. 2070 *a-c*). I tiranti orizzontali di ogni incavallatura non sono continui, ma formati

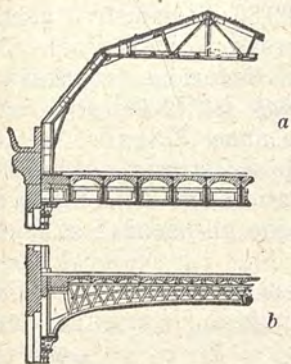


Fig. 2066 a, b.

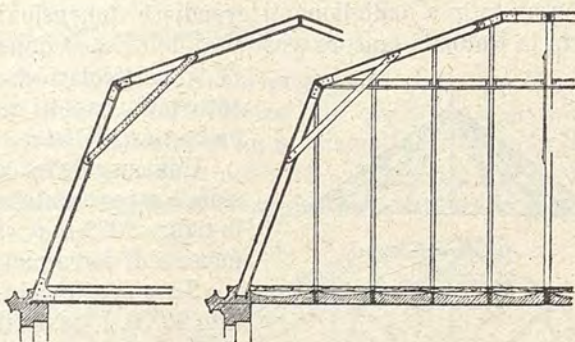


Fig. 2068.

Fig. 2066 a 2068. — Tetti alla « mansarde ».

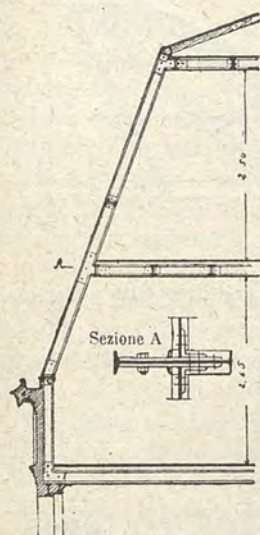


Fig. 2067.

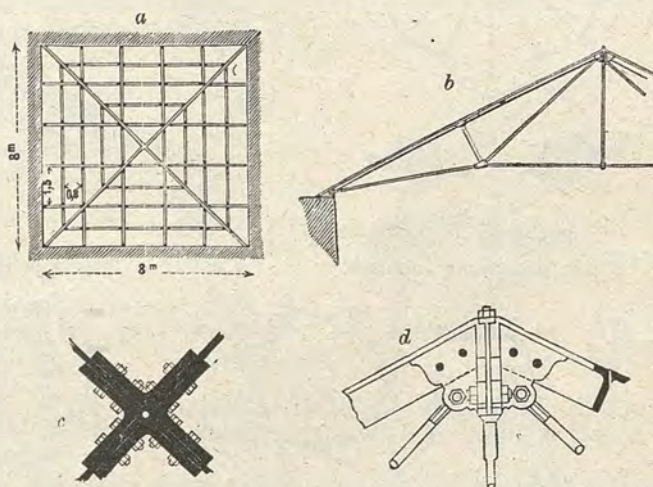


Fig. 2069 a-d. — Tetto a padiglione.

di due pezzi riuniti in un anello centrale. I falsi puntoni o puntoni intermedi non hanno contraffisso, ma sono composti, come quelli di cresta, di due ferri d'angolo fra cui sono introdotti dei pezzi cuneiformi funzionanti da anima (c), sui quali viene inchiodato l'assito di rivestimento per la copertura. Questo sistema di allacciamento dei tiranti orizzontali in un anello centrale non è consigliabile, poichè può accadere che o l'anello, in seguito a ineguale sovraccarico sul tetto, si spezzi, perchè inegualmente ed eccessivamente teso, oppure che si spezzi un bullone, nei quali casi il tetto crollerebbe. Questo fatto accadde nel 1888 a Torino, ove, in seguito ad una forte nevicata, crollò la tettoia del mercato di Piazza Bodoni, tettoia ottagonale formata con incavallature miste alla Polonceau, i cui tiranti erano appunto raggruppati in un anello centrale. Quella tettoia fu poi rifatta con ossatura senza tiranti, e sul tipo di quella della fig. 2071, salvo che i puntoni sono inferiormente centinati (vedi *L'Architettura Pratica*, anno IV).

Tetto sopra il primitivo Circo Otto a Berlino (fig. 2071). Un poligono di venti lati col diametro del circolo inscritto di m. 37,3 è coperto per mezzo di 20 travature reticolari che si attaccano ad un anello superiore in ghisa (soggetto a pressione) portante il lucernario. La spinta orizzontale al piede delle travature è sostenuta da un anello in ferro (soggetto a tensione) che le abbraccia.

Con un tetto a padiglione di grandiose dimensioni (m. 109,80 di diametro) venne coperta la Rotonda (ancora esistente) dell'Esposizione Universale di Vienna nel 1873 (V. i particolari di questa costruzione interessante sotto molti aspetti nel *Giornale dell'Unione degli ingegneri ed architetti austriaci*, anno 1873).

Una cuspidè da campanile di costruzione semplicissima è rappresentata schematicamente nella fig. 2072: le figure 2072 a, b, c, mostrano gli anelli di sostegno formati di ferro piatto.

Tetto a punta della Chiesa del Chiostro in Berlino (fig. 2073). I travicelli sono in ferro fucinato. Per dare

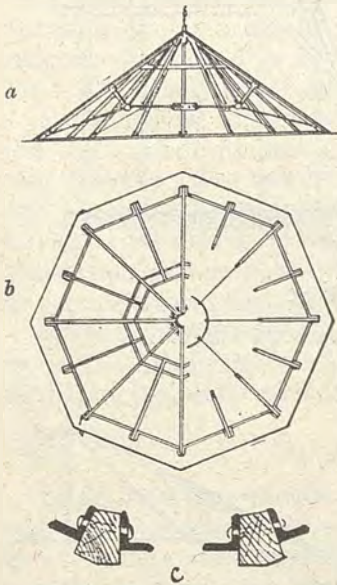


Fig. 2070 a, b, c.

Tetto a padiglione cupolare.

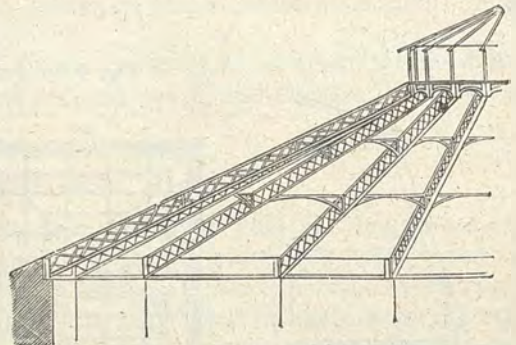


Fig. 2071. — Tetto a padiglione del Circo Otto a Berlino.

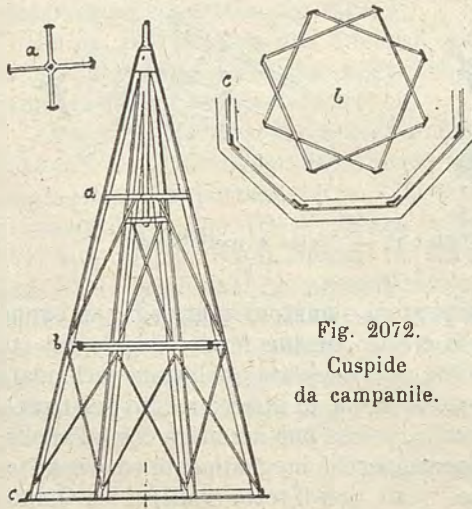


Fig. 2072.
Cuspide
da campanile.

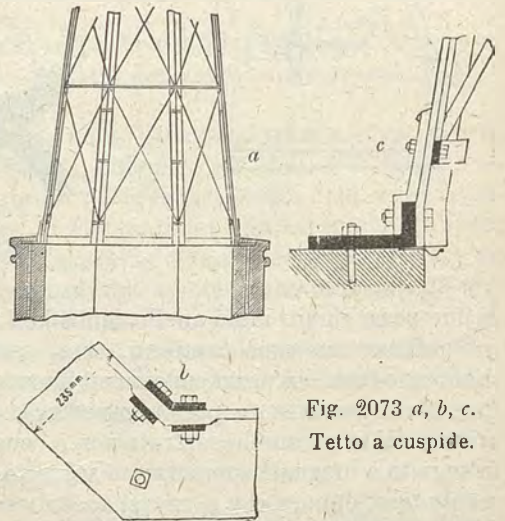


Fig. 2073 a, b, c.
Tetto a cuspidè.

rigidezza al loro insieme servono degli anelli orizzontali ed inoltre dei tiranti incrociati. Dalla pianta (fig. 2073 b) e dalla sezione sull'appoggio (fig. 2073 c) si rileva l'unione di quest'ultimo coi travicelli. Questi, rivestiti di piastre di zinco (fuse), sono uniti con viti all'ala verticale della piastra d'appoggio.

Per coprire degli spazi di grande ampiezza senza sostegni intermedi (tettoie di stazioni ferroviarie, fabbricati di esposizioni, ecc.) si applicano pure delle travature coll'armatura superiore, o coll'inferiore, curva e con reticolato completo di membri verticali e diagonali, od anche delle travi arcuate senza membri intermedi, ma con tiranti a catena per ricevere la spinta orizzontale.

γ) Forme speciali di incavallature.

Travature e pilastrì della Galleria del fabbricato principale dell'Esp. Univ. di Vienna del 1873 (fig. 2074). — Le incavallature formano un qualchecosa di mezzo tra quelle arcuate e quelle a falce, perchè l'estradosso ha un diametro di 31 cm. minore di quello dell'intradosso; l'altezza della travatura nel mezzo (al colmo) è di m. 1,60. Le briglie sono formate ciascheduna da due ferri d'angolo con un'anima in lamiera. Per le membrature compresse del reticolato (saette) sono pure adoperati ferri d'angolo, mentre i membri tesi sono di ferro piatto. La portata è di m. 22,46, con una distanza fra le incavallature di m. 6,95 e di m. 5,77 e quindi in media di circa m. 6,35. L'unione longitudinale è fatta per mezzo di arcarecci di legno, sui quali si appoggia la copertura in lamiera ondulata. Le sporgenze che si notano alla estremità superiore dei pilastrì sono alette di lamiera che hanno servito per attaccarvi le colonne in stucco che decoravano la fronte dei pilastrì. Il peso proprio delle incavallature ammonta a circa Kg. 24,5 per m² di superficie coperta.

Secondo un sistema analogo (brevetto Baudrit), ma colla travatura arcuata rastremata verso il vertice, vengono spesso eseguite in Francia tettoie per officine e per esposizioni, magazzini per prodotti agricoli, ecc., con un impiego di materiale estremamente ridotto, naturalmente solo

per coperture leggere (cartone, zinco) (fig. 2075). Questi tetti vengono ordinariamente eseguiti per portate dai 10 ai 20 metri, e se ne calcola il prezzo non a peso ma a superficie. Nel 1872 erano valutati L. 10 per m² di superficie sviluppata, con una distanza tra le incavallature di 5 ÷ 6 metri.

Per portate maggiori è consigliabile di formare le incavallature come travature articolate (a snodo) onde permettere le dilatazioni e le contrazioni del metallo dipendenti dalle variazioni di temperatura.

Così fu costruito il tetto arcuato di m. 32,95 di ampiezza per il *locale delle storie della Società Imperiale Continentale pel gas a Berlino* (arch. Schwedler) (fig. 2076). Le incavallature distano m. 4,70 ed il loro arco esterno è incurvato secondo un circolo di m. 22,90 di diametro. Ognuna delle due briglie della travatura consiste di due ferri d'angolo fra i quali vi ha un vano di mm. 100 in cui sono introdotte le lamiere di giunzione in testa e di attacco delle membrature. Le membrature verticali sono formate da due ferri d'angolo riuniti con due piastre da chiodatura, e quelle del reticolato invece consistono in ferri piatti. Gli arcarecci, formati con ferri a \perp , si prolungano sopra due incavallature. Il peso totale della parte metallica ammonta a Kg. 650 di ghisa ed a Kg. 87.500 di ferro, corrispondenti ad un peso unitario di Kg. 45 per m² di superficie coperta.

Simile è il *tetto della galleria delle palme nel Giardino di Flora a Charlottenburg* (fig. 2077). — È un tetto arcuato le cui incavallature all'estremità inferiore hanno forma parabolica e verso il colmo vanno trasformandosi in rettilinee. Il tetto

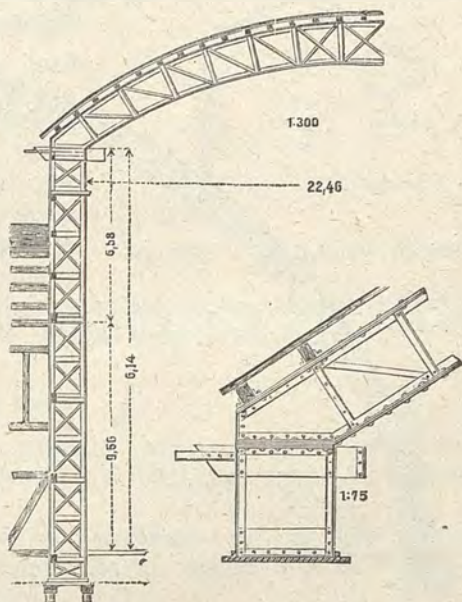


Fig. 2074. — Centinature e pilastrì delle gallerie dell'Esposizione Univ. di Vienna del 1873.

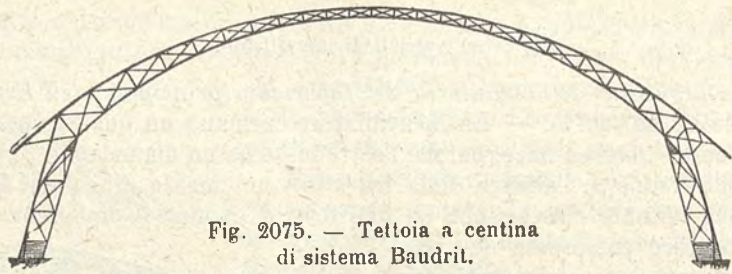


Fig. 2075. — Tettoia a centina di sistema Baudril.

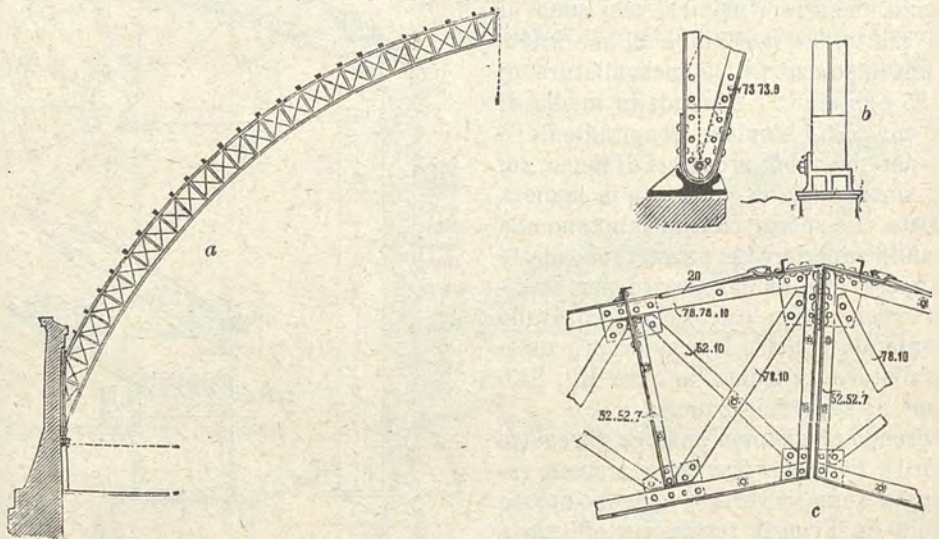


Fig. 2076 a, b, c.

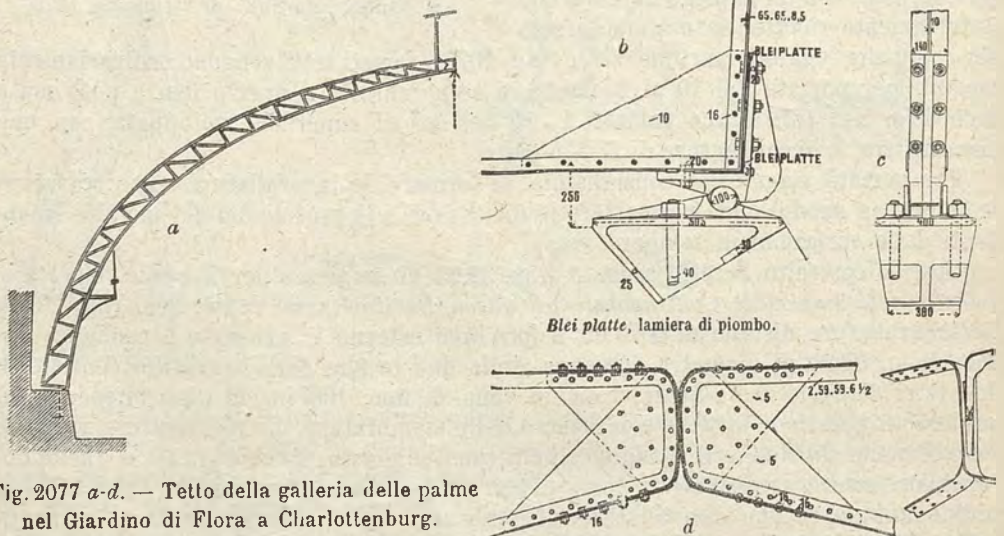


Fig. 2077 a-d. — Tetto della galleria delle palme nel Giardino di Flora a Charlottenburg.

è munito di una doppia vetrata con cm. 40 di vano. Gli appoggi (a bilico) (fig. 2077 b, c), riposano su pilastri di m. 2,50 di altezza. La congiunzione delle due mezze incavallature al vertice (fig. 2077 d, e), fatta con due ferri piatti, che penetrano l'uno nell'altro incrociandosi (assicurati alle teste delle incavallature), impedisce gli spostamenti e

permette solo una rotazione delle superficie arrotondate delle testate l'una sull'altra. Il peso proprio della costruzione, incluse le parti in ferro delle vetrate, ammonta a Kg. 32 per m². La pressione del vento che si immagina formare un angolo di 10°,15' coll'orizzontale, è calcolata di Kg. 90 per m² e il massimo lavoro del ferro a Kg. 8,44 per mm².

Le coperture di gallerie aperte o solo incompletamente chiuse vengono spesso eseguite per motivi architettonici, secondo forme che si possono considerare come qualchecosa di mezzo tra i tetti a piovanti piani e quelli ad arco, in quanto che la briglia (o nervatura inferiore) è in forma di arco e la superiore rettilinea. I tiranti necessari a bilanciare la spinta orizzontale, vengono sostituiti con riempimenti d'angolo che hanno altresì lo scopo di servire come mezzo per poter raggiungere la forma che meglio resiste alla pressione del vento. Un ottimo esempio lo offre la fig. 2078, preso da un portico per mercato in Francia. Mentre il tetto è costruito tutto in ferro, le colonne sono invece di ghisa.

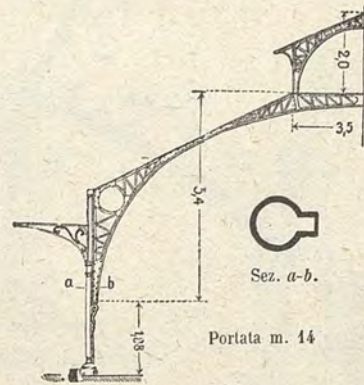


Fig. 2078. — Tettoia per mercato.

v) Tetti a cupola.

I tetti cupolari ribassati (secondo una parabola cubica) vengono specialmente adoperati per coprire le rimesse da locomotive e i fabbricati di gasometri. Si riportano come esempi i seguenti:

Copertura di una rimessa per 16 locomotive, poligonale a 16 lati, nella stazione centrale di Anover (fig. 2079 a, b, c). La cupola ha un diametro di m. 31,39 e lo

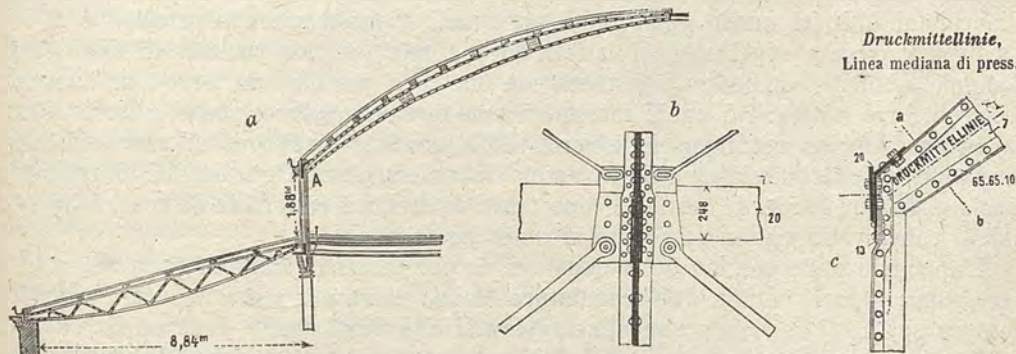


Fig. 2079 a, b, c. — Tettoia per rimessa di 16 locomotive.

spazio anulare all'ingiro coperto con 32 incavallature a contrasto, ha m. 8,84 di larghezza. La cupola riposa sopra 16 colonne ed ha 16 nervature in forma di travature in lamiera, le cui estremità superiori si appoggiano contro l'anello di un lucernario, mentre le inferiori si appoggiano ad un anello di base. Per ovviare agli effetti di carichi disuguali, oltre a questi due anelli, ne sono introdotti due altri intermedi e tra i punti di incrocio così ottenuti (nodi) sono collocate delle sbarre diagonali incrociate, di ferro tondo (fig. 2079 b). Il peso totale dell'armatura del tetto è di Kg. 26.265 di ghisa e Kg. 53.832 di ferro, cioè circa Kg. 30 di ferro per m² di superficie in pianta.

Cupole ribassate su parecchi nuovi gasometri delle officine a gas di Berlino. — Un tipo di cupola a centina poligonale frequentemente adottato è quello rappresentato

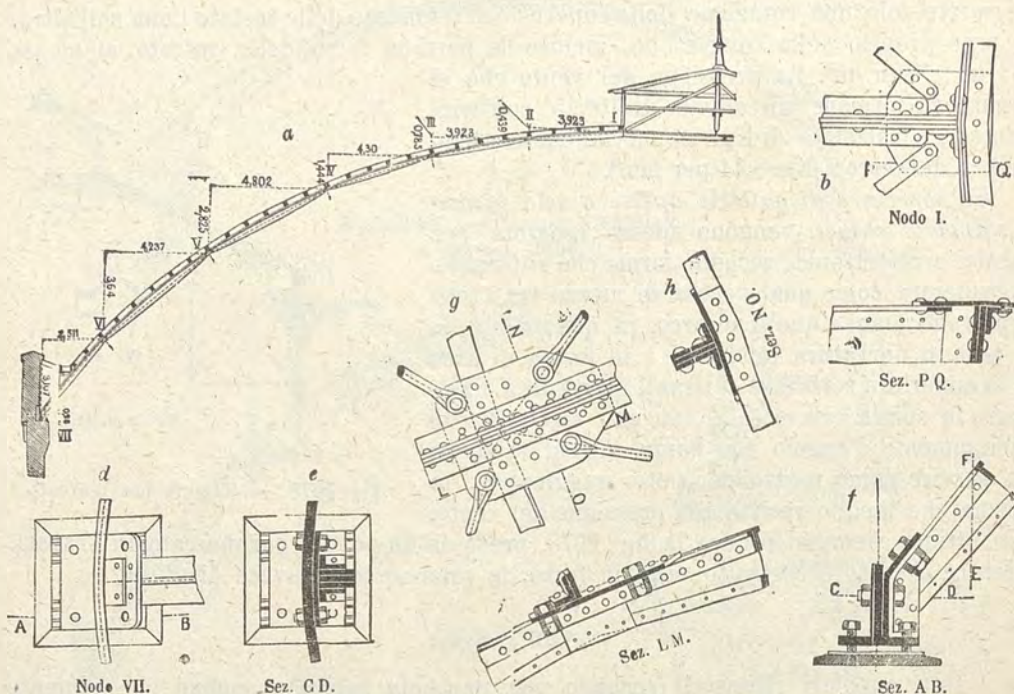


Fig. 2080 a-i. --- Cupola articolata ribassata.

nella fig. 2080. Esso ha un diametro di m. 54,90 e una freccia di m. 12,25, con un lucernario al vertice di m. 7 di diametro. Il numero delle centine, disposte secondo i meridiani, è di 32, quello degli anelli, poligonali, disposti secondo paralleli, è di 7. La briglia arcuata superiore dei lati (o corde) della centina consiste di due ferri d'angolo. L'anello compresso è formato con due ferri piatti ed un ferro a L, l'anello teso con ferro piatto: i 5 anelli intermedi sono formati con ferro piatto e ferro a L. Le briglie inferiori rettilinee delle corde della centina consistono di uno o di due ferri piatti chiodati lateralmente a un'anima di lamiera piena. Ogni maglia del reticolo formato da due corde di centina e due tratti di anello è rinforzata da sbarre diagonali, o controventi, che si attaccano ai nodi (fig. 2080 *g, h*).

L'appoggio delle centine della cupola si fa per mezzo di staffe in ghisa che riposano sopra quattro viti in due scanalature di una piastra di sostegno, entro le quali possono spostarsi seguendo i movimenti dovuti alle dilatazioni e contrazioni.

Con una superficie coperta di m² 2370 ed un peso totale in ferro di Kg. 68.000 si ha un peso unitario dell'armatura di soli Kg. 28,70, essendosi ammesso per il calcolo, che il peso proprio unitario (ferro, arcarecci in legno, assito di rivestimento e copertura in cartone incatramato) sia di Kg. 70 ed il carico accidentale di Kg. 100 per m², e che il peso del lucernario sia di Kg. 2000.

Come si vede, tale peso proprio è assai limitato e rimane anche considerevolmente al disotto di quello di altre costruzioni meno recenti di minor diametro, poichè in altre cupole di gasometri, di m. 33,70 soltanto di portata, si raggiunsero Kg. 46 per m² di superficie coperta, mentre in un altro caso, dove si trattava di una cupola ribassata di 30 metri di portata, il peso del ferro fu di Kg. 28,90, quasi identico a quello sopra riportato. La montatura di queste costruzioni si fa coll'innalzare un pezzo di mezzo più o meno grande, già composto insieme, al quale poi si appoggiano le nervature collegate a due a due. Si hanno però anche esempi di cupole commesse intera-

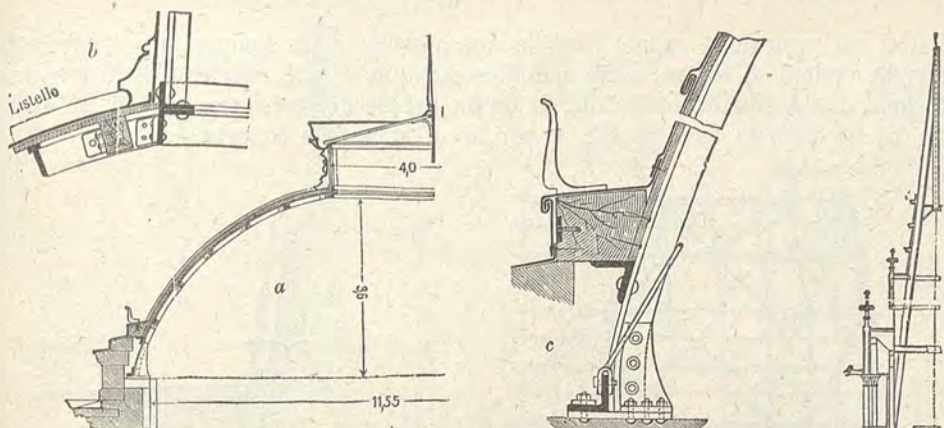


Fig. 2081 a, b, c. — Cupola di uno Stabilimento comunale di bagni a Carlsruhe.

mente in terra e poi innalzate per mezzo di torchi idraulici, mentre man mano si andava costruendo sotto di esse la muratura di sostegno. Così si fece per una cupola di m. 55,06 di diametro.

Come esempi di *cupole rotonde* possono servire i seguenti.

Cupola dello stabilimento comunale di bagni (Vierordt) in Carlsruhe. — La cupola dello stabilimento comunale di bagni (Vierordt) in Carlsruhe (fig. 2081 a-c) fu eseguita sopra un locale di m. 12 di diametro, con lucernario di m. 4 di diametro. Si compone di centine meridiane in ferro a T, ed oltre agli anelli inferiore e superiore, presenta un anello intermedio. Gli arcarecci di legno sono sforzati fra le centine (fig. 2081 b). Fra l'anello (o cerchiatura) di base e quello di mezzo sono disposte in ogni campata due sbarre diagonali, montabili con anello a vite, le cui estremità inferiori si attaccano all'anello di base (fig. 2081 c); le campate invece tra l'anello di mezzo e quello di coronamento sono abbracciate a due a due da un sistema di barre diagonali attaccate rigidamente. La costruzione è semplice e facile a mantenersi in buono stato.

Cupola della Chiesa nel sobborgo Fünfhaus presso Vienna (fig. 2082). — La cupola ha m. 18 di portata e m. 13,70 di altezza. Le 24 centine meridiane sono reticolari, in traliccio a doppie diagonali; il pezzo di base è in lamiera piena. La curvatura verso il basso è secondo un raggio di m. 16, verso il raggio ne è alquanto minore. Poichè la tangente nel tratto inferiore risulta verticale, la spinta orizzontale riesce molto debole, onde non sono necessarie disposizioni speciali per bilanciarla.

Cupola della nuova Sinagoga di Berlino. — Questa cupola ha il diametro alla base di m. 13,20, mentre è di m. 13,80 in corrispondenza al rigonfiamento (fig. 2083). Consiste di 36 centine meridiane, formate con ferri d'angolo di mm. $65 \times 65 \times 7$, ed assicurate alla sommità della cupola ad un cono in ferro. A distanze successive di m. 0,63 sono distesi, secondo paralleli, dei ferri d'angolo, a cui sono assicurate delle saette composte con tavole unite insieme. L'anello di base, soggetto ad una tensione limitata, consiste in un ferro a L ad angolo ottuso applicato dalla parte interna dell'armatura (fig. 2083 b), e per rinforzare l'attacco delle travi si applicano sia sulla faccia posteriore, sia sui due lati delle travi che cadono sulla superficie della cupola, delle piastre in lamiera per le chiodature.

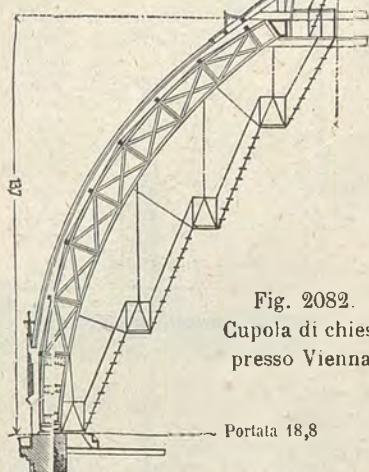


Fig. 2082.
Cupola di chiesa
presso Vienna.

Portata 18,8

I dati sul peso delle cupole rotonde non possono avere alcun valore generale per la grande varietà di forme; come semplice esempio, si può riferire che la cupola di protezione dell'Arsenale di Berlino, di forma pressochè emisferica e di m. 22 di diametro, ha un peso in ferro di Kg. 42 per m² di superficie coperta.

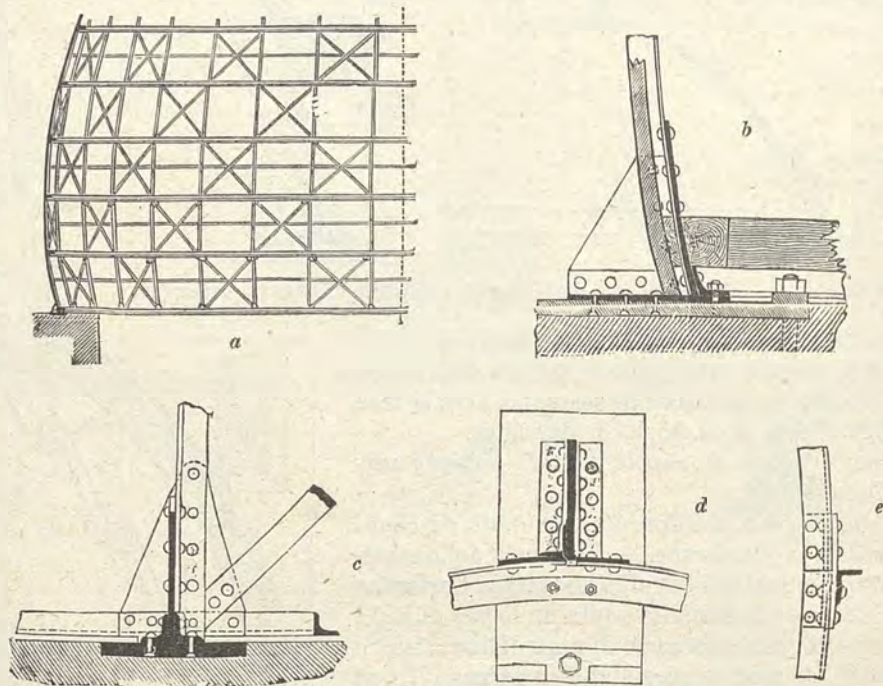


Fig. 2083 a-e. — Cupola della Sinagoga di Berlino.

Cupola con aguglia della Chiesa di Santa Croce in Berlino (fig. 2084 con figure accessorie per i dettagli), eseguita dalla casa di costruzioni in ferro Brettschneider e Krüger di Berlino, sopra progetto del prof. Otzen. — Questa cupola appartiene alle produzioni più istruttive dell'arte moderna di costruzioni in ferro. Tanto la cupola quanto l'aguglia sono coperte con tegole di forma apposita sopra assito, mentre tutte le parti costruttive in ferro sono a contatto dell'aria che non si rinnova troppo rapidamente. Si ha così la miglior garanzia che le dilatazioni dovute alle variazioni di temperatura non possono esercitare la loro dannosa influenza sulla costruzione.

La cupola a base ottagonale (pianta nella fig. 2084 A), che sorge sopra la crociera della chiesa, è coronata con frontispizi a punta nello stile dell'architettura nordico-medioevale in cotto, per il che la sezione orizzontale all'altezza del frontispizio con sporgenze ad 8 lati, si trasforma in un poligono a 16 lati.

Con un diametro di m. 14 all'altezza del soffitto della cella campanaria, le nervature di cresta (in ferri a Γ di mm. 125 \times 75) sono arcuate con un raggio di m. 13,32 e si appoggiano in basso entro speciali staffe (o scatole) formate rigidamente con lamiera e ferri d'angolo e collocate sopra piastre in ghisa; queste scatole sono collegate coll'anello o cerchiatura ottagonale di base formata con ferri a Γ di mm. 150 \times 63 e coll'orditura del soffitto formata a raggi con ferri a Γ di eguale altezza.

In alto le nervature di cresta si appoggiano ad un anello circolare compresso (B) formato con lamiera di mm. 7 di grossezza per cm. 30 di altezza, rafforzata con doppia orlatura di ferri d'angolo di mm. 60 \times 60 \times 8.

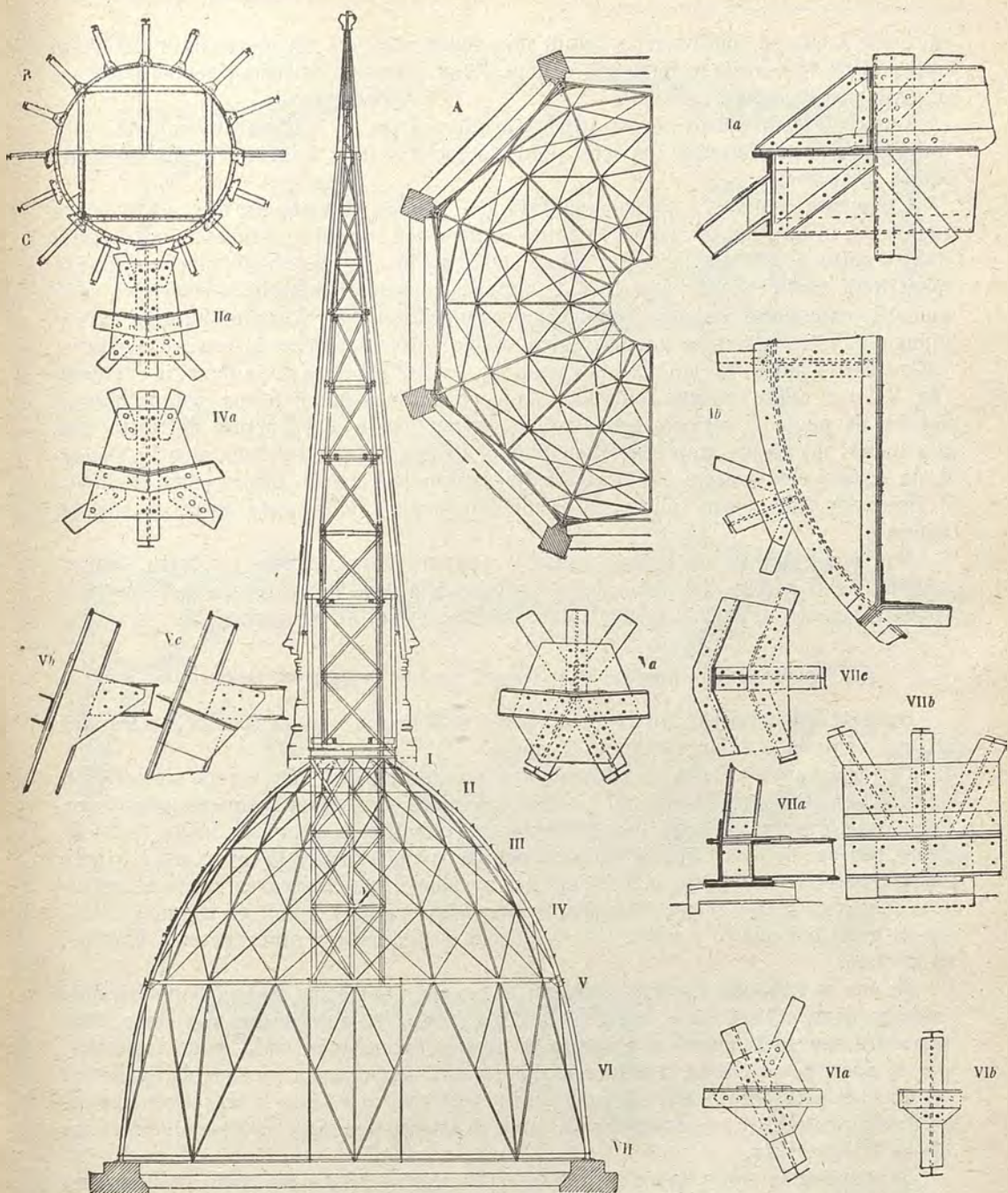


Fig. 2084. — Cupola con aguglia della Chiesa di Santa Croce in Berlino.

Per la trasformazione in poligono a 16 lati, si adoperarono, per le falde in pendenza dei frontispizi, ferri a Γ di eguale grossezza di quelli delle nervature e sulla punta dei frontispizi si innestarono le nervature intermedie, formando in questo punto una stella.

Mentre le altre cerchiature anulari II, III, IV, VI consistono in ferri d'angolo (a L), quella in corrispondenza alla trasformazione (V) venne eseguita in ferro a \square (di

mm. 105 \wedge 65), ed inoltre vi si stabilì una sbadacchiatura per mezzo di una stella di saette (C) a 16 braccia in ferro a Γ di mm. 130 di altezza, che forma anche armatura di base per l'aguglia.

Le crociere di tiranti che si attaccano alle piastre in lamiera nei nodi II_a, IV_a, V_a, VI_a, VI_b, sono formate con ferri piatti incrociati e ferri d'angolo ed inchiodati nel punto di incrocio.

L'ossatura centrale, a pianta quadrata, dell'aguglia, formata con ferri a L e saette incrociate in ferro piatto, venne costruita insieme con tutto il rivestimento della punta, sotto il tetto, e così già composta venne sollevata in alto (V. cuspidi per campanili), mentre gli anelli esterni in ferro a L vennero inchiodati dopochè la rispettiva sede anulare venne portata sopra l'anello compresso della cupola. Così pure allorchè si raggiungeva l'altezza corrispondente venivano solo successivamente inseriti ed avvitati i contraffissi (o mensole) rappresentati nella fig. I a, I b. L'ossatura in ferro, il cui piede (fig. VII a-c) allora restava puntellato dai contraffissi e quindi fermo, poteva oramai servire da ponte di servizio pei lavori da carpentiere e di copertura del tetto: non era quindi necessario stabilirne altro, fuorchè dei semplici legnami sporgenti a sbalzo. È da notarsi che la parte dell'ossatura dell'aguglia che rimane ancora entro la cupola è disegnata dalla parte sinistra in sezione diagonale e dalla parte destra in sezione normale.

Non può riuscire che vantaggioso, per ottenere una maggiore rigidezza, l'attaccare anche il soffitto del piano delle campane alla base dell'ossatura dell'aguglia e rispettivamente al soffitto formato dalla stella a raggi di contraffissi.

6) Tetti sporgenti, o pensiline, sopra ingressi, montatoi, marciapiedi, caricatori, ecc

Davanti agli edifici molto frequentati del pubblico si verifica spesso la necessità di una veranda o di un vestibolo di riparo.

Per una veranda basta in generale una sporgenza di m. 1,50; invece pei vestiboli occorre una sporgenza di circa m. 2 ÷ 2,50, tale cioè che vi possa rimanere coperta una ordinaria carrozza. Se però il movimento del pubblico si ripartisce lungo l'edificio, come, per es., nei marciapiedi delle stazioni ferroviarie, allora la copertura di riparo bisogna estenderla a tutta la parte in cui avviene il movimento, cercando di lasciar che questo si svolga il più liberamente possibile, evitando quindi gli ingombri creati da sostegni, colonnette o altro, i quali devono o addirittura sopprimersi o limitarsi al minimo.

Se non si debbono adottare sostegni, si prenderanno come esempi le disposizioni indicate negli schizzi delle fig. 2085 a 2093, 2094, 2103 e 2105, ove si vedono delle travature sporgenti pensili o a sbalzo di diverse forme, e in vario modo sostenute, per le quali la questione si riduce a sapere se il fabbricato a cui sono da applicarsi ha muri di grossezza e altezza sufficienti per potervi incastrare le travature, oppure se il fabbricato stesso presenta solidi punti di attacco per tener sospesa all'estremità libera la copertura.

Le disposizioni delle figure 2092, 2093, 2094, 2095 e 2103 si adattano specialmente per grandi sporgenze; riguardo alle figure 2091, 2102 e 2104 si deve notare che i canali sono appesi allo spigolo anteriore, così che non vi si può adattare bene un condotto di scarico, se il tetto non si trova tra due ali sporgenti del fabbricato, mentre nelle fig. 2085 e 2086 il canale si trova lungo la fronte dell'edificio e può scaricarsi nei pluviali dell'edificio stesso.

Nella fig. 2094 (a-d) la veranda o pensilina è divisa in singole campate a frontispizio (con frontone) od a vòlta; i canali servono in pari tempo da travi portanti e i condotti di scarico sono appoggiati all'edificio. L'ultimo esempio mostra la copertura

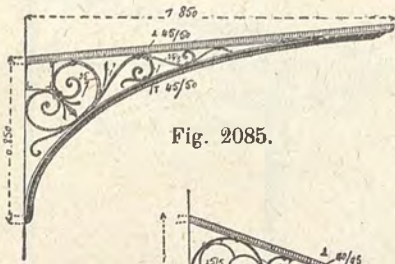


Fig. 2085.

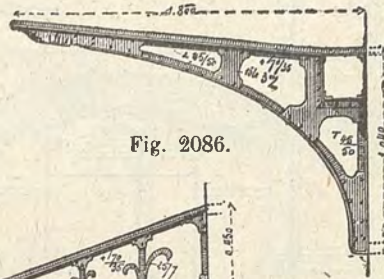


Fig. 2086.

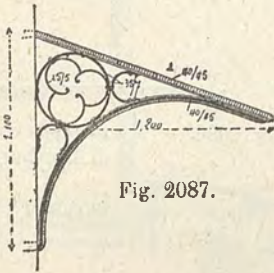


Fig. 2087.

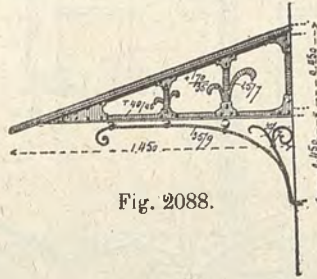


Fig. 2088.

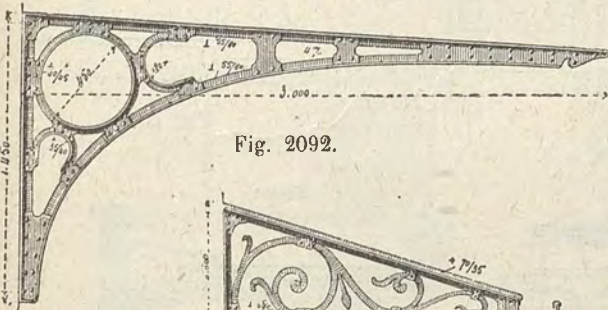


Fig. 2092.

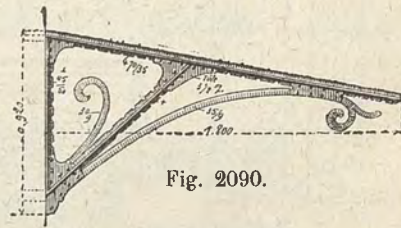


Fig. 2090.

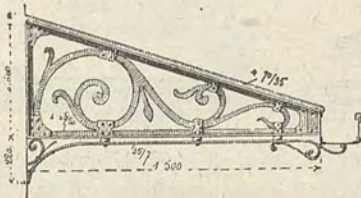


Fig. 2089.

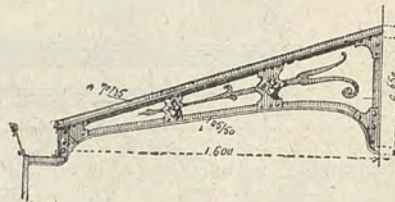
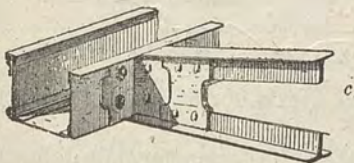
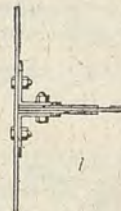
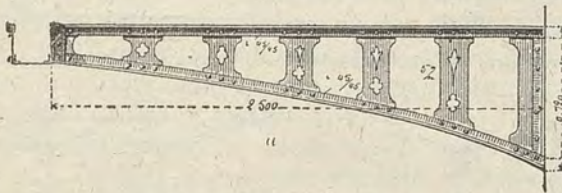
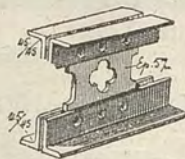


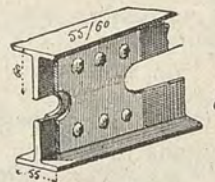
Fig. 2091.



c.



d.



e.

Fig. 2093 a, b, c, d, e.

Fig. 2085 a 2093. — Esempi di pensiline metalliche.

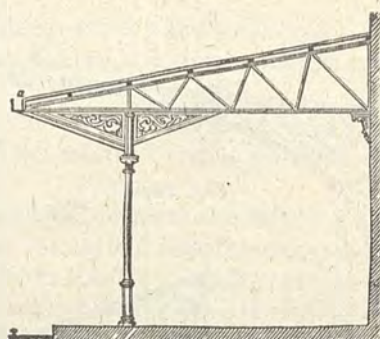
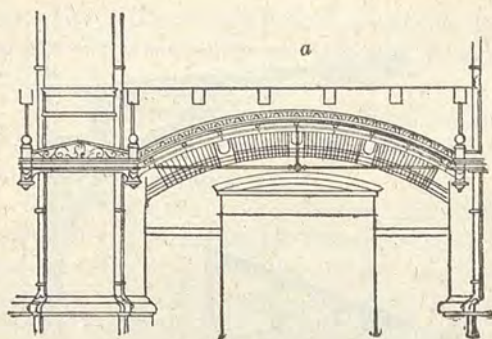


Fig. 2096. — Marciapiede coperto della ferrovia di Duisburg.

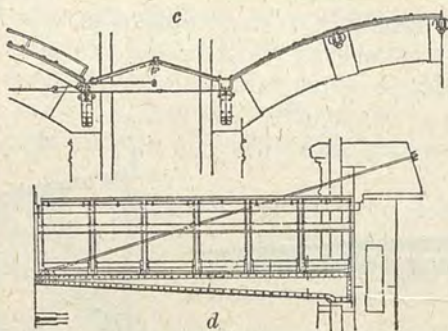
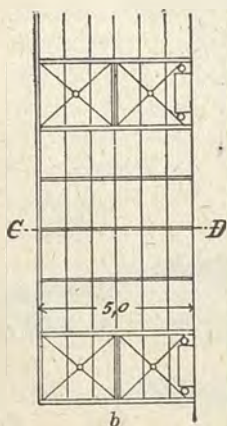


Fig. 2094 a, b, c, d.

Fronte

Sezione

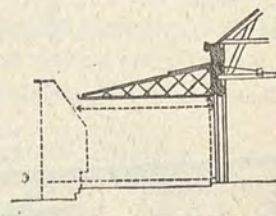


Fig. 2095.

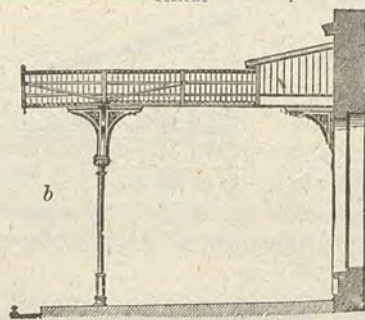
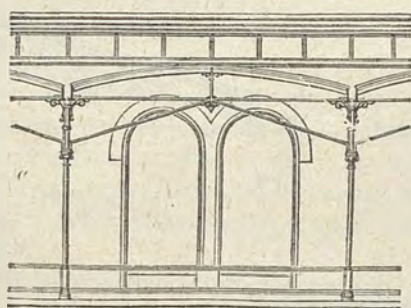


Fig. 2097 a, b. — Copertura del marciapiede della stazione di Hamm.

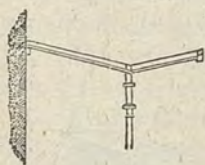


Fig. 2098.

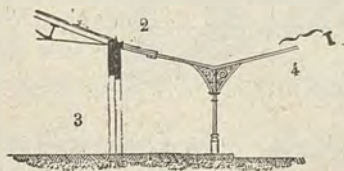


Fig. 2099.

1, zinco; 2, vetro; 3, sala asp; 4, ferro laminato.

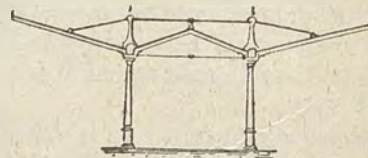


Fig. 2100.

a vetri del sottopassaggio alla stazione della piazza Alexander della ferrovia metropolitana di Berlino.

Le fig. 2085 a 2093 forniscono esempi anche riguardo alla forma speciale delle travi o mensole; si nota poi che quelle delle fig. 2085 a 2091 sono disposte per ricevere direttamente la copertura a vetri. Altri esempi sui tetti a vetri sono riprodotti al termine del capitolo.

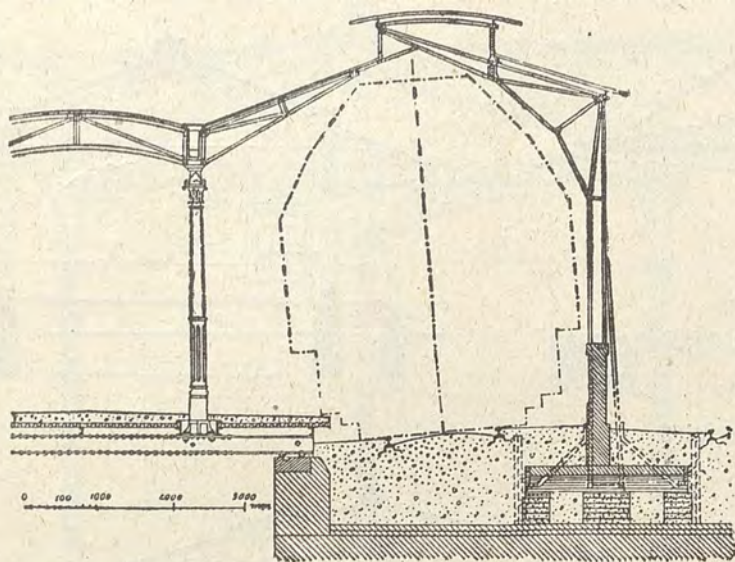


Fig. 2101.

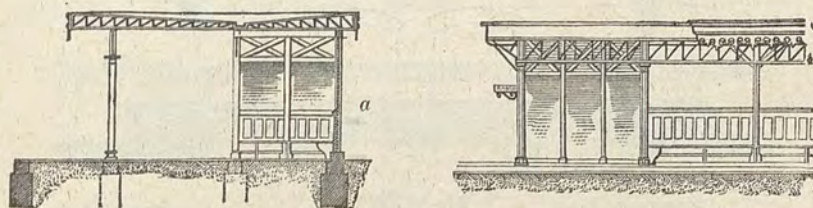


Fig. 2102 a, b.

Per coperture dei marciapiedi di stazione si adottano pure le pensiline. Un esempio lo fornisce la fig. 2095 rappresentante il tipo adottato sulle ferrovie di Stato nell'Annover. La parte superiore della pensilina verso l'edificio è coperta a vetri.

Quando si applicano dei sostegni alle tettoie di stazione si tengono lontani almeno 3 metri dalla mezzarìa del binario più vicino; un esempio delle disposizioni più antiche di questo genere si ha nel tetto ad un sol piovante schematicamente rappresentato nella fig. 2096. Questo sistema venne però presto abbandonato, perchè l'introduzione dell'acqua di pioggia nelle colonne di ghisa mediante canali poco inclinati, cagionava continuamente ostruzioni, rotture, ecc.

Un altro sistema anche adesso molto applicato è quello rappresentato dalla fig. 2097 a, b. In esso la superficie del tetto è divisa in tetti minori (a due piovanti arcuati) diretti perpendicolarmente all'asse dei binari, inframmezzati dai canali e poggiati su colonne, ed in un tetto ad un sol piovante coperto a vetri appoggiato al fabbricato. Con questo sistema però è necessario un grande sviluppo in altezza che può arrecare molti svantaggi al fabbricato.

In questi ultimi tempi si usa ripiegare il tetto sopra la serie delle colonne, dirigendolo verso l'alto, collocando il canale sopra le colonne stesse, parallelamente al binario. La travatura a traliccio che fa da sostegno alla colonna serve anche a sostenere il canale, come è rappresentato schematicamente nelle fig. 2098 e 2099. Questo sistema viene usato anche con doppia serie di colonne per marciapiedi isolati oppure per gli interbinari, come mostra la fig. 2101, marciapiede di smonto alla fermata

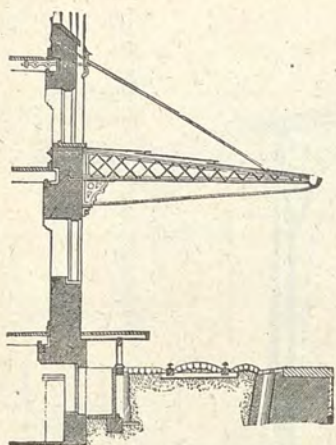


Fig. 2103.

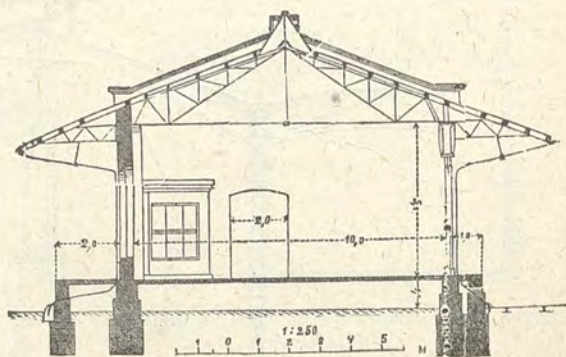


Fig. 2104.

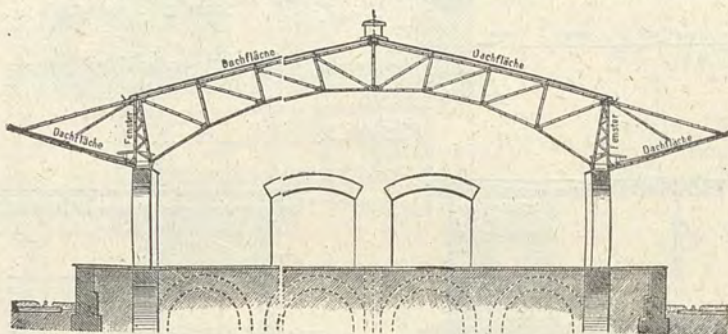


Fig. 2105.

Dachfläche, falda di tetto; *Fenster*, finestra.

del ponte di Jannowitz sulla ferrovia metropolitana di Berlino: a proposito della quale si noterà che il binario di corsa a destra venne coperto con una vetrata dopo la costruzione della pensilina di sinistra, perchè il vento che vi dominava fortemente rendeva necessario uno schermo laterale. Da ciò la speciale costruzione che si vede in figura.

Sulle ferrovie francesi questi ripari metallici si fanno anche secondo il sistema di cui si ha uno schizzo nella fig. 2100, ove tutta la costruzione di sostegno è interamente al disopra del tetto, guadagnandosi in altezza libera ed evitando ogni sgocciolamento.

Simili coperture si elevano spesso anche presso i binari secondari per tettoie di rifugio e per latrine, nel qual caso prendono le forme rappresentate nella fig. 2102.

Ai tubi in ghisa od in ferro entro cui si praticano i condotti di scarico delle pluviali, deve sempre assegnarsi un diametro netto interno di almeno 10 ÷ 12 cm., se non si vuole che abbiano a venire spezzati pel congelarsi dell'acqua.

Per le coperture delle banchine dei piani caricatori non si possono adottare sostegni, e siccome sono addossate ai magazzini od alle tettoie di deposito delle merci, così si ottiene facilmente di poterle sostenere. Nella fig. 2103 è riprodotta la copertura per un binario di carico del *Deposito franco di Harburg*. Per la straordinaria sporgenza non si può qui evitare che i condotti di scarico abbiano un tratto quasi orizzontale.

La fig. 2104 mostra la disposizione delle coperture presso i nuovi magazzini di merci alla stazione di Annover. Le travi delle pensiline non sono che il prolunga-

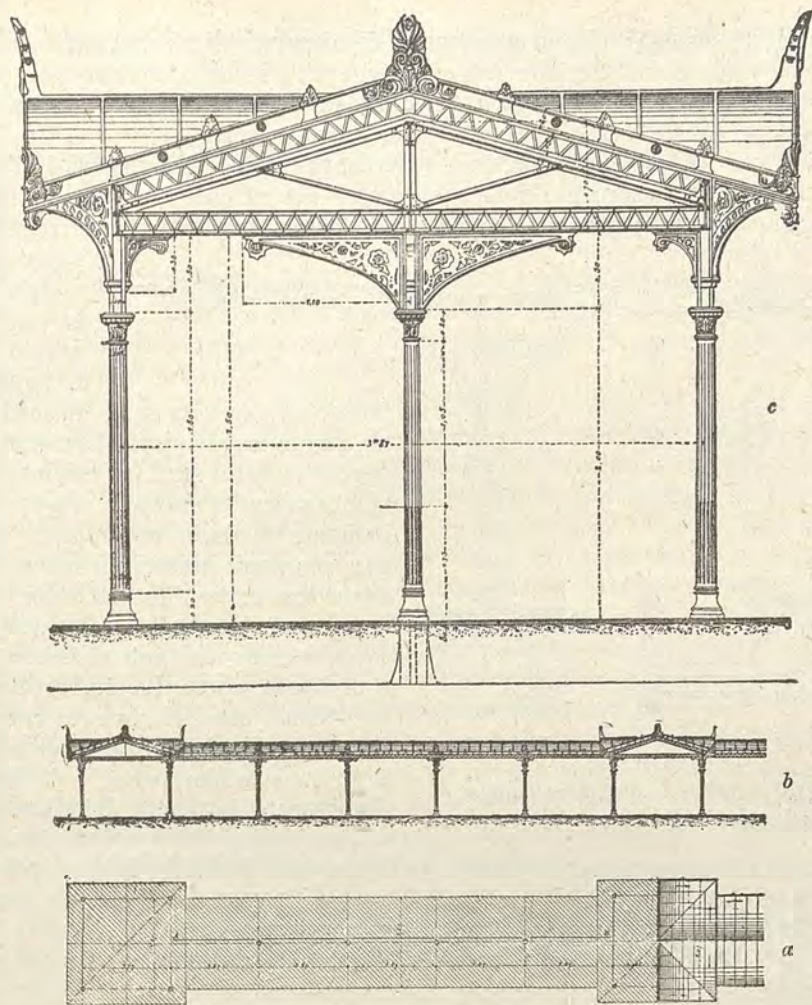


Fig. 2106 *a, b, c.* — Tetto a pensilina per smontatoi, mercati, ecc.

mento delle incavallature del tetto e non esercitano quindi un dannoso momento sui muri d'ambito per rovesciarli: anche in questo caso però sussiste la posizione sfavorevole dei condotti di scarico.

Molto più opportuna è la disposizione adottata nei tetti sporgenti di molti magazzini merci della ferrovia Berlino-Potsdam-Magdeburgo (fig. 2105). Si è riscontrata così buona da prenderla spesso per modello nelle nuove costruzioni. La falda sporgente si appoggia al piede del tetto soprastante ed è inclinata verso il fabbricato; si evita il ritorno verso l'edificio dei tubi di scarico delle acque e si ottiene di illuminare i magazzini mediante finestre aperte nella parete soprastante alla pensilina.

Per accessi coperti, per piccole tettoie di rifugio o tettoie per mercati settimanali, ma specialmente per montatoi isolati tra binari di testa o isolati (con accesso sotterraneo) nelle tettoie di trasbordo di merci o passeggeri, è adatta la forma rappresentata nella fig. 2106 in pianta (fig. 2106 *a*), in alzato (fig. 2106 *b*) e in sezione (fig. 2106 *c*), e che consiste in un tetto a doppia sporgenza, isolato, portato soltanto da sostegni nel mezzo. Nelle costruzioni per gli scopi sopradetti, non disturbano i sostegni alle estremità e talvolta nel mezzo, e questi possono servire a ricevere i canali delle acque

pluviali. Questi sostegni offrono opportunità di disporvi dei ripari contro il vento con panchine per sedere o piccoli camerini d'ufficio, ecc., a seconda del bisogno.

Il sistema delle tettoie con una serie unica di sostegni è venuto sostituendosi al sistema a doppia serie, perchè presenta considerevoli vantaggi.

Lo si trova, ad es., nella ferrovia di circonvallazione (Ringbahn) di Berlino, a parecchi binari, e specialmente nelle sue stazioni che offrono talvolta un numero tale di passeggeri quale si potrebbe immaginare sopra una ferrovia a trazione ordi-

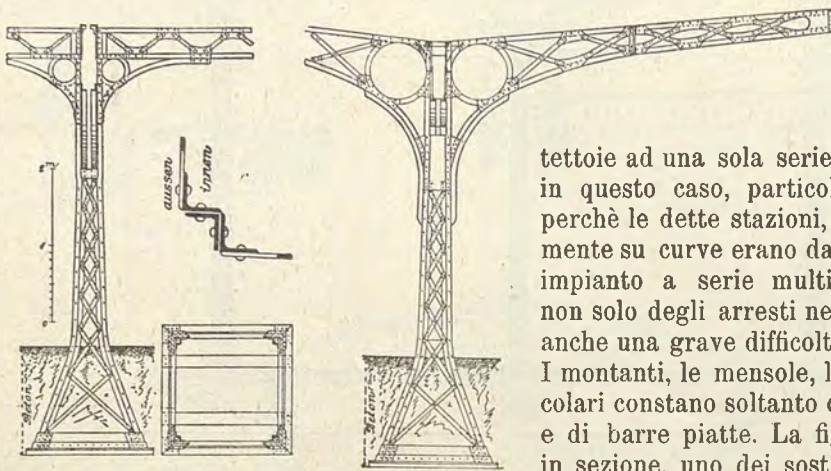


Fig. 2107 a, b, c.

Fig. 2108.

Fig. 2107 e 2108. — Pensiline doppie ad unico sostegno interno.

naria con locomotive a doppie ed anche quadruplo binario. L'impianto di tettoie ad una sola serie di sostegni era, in questo caso, particolarmente adatto, perchè le dette stazioni, essendo generalmente su curve erano da temersi, con un impianto a serie multipla di sostegni, non solo degli arresti nel movimento, ma anche una grave difficoltà nella vigilanza. I montanti, le mensole, le travature reticolari constano soltanto di ferri ad angolo e di barre piatte. La fig. 2107 a indica, in sezione, uno dei sostegni colle travature della doppia pensilina sporgente oltre 5 m. da ciascuna parte, e la fig. 2107 b rappresenta la pianta della base del sostegno mantenuta stabilmente in posto dalla gettata di calcestruzzo cementizio che la circonda. Nella fig. 2107 c è poi indicata l'unione d'angolo delle pareti reticolari formanti il sostegno, notevole per la sua semplicità che ne facilita la costruzione e la calcolazione.

Nella fig. 2108 è rappresentato un altro tipo di pensilina doppia ad unico sostegno con inclinazione verso il sostegno, onde evitare i pluviali esterni.

c) Particolarità relative agli appoggi delle incavallature.

Si è già discusso degli appoggi nel considerare le singole diverse disposizioni di incavallature; tuttavia si espongono ancora alcune particolarità.

Gli appoggi si fanno in parte *fissi* ed in parte *mobili*: la mobilità si adotta in parte per rispetto alle variazioni di lunghezza in seguito ai cambiamenti di temperatura, e in parte a motivo dei carichi laterali che possono essere prodotti dalla neve o dalla pressione del vento, e in parte anche solo per assicurarsi che sieno costantemente soddisfatte nelle singole membrature della costruzione le supposizioni fatte nel calcolo sulla direzione delle forze principali; quest'ultima considerazione è quella che prevale spesso nei tetti arcuati. In generale si può dire che quanto più il lavoro a cui è soggetto il materiale si avvicina al limite di elasticità, tanto più riesce necessario l'impiego di appoggi mobili, e viceversa.

Per la considerazione che, in generale, nei tetti in ferro lo sforzo a cui viene assoggettato il materiale si mantiene entro limiti più ristretti che nei ponti, si è creduto spesso di poter far senza degli appoggi mobili; l'esperienza ha però dimostrato che ciò non è affatto opportuno. Quand'anche le supposizioni che si sogliono fare circa la pressione del vento ed il carico della neve si verificano completamente nel loro effetto

nei singoli casi particolari, è tuttavia da prendere in considerazione che in causa delle piccole sezioni che hanno le membrature dell'armatura nei tetti, le variazioni di temperatura producono considerevoli tensioni nella parte superiore ed inferiore della medesima e che nel moto vorticoso del vento le falde del tetto non sono assoggettate a sforzi uniformi, e anzi, nelle tettoie aperte o per quelle che offrono al disotto qualche passaggio al vento, si manifestano nelle membrature dei nuovi sforzi non calcolabili, ai quali non si può rimediare se non con apparecchi di compensazione.

Ma l'attenzione del costruttore non deve essere rivolta soltanto all'armatura del tetto, bensì anche agli appoggi di essa, in modo che questi abbiano a conservare la loro posizione normale. Quindi non solo occorre che le incavallature sappiano adattarsi ad ogni variazione di forma richiesta dalla costruzione, ma anche che in nessun modo abbiano a determinare spinte agli appoggi.

È un'opinione ora molto diffusa, che, astruendo da forme speciali di costruzione, basti che la mobilità sia introdotta in una sola delle estremità delle incavallature e nei tetti arcuati più piccoli si possa prescindere dalla mobilità in riguardo alla possibilità di una compensazione che si verifichi con un leggero alzarsi od abbassarsi del vertice dell'incavallatura. Questa opinione può valere soltanto colla limitazione che i sostegni sieno assicurati contro ogni possibilità di rovesciamento. Per persuadersene basta considerare un'incavallatura alla Polonceau che sia stata costruita ad una temperatura di $+15^{\circ}$ C. e coperta con lamiera ondulata, la quale, quando sia esposta ai calori solari, può elevarsi nella parte superiore fino ad una temperatura di 40° e più, mentre d'inverno, col carico di neve, la temperatura può abbassarsi fino a 0° ed anche meno, e mentre la parte inferiore dell'incavallatura si mantiene a circa 15° . Si possono facilmente rappresentare in modo grafico le diverse posizioni che deve assumere la superficie inferiore della scatola di appoggio. Queste rappresentazioni sono assai convincenti, specialmente se si prendono in considerazione le piccole distensioni dei tiranti che si verificano immancabilmente in seguito a variazioni di temperatura e di carico più prolungate e seguentisi in rapida vicenda.

Come sieno tuttavia costruiti in modo poco conforme allo scopo in molti casi questi appoggi che *dovrebbero essere mobili*, si può rilevare da ricerche occasionali.

Le superficie d'appoggio sono in singoli punti levigate e ròse per lo sfregamento con granelli di sabbia, oppure sono rese fisse dall'arrugginimento, mentre le piastre d'appoggio, staccatesi dalla muratura, sono divenute mobili ed esercitano un'azione perniciosa sui muri di sostegno, la quale si suole attribuire a insufficienza di fondazione, oppure a difettosa costruzione del muro od a eccessivo carico spiegando così il fatto, dovuto invece a ben altra causa.

Perciò soltanto per incavallature assai leggiere e di ampiezza moderata, si può limitarsi ad *appoggi piani a scorrimento*, che si possono adottare anche per quelle che consentono una certa pieghevolezza. In tal caso però gli appoggi devono presentare sufficiente resistenza secondo due direzioni, oppure devono essere abbastanza elastici, da poter sostituirsi agli appoggi scorrevoli.

Bisogna quindi ponderare bene per ogni singolo caso se e dove si debbano adoperare appoggi fissi, scorrevoli o girevoli (a cerniera); nei casi dubbi bisogna sempre attenersi alla misura di maggior prudenza e guardarsi dall'imitare immediatamente degli esempi di cui non si conoscano esattamente le condizioni preventive e l'esito.

Gli appoggi fissi debbono anche essere sempre muniti di chiavi fisse: se si hanno a temere dei piccoli piegamenti delle incavallature, è opportuno inserire delle lamine di rame. È però ancor meglio imprimere un po' di curvatura alle superficie di appoggio in modo che non si possa verificare una rotazione su spigoli (V. fig. 1921). Si debbono evitare gli appoggi fissi sulle colonne, quando queste non sieno sufficientemente assicurate contro la possibilità di spezzarsi; altrimenti si devono adottare appoggi a bilico.

Gli appoggi a scorrimento con piani si fanno solo per carichi assai limitati. Le piastre di base, o zoccoli, debbono, in tal caso, essere accuratamente assicurate al muro, essere provviste di piastrine di rame o di bronzo, e di guide laterali ben levigate che escludano ogni possibilità di attriti. Ottimi sono gli appoggi a rulli, di cui la fig. 2109 ne mostra un esempio. È formato di un sol rullo destinato a sopportare una limitata spinta, ossia piccolo spostamento; questa disposizione presenta i suoi inconvenienti per incavallature molto elastiche, delle quali non si possono conoscere con

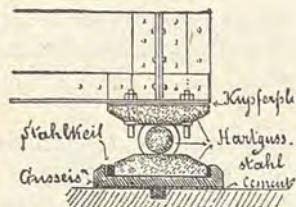


Fig. 2109. — Appoggio mobile a rullo per incavallatura.

Stahlkeil, cuneo di acciaio; Gussstein, ghisa. Cement cemento; Hartgussstahl acciaio fuso duro; Kupferpl., piastra di rame.



Fig. 2111

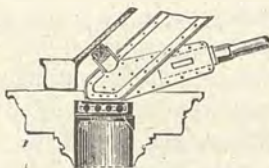


Fig. 2110.

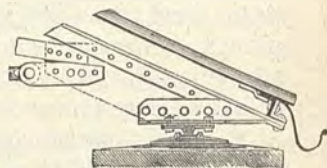


Fig. 2112.

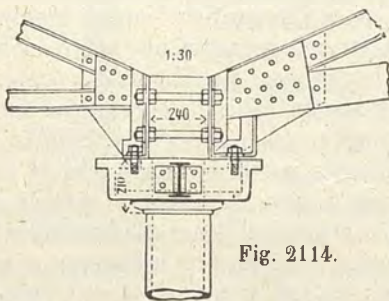


Fig. 2114.

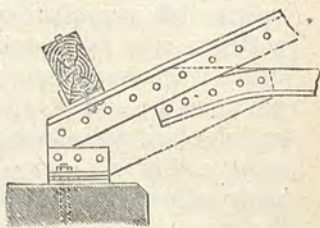


Fig. 2113.

Fig. 2110-2114. — Forme diverse di appoggi.

assoluta sicurezza le variazioni di lunghezza, ma ha però anche il vantaggio di rendere inutile un appoggio a cerniera. È sempre opportuno introdurre (come si vede in figura) una piastra di rame tra l'armatura del tetto e lo zoccolo superiore dell'appoggio.

Se si debbono applicare parecchi rulli, è bene introdurre un appoggio girevole, a cerniera o a rotazione, come mostrano le figure 2051 *b, d*, perchè allora tutti i rulli possono lavorare contemporaneamente e la pressione essere ben ripartita. Nella fig. 2110 è rappresentato uno di simili appoggi a rulli sopra una colonna.

La fig. 2111 mostra un appoggio a rotazione senza scorrimento e la fig. 2112 un altro simile quale viene applicato alle piccole incavallature alla Polonçeau; questa disposizione è tanto più difettosa inquantochè non si può limitare lateralmente la superficie di appoggio, perchè ciò avrebbe per conseguenza che l'acqua di condensazione, ecc., si radunerebbe nell'appoggio producendo in breve l'arrugginimento, prescindendo anche dal fatto che gli spigoli vivi non sono opportuni sotto l'aspetto della durata.

Si comprende facilmente che tutti gli appoggi si devono disporre in modo che abbiano a soffrire quanto meno sia possibile gli effetti della polvere e simili. Soprattutto è da curarsi il rapido scolo dell'acqua di condensazione, in modo che non possa penetrare nella muratura, e durante il gelo smuovere le piastre d'appoggio. Ciò si riferisce specialmente agli appoggi fissi, come mostra la fig. 2113, i quali, di rado, vengono visitati.

Se due incavallature sono collegate l'una all'altra sopra una colonna non a bilico, si deve aver cura che per mezzo di fori allungati (fig. 2114) negli appoggi e nel capitello sia possibile qualche piccolo scorrimento, quando le estremità delle incavallature, opposte a quelle posanti sulla colonna, presentano appoggi mobili.

Bisogna ancora osservare che negli appoggi fissi delle incavallature (fig. 2113) si dovrà interporre fra l'ala di appoggio della incavallatura e lo zoccolo di posa, a seconda del carico, una o più lastre di piombo o di rame tenero, e che i fori per le viti nelle ali di appoggio, si dovranno fare ovali, non potendosi escludere dei piccoli movimenti, ed anche dei sollevamenti dovuti a colpi di vento od a forti cambiamenti di temperatura. La necessità di tali misure precauzionali fu dimostrata per una costruzione ad unico tetto, della quale una parte era chiusa e l'altra aperta. In seguito ad una violenta tempesta vennero strappate tutte le viti che assicuravano la tettoia ai muri di sostegno, ad eccezione di quelle che presentavano piastre interposte e fori ovali, sebbene fossero le più esposte all'azione dell'uragano. Le piastre di rame si erano incurvate, mentre gli zoccoli dove non esistevano tali piastre erano stati divelti dal muro. Il che conferma la teoria dello Schlösser circa i guasti prodotti dai temporali sulle costruzioni in ferro. Applicata all'esempio sopradetto tale spiegazione teorica si esprimerebbe così: coll'innalzarsi del braccio maggiore di leva c (fig. 2115), la leva triangolare $a'b'c$ si appoggia sul punto di rotazione a' e quindi anche con un piccolo sollevamento può strappare la vite che fa presa sul braccio minore a . Quando invece la incavallatura tende ad abbassarsi, la leva triangolare si appoggia sul punto di rotazione b' . La vite, anche in questo caso, agisce sopra un braccio di leva b , molto più corto del puntone c dell'incavallatura.

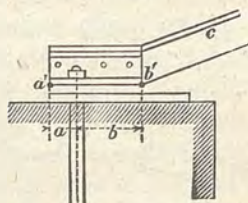


Fig. 2115.

Nel caso di una violenta azione del vento, si verifica, per l'urto, una forte accelerazione del movimento sopraindicato, da che se ne ha un effetto di reazione, come si suole vedere in pratica nell'aprire casse, nel far saltare lamiere inchiodate, ecc., per mezzo di una leva, e come usano fare con particolare maestria gli scassinatori.

Una consimile misura di precauzione forma la caratteristica anche della chiodatura Piedbœuf per le caldaie: si tagliano le lamiere, non normalmente, ma obliquamente, come indica la fig. 2116, così che collo stesso consumo di materiale si ha una maggior larghezza dei lembi da inchiodare ed in pari tempo si ottiene una certa elasticità (come in una molla) in questi lembi sui quali l'azione della ribattitura a scalpello viene esercitata soltanto sullo spigolo acuto, in modo che è opportunamente evitato l'effetto dell'urto.



Fig. 2116.

Una semplice considerazione fisica persuade di questo fatto, del resto provato anche dalla pratica e da esperienze su larga scala, che cioè se il vento con grande velocità viene a colpire un reticolato, le cui maglie abbiano complessivamente superficie eguale a quella delle membrature del medesimo, su queste viene ad esercitarsi una pressione molto maggiore di quella che si eserciterebbe sopra un'eguale superficie non traforata, e che se poi la superficie delle maglie rappresenta solo $\frac{1}{3}$ di quella piena, la pressione del vento riesce all'incirca raddoppiata. La causa sta in ciò che dietro il reticolato avviene una notevole rarefazione d'aria per effetto dell'aspirazione prodotta dal vento che con grande velocità si comprime traverso le maglie. Si aggiunga un altro fatto verificato, che cioè i movimenti vorticosi del vento, quando si vengono a trovare in uno spazio da più parti limitato che ne permetta solo un certo svolgimento od in uno spazio affatto chiuso da una parte, nel qual caso, come suol dirsi volgarmente, il vento è imprigionato, esercitano azioni non solo di pressione, ma, in certo modo, di esplosione, colle rispettive reazioni. Il fondamento scientifico di questo fenomeno venne esposto con tutta evidenza da Helmholtz nella descrizione ch'egli ha dato del modo con cui si forma il *föhn* delle Alpi. Non si deve trascurare di tener presente anche questo fatto.

È da notarsi che per tener conto di tutte queste eventualità straordinarie e per applicare le misure di precauzione esposte, non occorre aumentare le dimensioni

calcolate per le sezioni delle singole membrature in ferro, perchè i coefficienti adottati nelle calcolazioni « per tutti i casi » sono generalmente così elevati, da guarentire sicurezza sufficiente per ogni « costruzione razionale ».

*) Collocamento degli arcarecci.

Quando si adoperano per arcarecci dei ferri a \square od a Γ , è naturale che si collochino in modo che le loro ali (flangie) non formino canali, e quindi, secondo la fig. 2117 e non secondo la fig. 2117 a.

Applicando sezioni a Γ si raccomanda parimenti grande previdenza quando si debba prevenire un rapido arrugginimento. O si deve, quando sono collocati coll'asta inclinata, traforare questa immediatamente vicino all'ala inferiore, perchè l'acqua di condensazione possa aver scolo, oppure lateralmente si piegano verso l'alto e si forano solo agli appoggi, dove bisogna applicare canaletti di scolo. Del resto è meglio sempre evitare di disporre le travi a Γ ad ali larghe, con molta inclinazione, dove sieno esposte a forti variazioni di temperatura con aria umida, specialmente se non si può escludere il soggiorno sul tetto di uccelli, ecc. Oppure si può prevenire il rapido arrugginimento con una buona verniciatura d'asfalto.

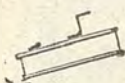


Fig. 2117.

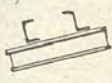


Fig. 2117 a.

Anche con questo sistema* però non si ovvia sempre all'inconveniente che l'acqua di condensazione radunatasi nei canali formati dalle ali sgoccioli ad un tratto alla minima scossa (per es. per l'arrivo di un treno), dando luogo ad inconvenienti.

Quanto si è detto riguardo ai piani di posa delle travi delle capriate vale per la posa degli arcarecci.

XIII. — TETTOIE

a) Generalità.

Alla grande ampiezza o portata che raggiungono di frequente le tettoie, aperte o semiaperte, corrisponde quasi sempre un'altezza pure notevole. In questo caso assume quindi maggiore importanza, pel calcolo della stabilità, la pressione del vento, la cui influenza prevale sul peso proprio dell'armatura. Si deve cercare l'azione della pressione del vento tanto sulla parte esterna, quanto (per tettoie aperte o semiaperte) anche sulla parte interna.

Il peso della soprastruttura di una tettoia cresce quasi in ragione del quadrato della portata; perciò dal punto di vista economico sarebbe più favorevole la suddivisione di una grande ampiezza in parecchie minori. Però entrano in considerazione altri fattori che sovente danno la preferenza ad una soprastruttura unica. A questo proposito si deve tener calcolo: in primo luogo del restringimento di spazio che cagionano i sostegni e della possibilità che tolgono di poter abbracciare in un colpo d'occhio tutto lo spazio; in secondo luogo della necessità di dare una sufficiente stabilità ai sostegni, il che per altezze rilevanti esige un ragguardevole consumo di materiale. Hanno poi influenza nel determinare la scelta, anche l'eventuale bisogno di una maggiore altezza libera, l'opportunità di evitare lunghi canali sul tetto e l'accumularsi della neve nel caso dei sostegni intermedi: finalmente il modo di mettere in opera l'armatura, che dipende in parte dalle circostanze locali. Per lo sviluppo assunto dalla produzione dell'acciaio e della ghisa, materiali che nonostante una stabilità incomparabilmente maggiore non importano un prezzo molto più forte del ferro, si preferiscono le grandi portate libere da appoggi intermedi, a quelle a più campate, e si va facendo sempre più spiccata la

tendenza a prolungare la copertura in ferro unica fino a terra, in opposizione all'antica maniera di costruzione, nella quale la si appoggiava sopra muri o sopra sostegni speciali (in ghisa) di un'altezza più o meno grande. Corrispondentemente vengono ora preferite per le grandi ampiezze le costruzioni ad arco, a cui cedono il campo le tettoie a due pioventi piani e quelle paraboliche o a falce.

Se si tratta di tettoie di stazioni, si collocheranno di preferenza i sostegni intermedi tra due binari vicini, cioè non sul marciapiede.

A questo proposito si dovranno osservare le distanze prescritte fra binari e marciapiedi, fra i vari marciapiedi ecc.

Nella disposizione di grandi tettoie che non sieno aperte da ogni parte, sono di importanza capitale la ventilazione (per lo sfogo del fumo) e l'illuminazione naturale.

Alla prima si provvede generalmente in modo sufficiente con lucernari, i quali, quando sieno tenuti bassi e con gronda molto sporgente dal tetto, si possono anche lasciare aperti sui lati; è però meglio, anche per piccole altezze, poterli chiudere con persiane in lamiera od in stecche di legno. Quando vi sono finestre laterali è consigliabile praticare delle parti apribili o degli sportelli da alzare ed abbassare: anzi per le tettoie basse ciò è quasi una necessità. Nelle tettoie lunghe sarà conveniente aver cura di praticare la ventilazione anche nelle chiusure delle testate, per il che sono opportune delle parti mobili di finestra ecc.

Il bisogno di ventilare le tettoie è molto più sentito allorchè il materiale di coperta è metallico od a vetri, ed è anche maggiore con quest'ultimo, poichè il calore specifico del vetro è circa doppio di quello dello zinco e del rame e più che una volta e mezza di quello del ferro (vetro 0,193, rame e zinco 0,095, ferro 0,114). Perciò nell'estate diventa presto insopportabile il soggiorno sotto una tettoia a vetri, in grado tanto maggiore quanto essa è più bassa. Se quindi si vuol rendere possibile la permanenza prolungata sotto tettoie in tutto o nella massima parte coperte a vetri, si deve tenerle molto alte ed anche munirle di efficaci apparecchi di aerazione.

Un problema che presenta maggiori difficoltà dell'aerazione, è quello di illuminare sufficientemente le grandi tettoie. La soluzione è abbastanza facile quando si può aver luce lateralmente, poichè in tal caso scompare la difficoltà principale di impedire l'accesso all'acqua pluviale. Ma la soluzione presenta serie difficoltà, nè è mai completa, quando manchi il mezzo di aver luce lateralmente e che questa, per una tettoia ad arco di non grande monta, si debba ottenere soltanto dall'alto. Anche limitandosi a zone nelle parti basse presso le imposte, esse mancano sempre di quella sufficiente inclinazione che impedisca l'infiltrarsi della pioggia e della neve sotto ai vetri, come pure lo sgocciolamento dell'acqua di condensazione. Si può in tali casi raccomandare di coprire a vetri un largo lucernario al vertice e tutto il resto con lamiera fuorchè presso le imposte, coperte pure a vetri. Una tale suddivisione della luce nelle tettoie di stazioni ferroviarie, riesce in armonia coi binari e le altre installazioni, quando vi sia un marciapiede centrale e due laterali, mentre il tralasciare il lucernario al vertice e stabilirne due sui lati della tettoia riesce consono ad una disposizione di binari, in cui manchi un marciapiede centrale e sianvene soltanto due laterali. Però quest'ultimo sistema esteticamente non offre aspetto gradevole: il tetto sembra in certo modo che graviti troppo sull'ambiente e la distribuzione della luce non riesce abbastanza uniforme.

Quando si può ottenere in qualche modo luce laterale, ma in quantità sufficiente, si adottano per complemento, invece di un'intera striscia trasparente, diversi singoli lucernari in ogni campata tra le incavallature; si possono far sporgere alquanto questi lucernari sopra la superficie del tetto, migliorando così il rapporto di inclinazione. Esteticamente questa disposizione è di effetto migliore che non quella di una stretta lista trasparente continua, la quale facilmente forma un contrasto disagiata coll'ampiezza del locale.

Queste difficoltà si riferiscono solo alle tettoie ad arco e scompaiono affatto coi tetti a due pioventi piani, purchè si dia a questi una corrispondente inclinazione, che si deve scegliere non inferiore a 1:3,5 ma più opportunamente di circa 1:2,5. Siccome per lo più non riesce fattibile ottenere queste inclinazioni coi tetti ad arco, si provvede col disporre in direzione perpendicolare all'asse della tettoia degli stretti tetti a vetro speciali, in forma di tetti a due pioventi: portano il nome di tetti a sega e vengono collocati generalmente al vertice della tettoia, più di rado sui lati, ed ancor più di rado continui per tutta la larghezza della tettoia. La costruzione riesce costosa, ma tecnicamente risolve completamente il problema, poichè è scevra di tutti gli inconvenienti che le altre presentano. Se si dispongono questi tetti a sega al vertice, non si può naturalmente applicarvi un lucernario continuo; si può, quando questo sia necessario, alternare delle brevi tratte di lucernari e di tetti a sega, oppure, ciò che è meglio, sopraelevare i tetti a sega e procurarsi così delle superficie verticali protette, applicando delle persiane fisse.

Riguardo alla quantità di luce in una tettoia di stazione ferroviaria, si può ritenere che essa sia sufficiente quando, non avendosi luce lateralmente, un terzo della superficie coperta (in pianta) venga eseguito come tetto a vetri, e meglio se questa superficie sorpassando il terzo si avvicina alla metà.

Quando si abbia luce anche lateralmente, la proporzione si può alquanto diminuire, potendosi ritenere a un dipresso che m^2 1 di parete illuminante dall'alto possa essere sostituito da m^2 1,50 ÷ 2 di superficie illuminante laterale.

Quando non è possibile la riunione di tutta la superficie illuminante al colmo, ma si è costretti di suddividere questa in parecchie striscie, merita di essere presa in considerazione una disposizione spesso adottata in Inghilterra, consistente nel dividere l'intera larghezza del tetto in sette striscie presso a poco eguali, tre delle quali, compresa quella del colmo, sono coperte a vetri, così che si ha un regolare alternarsi di superficie trasparenti ed opache e presso alle pareti si trovano superficie opache.

Spesso si desidera illuminare bene, in modo speciale, i così detti marciapiedi di testa, che servono per l'uscita o per punto di riunione di tutto il movimento che avviene lungo i marciapiedi interbinari della stazione. In Inghilterra si adotta spesso l'espedito di far terminare la tettoia propriamente detta a questo marciapiede di testata e coprirlo con un tetto speciale, generalmente più basso, eventualmente sostenuto da appoggi collocati sul suo margine o nel suo mezzo. La forma di questo tetto viene quindi scelta con speciale riguardo per rischiarare bene il marciapiede di testa, e così con un mezzo relativamente semplice si ottiene un buon risultato. Questo espediente può essere particolarmente raccomandabile, quando si trovi difficile un buon collegamento architettonico della testata colla tettoia e specialmente quando esse si incontrano obliquamente, riuscendo più favorevole un collegamento con mezzi semplici.

La questione se nelle tettoie si debbano preferire poche incavallature pesanti a molte più leggiere equivalenti, ha due aspetti: uno di natura costruttiva, e l'altro di natura estetica. Sotto quest'ultimo riguardo si può in generale osservare che una costruzione in ferro sopra un grande spazio suddivisa in molte piccole membrature, costituisce un certo contrasto coll'ampiezza del locale e l'effetto riesce tanto più disagiata quanto più piccole sono le singole parti. Perciò si è generalmente inclinati a concentrare le masse di ferro, sebbene in ciò si incontri assai spesso un limite nella disposizione dei piedritti. Quando questi sono alti e continui per tutta la lunghezza della tettoia una certa suddivisione di appoggi riesce opportuna; quando invece sono bassi e concentrati in singoli pilastri, riesce meglio anche un concentramento delle masse di ferro. Sgradevolissimo invece è l'aspetto di una grande tettoia sotto la quale controventi e tiranti, sporgenti nello spazio libero od interamente in esso, formano una specie di ragnatela. Per ovviare a ciò si evitano le verghe sottili di ferro tondo,

supplendovi con altre più larghe in ferro piatto ed al posto di quelle parti d'armatura che per la loro forma servirebbero solo come membri in tensione, se ne sostituiscono altre che possano resistere anche ad una pressione diretta nel senso del loro asse, ciò che si riassume in una sostituzione di contraffissi a tiranti.

Si può liberarsi assolutamente dai tiranti nelle costruzioni ad arco, quando l'arco si prolunga in basso fino al marciapiede, ottenendosi così al piede resistenza sufficiente contro le forze che agiscono lateralmente. Ma anche altrimenti si può mitigare l'impressione facilmente prodotta dal frazionamento delle parti in ferro troppo esili; per esempio, anche adottando incavallature accoppiate ed in ogni campata arcarecci ad anima alta oppure in legno; fanno cattivo effetto però gli arcarecci la cui anima è formata da un traliccio a maglie strette. Si può ottenere un certo miglioramento nell'effetto di una tettoia, coll'espedito (ancor poco diffuso) della colorazione: si coloriscono le incavallature con liste o fregi in color scuro: principalmente nelle incavallature accoppiate, si può dare ad una parte della copertura interna della tettoia, che si estenda fuori del contorno delle incavallature, una colorazione più scura del restante della tettoia. Si può anche far tutta chiara la superficie interna della tettoia e scure le parti in ferro dell'armatura.

Del resto tutti questi tentativi sono mezzi di poco valore, poco rispondenti alle esigenze estetiche: possono anche riuscire ad un cattivo risultato col rompere l'unità di effetto dello spazio. Che si possa far senza di questi ripieghi ce lo provano molte tettoie recenti, in cui tanto le parti in ferro quanto il fondo hanno una colorazione uniforme e nelle quali si è tuttavia raggiunto un effetto assai soddisfacente. Valgano per esempio le tettoie della ferrovia Metropolitana di Berlino e quelle della nuova Stazione centrale di Francoforte s/M.

Si riporta qui in seguito un certo numero di esempi di tettoie di grande portata, con brevi cenni sulle particolarità costruttive: le prime descritte, eseguite secondo il sistema triangolare, sono le meno recenti.

b) Sistema triangolare.

Un esempio del sistema triangolare ci è offerto dalla figura 2118 che rappresenta la *tettoia della Stazione della ferrovia di Orléans a Parigi*. Ha una lunghezza di m. 280 ed una larghezza netta di m. 52,50. Le incavallature, la cui altezza al vertice arriva a m. 21,75, sono discoste m. 10 l'una dall'altra e formate con forti travi reticolari, sostenute in tre punti. Il peso di tutta l'armatura in ferro e ghisa corrisponde a circa Kg. 82 per m² di superficie coperta.

La tettoia della *Stazione delle Ferrovie meridionali a Vienna*, di cui si ha uno schizzo nella fig. 2119, venne eretta nel 1872. Le dimensioni sono le seguenti: lunghezza m. 139,80, larghezza netta m. 35,70, distanza tra le incavallature m. 6,95. Il sistema d'incavallatura è lo stesso della fig. 2045. Il colmo è provvisto di una tettoia a lucernario, per sfogo del fumo, di m. 4,50 di larghezza. La copertura è per $\frac{3}{8}$ in vetro e per $\frac{5}{8}$ in lamiera ondulata di ferro zincato. Il peso proprio del tetto corrisponde a Kg. 60 per m² di superficie coperta.

c) Incavallature a falce (paraboliche).

Queste incavallature, fig. 2120 e 2121, sono nella loro forma pura una maniera speciale di travature *paraboliche* e come queste hanno tanto l'armatura compressa, quanto la tesa, incurvate secondo un arco di parabola.

Mentre della proprietà che hanno le travature paraboliche di presentare un costante lavoro del materiale sotto carico completo ed uniformemente distribuito, allorché la parte inferiore tesa è orizzontale, si tien conto specialmente nella costruzione di

ponti, nelle tettoie si rinuncia a tale proprietà poichè quella parte inferiore rettilinea darebbe all'incavallatura un aspetto troppo pesante, e costruttivamente obbligherebbe a tener troppo lunghe le membrature intermedie. Se però si incurva l'armatura inferiore (tesa) secondo una parabola, le distanze verticali tra le due armature saranno parimenti le ordinate di una parabola, cosicchè per tale forma varrà la legge delle travi

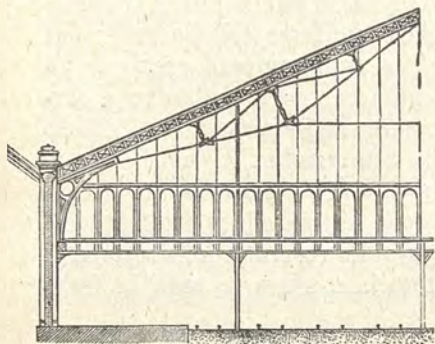


Fig. 2118.

Tettoia della Stazione di Orléans a Parigi.

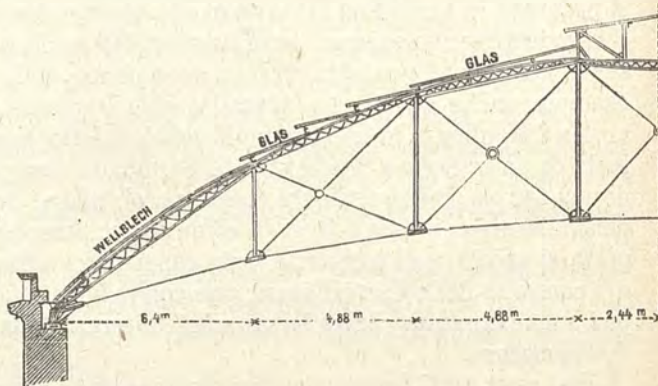


Fig. 2120. — Tettoia della Stazione delle Ferrovie della Slesia e Marca a Berlino.

Wellblech, lamiera ondulata; Glas, vetro.

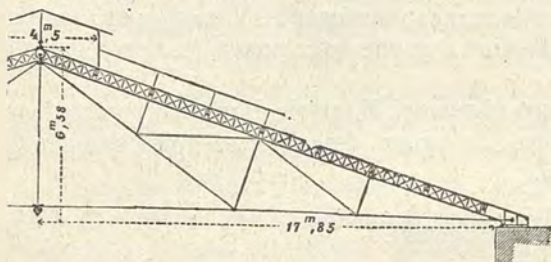


Fig. 2119. — Tettoia della Stazione delle Ferrovie Meridionali a Vienna.

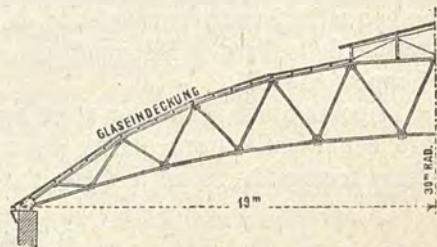


Fig. 2121. — Tettoia della Ferrovia Berlino-Görlitz a Berlino.

Glaseindeckung, copertura a vetri; 30 m. rad., 30 m. raggio

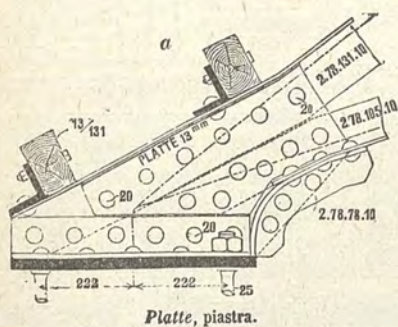
paraboliche almeno per ciò che riflette le diagonali, le quali con un carico uniforme non sono soggette a tensione: si hanno delle travi a falce che anche quando non sono formate secondo parabole si costruiscono come le altre travature.

La fig. 2120 mostra la disposizione della tettoia sulla parte più antica della *Stazione di Berlino delle ferrovie della Bassa Slesia e della Marca*. In questa incavallatura i nodi dell'armatura superiore si trovano su di una parabola con una saetta di $\frac{1}{5}$ e quelli dell'inferiore su di un'altra parabola colla saetta di $\frac{1}{15}$: le distanze verticali interposte tra le due parabole corrispondono quindi alle ordinate di una parabola, la cui saetta sia nel rapporto $\frac{1}{5} - \frac{1}{15} = \frac{2}{15}$. Le incavallature sono 54, distanti m. 3,766 l'una dall'altra, hanno una portata di m. 38,30 fra le mezzarie degli appoggi e sono divise dalle membrature verticali in 7 campate. Le incavallature principali sono accoppiate a due a due col mezzo di tiranti diagonali (controventi). Gli arcarecci sono formati, parte da ferri d'angolo, parte da travi reticolari. La tettoia è coperta sulle campate estreme (triangolari) delle incavallature con lamiera zincata ondulata, sulle cinque campate di mezzo con vetro greggio. La copertura in vetro è eseguita a singoli piani con inclinazione da $1:3 \div 1:4$. Al colmo vi ha un lucernario di sfogo pel fumo, ed anche le pareti verticali interposte fra due piani successivi di copertura a vetri servono alla

paraboliche almeno per ciò che riflette le diagonali, le quali con un carico uniforme non sono soggette a tensione: si hanno delle travi a falce che anche quando non sono formate secondo parabole si costruiscono come le altre travature.

ventilazione, perchè gli arcarecci reticolari che sostengono questi ripiani permettono libero passaggio all'aria. Il sollevamento e la montatura di queste incavallature, sopra appoggi alti m. 15,70 sopra i marciapiedi, si è fatto alzando ogni incavallatura in 3 parti e riunendole poi in alto. La superficie coperta, in pianta, ammonta complessivamente a m² 7000; il peso proprio è di circa Kg. 62 per m² di superficie coperta.

Il secondo esempio di tettoia a incavallature a falce (fig. 2121) è preso dalla copertura della *Stazione di Berlino della ferrovia Berlino-Görlitz*. La tettoia copre 5 binari, ha una lunghezza di m. 37,03, e le incavallature distano m. 3,452 l'una dall'altra. I nodi



Platte, piastra.

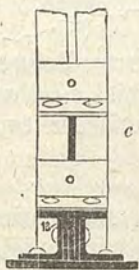
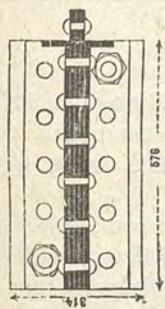


Fig. 2122 a, b, c.

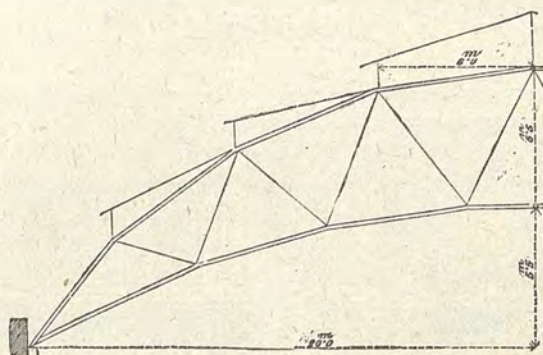


Fig. 2123. — Tettoia della Stazione di Amsterdam.

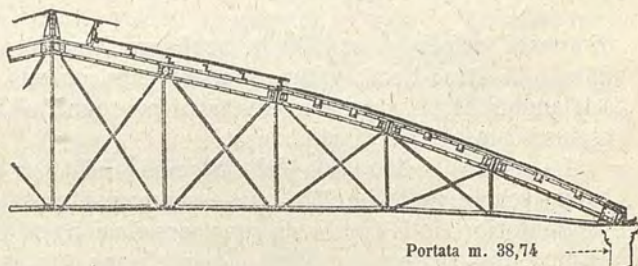


Fig. 2124. — Tettoia della Ferrovia Nord-Ovest in Vienna.

delle due armature si trovano sopra archi di circolo: il diametro della superiore è di m. 30. Tra le due armature sono disposte delle semplici diagonali secondo il sistema triangolare, soggette a sforzo di tensione e di compressione e perciò formate a \square . Gli arcarecci sono in legno, uniti a vite sopra l'armatura superiore con giunti alternati e sovrapposizioni a mezzo e mezzo. Le fig. 2122 a, b, c mostrano la disposizione dell'appoggio fisso, come anche la congiunzione delle due armature sopra l'appoggio stesso, che è assicurato nella muratura con chiave a m. 4 di profondità.

La tettoia è coperta con lamiera ondulata di zinco senza rivestimento: nel mezzo si trova un lucernario di m. 7,50 di larghezza, continuo per tutta la lunghezza, il quale, essendo rialzato sopra la superficie del tetto, colle sue aperture laterali offre sufficiente sfogo al fumo. Anche presso i muri d'ambito ai due lati è lasciata una zona illuminante di m. 1,50 di larghezza a sussidio della luce piovente dai lucernari laterali. La montatura della tettoia si è fatta col mezzo di un'armatura da ponte mobile, che veniva avanzata sopra cinque binari e sulla quale all'altezza della parte inferiore delle incavallature veniva eretta una piattaforma adattantesi alla forma della stessa. Il peso proprio del tetto, compresa la copertura in vetri, importa all'incirca Kg. 56 per m² di superficie coperta.

La fig. 2123 offre uno schizzo schematico delle travature a falce adottate nella costruzione (avvenuta nel 1863) della *tettoia della stazione di Amsterdam*. La lunghezza

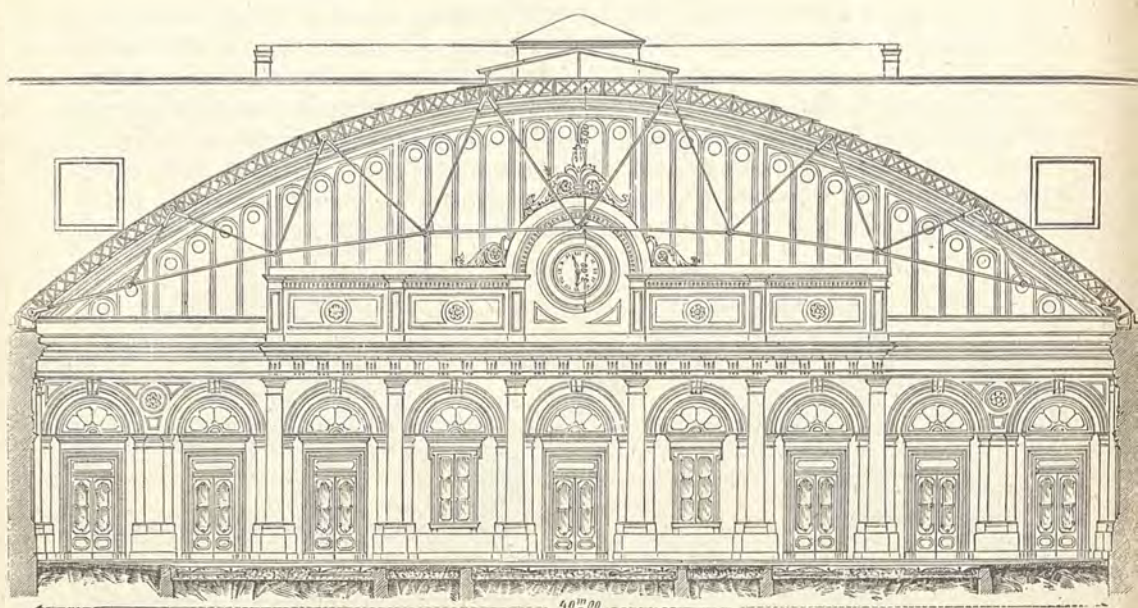


Fig. 2125. — Tettoia della Stazione di Palermo.

di questa tettoia è di m. 100, la larghezza di m. 40 e le incavallature distano di m. 8,33 l'una dall'altra. Le travature sono formate con tubi di ghisa e collegate con reticolato a triangoli. Il peso proprio del tetto per ogni m² di superficie coperta è di Kg. 44, escluso il materiale di copertura.

La centina della *tettoia della Stazione della ferrovia nord-ovest in Vienna*, di cui si ha uno schizzo nella fig. 2124, può essere considerata come una centina a falce, poichè le parti inferiori della travatura superiore giacciono su di una curva e la travatura inferiore ha pure una leggera curvatura. La lunghezza di questa tettoia è di m. 126, la larghezza netta di m. 38,74. Le incavallature, alte in mezzo m. 7, sono disposte a m. 7, m. 10,50 e m. 14 di distanza. Il tetto, che ha nel mezzo un lucernario di m. 3 di larghezza, è coperto per $\frac{2}{5}$ a vetri e per $\frac{3}{5}$ con zinco. Il peso proprio per m² di superficie coperta è di Kg. 65,30.

In Italia le stazioni di Roma, Foggia, Ancona, Arezzo, Palermo hanno le tettoie con centine a falce. La fig. 2125 rappresenta la tettoia di Palermo, della luce di m. 40, mentre nelle costruzioni italiane ed inglesi sono di preferenza adottati l'arco superiore continuo e le unioni dei tiranti a cerniera, in molti tipi tedeschi l'arco superiore è formato da tanti tronchi di forma lenticolare ed a reticolato, e le unioni dei tiranti fra loro e coll'arco inferiore sono rigide. Le centine del tipo italiano ed inglese offrono però maggiore snellezza di quelle dei tipi sovradetti.

Nel tipo della tettoia di Ancona (luce m. 31,40) i nodi della nervatura inferiore nei quali concorrono non più di quattro aste, sono costituiti nel modo seguente: una delle sbarre del tirante inferiore termina a forchetta e abbraccia l'estremità appiattita della sbarra successiva; simmetricamente da una parte e dall'altra della forchetta sono collocate le due sbarre diagonali che concorrono in quel nodo. Un bollone dal diametro conveniente collega le quattro sbarre. Il corrente superiore è fatto con ferri binati entro ai quali passano appiattite le sbarre diagonali. L'ultima sbarra del tirante poligonale inferiore è collegata con la nervatura superiore assai semplicemente mediante una bietta a cuneo che, battuta più o meno, mette anche in tensione il tirante inferiore, riconducendo così l'intera centina dopo la sua montatura alla luce prescritta. Questo

collegamento così semplice e così efficace è imitato dalle tettoie inglesi, ad esempio di quella classica di Birmingham della luce di m. 64,60.

Le ordinarie proporzioni delle centine a falce sono di $\frac{1}{5} \div \frac{1}{6}$ della portata per saetta dell'arco parabolico superiore, e di $\frac{1}{2,5} \div \frac{1}{3}$ di questa freccia per saetta dell'arco inferiore. Il diametro del tronco di tirante in ferro prossimo all'imposta delle centine è di $17 \div 20$ decimillesimi della portata. Il peso per m. l. di proiezione orizzontale di centina è presso a poco di $70 \div 85$ Kg. nelle costruzioni più semplificate e sale a Kg. $90 \div 100$ in quelle meno semplici, cioè con unioni rigide e correnti composti di ferri sagomati.

d) Incavallature arcuate.

Le travature arcuate adatte per le tettoie si possono comprendere in due categorie: *ad arco acuto* e *ad arco ribassato*. Le prime, la cui saetta si prende di rado maggiore a circa $\frac{1}{2}$ della portata, esercitano una spinta laterale limitata, e poichè la loro base può essere collocata in basso, esigono muri di sostegno di poca grossezza. Per equilibrare la spinta non abbisognano nelle travature ad arco acuto appositi tiranti, poichè la spinta sulle imposte collocate in basso può essere facilmente riportata sulle fondamenta.

Un fatto diverso avviene colle travature ad arco scemo o ribassato. Formate generalmente secondo archi di circolo con una saetta di $\frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$ circa della portata, si richiede per esse una così considerevole altezza di appoggi che la spinta non può essere sostenuta solo dai muri laterali, ma deve equilibrarsi per mezzo di forti tiranti. Se le centinature ad arco scemo poggiano su muri laterali alti ed isolati, questi hanno d'uopo di una considerevole grossezza per resistere alla pressione del vento, la cui influenza si palesa specialmente sul muro che sostiene l'appoggio fisso della travatura.

Centinature ad arco acuto. — La fig. 2126 mostra la disposizione delle centine per la tettoia dell'antica Stazione Orientale di Berlino. La tettoia di m. 188,30 di lunghezza per m. 37,66 di larghezza libera, è formata con travature arcuate reticolari costruite in forma di casse, e collocate a m. 7,53 di distanza l'una dall'altra. Ogni centina si compone di due mezzi archi riuniti insieme, a m. 0,94 di distanza l'un dall'altro, collegati con traliccio orizzontale e diagonale. Per lasciar seguire liberamente alle travature i movimenti prodotti dai cambiamenti di temperatura od altro, i collegamenti sono a cerniera tanto nel vertice quanto alle due estremità inferiori. La cerniera al vertice, collocata a circa m. 18,60 dal marciapiede, è rappresentata nella fig. 2127. La estremità inferiore della centina si trova a m. 6 di altezza sopra il marciapiede dei muri d'ambito della tettoia, dove le travature riposavano a mezzo di cerniera sopra mensole in ghisa convenientemente assicurate con chiavi. L'appoggio laterale delle travature è ottenuto mediante braccia di ghisa che si impegnano in speciali casse di ghisa assicurate nel muro (fig. 2128). La tettoia nel terzo di mezzo, d'ambo le parti del colmo, è coperta con lamiera di ferro ondulata sopra arcarecci di legno armati; nel restante è coperta con vetri greggi portati da arcarecci a Z. La grossezza dei muri di ambito, poichè le incavallature della tettoia per la maggior parte corrispondono a muri trasversali, potè essere limitata ad una media di m. 1; dove mancavano i muri trasversali, la grossezza dei muri d'ambito dovette venir aumentata fino a m. 1,25 e a m. 1,50. La posizione in opera si eseguì per mezzo di un'impalcatura a 3 piani poggiate sopra rulli, e su di essa l'alzamento di ogni mezza incavallatura si fece in tre parti. Il peso del tetto, esclusa la copertura, ammonta a Kg. 60 circa per m² di superficie coperta.

Le Stazioni della piazza Alessandro e della Friedrichstrasse della ferrovia Metropolitana di Berlino hanno tettoie recenti ad arco acuto più grandiose; esse sono quasi del tutto simili, onde basta riportare la figura e la descrizione di una sola.

La fig. 2129 mostra una centina di m. 37,10 di portata per circa m. 19 di altezza, la cui travatura interna per ogni mezza centina ha la forma di un arco di circolo di

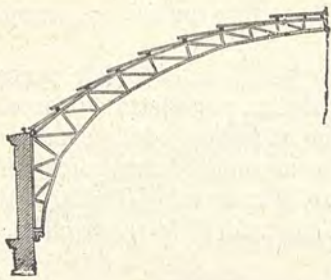


Fig. 2126.

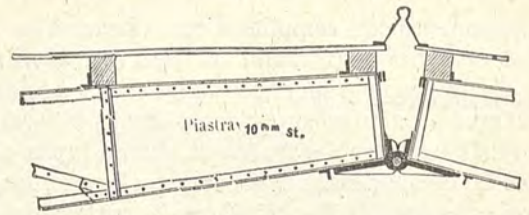


Fig. 2127.

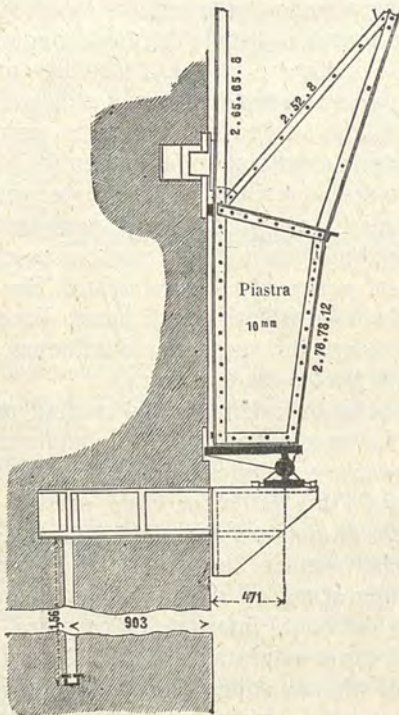


Fig. 2128.

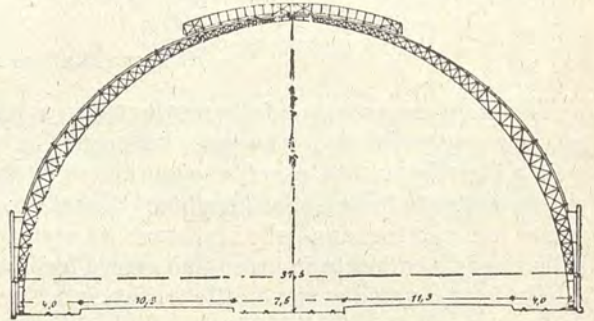


Fig. 2129.

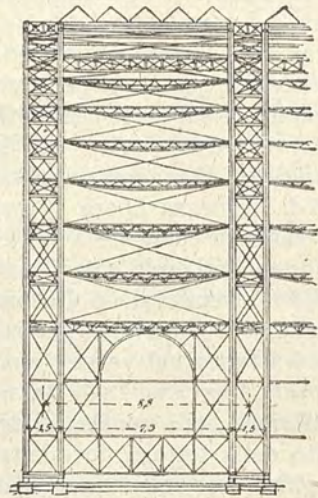


Fig. 2130.

Fig. 2126 a 2128. — Centine della tettoia dell'antica Stazione orientale di Berlino.

Fig. 2129 e 2130. — Tettoia della Stazione della Alexanderplatz a Berlino.

m. 19,38 di raggio, col centro situato a m. 1 lateralmente all'asse della tettoia, nello spigolo inferiore delle rotaie: le travature esterne delle due mezze incavallature (formanti ognuna una falce) si riuniscono tangenzialmente l'una all'altra sopra l'articolazione del vertice. Le centine sono collocate alla distanza uniforme di m. 8,80 e riunite con arcarecci di ferro, situati a m. 2,34 l'uno dall'altro e che ad ogni estremità vengono a corrispondere in un nodo. Le centine sono formate a cassa (tubolari) con m. 1,50 di distanza assiale tra le due metà, collegate da reticolato; ciò si può rilevare dalla fig. 2130 che mostra un tratto di sezione longitudinale, dalla quale si può vedere anche la forma degli arcarecci: questi ultimi, formati in sezione secondo un settore di circolo, hanno due anime (aste) e tre briglie; una delle anime coincide colla perpendicolare alla superficie del tetto, l'altra colla tangente alla stessa: due briglie sono formate

a corda allentata. Contro gli spostamenti longitudinali del tetto agiscono oltre agli arcarecci anche delle crociere di tiranti in ferro tondo: gli sforzi ne vengono riportati in basso per mezzo di una intelaiatura di ferro, che serve a contornare le finestre, alle estremità inferiori dell'incavallatura, provviste di articolazione (fig. 2130). Il telaio della finestra è doppio (a cassa) e per tutta la sua profondità (alternandosi colle incavallature) sporge in fuori dalla linea di contorno esterno delle incavallature stesse (fig. 2129).

Il peso complessivo della copertura, inclusovi quello del rivestimento, delle parti in ferro del lucernario, della cornice in ferro, dei telai da finestra, ecc., ammonta a Kg. 142 700 per m² di superficie scoperta. La posizione in opera delle centine si è eseguita con un ponte mobile; la lunghezza della tettoia è di m. 164,10.

La tettoia della *Stazione alla Friedrichstrasse*, lunga m. 144,70 e la cui larghezza va crescendo da m. 34 a m. 37,20, è formata di 16 centine accoppiate, di forma affatto

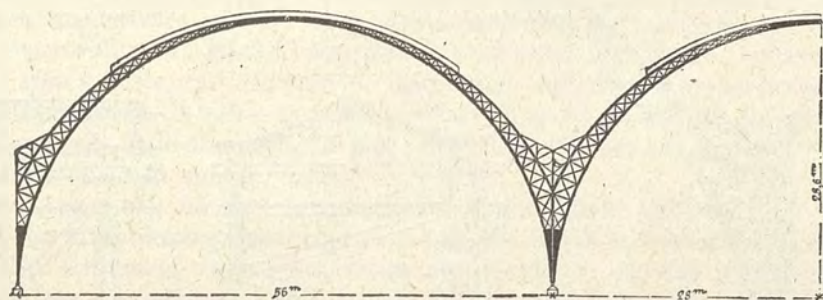


Fig. 2131. — Tettoia della Nuova Stazione Centrale di Francoforte s/M.

simile a quelle sopra rappresentate della stazione alla Alexanderplatz. La distanza tra le mezzarie delle incavallature è di m. 9,01 da una parte e di m. 9,97 dall'altra. Questa differenza viene compensata con una differenza corrispondente nella distanza tra le due metà di ogni centina, cosicchè gli arcarecci che hanno forma identica a quelli impiegati per la stazione della Alexanderplatz, hanno tutti una lunghezza uniforme. Poichè le basse pareti laterali, sono chiuse con muratura, non si ha qui l'intelaiatura in ferro per le finestre. Il peso in ferro della tettoia, compreso quello del rivestimento e delle pareti in ferro del lucernario, è di Kg. 139 per m² di superficie coperta.

La fig. 2131 rappresenta una centina delle tettoie della *nuova Stazione Centrale di Francoforte s/M*. Sonvi in detta stazione tre tettoie di m. 56 ciascuna di portata, addossate l'una all'altra, essendo poi chiuse con muratura le pareti esterne. Le estremità inferiori delle incavallature sono prolungate in basso fino quasi a livello del marciapiede e 2 centine adiacenti hanno una comune base articolata, che è però indipendente per ciascuna delle due parti (a cassa) che formano la centina.

Il vertice e le estremità inferiori delle centine sono formati con anima in lamiera piena, e poichè ogni coppia di centine concorrenti colle superficie posteriori verso la base, sono collegate rigidamente con una piastra d'acciaio, la mobilità di ogni singola centina è limitata, cosicchè solo gli spostamenti dovuti a variazioni di temperatura, che si verificano nell'articolazione al vertice, possono aver luogo per ogni centina indipendentemente dalle altre. L'altezza al vertice delle incavallature è di m. 28,60 e quindi sono insensibilmente più alte che se avessero la forma semicircolare. Gli spostamenti, nel senso longitudinale dell'asse della tettoia, sono impediti da tiranti incrociati disposti nelle campate estreme fra le basi delle centine e da saettoni collocati

all'altezza degli appoggi alternatamente nelle campate intermedie. Inoltre, immediatamente al disotto del rivestimento della tettoia, sono incrociati dei tiranti sottili in ferro tondo. Le incavallature sono collocate a circa m. 8 di distanza l'una dall'altra. Le tettoie ricevono luce in parte dall'alto, in parte lateralmente. Il lucernario si stende colla forma così detta a sega sopra metà larghezza di ogni tettoia, e per le pareti esterne delle due tettoie laterali la luce è introdotta lateralmente prolungando

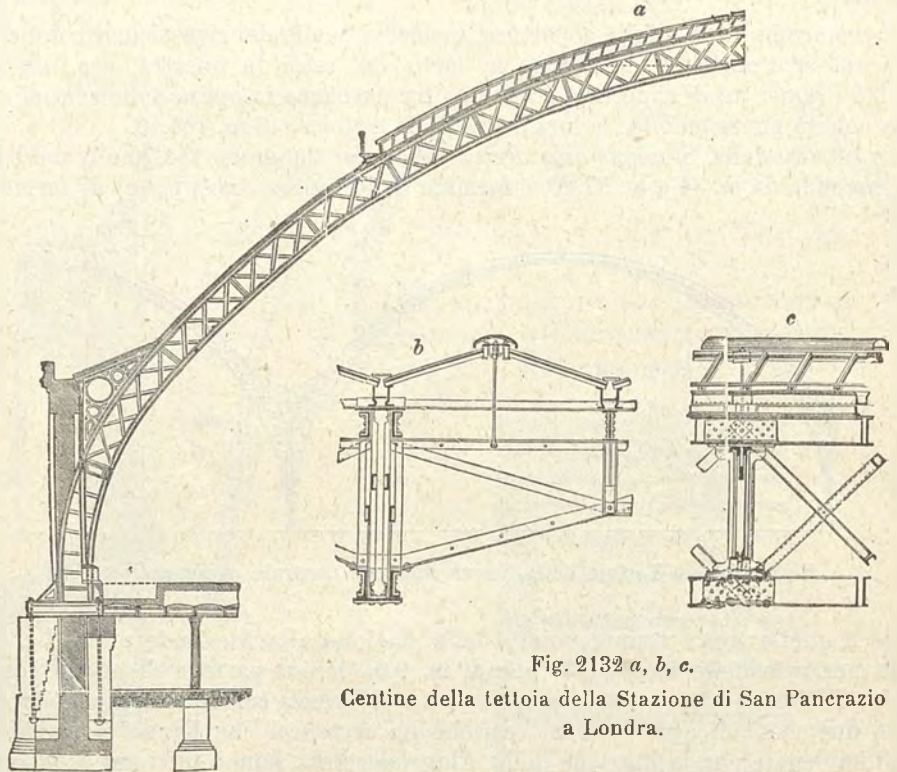


Fig. 2132 a, b, c.

Centine della tettoia della Stazione di San Pancrazio a Londra.

obliquamente la copertura del tetto nella parte bassa, invece di farle seguire la forma curva. La maggior altezza che così si ottiene viene utilizzata per poter avere luce laterale, ma essendosi tale espediente adottato anche nei compluvi, fra la tettoia di mezzo e le laterali, si è ottenuto quell'unità d'impressione e quell'effetto *arioso* che contraddistinguono queste tre tettoie unite. La superficie coperta complessiva è di m² 31,584 ed il peso di Kg. 134 per m².

Forse il più grandioso esempio di una costruzione ad arco rialzato lo offre la tettoia della *Stazione di S. Pancrazio a Londra* (fig. 2132). Le centine hanno una luce netta di m. 73,20 ed un'altezza di m. 30,50; sono costruite secondo due archi policentrici che si tagliano al vertice ad angolo acuto. Presso gli appoggi vi ha un arco di circolo di m. 17,40 di raggio (riferendosi al profilo interno dell'arco) che arriva fino a m. 11,20 di altezza sopra il piano del marciapiede: da qui in su si ha un arco di m. 48,80 di raggio. La larghezza dell'arco è uniforme ed è di m. 1,83, cioè di $\frac{1}{40}$ dell'ampiezza della centina. Le singole centine sono collocate a m. 8,94 di intervallo, ed al piede presentano una speciale disposizione per ricevere la spinta dell'arco, come si può rilevare nella fig. 2132 a. Infatti i marciapiedi ed i binari sono collocati a circa m. 7 sopra il piano circostante, sostenuti con un sistema di colonne e di travi; 720 colonne di ghisa e 49 serie di travi maestre trasversali in ferro, oltre a 15 serie

di travi longitudinali, formano l'ossatura della piattaforma che deve portare marciapiedi e binari, completata poi con un sistema di travi intermedie con sovrapposte piastre a padiglione. Ora, le travi maestre trasversali sono inchiodate alle estremità inferiori delle centine, e poichè traversano senza interruzione tutta la larghezza della tettoia, formano un vero sistema di chiavi (invisibili) che equilibrano la spinta dell'arco. Non si applicarono cerniere nè alla sommità, nè alle imposte delle centine. Le superficie laterali del tetto sono coperte con ardesie, mentre la parte centrale, per m. 41 di larghezza in pianta, è munita di lucernario. Questo è suddiviso in una serie di copertini a due falde diretti normalmente all'asse longitudine della tettoia (fig. 2132 *b, c*). I colmi di questi sistemi di lucernari sono disposti in modo da servire alla aerazione della tettoia, poichè le estremità delle lastre di vetro greggio lasciano aperta una striscia di 15 cm. di larghezza, difesa da un cappello che impedisce l'introdurvisi della pioggia e della neve. Alla base del lucernario vi sono dei terrazzini praticabili e sul tetto numerose aperture per poter provvedere alle opere di riparazione, specialmente ai lucernari. La montatura di questa tettoia venne eseguita per mezzo di due grandi impalcature, ognuna delle quali consisteva di 3 parti di m. 12 di larghezza, scorrevoli sopra ruote. Dapprima si collocarono in opera, d'ambe le parti, i pezzi d'arco inferiori, si inchiodarono colle travi orizzontali e poi si immurarono; quindi si innalzarono le altre parti delle arcate in pezzi di m. 5,50 per volta, contemporaneamente dalle due parti. La maggiore saetta d'inflessione al vertice dell'arco dopo il disarmo fu di mm. 6.

Il costruttore, sig. Barlow, nel pubblicare la descrizione dell'opera, ha reso noti i motivi che lo determinarono a coprire in una sola tratta la considerevole larghezza di m. 73,20. Se questa fosse stata divisa per mezzo, si sarebbe dovuto scegliere, secondo le sue supposizioni, non più delle travature ad arco acuto scendenti fino al marciapiede, ma centine ad arco scemo appoggiate nel mezzo a colonne ed ai due lati a muri d'ambito. L'impianto di tali colonne, colle loro fondazioni, come pure dei canali e dei tubi di scarico per l'acqua raccoglientesi nel compluvio fra i due tetti, sarebbe riuscita però assai costosa. Ai due singoli tetti, di m. 36,60 di portata, si sarebbe potuto assegnare una saetta nel rapporto di $\frac{1}{5}$, cioè di m. 7,32, mentre l'arco acuto eseguito ha un'altezza di circa $\frac{2}{5}$ dell'ampiezza totale. Le spinte orizzontali dell'arco di m. 73,20 di portata non riescono quindi maggiori di quelle dei piccoli archi di m. 36,60 ciascuno. Siccome poi il peso dell'arcone come fu eseguito è riportato fin sotto al marciapiede, i muri d'appoggio non abbisognano di alcun rinforzo speciale, e ciò tanto meno in quanto anche la spinta laterale delle incavallature in seguito alle variazioni di temperatura, che cogli appoggi a rulli è diminuita ma non tolta, qui non esercita azione sui muri laterali: in riguardo alla dilatazione prodotta da aumento di temperatura si deve osservare che le travi che fanno da tiranti giacciono nascoste sotto il marciapiede e quindi non soggette a grandi dilatazioni: mentre le arcate sono bensì esposte a questa influenza, ma non danno luogo che ad un piccolo alzamento od abbassamento al vertice. Riguardo alla forma ed alla grossezza da darsi all'arco, si posero a base del calcolo le seguenti condizioni:

a) che la grossezza dell'arco deve essere sufficiente perchè siano in esso contenute tutte le linee di pressione derivanti dal peso proprio dell'armatura, e dal carico mobile per neve e pressione del vento (è da notarsi che all'arco si è dato una grossezza uniforme, mentre nel vertice avrebbe dovuto essere sensibilmente minore);

b) che il ferro dell'arco non deve essere sottoposto ad un carico maggiore di 550 Kg. per m²;

c) che l'incontro delle due mezze centine al vertice fosse ad angolo acuto, non solo per ottenere un miglior effetto estetico, ma perchè le centine presentavano maggiore resistenza alla pressione laterale del vento.

Le centine, costruite secondo questi principii, pesano (escluse le travi orizzontali sotto il suolo) Kg. 55,700 ciascuna, ossia Kg. 85 per m² di superficie coperta.

Ancorchè colle due centine di metà ampiezza si fosse potuto ottenere un peso alquanto minore, ciononostante parve preferibile la centina di tutta portata, perchè con essa rimaneva completamente sgombro da ogni impedimento lo spazio interno della tettoia, non pregiudicandosi così qualsiasi futuro cambiamento nella disposizione dei binari, dei marciapiedi, ecc. Infine si nota che si sarebbe potuto comodamente prolungare gli archi di m. 5 ancora più in basso, ottenendosi un appoggio diretto sulla

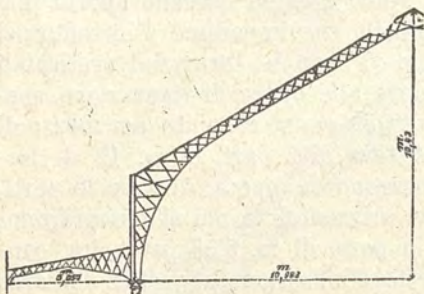


Fig. 2133.

Tettoia della Stazione ferroviaria del Nord a Vienna.

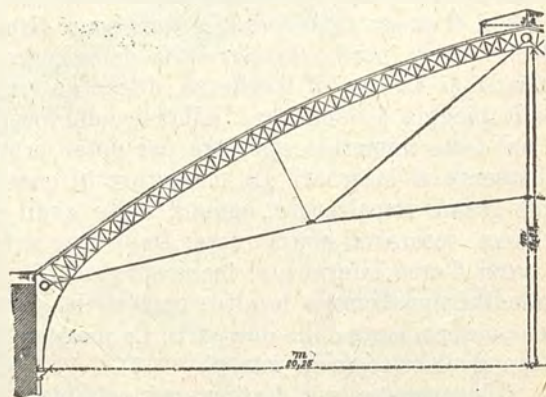


Fig. 2134. — Tettoia della Stazione Centrale di Milano.

muratura di fondamenta senza ricorrere alle travi; ma poichè le travi stesse erano ugualmente necessarie per formare la piattaforma delle rotaie, così la disposizione scelta, anche per questo motivo, si riconobbe come la più opportuna.

La tettoia della Stazione della ferrovia del Nord a Vienna, di cui si ha uno schizzo nella fig. 2133, è a tre navate; la centrale, di m. 22 di larghezza, è formata con travature ad arco acuto reticolari, che poggiano sopra colonne in ghisa; l'altezza degli archi è di circa m. 10. Le travature sono collocate a distanze di m. 5,64 e di m. 9,80. Il peso proprio dell'armatura, incluse le colonne, ma escluso il materiale di copertura, arriva alla cifra considerevole di Kg. 121 per m² di superficie. Non vi sono tiranti per equilibrare la spinta dell'arco, perchè le due navate laterali servono da contrafforte alla centrale, riportandone la spinta sui muri d'ambito.

La tettoia della Stazione Centrale di Milano (fig. 2134) costruita nel 1863, ha una lunghezza di m. 250 e una larghezza di m. 40,50. Si sono scelte delle centine ad arco acuto, poco incurvate, costruite con travature reticolari, trasformate agli appoggi in travi in ferro pieno, a mensola: le centine distano m. 7,50 l'una dall'altra. Per equilibrare la spinta degli archi è disposto un sistema poligonale di tiranti, che da una parte si attacca al vertice e dall'altra alla sommità della base piena dell'arco. Il peso proprio della tettoia è di Kg. 35,23 per m² di superficie coperta.

Una forma di transizione tra le centine a sesto acuto e quelle ribassate è offerta dalla tettoia della Stazione di Nancy, di cui si ha uno schizzo nella fig. 2135. La tettoia, lunga m. 98, è coperta per mezzo di centine policentriche di m. 27,40 di portata, le quali, come nell'esempio precedente, sono assicurate con un sistema poligonale di tiranti. La distanza delle centine fra di loro è di m. 7, il peso proprio dell'armatura di Kg. 32 per m² di superficie coperta.

Centine ad arco scemo (o ribassato). — Questo sistema si è particolarmente adottato per tettoie fino a m. 40 di portata, eseguite senza cerniere. Se ne è fatta, per es., una

applicazione semplice e ben riuscita nella *tettoia della Stazione della ferrovia Berlino-Potsdam-Magdeburgo a Berlino* (fig. 2136). La tettoia che comprende tre marciapiedi e cinque binari, per una lunghezza di m. 36, consiste in centine formate con lamiera di ferro orlata con nervature di ferri a L, collegate con travature reticolari longitudinali, e la cui spinta è equilibrata da un tirante orizzontale di ferro tondo sostenuto da sette

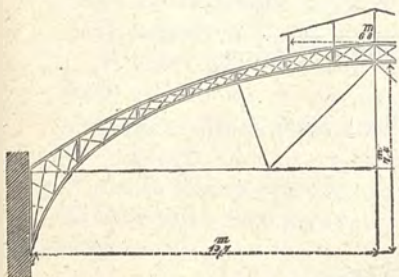


Fig. 2135. — Tettoia della Stazione di Nancy.

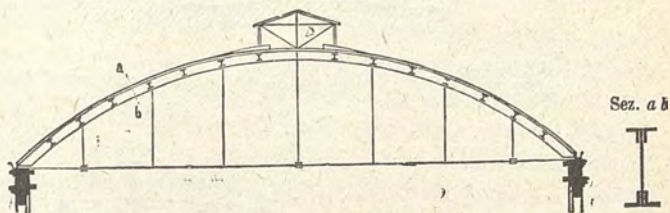


Fig. 2136. — Tettoia della Stazione della Ferrovia Berlino-Potsdam Magdeburgo a Berlino.

verghe sottili. In questo tipo non si riscontra però un vero collegamento triangolare, così che gli archi formati da archi di circolo con saetta di $\frac{1}{6}$, per un carico non uniforme, devono contrastare unicamente colla loro propria resistenza alla flessione. Questa tettoia dà un'impressione esteticamente molto soddisfacente perchè le arcate sono ad anima piena in lamiera e non reticolari; l'armatura guadagna in leggerezza, anche per aver scelto pei tiranti delle barre tonde di acciaio. L'intera superficie del tetto è coperta a vetri.

La fig. 2137 offre uno schizzo della *tettoia della Stazione ferroviaria di Baltimora a Filadelfia*, eretta nel 1865, che è coperta con centine ad arco scemo, distanti m. 3,66 l'una dall'altra, aventi m. 45,50 di corda e m. 8 di saetta. Gli archi sono reticolari e,

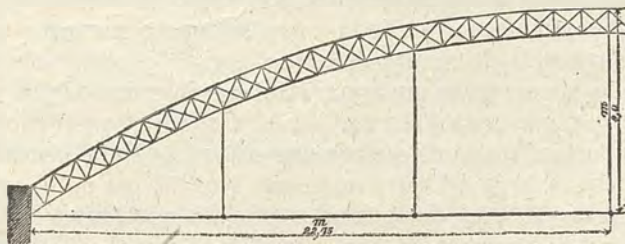


Fig. 2137. — Tettoia della Stazione ferroviaria di Baltimora a Filadelfia.

come nell'esempio precedente, hanno una catena orizzontale sostenuta con cinque ferri di sospensione. Il peso in ferro del tetto ammonta a Kg. 28,5 per m² di superficie della tettoia.

Per la seconda *tettoia della Stazione ferroviaria della Bassa Slesia e della Marca a Berlino*, aggiunta all'impianto della ferrovia metropolitana di Berlino, si scelse la forma, sino allora poco usata, di un arco scemo colle estremità prolungate fino a terra (fig. 2138); la lunghezza della tettoia è di m. 204, la larghezza di m. 54,35. Il sommo dell'arco si trova a circa m. 19 sopra il piano inferiore del ferro e porta sopra quasi la sua intera lunghezza un lucernario rialzato di m. 9,50 di larghezza. Le centine sono doppie (tubolari, a cassa) in reticolato e distano m. 7,43 l'una dall'altra. La scelta di centine ad arco scemo, per la grande limitazione di spazio in larghezza, traeva seco la necessità di equilibrare in parte la spinta orizzontale con una catena appesa con tiranti di sospensione ed alta nel mezzo soltanto m. 1,50 più che alle estremità. Le

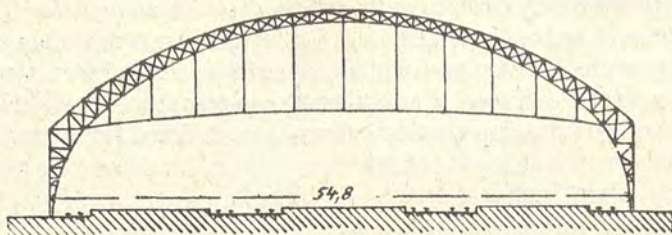


Fig. 2138. — Tettoia della Stazione Ferroviaria della Bassa Slesia e della Marca a Berlino.

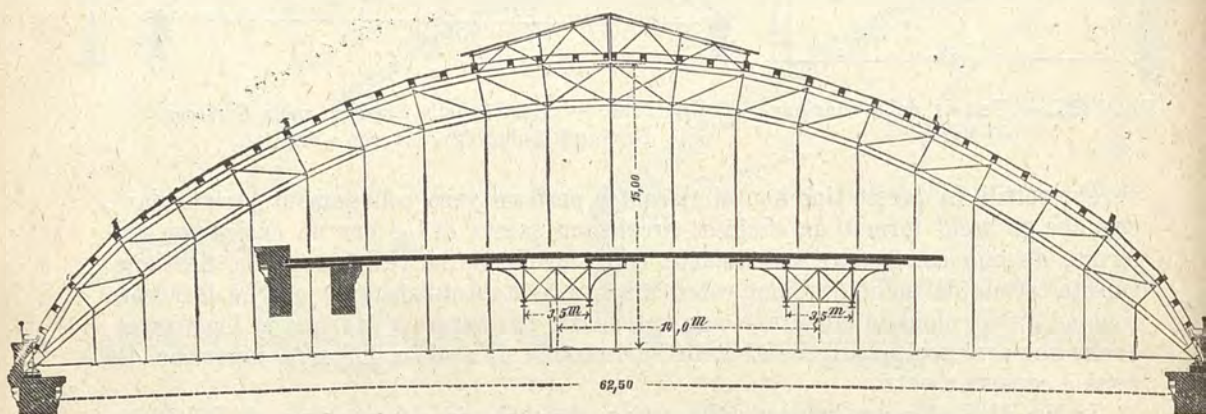


Fig. 2139. — Tettoia della Stazione della Ferrovia Berlino-Anhalt a Berlino.

centine vennero munite di giunti ad articolazione tanto al vertice quanto alle estremità. Le coppie di centine sono riunite in un sol sistema con verghe tonde incrociate, per impedire i movimenti di ribaltamento nel senso longitudinale della tettoia. A questo stesso scopo serve anche un'armatura reticolare introdotta tra le estremità inferiori delle centine, per tutta l'altezza fino alla quale si mantiene verticale la travatura esterna, riportando così il carico sulle estremità delle centine. Gli arcarecci sono in legno. Il peso in ferro del tetto raggiunge Kg. 104 per m² di superficie coperta; sono poi da aggiungersi 303 m³ di legname impiegato negli arcarecci. La montatura venne fatta col mezzo di un ponte di servizio mobile.

Costruzioni simili a quella qui rappresentata vennero parecchie volte adottate in minori dimensioni per le stazioni intermedie della ferrovia Metropolitana di Berlino, per es., per le stazioni *alla Borsa, di Lehrte e Bellevue*: queste tettoie hanno un peso proprio, compreso il rivestimento del tetto, che varia tra 80 e 100 Kg. per m².

Infine, nella fig. 2139 è rappresentata la tettoia costruita nel 1879 per la *nuova Stazione della ferrovia Berlino-Anhalt a Berlino*. Il tetto è formato da undici sistemi di centine, alla distanza assiale di m. 14. Ciascun sistema consiste in due travature reticolari arcuate, distanti m. 3,50 l'una dall'altra, la cui spinta orizzontale è equilibrata con tiranti (catene) di acciaio. Ogni travatura a sua volta consiste di due briglie paraboliche parallele con m. 2 di distanza tra le mezzarie. Gli appoggi, come pure il vertice della briglia superiore, sono provvisti di articolazioni. Le travature appartenenti ad un solo sistema sono collegate longitudinalmente (a m. 3,50 di distanza), e questi collegamenti si prolungano in mensole sporgenti m. 1,75; sopra quest'ultime sono collocati dei legnami che sporgono ancora m. 1 fuori delle estremità delle mensole, così che la distanza, per la quale gli arcarecci in legno non sono sostenuti,

viene limitata a soli m. 5. Non si è provvisto ad uno speciale collegamento longitudinale nell'armatura in ferro del tetto. La luce penetra nella tettoia quasi esclusivamente dalle grandi aperture delle pareti laterali, mentre la superficie del tetto, chiusa e coperta con lamiera ondulata zincata, è interrotta soltanto da tanti lucernari lunghi m. 14 e larghi m. 7, disposti sopra un'apertura nella parte piatta centrale del tetto. La tettoia è lunga m. 167,80, larga m. 60,72, alta m. 19,20 fino agli appoggi delle centine, e m. 34,25 fino al colmo.

Il peso di questa tettoia, che risultò di Kg. 54 per m² di superficie coperta, non è tanto grande, ma ciò nonostante il costo della costruzione fu assai maggiore di quello della tettoia di S. Pancrazio, e ciò in causa dei muri laterali, che si dovettero tenere molto grossi, muri che nella tettoia di S. Pancrazio sono sostituiti dalla stessa tettoia. Se per la tettoia ora descritta si fosse adottata la forma di quella di S. Pancrazio, si sarebbe fatta una notevolissima economia nella muratura, riducendo di assai la spesa totale.

XIV. — COPERTURE METALLICHE DEI TETTI

a) Materiali.

I materiali principali usati per le coperture metalliche e per altri lavori da lattoniere sono le lamiere di 1) zinco, 2) ferro, 3) *ferro zincato* o *galvanizzato*, 4) *piombo*, 5) *rame*, 6) *alluminio*, ed eccezionalmente il *bronzo* e l'*ottone*.

Lo zinco, in generale, si adopera tal quale, ma qualche volta, per lavori ornamentali, viene rivestito con piombo. Il ferro, salvo poche eccezioni, si impiega *zincato* o *galvanizzato*, oppure rivestito con piombo, mentre piombo, rame e bronzo sono sempre adoperati senza rivestimento. In Francia il piombo viene anche stropicciato con grasso commisto con grafite, nello scopo di formare un leggiero strato superficiale di sapone insolubile.

Ora si adopera anche la lamiera di ferro smaltata, che si può avere con tutte le gradazioni di colore dalle più scure alle più brillanti. Questo materiale è straordinariamente poco sensibile alle influenze termiche e si adatta perciò specialmente per le coperture esposte ad una forte radiazione solare, dove essenzialmente si tratti di renderla innocua.

Anche l'alluminio, che ora è ridotto ad un prezzo abbastanza basso, si adopera per lavori da lattoniere e specialmente per copertura. La sua leggerezza e la sua duttilità, che ne rende facile la lavorazione, e la sua qualità di non ossidarsi lo rendono assai adatto in molti lavori.

Per saldare zinco, ferro e piombo serve lo stagno nella consueta miscela con piombo che forma la *saldatura a stagno* o *saldatura dolce comune*; per rame e bronzo in lavori coperti che non si possano eseguire in officina, serve la stessa; negli altri casi la *saldatura forte, di ottone*.

Per assicurare sul legno zinco e ferro servono i *chiodi di zinco* o di *ferro zincato*; trattandosi di piombo si adoperano questi ultimi o chiodi stagnati; per assicurare rame e bronzo *chiodi* o *viti di rame*, di *bronzo* o di *ferro fortemente rivestito di rame*.

Per dare rigidezza alle singole forme costruttive serve ora il legno ora il ferro, che deve sempre essere zincato o stagnato, anche quando trattasi di rame e bronzo, nel qual caso può pure rivestirsi di rame, e allorchè trattasi di bronzo essere avviluppato di piombo.

Le coloriture o verniciature, all'infuori della lamiera di ferro comune, si impiegano solo sugli altri materiali metallici, non come mezzo protettore contro gli agenti atmo-

sferici, ma per impedirne un troppo forte riscaldamento, oppure solo per riguardi architettonici.

Sulla lamiera di ferro si applica spesso una incatramatura ricca in asfalto o una dipintura con colori all'olio, la quale si applica anche sullo zinco. Si può impiegare altresì una speciale composizione di bianco di zinco con materiale siliceo che è messa in commercio dalla Società delle miniere di zinco della Vieille-Montagne. Questa dipintura fa ottima presa e con essa si può ottenere una colorazione che imita assai bene la pietra; deve però essere applicata soltanto da operai esperti. Oggigiorno i colorifici producono una quantità di *colori e vernici a smalto* di ogni varietà di tinta e nome, fra i quali parecchi sono raccomandabilissimi per verniciare le opere metalliche.

Siccome le coperture sono esposte a tutte le influenze atmosferiche nel massimo grado, è ottima cosa aver riguardo al comportarsi dei singoli materiali sotto l'influenza del cambiamento di temperatura, sia quando sono usati soli, sia quando sono adoperati uniti l'uno all'altro.

Si ricordano a questo riguardo i coefficienti di dilatazione lineare per ogni metro e per ogni grado di aumento di temperatura da 0° a 100°:

1. Per il ferro m. 0,000012	6. Per l'alluminio m. 0,000022
2. > il rame > 0,000017	7. > il bronzo > 0,0000185
3. > lo stagno > 0,000019	8. > l'ottone > 0,0000186
4. > il piombo > 0,000028	9. > il vetro > 0,000009
5. > lo zinco > 0,000029	

Pel ferro zincato, ecc., bisogna prendere la dilatazione del materiale principale, per il ferro smaltato solo la media aritmetica tra la dilatazione del ferro e quella del vetro.

Non meno importante è la capacità calorifica dei detti materiali. Il calore specifico, ossia la quantità di calorie necessarie per elevare la temperatura di 1 Kg. di ciascuno di essi di 1 grado è:

1. Per il ferro 0,111	6. Per l'alluminio 0,202
2. > il rame 0,095	7. > il bronzo 0,086
3. > lo stagno 0,055	8. > l'ottone 0,094
4. > il piombo 0,031	9. > il vetro 0,194
5. > lo zinco 0,095	

Si deve pure tener conto del modo di comportarsi di questi materiali oppostamente sotto l'aspetto elettrico; sono perciò da evitare i contatti immediati di rame e ferro o zinco, e non si deve far scolare l'acqua che proviene da coperture di rame e di bronzo sopra materiale nudo di ferro o di zinco.

È indicato l'impiego del piombo (anche in sottile strato di protezione) o della lamiera di ferro smaltata, quando si tratta di condotti che servono a scaricare liquidi acidi, oppure quando i metalli devono trovarsi esposti a vapori acidi d'ogni sorta (esclusi, per il piombo, gli acidi acetico e carbonico), e quindi in vicinanza delle fabbriche chimiche, che producono od adoperano questi acidi, o dalle cui esalazioni gaseose di rifiuto si sviluppano. Per forti emanazioni di acido carbonico sono da adoperarsi soltanto zinco o lamiera di ferro smaltata: ai vapori ammoniacali è resistente solo questa ultima.

b) Preparazione dei materiali.

Le lamiere che si adoperano nelle coperture devono essere *saldate, incurvate, ripiegate* a seconda del bisogno ed anche *martellate* quando devono coprire superficie non piane, ciò che accade raramente colla lamiera di ferro.

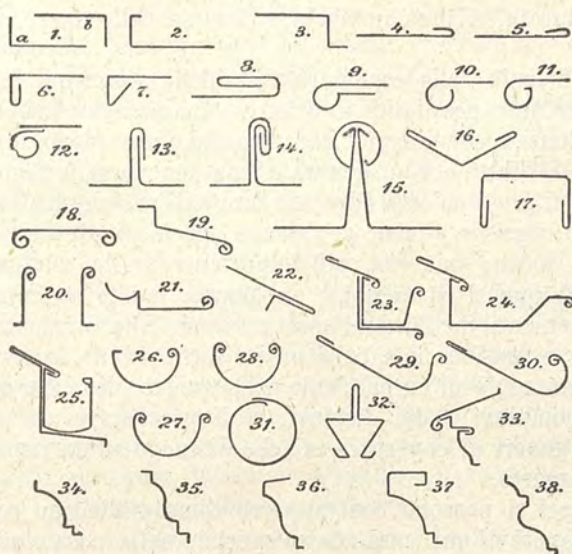


Fig. 2140. — Principali sagomature delle lamiere metalliche per copertura di tetti.

1 a, risvolto a squadra voltò in su; b, id. in giù; 2, risvolto a squadra doppia a c; 3, id. a z; 4, risvolto a scanalatura; 5, risvolto schiacciato; 6, risvolto a squadra con ripiegatura a canale; 7, risvolto a squadra con ripiegatura ad angolo acuto; 8, risvolto raddoppiato; 9, risvolto a cartoccio; 10, accartocciatura tonda; 11, id. con risvolto ad angolo acuto; 12, cartoccio applicato; 13, lamiera coprigiunto con risvolto semplice ritto; 14, coprigiunto con risvolto doppio; 15, coprigiunto a risvolti acuti con sovrapposto cartoccio risvoltato ad angolo acuto; 16, compluvio con risvolti piatti; 17, lista di ricoprimento con orli risvoltati piatti; 18, id. con orli accartocciati; 19, copertura di cornice; 20, liste per trattenere il

ghiaietto (nei tetti di cemento bituminoso o simili); 21, canaletto da finestra con lamiera interna per trattenere l'acqua; 22, striscia o grembialetto sporgente con risvolto doppio; 23 e 25, gronde a cassetta; 24, gronda per cornice di legno; 26, gronda appesa con risvolto a squadra da un lato e cartoccio interno dall'altro; 27, id. con cartoccio interno ed esterno; 28, id. id. interno d'ambò le parti; 29, canale sulla falda con risvolto piatto per trattenere l'acqua e con cartoccio esterno; 30, id. con cartoccio interno; 31, tubo di scarico; 32, portavetri speciale per lucernari; 33, cornice con ricoprimento; 34-38, diverse forme di cornici.

Per la saldatura del zinco o del ferro zincato è assolutamente necessario l'impiego di acido cloridrico (soluzione acida di cloruro di zinco); per ogni altra saldatura esso non è necessario.

I pericoli che possono derivare dall'uso negligente degli acidi e del fuoco per le saldature hanno condotto alla massima di proibire l'esecuzione delle saldature sui tetti od a concederla solo eccezionalmente, allorchè però sia soggetta ad una competente vigilanza. Questa è pur sempre utile anche quando si tratta solo di riparazioni, nel qual caso difficilmente si possono risparmiare le saldature.

Altro lavoro importante è quello della *chiodatura* che di regola è usata solo per la lamiera di ferro.

La *ripiegatura* raramente si eseguisce a mano, poichè vi sono apposite macchine che servono a fare tali lavori producendo un lavoro perfetto.

Le sagome principali che si sogliono ottenere colle macchine sono rappresentate nella fig. 2140, num. 1 ÷ 16. I num. 17 ÷ 38 rappresentano altre forme occorrenti assai spesso nella pratica, e che si possono pure ottenere direttamente dalle macchine usuali.

Coi nuovi sistemi di copertura dei tetti, le ripiegature ora accennate servono specialmente per gli attacchi nei muri, pei canali di gronda, per le congiunzioni di lamiere, ecc. Le lamiere poi sono fornite già pronte dalle ferriere o dalle fabbriche. Quando motivi straordinari non costringano a fare diversamente, sarà bene adottare appunto i prodotti che il commercio fornisce, perchè se essi eventualmente importeranno delle spese maggiori di primo impianto, offriranno in compenso una grande

garanzia circa la durata, ed una notevole riduzione nelle spese di manutenzione e di riparazione.

Il vantaggio principale delle coperture metalliche sopra quelle in pietre naturali od artificiali consiste nella possibilità di ottenere una maggiore superficie coperta col minor numero di giunti, e con maggior garanzia che questi sieno impermeabili. Questo vantaggio dipende dal fatto che in generale una copertura è tanto migliore quanto minori sono i punti di presa ch'essa offre al vento e di passaggio all'acqua ed alle nevi. Un altro vantaggio consiste, almeno per alcune specie di coperture, in una maggiore sicurezza contro il fuoco; un terzo, più importante, nella maggiore durevolezza e nell'esigere meno frequenti riparazioni; un quarto, nella possibilità di poter assumere, senza inconvenienti, inclinazioni assai prossime alla orizzontale, potendosi così ridurre alla minima estensione la superficie del tetto. Infine le coperture metalliche offrono ancora il vantaggio di un più facile collocamento dei lucernari, di un migliore ricoprimento dei compluvi e dei displuvi, e di presentare un peso proprio assai minore degli altri generi di coperture, ciò che dà luogo ad un risparmio di materiale nell'ossatura del coperto.

A questi vantaggi si possono contrapporre come difetti, un costo relativamente maggiore e la necessità di una cura affatto speciale nella posa e nelle riparazioni del tetto: inoltre l'uso dei tetti coperti di metallo in molti casi è reso difficile dalle grandi variazioni di temperatura a cui rimane esposta la massa d'aria che occupa lo spazio sotto il tetto e dalla necessità di eliminare l'acqua di condensazione. Quest'ultima necessità, come pure quella di tener conto degli effetti della dilatazione, richiedono disposizioni speciali per le singole parti della copertura affinché, senza che esse vengano meno al loro ufficio, possano permettere alle superficie metalliche i cambiamenti di forma e di grandezza cagionati dalle variazioni della temperatura.

Pei tetti metallici si adoperano tanto lamiere piane in lastre di zinco, di ferro, di rame, ecc., quanto in rotolo (piombo), come anche lamiere scanalate, ondulate (di varie altezze di onda), che generalmente sono di zinco o di ferro galvanizzato. Però per le coperture di zinco quest'ultima forma è meno vantaggiosa. Le lamiere di ferro rivestite di piombo vengono solitamente adoperate solo piane: quelle di zinco assumono in generale forme di tegola piana, e sono fornite dalle officine già lavorate a rombi o ad imitazione delle ardesie. Lo stesso si fa per le lamiere di ferro zincate, alle quali viene data spesso la forma di embrici con scanalature. Entrambe le forme vengono prodotte anche in lamiera di ferro smaltata.

c) Norme speciali per le coperture metalliche.

Non si sapeva dapprima spiegare il rapido deterioramento di certe coperture metalliche (specialmente di zinco); accurate indagini provarono che, impiegando per i listelli o per il tavolato di appoggio legnami tagliati di fresco, in tempo umido, sotto l'influenza dell'umidità atmosferica o dell'acqua di condensazione formantesi sulla superficie inferiore durante gli sgeli, gli acidi organici contenuti nel legno esercitavano un'azione deleteria sul metallo. Dopo l'accertamento di questo fatto, e cioè dal principio del 1860, in Francia non si usano pei tetti metallici se non legnami lisciviati (di preferenza pioppo e salice).

Ai canali di gronda ed alle coperture di cornici (cappelli) con lamiere sottili (astraendo quindi dalle coperture con grosse lamiere ondulate) le sporgenze del tetto debbono essere foderate a giunzione impermeabile, quindi con un tavolato a commessure incastrate a maschio e femmina oppure con commessure coperte da listelli inchiodati. Migliore ancora è un doppio tavolato.

Formazione dei canali. In molte pubblicazioni, specialmente francesi, si vedono rappresentati i canali del tetto in modo da lasciar credere che dei canali di zinco o di piombo vengano adagiati immediatamente sulle tegole (o pietre). In realtà, come nei canali a cassetta in legno, si prepara col gesso un letto esattamente aderente pel canale di zinco o di piombo; ma tale letto si ricopre a sua volta con solida carta oliata liscia (*papier Joseph*), così che, sia nei canali che nelle coperture di cornici, ecc., non abbia mai luogo un contatto diretto del metallo col legno o colla pietra (naturale od artificiale).

Anche pei canali non adagiati in cassette, in Francia si suole ordinariamente (fuorchè per costruzioni di poco conto), o avviluppare il canale di ferro con carta di piombo o saldarvi una striscia di zinco che formi una specie di letto. Con queste misure di precauzione, le spese di messa in opera si elevano di circa il 7 o l'8 %, ma le spese di manutenzione si riducono spesso alla metà.

Pericoli per le intemperie. Come non si deve eseguire alcuna copertura sopra assito di fodera con tempo piovoso, così pure non si deve eseguire alcuna copertura in zinco per la quale occorrono lavori di piegatura e raddoppi, con temperature vicine al gelo, se si vuole avere sicurezza di durata.

Per tutte le coperture metalliche vale la regola che nessun chiodo debba rimanere scoperto, ossia visibile all'esterno. Se le saldature si eseguono sul tetto per mezzo di acidi, il tetto deve venir tosto abbondantemente risciacquato con acqua pura.

d) Coperture in zinco.

a) Coperture con lastre (o fogli).

La tabella seguente dà le dimensioni, il peso, ecc., dei tipi di fogli di lamiera adoperati per le coperture dei tetti: i più usati sono i n. 11, 12, 13, e pei canali ecc. i n. 14, 15.

Tabella LXXXV.

Numero del foglio	Groschezza in mm.	Peso per m ² in Kg.	PESO DEI FOGLI				
			m. 0,65 × m. 2 = m ² 1,30	m. 0,80 × m. 2 = m ² 1,60	m. 1 × m. 2,00 = m ² 2	m. 1 × m. 2,25 = m ² 2,25	m. 1 × m. 2,50 = m ² 2,50
			Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
10	0,500	3,50	4,550	5,600	7,000	7,900	8,750
11	0,580	4,06	5,278	6,496	8,120	9,150	10,150
12	0,660	4,62	6,006	7,302	9,240	10,400	11,550
13	0,740	5,18	6,734	8,288	10,360	11,700	12,950
14	0,820	5,74	7,462	9,184	11,480	13,000	14,350
15	0,950	6,65	8,645	10,640	13,300	15,500	16,625

Le lamiere piane debbono essere sempre collocate sopra tavolato; per falde poco inclinate, per le quali più facilmente l'acqua può ristagnare se il piano d'appoggio non è ben piano, o bisogna ricorrere a tavolati a perfetto combaciamento oppure a listelli vicini fra loro e inchiodati sugli arcarecci (vedi coperture in piombo) (1).

Per grappe o fermagli servono di regola delle strisce di lamiera di zinco più grossa (1 o 2 numeri di più della lamiera di copertura), che si prendono di circa 4 ÷ 6 cent. di larghezza e di lunghezza opportuna per potervi sempre applicare almeno due chiodi o viti.

(1) Per *larghezza* del tetto s'intende la misura nella direzione del colmo; per *lunghezza* quella secondo la pendenza della falda.

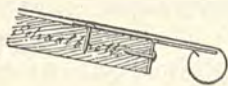


Fig. 2141.
Schaal Brett, tavolato.

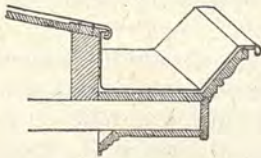


Fig. 2142.

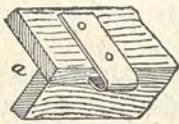


Fig. 2142 a.

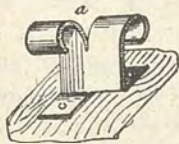


Fig. 2147 a.

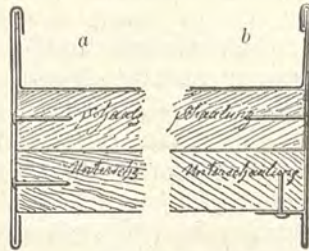


Fig. 2143 a, b.
Schaalg., Schaalung, tavolato;
Untersch., Unterschaaung, sottotavolo.

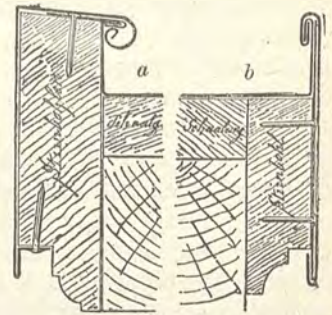


Fig. 2144 a, b.
Stirnbohlen, tavole frontali.

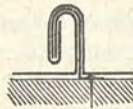


Fig. 2145.



Fig. 2146.



Fig. 2147.

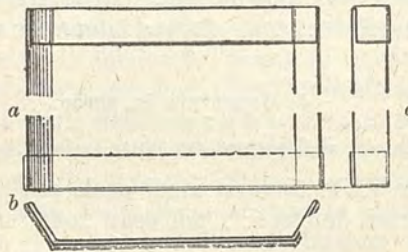


Fig. 2148 a, b, c.
a, pianta; b, prospetto di fronte; c, id. di fianco.

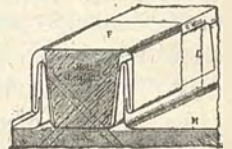


Fig. 2149.

Fig. 2141 a 2149. — Particolari di coperture in zinco.

Le grappe di lamiera di ferro zincata si devono adoperare solo in casi speciali (che si indicheranno). Queste grappe non vanno collocate a intervalli maggiori di 50 centimetri.

In tutti i sistemi di coperture si devono anzitutto collocare le grondaie. Per questo si può inchiodare sullo spigolo di gronda una striscia sporgente doppiamente ripiegata. Nella fig. 2141 essa è formata da singoli brevi pezzi: quando si usino lunghezze maggiori allora bisognerà da una parte lasciare ovali i fori. Se però si deve formare un canale di gronda, allora le grappe di esso (fig. 2142, 2142 a) servono tanto per il canale quanto per fermare l'ultimo foglio di lamiera di copertura verso la gronda.

Per tetti sporgenti, come pure per frontispizi isolati, è necessario provvedere a un ritegno di testa, come nelle fig. 2143, 2144. Non è consigliabile (senza l'impiego di liste sul tetto) formare il ritegno soltanto con raddoppio a risvolti.

Nelle fig. 2143 e 2144 le lamiere di frontone o di testa sono tenute da grappe inchiodate sopra e sotto; nella fig. 2143 b soltanto sopra, nella fig. 2144 sopra grappe piegate a raddoppio, assicurate alle tavole frontali. Nelle disposizioni secondo le fig. 2144 a, b si devono adottare per le chiodature inferiori fori allungati.

a) la copertura con risvolti a raddoppio ritti (fig. 2145), si può applicare solo per falde di tetto molto inclinate di lunghezza limitata, poichè il ricoprimento della lamiera superiore sull'inferiore si deve fare con saldatura. Frammezzo alle due

lamiere di copertura sono inserite grappe di lamiera di zinco più grossa inchiodate sul tavolato di rivestimento: si deve perciò eseguire la piegatura a raddoppio sul tetto.

b) la copertura con inserzione a cartoccio, come risulta dalle fig. 2146, 2147, non è molto più pratica. Le lamiere di copertura in fogli di m. $1,90 \div 2$ metri circa di larghezza, vengono prima risvoltate tanto nell'orlo superiore quanto nell'inferiore a scanalatura, impegnandosi questi risvolti nelle corrispondenti grappe uncinata, e poi

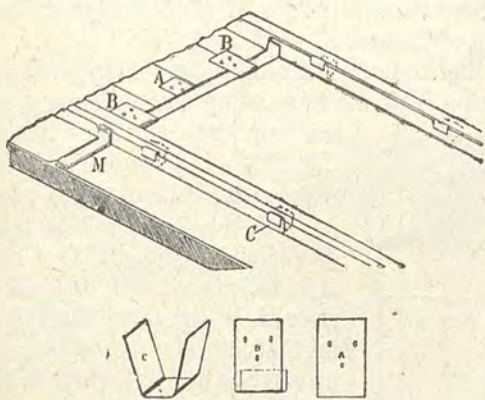


Fig. 2150.

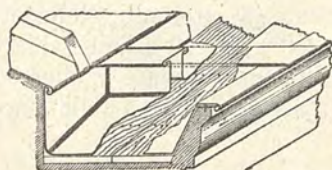


Fig. 2151.

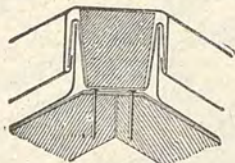


Fig. 2152.

d'ambe le parti (lateralmente) ai fogli si inchiodano sul tavolato grappe doppie (fig. 2147 a), di circa 5 cent. di larghezza, piegandone le alette intorno ai risvolti accartocciati dei fogli di lamiera. Qui le raddoppiature dei giunti orizzontali sono tenute più basse e le raddoppiature sormontanti l'una sopra l'altra (di circa 10 cent.) sporgono sopra i risvolti. Le accartocciature medesime vengono poi assicurate per disopra al rivestimento di legno con viti mordenti, la cui testa viene nascosta con un piccolo cappello di zinco saldato.

Coi sistemi a liste che vengono descritti in seguito, si adoperano possibilmente dei fogli grandi (di metri 1 per 2), disponendone la dimensione maggiore nel senso della pendenza del tetto. Essi vengono risvoltati tanto nell'orlo superiore quanto nell'inferiore con un raddoppio di cm. $4 \div 8$ e piegati invece sui due lati per cm. $2,5 \div 4$ come indica la fig. 2148. Le falde del tetto vengono poi divise in campate per mezzo di liste di legno di sezione trapezia (fig. 2149), assicurate e disposte nel senso della pendenza; la larghezza delle campate viene determinata secondo quella dei fogli detrattine i risvolti (fig. 2150).

I diversi sistemi si distinguono per rapporto alla forma delle liste, alla loro ricopertura ed alle relative grappe, nonchè al modo di assicurare i giunti orizzontali (giunti di testa dei fogli).

c) Il sistema belgo-renano di listelli è rappresentato nelle fig. 2150 a 2153. Le liste hanno cm. $3 \div 4$ di altezza e vengono assicurate sotto le grappe C, a circa 50 cent. d'intervallo. I fogli di lamiera M nella giunzione di testa ricevono pure tre grappe, una delle quali A saldata alla faccia inferiore della lamiera, mentre invece le altre due, B, si attaccano al raddoppio superiore: tutte sono poi inchiodate sul tavolato di legno. Dopo assicurati i fogli di lamiera, le grappe C vengono ripiegate

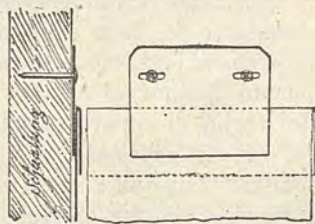


Fig. 2153.

Schaalung, tavolato.

in giù e i cappelli di ricoprimento, I (fig. 2149), vengono inseriti dal basso; per ultimo l'estremità inferiore (la testa) che precedentemente venne preparata saldata. L'estremità superiore del pezzo inferiore di lamina di ricoprimento riceve quindi un chiodo, e si fa poi sormontare per 10 a 12 cm. il pezzo immediatamente superiore, prima di fissarlo alla sua volta, e così via.

La formazione del colmo nei tetti a due pioventi è resa alquanto più difficile da ciò che il cappello di ricoprimento più alto non può arrivare fino in cima. Si devono perciò mettere in opera dei piccoli pezzi a croce pel colmo (fig. 2152), saldati, che coprono gli intervalli. Nelle eventuali riparazioni si riesce di rado a toglierli senza tagliarli e doverli quindi saldare di nuovo o rinnovare.

Un miglioramento di questo sistema consiste nel sostituire, secondo il procedimento della Società Slesiana dello Zinco, alle grappe B altre grappe sempre saldate per disotto,

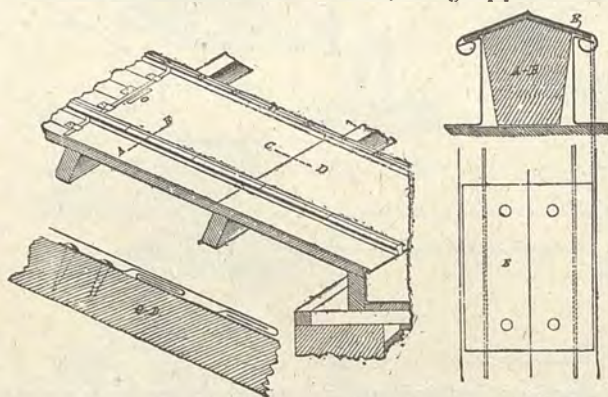


Fig. 2154.

ma applicate con fori allungati (fig. 2153). In tal modo il giunto di testa viene chiuso molto meglio.

d) Il sistema a liste tedesco perfezionato (fig. 2154) è simile ai due precedenti, fuorchè nei risvolti a squadra laterali dei fogli di lamiera che si fanno con un risvolto di più. Le liste di legno sono a cresta, ossia con spigolo centrale, ed i cappelli sono lateralmente ripiegati a cartoccio.

In luogo delle grappe C (vedi fig. 2150) assicurate sotto le liste,

subentrano le grappe E (fig. 2154) in lamiera di ferro zincata, assicurate sopra le liste medesime.

Per tetti molto inclinati i giunti orizzontali vengono formati come si è dianzi descritto; pei tetti poco inclinati, o quando per altri motivi sia necessaria un'assoluta impermeabilità, viene invece anche adottato un raddoppio doppio sia che si siano adoperate grappe saldate per disotto o fissate sopra. Perciò vicino al raddoppio superiore del foglio di copertura sottostante, si salda una striscia ad uncino (fig. 2154) di circa 20 cm. di larghezza, così che il foglio superiore oltrepassa il sottoposto per una maggior larghezza di 10 ÷ 12 cm. e viene serrato ermeticamente per mezzo di dette striscie. Così non rimane al vento nessun punto di presa per allargare i giunti, nè alcuna via all'acqua per introdursi.

Si può rilevare questa disposizione dalla sezione C-D della fig. 2154; la grappa di attacco di mezzo (al posto di quella A saldata al di sotto come nella fig. 2150) è formata in modo da sormontare: ciò che in questo caso riesce conveniente e può essere anzi di speciale vantaggio.

Pei colmi e per le creste, con tutti i sistemi a liste, si adottano parimente liste della stessa forma, ma alle volte di circa 1 cm. più alte, così che i cappelli possano sormontare sopra quelli che giacciono sulle falde del tetto.

Con ciò si riesce in molti casi, non sempre però, ad evitare l'impiego dei pezzi a croce saldati.

I compluvi si collocano di circa mm. 4 più in basso della falda del tetto, cosicchè il tavolato sottostante dev'essere predisposto prima, oppure piallato in corrispondenza del compluvio. Il miglior partito è però quello di applicare dei veri canali come quelli che vengono descritti nel sistema successivo, specialmente allorchè trattasi di tetti poco inclinati.

e) *Sistema a canali* (fig. 2155). Questo sistema è adatto per i tetti quasi orizzontali e per quelli che devono essere praticabili, ma non può venir adottato senza speciali espedienti per larghezze maggiori (misurate secondo la pendenza del tetto) di quella di due fogli (circa m. 2,10), quando questi dopo od anche prima della posa sieno stati saldati insieme. Le lamiere si dispongono colla lunghezza secondo la direzione del colmo, così che le mezzarie dei canali restano a circa m. 2 di intervallo.

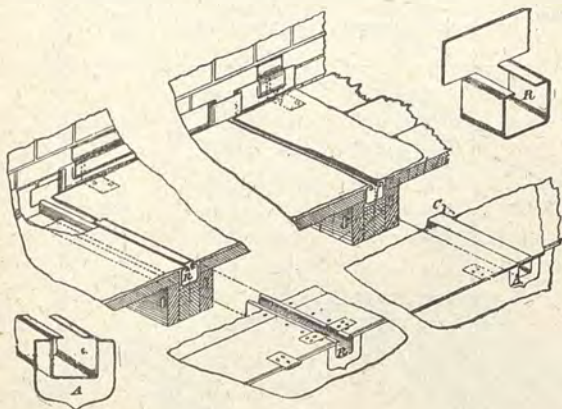


Fig. 2155 a.



Fig. 2155 b.

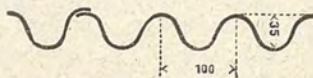


Fig. 2156.



Fig. 2157.

Le estremità inferiori di questi canaletti (al loro sbocco nel canale principale) si fanno a saldatura secondo la forma disegnata in A; le estremità superiori, secondo quella disegnata in R (fig. 2155 a).

È assai opportuno prevenire gli ingombri dei canaletti, specialmente per la neve, con dei cappelli di copertura com'è indicato con C (fig. 2155 b).

Per tetti praticabili di questa sorte si deve adoperare la lamiera di zinco dei numeri 15 ÷ 18.

β) Coperture con lamiera ondulata.

Le ondulazioni della lamiera portano con sè dei vantaggi che per i tetti riescono assai importanti: aumento di resistenza al carico, accelerato scolo dell'acqua, e perciò scarico dei giunti, e finalmente più facile compensazione dei cambiamenti di dimensioni cagionati dalle variazioni di temperatura. Le coperture con lamiere ondulate non abbisognano perciò in modo assoluto di tavolato e si possono anche eseguire sopra arcarecci o su listelli: la distanza degli appoggi può portarsi, a seconda della grossezza della lamiera, fino a circa m. 1. Parimenti i tetti con coperture in lamiera ondulata abbisognano d'inclinazione minore di quelli coperti con lamiera piatta, e finalmente si possono adottare disposizioni generalmente più semplici per ottenere la impermeabilità della copertura. Si intende che speciali condizioni, come per esempio la necessità di camminare sovente sul tetto, lo sgocciolamento dell'acqua di condensazione, una posizione molto esposta o al vento o al sole, e così via, possano richiedere delle particolarità nella esecuzione.

Tanto le ondulazioni, quanto le misure dei fogli, variano assai secondo le fabbriche, in altezza e larghezza. Per es., la lamiera ondulata della Società *Vieille Montagne*, n. 14 (fig. 2156), dopo ondulata, dà fogli di m. 2 di lunghezza e di m. 0,75 di larghezza (ondulazioni nel senso della lunghezza).

Un m² di lamiera piatta pesa Kg. 6,10, e di lamiera ondulata Kg. 7,40.

Dalle officine di zinco di Slesia si hanno le seguenti lamiere ondulate:

Tabella LXXXVI. — Dimensioni e peso delle lamiere ondulate di zinco
(*Schlesische Actiengesellschaft für Bergbau u. Zinkhüttenbetrieb*).

Profilo	Altezza della ondulazione in mm.	Larghezza della ondulazione in mm.	Groschezza mm.	Dimensioni delle lamiere ondulate		Peso per m ² e per groschezza di mm. 1 Kg.
				nel senso della lunghezza m.	nel senso della larghezza m.	
A	117	55	0,5 ÷ 1,02	1,18 × 3,00	1,60 × 2,05	10,50
				0,92 × 3,00	1,30 × 2,05	
				0,69 × 2,00	1,00 × 1,37	
B	110	32	0,5 ÷ 1,21	1,33 × 3,00	1,60 × 2,36	8,35
				1,08 × 3,00	1,30 × 2,36	
				0,81 × 2,00	1,00 × 1,63	
C	100	32	0,4 ÷ 1,08	1,08 × 3,00	1,35 × 2,40	8,50
				0,80 × 2,00	1,00 × 1,60	
D	60	14	0,5 ÷ 1,21	1,30 × 1,50	1,50 × 2,64	8,00
				1,12 × 1,50	1,30 × 2,64	
				0,87 × 2,50	1,00 × 1,72	
E	20	6	0,75 ÷ 1,21	0,86 × 1,00	1,00 × 2,58	8,40
				0,86 × 1,00	1,00 × 1,72	

Come si è già notato, presenta speciale importanza la ondulazione perchè forma come tanti canali che facilitano lo scolo dell'acqua onde restano assai ridotti i pericoli di trapelamenti, diventando superflue, anche per tetti poco inclinati, tanto le saldature come gli appositi raddoppi. Basta per l'impermeabilità che i bordi laterali dei fogli si ridossino della larghezza di un'ondulazione e che le estremità si sovrappongano per circa cm. 10. Solo in circostanze molto difficili (tetto assai poco inclinato, e che per disposizione e collocazione offra molta presa al vento) può essere necessario saldare le estremità superiori ed inferiori dei fogli, come pure l'usare un raddoppio sugli orli, all'incirca secondo la fig. 2157. I fogli vengono assicurati per mezzo di grappe ad angolo in ferro, che sono avvitate od inchiodate sugli arcarecci o sui listelli, e di anelli in lamiera assicurati ai fogli con saldatura (fig. 2158 *a-h*). Si adoperano le grappe *a* e *c* per arcarecci di legno, e quelle *b* e *d* per arcarecci di ferro.

Quando si vuole diminuire lo sgocciolamento, si devono saldare le grappe alle convessità e non alle concavità delle ondulazioni, e riesce molto più opportuno attaccarle secondo la fig. *h*, mentre si ricorrerà al sistema della fig. *e* per lamiere molto grosse. Questa disposizione non è adottabile quando si temono gli effetti del vento, oppure in tale caso bisogna ricorrere a lamiere molto grosse, ma allora convengono le lamiere ondulate di ferro.

Cogli arcarecci di legno è consigliabile eseguire le chiodature secondo la fig. *f* e dare alle grappe la forma della fig. *g*, mentre per gli appoggi intermedi si adotteranno gli arpioni *a*.

Per tutte le chiodature come anche per gli arpioni saldati si devono osservare le indicazioni precedentemente esposte relativamente all'azione del vento su lungo braccio di leva.

La chiusura dei giunti al colmo si fa o col mezzo di striscie di zinco saldate sulle faccie frontali secondo la fig. 2159, o meglio con cappelli schiacciati sul colmo, saldati od inchiodati, sia di zinco (fig. 2160), sia di piombo (fig. 2161), oppure con linguette

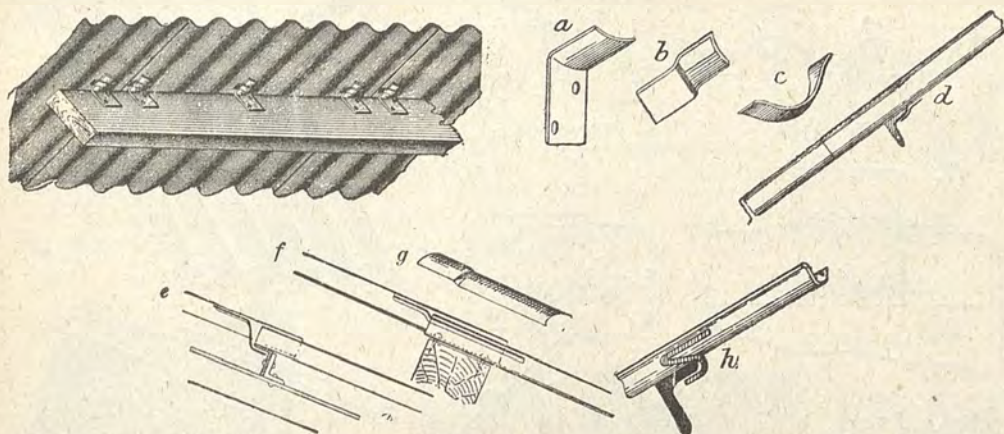


Fig. 2158 a-h.

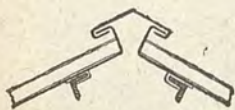


Fig. 2159.

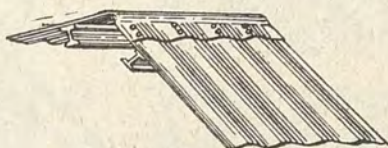


Fig. 2160.

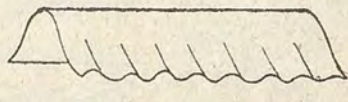


Fig. 2161.

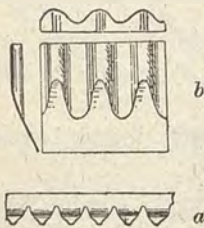


Fig. 2162 a, b.

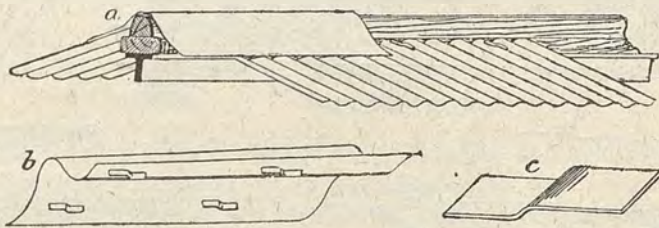


Fig. 2163 a, b, c.

Fig. 2158 a 2163. — Particolari delle coperture con lamiere ondulate di zinco.

(fig. 2162 *b*), o con frastagli (fig. 2162 *a*). Similmente si coprono anche gli scoli in basso e le creste. Se non è assolutamente indispensabile una perfetta impermeabilità, bastano allo scopo anche le lamiere da colmo (fig. 2163 *a* e *b*), che secondo *b* vengono fermate con grappe *c*.

I compluvi si possono eseguire con questo sistema, quando i relativi travicelli sono foggiate a canale; oppure si devono saldare le ondulazioni che vengono a finire contro i compluvi con appendici di raccordo a declivio od a linguette, e coprire i compluvi stessi con lamiere piatte, per il che il sistema perde però in semplicità e sicurezza, e quindi di valore.

In modo affatto identico si eseguisce la copertura colle lamiere scanalate (fig. 2164) della Società della Vieille-Montagne. L'unica differenza consiste nella sovrapposizione laterale dei fogli, che si può fare tanto secondo le fig. 2164, 2164 *a*, quanto nel modo indicato per le lamiere ondulate. Le lamiere scanalate offrono in generale una posa più solida che non quelle ondulate.

È anche da notarsi che colle lamiere della forma rappresentata nella fig. 2165,

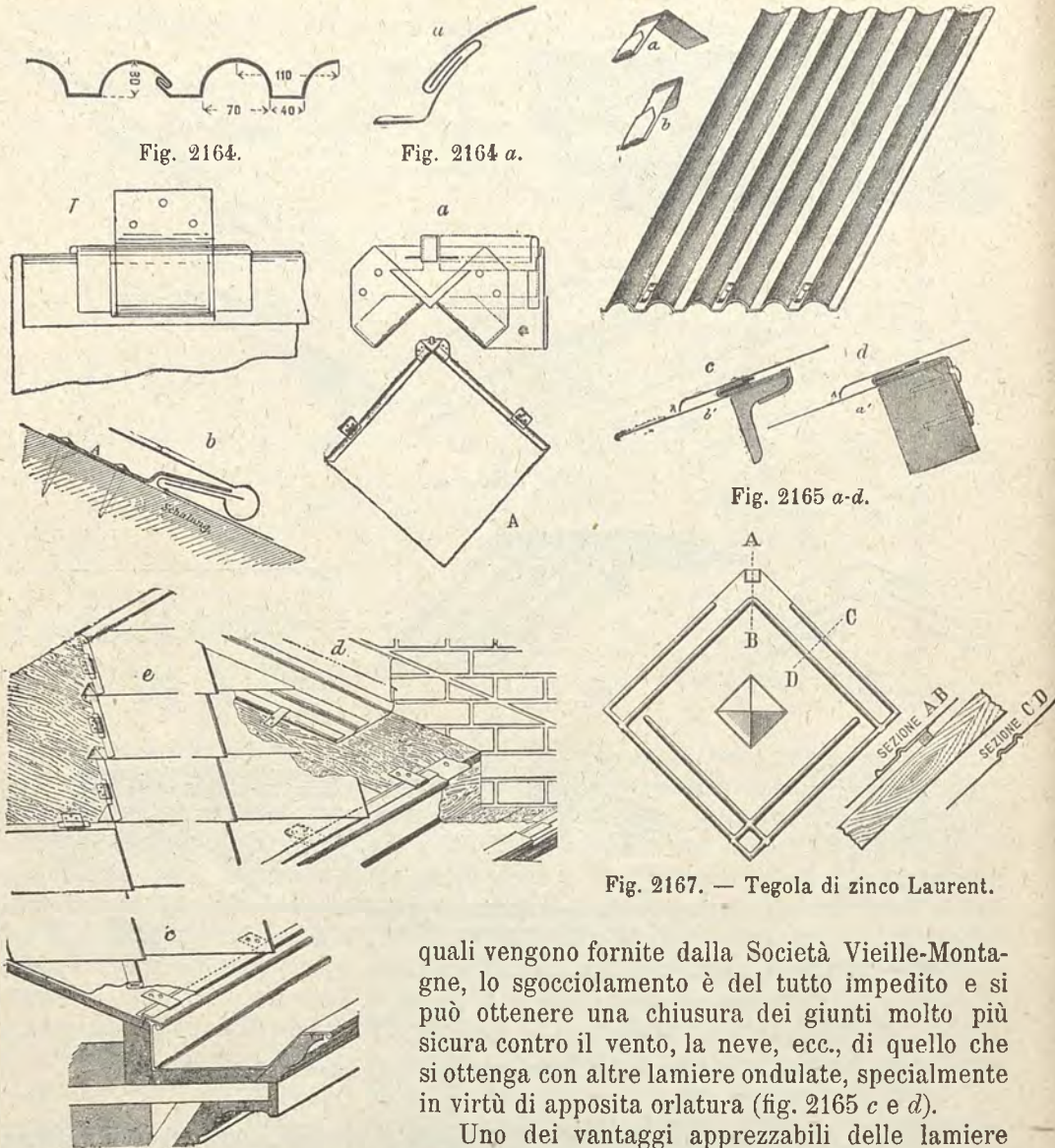


Fig. 2166 a-f. — Copertura con tegole di zinco.

Fig. 2167. — Tegola di zinco Laurent.

quali vengono fornite dalla Società Vieille-Montagne, lo sgocciolamento è del tutto impedito e si può ottenere una chiusura dei giunti molto più sicura contro il vento, la neve, ecc., di quello che si ottenga con altre lamiere ondulate, specialmente in virtù di apposita orlatura (fig. 2165 c e d).

Uno dei vantaggi apprezzabili delle lamiere scanalate è quello di una maggior facilità negli attacchi al colmo, alle creste, ai lucernari, ecc.

γ) Copertura con tegole a sovrapposizione (in forma di embrici o di ardesie).

a) Sistema a rombi della Società Vieille-Montagne (fig. 2166). Le tegole quadrate hanno di regola le seguenti dimensioni:

m. 0,27 ÷ 0,34	di lunghezza di lato	in lamiera di zinco del n.	10
> 0,44	>	>	11
> 0,59	>	>	11-12
> 0,74	>	>	13

I vari disegni della fig. 2166 danno un'idea completa di questo modo di copertura; il particolare a rappresenta l'attacco al vertice superiore del quadrato, formato in modo da impedire qualunque rigurgito di gocce d'acqua.



Fig. 2168.



Fig. 2169.

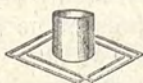


Fig. 2170.

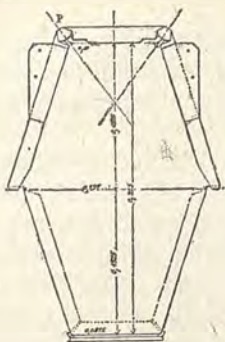


Fig. 2172.

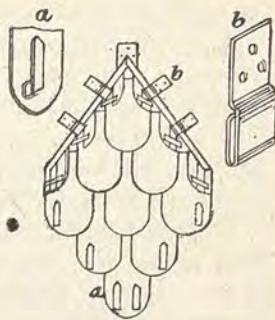


Fig. 2173.

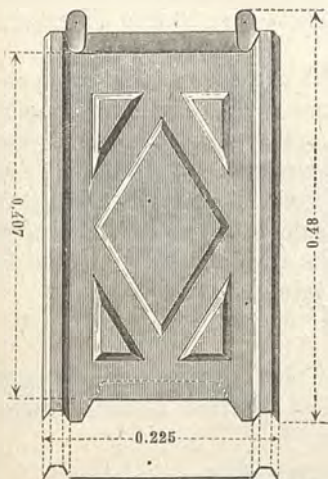


Fig. 2171. — Tegola di zinco rettangolare.

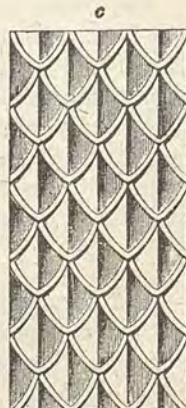
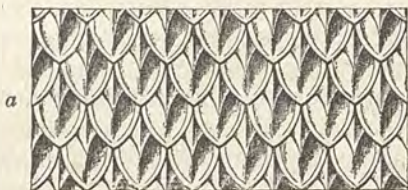


Fig. 2174 a, b, c. — Forme diverse di tegole di zinco stampate a squama.

Un sistema affatto simile è quello della *Società Metallurgica Slesiana dello Zinco*, nel quale questo vertice superiore è sostituito da un gancio saldato.

Malgrado la grande sicurezza presentata da questi modi di copertura, si possono difficilmente adottare inclinazioni minori di $1 : 2 \frac{1}{2}$.

Un'altra tegola del genere è quella Laurent (fig. 2167). Essa presenta delle scanalature sugli orli e una punta di diamante nel mezzo che le imprimono una grande rigidità; non ha bisogno di grappe speciali salvo la superiore A, la quale varia secondochè la tegola è applicata su listelli o su tavole staccate o su tavolato unito. Il cavo delle scanalature d'una tegola entra nella corrispondente convessità delle scanalature delle tegole laterali, cosicchè resta assicurata la immobilità delle tegole. Per formare sul tetto degli scalini che ne rendano sicura la praticabilità vi sono delle tegole speciali (fig. 2168), e così tanto per l'aerazione del sottotetto quanto per l'imbocco delle torrette dei camini si hanno tegole colle forme indicate nelle figure 2169 e 2170.

Le tegole Laurent sono generalmente di due numeri: l'1 colle dimensioni di $0,50 \times 0,50$: con esso occorrono 6 tegole per 1 m^2 di copertura; il 2 colle dimensioni di $0,35 \times 0,35$ e col quale occorrono 12 tegole per ciascun m^2 di tetto. Queste tegole si fanno con zinco dei numeri 10, 11, 12.

b) *Sistema rettangolare*. Se ne offre un tipo nella fig. 2171 che si adatta tanto su ossatura di ferro quanto di legno. Undici tegole formano un m^2 di copertura del peso di Kg. 5 circa: se ne fanno con lastra di zinco dei numeri 10, 11, 12.

Si ottiene il massimo dell'economia posando queste tegole su listelli di $0,08 \times 0,02$ distanti 0,40 da asse ad asse, paralleli alla gronda: essi a lor volta posano sopra

costoni di $0,18 \times 0,05$. È però meglio collocare i listelli a m. 0,20, ottenendosi così maggior solidità. Queste tegole si posano facilmente e offrono molta resistenza al vento e al peso della neve. Le creste si formano con speciali pezzi di ricoprimento posati sopra un costolone di legno.

c) Il sistema esagonale (Baillot) è imitato dal precedente (a) e si adatta bene per tetti alla mansard e simili (fig. 2172). Le tegole presentano generalmente una lunghezza netta di copertura di cm. 31,5 e una larghezza di 19,7.

d) Il sistema a squame (fig. 2173) si applica parimenti solo per tetti a soffitte (alla mansarde), per piccoli tetti a padiglione o conici, ecc. Le tegole constano di piccole lastre a squama (o scaglia) saldate insieme, che vengono assicurate per mezzo di uncini inchiodati e che si impegnano alle tegole sottostanti per mezzo di grappe saldate per di sotto.

Per l'esecuzione di questi ultimi sistemi non occorre alcuna speciale preparazione del tetto, ma le grappe vengono semplicemente inchiodate ed i fogli sovrapposti. Invece per gli attacchi ai compluvi, ai frontispizi, ecc., gli operai che non hanno pratica speciale possono trovare delle difficoltà. È perciò conveniente, nell'applicazione di questi sistemi, che del resto sono relativamente più costosi degli altri modi di copertura, di procurarsi direttamente dalle officine non solo le tegole, ma anche gli eventuali attacchi accessori, da eseguirsi sopra disegno esatto del tetto; a meno che si avesse a disposizione qualche intraprenditore pratico e intelligente.

δ) Peso delle coperture in zinco.

Per formarsi un'idea generica del peso di materiale che occorre per i diversi sistemi di copertura ora descritti, sul che si basa poi a un dipresso anche il costo, servono le seguenti tabelle:

Tabella LXXXVII. — Pesì dei diversi sistemi di coperture in zinco comprese le grappe d'attacco per m² di copertura.

Sistema a liste renano belga in chilogr.			Sistema a liste perfezionato con raddoppio a sormonto in chilogr.			Larghezza della lamiera in m.	
N. 13	N. 14	N. 15	N. 13	N. 14	N. 15		
6,33	7,02	8,13	6,75	7,49	9,67	1,00	
6,68	7,40	8,58	7,10	7,86	9,11	0,80	

Lamiera ondulata		Lamiera scanalata	Sistema a rombi					Larghezza non ricoperta dal rombo (diagonale)
N.	Chilogr.	Chilogr.	N. 9	N. 10	N. 11	N. 12	N. 13	
12	6,70	6,37	5,56	6,17	7,16	8,15	9,14	0,257
13	7,51	7,15	5,86	6,43	7,33	8,24	9,15	0,390
14	8,32	7,92	4,96	5,46	6,26	7,06	7,86	0,500
15	9,64	9,18	5,08	5,59	6,39	7,20	8,00	0,620
			4,69	5,15	5,88	6,62	7,36	0,830
			5,00	5,44	6,14	6,83	7,54	1,060
			5,18	5,75	6,67	7,60	8,52	0,295

Sistema a squame				Sistema rettangolare				
	N. 11 Chilogr.	N. 12 Chilogr.	N. 13 Chilogr.	N. 14 Chilogr.	N. 9 ⁴ / ₁₀ Chilogr.	N. 10 ⁵ / ₁₀ Chilogr.	N. 11 ⁶ / ₁₀ Chilogr.	
N. I cm. 24 × 29....	5,76	6,50	7,23	7,97	Cm. 22,5 × 48.....	4,70	5,30	6,20
N. II cm. 13,5 × 21,5	6,20	6,99	7,77	8,56				

Questi sistemi sono specialmente adatti per fabbricati industriali o simili o per grandi falde di tetto poco suddivise. Per piccoli tetti a soffitta, per padiglioni, cuspidi, cupole, ecc., si hanno prodotti speciali simili alla tegola Laurent, fabbricati in svariate forme e dimensioni, con lamiera di zinco stampata, come mostra la fig. 2174 *a, b, c*. È quasi inutile avvertire che le squame possono essere anche adoperate solo per porzioni di coperture, ottenendosi così una maggiore libertà di adattamenti, e che mediante l'introduzione di nervature o costole si può facilmente passare da un disegno all'altro. Le tegolette a squame hanno generalmente lunghezza che varia da cm. 10 ÷ 18 e larghezza da cm. 20 ÷ 40.

e) Coperture con lamiera di ferro.

a) Coperture con lastre piane.

All'infuori che per le cupole degli osservatorii astronomici e simili, non si adoperano più convenientemente le lastre piane di lamiera di ferro nuda. Le lastre piane di lamiera zincata aggravano il lavoro per modo che si deve ormai tralasciare di impiegarle: sono state sostituite con vantaggio da quelle ondulate o da quelle in lamiera di zinco. All'incontro hanno trovato in questi ultimi tempi molta diffusione

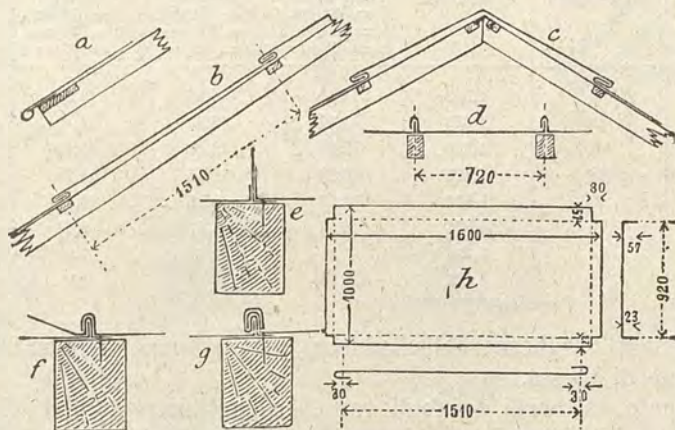


Fig. 2175. — Copertura con lastre di ferro piane.

le lastre di ferro piombate (Officine Dillinger), ove però le loro proprietà speciali siano utili ed applicabili, cioè quando si abbia un'esatta divisione dei travicelli.

Le lastre di mm. 0,6 di grossezza sono ordinariamente fornite dal laminatoio in larghezze di m. 0,80 ÷ 1,00 e in lunghezza di m. 1,60, ma con speciale ordinazione si possono avere anche di altre dimensioni.

La copertura richiede una inclinazione risultante da un'altezza da $\frac{1}{3}$ ÷ $\frac{1}{5}$ della larghezza (per tetti a un piovante). Essa pesa circa 5 Kg. per m².

Si può rilevare dalla fig. 2175 il modo di eseguire i raddoppi (ritti o coricati) e le loro dimensioni, ecc.: per assicurare le lastre si adoperano, come per quelle piane di zinco, delle grappe ripiegate in giro ed inchiodate. La perdita in lamiera greggia si ragguaglia a circa 13% della superficie coperta.

Quando l'inclinazione sia debole, è conveniente introdurre nelle scanalature della treccia di canape o di juta impregnata di minio.

La casa Hein, Lehmann e C. di Berlino si è fatto di questo genere di copertura un ramo speciale della sua industria.

B) Coperture con lamiera zincata ondulata.

La lamiera viene preparata in fogli di m. 1,50 ÷ m. 3 (ed anche fino a m. 4,50) di lunghezza per m. 0,60 ÷ 0,90 di larghezza, con una grossezza di mm. 0,6 ÷ 2. I vantaggi generali che il materiale acquista coll'ondulazione furono già esposti, trattando della lamiera ondulata di zinco.

L'ondulazione si può avere di ogni desiderabile forma e grandezza, e cioè: a debole ondulazione, che si può applicare con arcarecci poco discosti (fino a m. 2 di intervallo); a ondulazione resistente (o portante), che si possono adoperare fino a m. 4 di intervallo tra gli arcarecci. Le lamiere ondulate arcuate si usano senza alcuna armatura o solo con tiranti.

Si può avere un'idea delle grandi diversità di tipi di questa lamiera dalla tabella seguente che dà in compendio alcuni dei numeri (che oltrepassano la ventina).

Tabella LXXXVIII. — Lamiere zincate ondulate della Casa J. Hilgers in Rheinbrohl.

Numero della sagoma	Grossezza in millimetri	Peso per m ² di superficie coperta compresi i ricoprimenti in chilogrammi		
		Profilo I. B = 84 cm. b = 120 mm. h = 25 »	Profilo II. B = 81 cm. b = 135 mm. h = 30 »	Profilo III. B = 75 cm. b = 150 mm. h = 49 »
15	1,500	14,64	14,86	15,72
16	1,375	13,43	13,73	14,40
17	1,250	12,21	12,28	13,10
18	1,125	10,99	11,15	11,79
19	1,000	9,77	9,91	10,48
20	0,875	8,54	8,67	9,17
21	0,750	7,32	7,43	7,86
22	0,625	6,10	6,19	6,55

B indica l'intera larghezza della lamiera, b la larghezza di un'ondulazione intera, h l'altezza totale di questa.

Il ricoprimento dei bordi dei fogli varia da centimetri 5 ÷ 10. Il collegamento viene effettuato a ribaditura e l'assicurazione dei fogli col mezzo di grappe inchiodatevi (a ribaditura) alla faccia inferiore, come per le lamiere di zinco ondulate, e sempre senza tavolato di sostegno. La fig. 2176 indica in modo più particolareggiato l'esecuzione.

Il peso del collegamento sta naturalmente in relazione col sistema di sostegno adottato.

Nei tetti di maggior lunghezza di colmo, nei quali è necessario aver riguardo alle variazioni di lunghezza in seguito ai cambiamenti di temperatura, si può seguire il sistema indicato dalla fig. 2177; adoperandosi lamiere molto grosse, è consigliabile adoperarne di più sottili intermedie, le quali hanno quindi bisogno di uno speciale sostegno con arcarecci.

Le chiodature si debbono sempre ribadire sui rialzi delle ondulazioni: nei giunti sospesi è sempre raccomandabile una chiodatura doppia. Per non far lavorare troppo la lamiera presso le chiodature, si devono porre sotto alle teste dei chiodi ribaditi delle piastrine dello stesso materiale, oppure di zinco o di piombo (fig. 2176). Quando anche le lamiere abbiano solo mm. 0,6 di grossezza, i chiodi da ribadire debbono avere non meno di mm. 6 perchè non abbiano ad avere teste troppo piccole che potrebbero schiantarsi facilmente e quindi produrre la schiodatura.

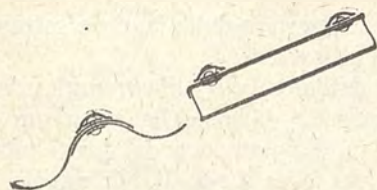


Fig. 2176.

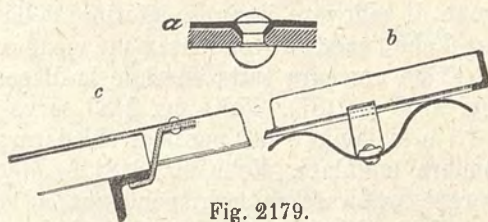


Fig. 2179.

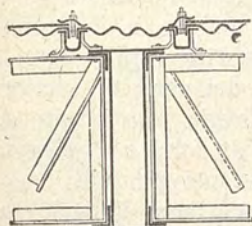


Fig. 2177.

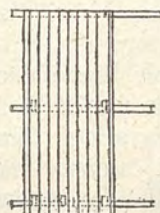


Fig. 2178.

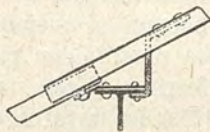


Fig. 2182.

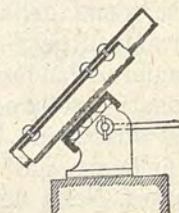


Fig. 2183.

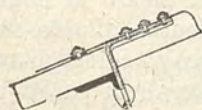


Fig. 2180.



Fig. 2181.

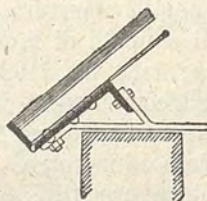


Fig. 2184.

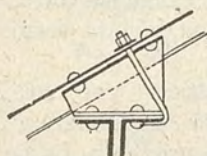


Fig. 2185.

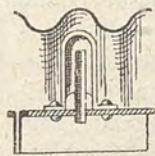


Fig. 2186.

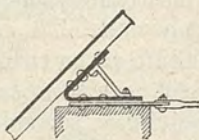


Fig. 2187.

Fig. 2176 a 2187. — Particolari delle coperture con lamiera ondulata di ferro zincato.

Non si ritiene più indispensabile un cappello di ricoprimento quando si sia fatto uso di piastrine di piombo da ambe le parti del chiodo.

Collocamento degli arcarecci. — Se la copertura si deve fare con lamiera ondulata non arcuata, quindi con capriate, è conveniente sostenere la lamiera alle due estremità e nel mezzo. La chiodatura di giunto sospesa presenta minore garanzia di ermeticità ed è difficile da eseguire. Le lamiere vengono perciò sempre munite di 5 grappe, e cioè tre al bordo inferiore e due nel mezzo (fig. 2178).

Anche le grappe vengono sempre inchiodate sui rialzi delle ondulazioni (con rare eccezioni, per es., al colmo) e si dà loro la forma della fig. 2179 a-c. La chiodatura si eseguisce come indica la fig. 2179 a, allargando collo spianatoio il foro nella grappa dalla parte rivolta verso la lamiera e battendo poi col ribaditore verso la lamiera in modo che rimanga inchiodata insieme anche la sbavatura. Questa ribaditura è perfettamente ermetica e non si rompe. Le grappe (o arpioni) vengono spesso inchiodate più volte (fig. 2179, 2182) e quando il vento agisce sotto il tetto, vengono inchiodate anche agli arcarecci. Il modo di assicurare il giunto superiore indicato dalla fig. 2182, nel quale la chiodatura inferiore abbraccia soltanto la lamiera inferiore, tende allo

scopo di sollevare il giunto inferiore della lamiera superiore dalla lamiera sottoposta, per il che l'acqua di condensazione viene condotta all'esterno.

Esige una cura tutta speciale la disposizione dell'appoggio all'estremità inferiore (fig. 2183 a 2187). Nella fig. 2183 serve da arcareccio di base (banchina) un ferro a \square e le lamiere nei punti di chiodatura sono raddoppiate con dei brevi pezzi di lamiera ondulata. Nella fig. 2184 è adoperato un ferro a \curvearrowright , il cui angolo inferiore è traforato in corrispondenza ad ogni avvallamento della lamiera per dar passaggio all'acqua pluviale. Con questo si ovvia il meglio possibile al pericolo di rescissione della chiodatura; ma il trapanare i fori riesce difficile, e d'altronde durante il gelo facilmente non adempiono al loro ufficio. La fig. 2185 rappresenta la maniera olandese d'assicurazione, nella quale si adoperano dei pezzi di lamiera piegati a sella e dei bolzoni a uncino. Nella fig. 2186 l'appoggio è costituito da una striscia di lamiera piegata con piccoli cavalletti formati da ferri a Z piegati, e nella fig. 2187 da ferro a T con pezzi di lamiera ondulata nei punti di chiodatura. Nella fig. 2201 si ha un arcareccio di base in ferro a L (ferro d'angolo) su cavalletti.

Quanto al colmo (fig. 2188 a 2193), si procede in modo affatto simile a quello che si usa per la copertura in lamiera ondulata di zinco; secondo le fig. 2188 e 2189, con speciali cappelli di lamiera; secondo le fig. 2190 e 2191, per mezzo di linguette in lamiera; nella fig. 2192, mediante lamiera a raddoppio inchiodata alla fronte; nella fig. 2193, con lamiere di raccordo. La fig. 2194 mostra l'attacco al colmo di un lucernario verticale, le fig. 2195 e 2196 mostrano gli attacchi laterali di pareti verticali in lamiera od in vetro.

Nelle figure 2197 e 2198 sono rappresentati gli attacchi a frontispizi sporgenti liberamente.

Le fig. 2199 e 2200 mostrano la disposizione dei compluvi o canali sul tetto. Nella fig. 2199 è ottenuta l'impermeabilità con una lamiera a lingua saldata sotto, nella fig. 2200 si è ricorso soltanto ad un ricoprimento della lamiera.

Nelle fig. 2201 a 2205 sono indicati alcuni sistemi di attacco per canali che si presentano più di frequente; secondo le fig. 2201, 2204, 2205 con lamiere a lingua saldate per di sotto, nella fig. 2203, semplicemente con largo ricoprimento. La fig. 2202 rappresenta il solo modo veramente sicuro di condurre l'acqua di condensazione al canale; le lamiere di raccordo sottoposte sono tenute divise da quelle di copertura da un piccolo intervallo (mm. 4 a 5), col mezzo di piccoli pezzi di lamiera frapposti nei punti di chiodatura; in tal modo l'acqua che scorre aderente alla lamiera, trova un facile sfogo e non può più gocciolare.

Nelle fig. 2206 a 2209 sono rappresentati attacchi al frontispizio per tetti ad un piovente; le fig. 2210 a 2213 rappresentano le consuete maniere di attacco laterale ai muri.

Bisogna usare la massima cautela negli attacchi agli angoli dei muri, contro i quali è diretta la pendenza, poichè in tali luoghi si formano dei dannosi compluvi, come per es. intorno ai fumaiuoli: le fig. 2214 e 2215 danno un'idea schematica del modo di eseguire tali attacchi. I ferri che portano il canale devono essere assicurati in modo che il movimento di dilatazione della copertura non venga impedito e che la stabilità del muro non venga minacciata dal ritagliarvi contro della lamiera. La disposizione (figura 2215), secondo la quale la lamiera ondulata è saldata al fondo del canale del compluvio, e la lamiera di questo impegnantesi con linguette negli avvallamenti della lamiera di copertura vi sono saldate sotto, non è molto sicura. La sola soluzione buona del problema è data dalla figura 2216 *a-c* in sezione, pianta e fronte anteriore, donde si rileva che l'acqua traboccante da quattro ondulazioni superiori, si può ancora ripartire su tre ondulazioni, senza che si verifichi un

Fig. 2188.

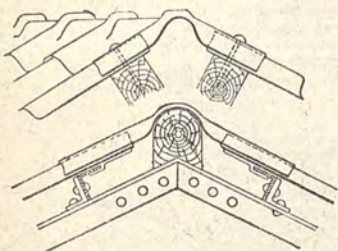


Fig. 2189.

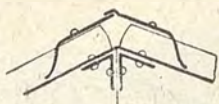


Fig. 2190.

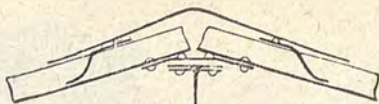


Fig. 2191.

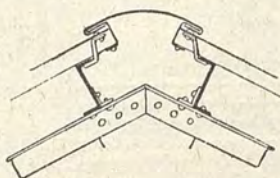


Fig. 2192.

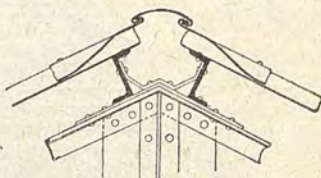


Fig. 2193.

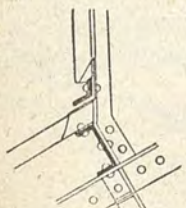


Fig. 2194.

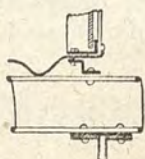


Fig. 2195.

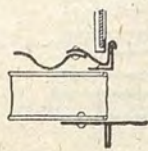


Fig. 2196.

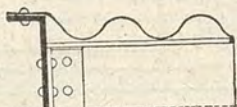


Fig. 2197.

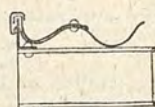


Fig. 2198.

Fig. 2199.

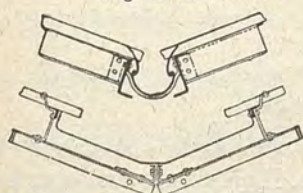


Fig. 2200.

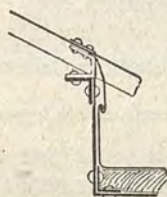


Fig. 2201.

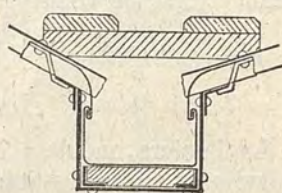


Fig. 2202.

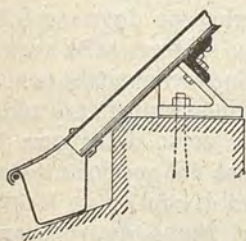


Fig. 2203.

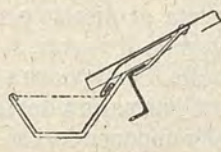


Fig. 2204.

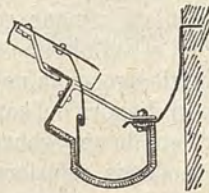


Fig. 2205.

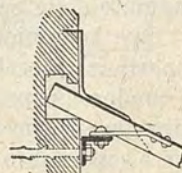


Fig. 2207.

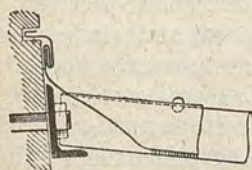


Fig. 2206.

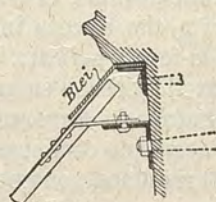


Fig. 2208.

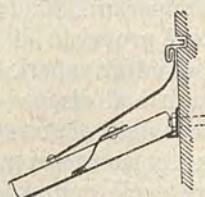


Fig. 2209.



Fig. 2210.



Fig. 2211. Fig. 2212



Fig. 2213.

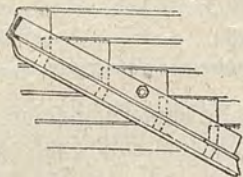


Fig. 2214.

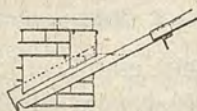


Fig. 2215.

Fig. 2188 a 2215. — Particolari di coperture con lamiera ondulata di ferro zincato.

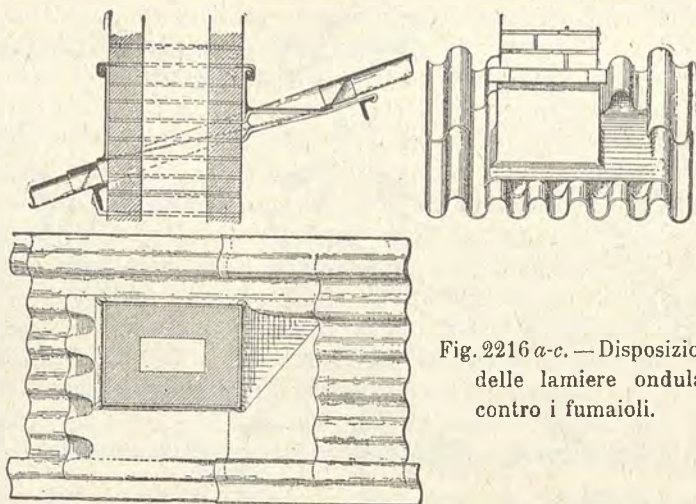


Fig. 2216 a-c. — Disposizione delle lamiera ondulate contro i fumaioli.

arresto ai giunti a tenuta laterali. Non vi si devono impiegare mai lamiere a lingua, ma sempre a raccordo, quand'anche gli attacchi alle lamiere laterali, che vengono a frammettersi, ne venissero resi più difficili.

γ) Tetti costruiti con lamiera ondolata.

1. Costruzioni con lamiera leggermente ondolata.

La lamiera ondolata è ora assai usata per coperture di tettoie sia stabili che provvisorie, sia con ossatura sottostante, sia senza ossatura. Il primo uso che se ne fece risale al 1867 in occasione della Esposizione di Parigi, ove si adoperarono le lamiere ondulate della Società Montataire.

Ove la lamiera ondolata rimane scoperta al disotto e specialmente dove serve di copertura di locali in cui si sviluppano abbondanti vapori, si forma sempre molta acqua di condensazione, la quale sgocciola nel locale. Per ovviare a tale inconveniente si pensò dapprima di riportare al disopra del coperto l'armatura del tetto, onde sopprimere nella parte sottostante tutte quelle sporgenze che opponendosi al libero corso dell'acqua di condensazione lungo la faccia inferiore della lamiera, erano causa del gocciolamento. Si riproduce nella fig. 2217 un esempio di tale sistema. Si trattava di coprire un locale nel quale si formavano abbondanti vapori e che doveva in pari tempo essere provvisto di un lucernario superiore. Si adottò la forma indicata in figura, ove si vede che il lanternino superiore è provvisto di sportelli girevoli su asse orizzontale destinati a dar sfogo alle esalazioni ed ai vapori. L'ossatura in ferro a L sorreggente la lamiera ondolata di ferro zincato è al disopra e l'acqua di condensazione scorrente lungo la lamiera è raccolta in canaletti di gronda. Il risultato non poteva essere completo, specialmente perchè si era trascurato di praticare un piccolo canale sotto le parti verticali del lucernario ed oltre a ciò non si aveva avuto riguardo allo sgocciolamento dalle teste piatte dei chiodi ribaditi.

2. Costruzioni con lamiere ondulate a canale.

La Società Montataire esordì nel 1850 colle lamiere ondulate a canale ed anche con quelle arcuate nel senso dell'asse delle ondulazioni, colle quali venne coperta la galleria delle macchine dell'Esposizione di Parigi del 1867. La Società stessa espose anche alcune tettoie aperte di m. 11 fino a 20 metri di portata, sopra colonne in ghisa salda-

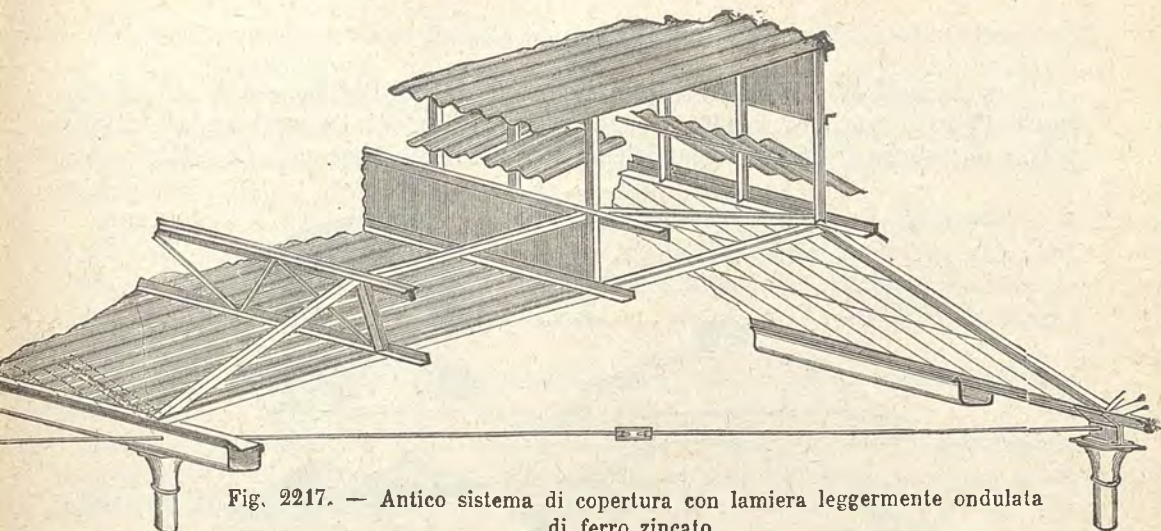


Fig. 2217. — Antico sistema di copertura con lamiera leggermente ondolata di ferro zincato.

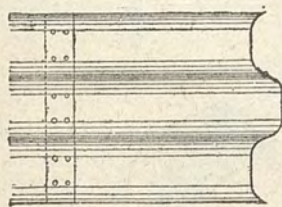


Fig. 2218.

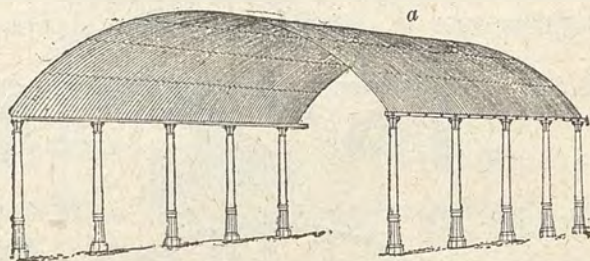


Fig. 2219 a-d.
Sistema di tettoia
della
Società Montataire.

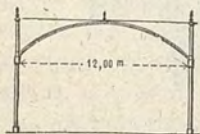


Fig. 2220.

mente piantate, senza alcuna ossatura ed anche senza tiranti (fig. 2219). Gli attacchi delle estremità inferiori erano eseguiti come lo indicano le fig. 2219 *b*, *d*, le chiodature come è indicato nella fig. 2218 e in *c* della fig. 2219. Però questo sistema non si presta per luoghi esposti a grandi venti, nel qual caso si ricorre ai tiranti orizzontali.

Un altro sistema di costruzione, che fece scuola in Francia (secondo il principio fondamentale adottato per la tettoia delle macchine soprannominata), consiste nel prolungare fino all'altezza del colmo i sostegni laterali, riunendoli con un tirante o catena, passante sopra il colmo stesso (fig. 2220). Ai detti sostegni si possono anche applicare i canali sospesi a portata libera. In seguito però si è riconosciuto che anche con questo mezzo non si possono collocare i sostegni a grandi distanze fra di loro, giacchè per le pressioni laterali dovute al vento, alla neve ed al peso proprio, si verificano troppo sensibili piegamenti. Si preferisce quindi di ricorrere ai tiranti orizzontali posti al piede dell'arco formato dalla lamiera.

3. Costruzioni più moderne.

Verso la metà del 1870 la casa Stein, Lehmann e C., di Berlino, esordì colle lamiere resistenti ad ondulazioni rialzate, arcuate secondo il brevetto Wesenberg, e le applicò pure a tetti senza armature piegandole ad arco di circolo come nella fig. 2219.

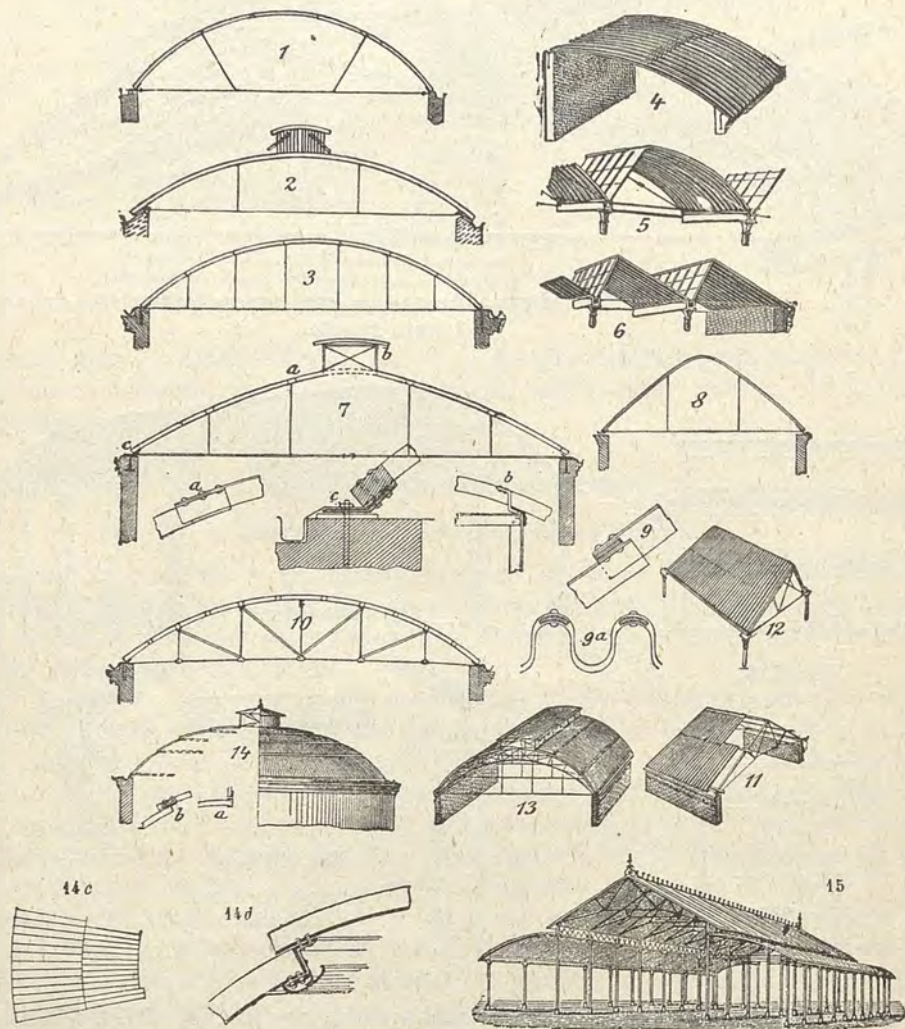


Fig. 2221. — Sistemi vari di coperture con lamiera ondulata piana e curvata.

Per ampiezze non molto grandi applicava oltre alla catena orizzontale un tirante di sospensione al vertice dell'arco, e per ampiezze maggiori parecchi di questi tiranti in ordine pari, come si vede nella fig. 2221.

Per piccoli tetti ad un sol piovante si risparmiavano i tiranti (fig. 2221-4) applicandoli invece nei capannoni arcuati come corda dell'arco (fig. 2221-5) ed in quelli rettilinei, tesi fra i canali (fig. 2221-6). Naturalmente i tiranti di sospensione verticali od inclinati si attaccavano alla lamiera nei giunti a raddoppio, rinforzati anche da un pezzo di lamiera di egual forma inseritovi. Così coi tetti rappresentati nelle fig. 3 e 7 si poté raggiungere fino 25 metri di portata.

Le crescenti esigenze di sicurezza contro lo sgocciolamento condussero a servirsi di fogli più lunghi, e adottando curvature meno forti si passò ad una forma che si approssima alla parabolica (fig. 2221-7). I giunti con ciò erano triplici e sempre sulla cresta delle ondulazioni (figura 2221-7a) formati con chiodi ribaditi. La chiodatura al piede dell'arco venne rinforzata coll'inserzione di un piccolo pezzo di lamiera ondulata e l'attacco del tetto del lucernario formato come indica la fig. 2221-7b.

Questo però in alcuni casi non bastava; si scelsero pertanto forme paraboliche più chiuse (fig. 2221-8), e per impedire del tutto lo sgocciolamento ai giunti, si inserirono nelle sovrapposizioni di chiodatura, dei piccoli pezzi di lamiera arcuata, come indicano le fig. 2221-9 e 9a, venendosi così a formare un passaggio per lo scolo dell'acqua scorrente sulla superficie inferiore.

Se in questo modo si otteneva un miglior risultato, non si poteva però ancora dire di aver completamente rimosso l'inconveniente dello sgocciolamento.

Intanto l'esperienza ha dimostrato, che quando si voglia erigere una costruzione durevole, conviene ancora ricorrere alle incavallature di forma leggerissima, come indicano le fig. 2221-10 a 13.

Per rendere leggera nel massimo grado la parte superiore dell'incavallatura (calcolata per un'ampiezza di 35 metri) rappresentata nella fig. 2221-10, le onde delle lamiere costituenti la copertura vennero inchiodate col sussidio di pezzi di lamiera frapposta.

Anche nell'appoggio al piede si introdussero notevoli miglioramenti, formandolo con un ferro a \square che abbraccia l'estremità inferiore del tetto; per dar scolo all'acqua di condensazione si dovette però forare l'asta del ferro a \square in corrispondenza di ogni ondulazione, ecc.

Alcuni dei modi di appoggio ora di uso generale vennero già rappresentati nelle fig. 632 ÷ 636 e 652.

Anche dei tetti a cupola (fig. 2221-14) di considerevole portata (fino a 25 metri) vennero costruiti con lamiera ondulata senza ossature diametrali ma solo con quelle risultanti dai vari anelli formati dalla lamiera ondulata curva chiodata su ferri a T od a Z (fig. 2221-14 d). Poichè i ferri a Z non si possono facilmente piegare ed adattare alla forma conica degli anelli, si compongono di solito con due ferri d'angolo riuniti \square .

Queste forme di anelli non riescivano però opportune per lo scolo dell'acqua aderente alle lamiere, e perciò vi si dispone un piccolo canale (figura 2221-14 d) dal quale si distaccano dei tubetti che conducono l'acqua traverso la lamiera sulla superficie esterna del tetto.

La fig. 2221-15 mostra una disposizione frequentemente usata, nella quale la navata centrale è costituita da incavallature alla Polonçeau e coperta con lamiere ondulate resistenti, e le due laterali con lamiere arcuate, senza sussidio di incavallature.

Si intende che i modi di congiunzione e di attacco prima descritti valgono anche per questi ultimi sistemi di tetto a cui si è accennato.

8) Coperture con lamiere zincate di forme speciali.

La copertura in lamiera ondulata si adatta meno per piccoli tetti, perchè la struttura schematica riesce troppo grande sotto l'aspetto architettonico, ed anche perchè i soliti conciatetti e lattonieri da fabbrica non sanno sempre eseguir bene gli attacchi.

In questi casi sono più adatte le così dette ardesie, tegole od embrici di lamiera zincata, sul tipo di quelli già descritti in lamiera di zinco. È specialmente usata la tegola della forma indicata nella fig. 2222, che si fabbrica di due dimensioni, e cioè di cm. 21 × 41 e cm. 31 × 55. Per gli attacchi al colmo ed alla gronda si hanno lamiere speciali (fig. 2223 a, b), le quali del resto con un taglio obliquo possono servire anche per gli

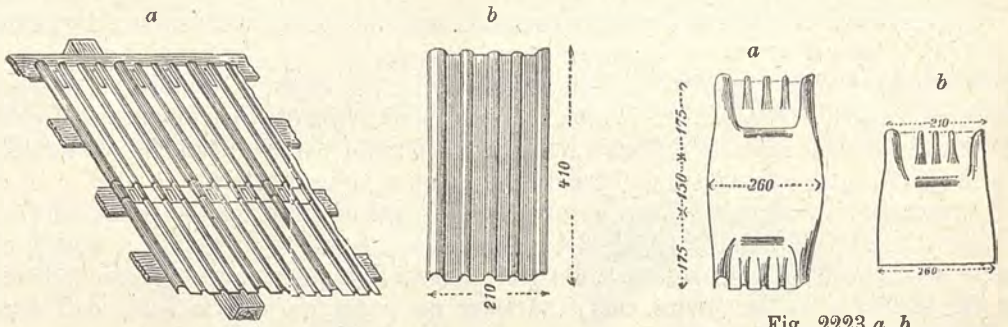


Fig. 2222 a, b.

Fig. 2223 a, b.

Fig. 2222 e 2223. — Tegole di lamiera zincata ondulata.

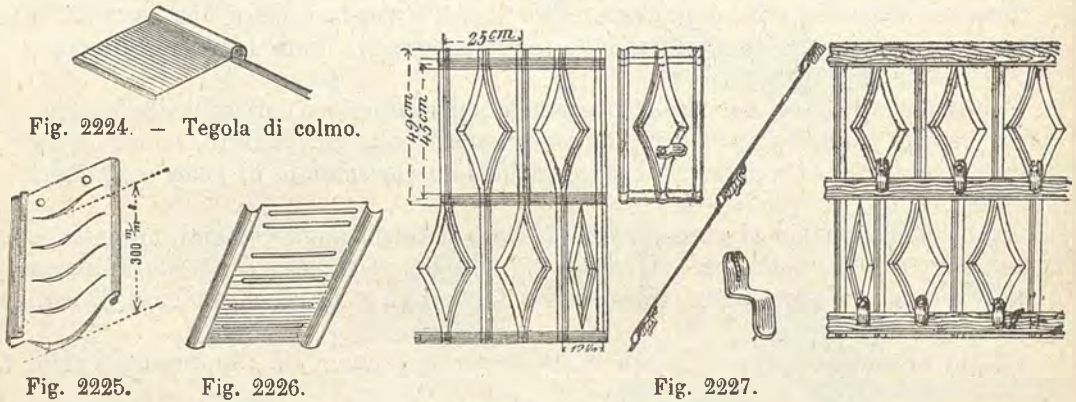


Fig. 2224. — Tegola di colmo.

Fig. 2225.

Fig. 2226.

Fig. 2227.

Fig. 2225. Tegola metallica Buderus. — Fig. 2226. Tegola metallica Hilgers.
Fig. 2227. Tegole metalliche Bellino.

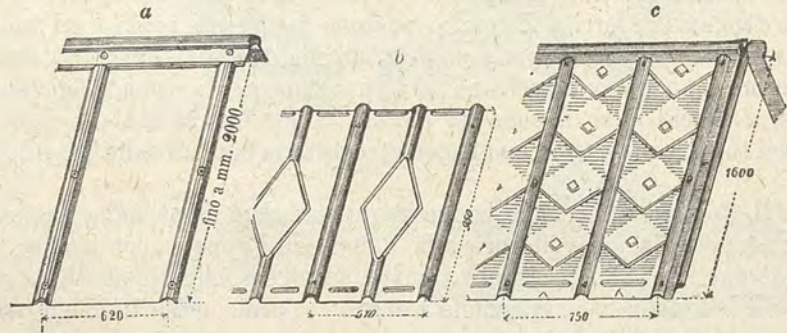


Fig. 2228 a, b, c. — Lamiere metalliche Hilgers.

attacchi sulle creste e si ricoprono poi con cappelli in lamiera (fig. 2224). Questi cappelli capovolti possono servire pei compluvii.

La copertura si eseguisce col mezzo di grappe che si acquistano già pronte e colla chiodatura a ribaditura, frapponendo delle lastrine di piombo. Pel colmo i chiodi vengono sostituiti da viti mordenti. Pei formati più piccoli bastano i listelli in corrispondenza delle estremità della tegola, pei più grandi è necessario interporre un altro listello. Il peso varia fra Kg. 6,50 e 9 per m² di superficie di tetto.

Per introdurre nel tetto abbaini ed altre finestre si fabbricano delle lamiere speciali di larghezza doppia come appunto le finestre stesse.

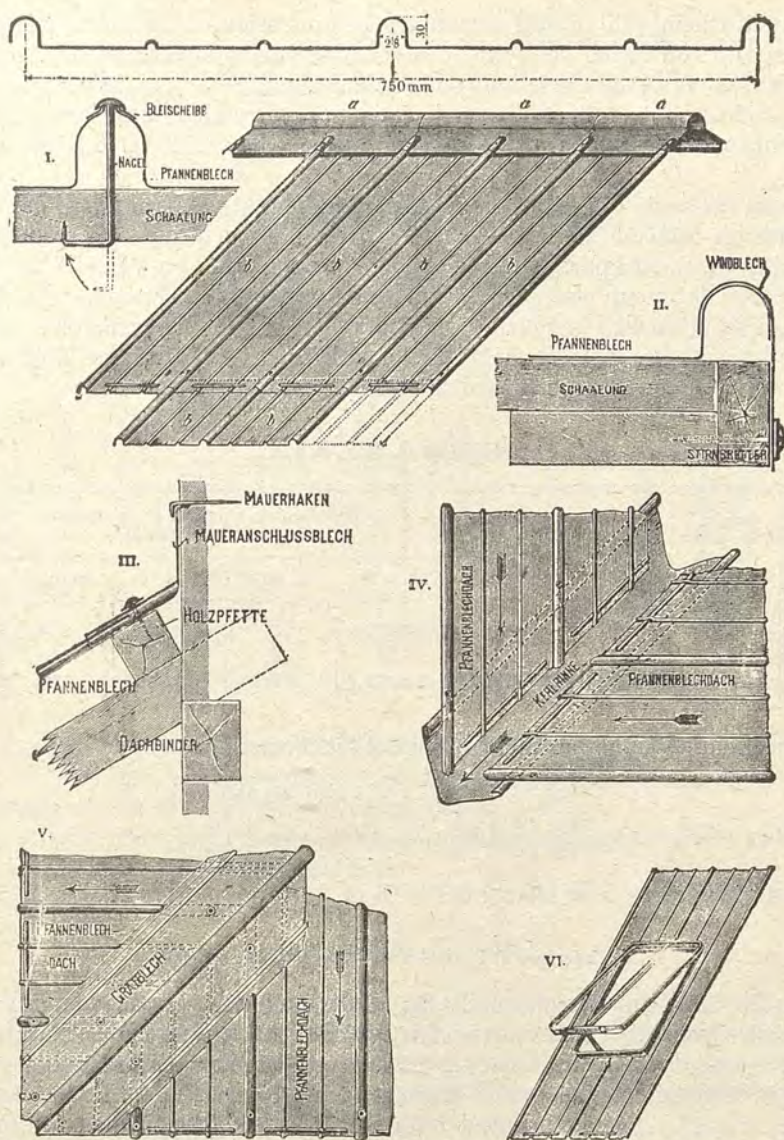


Fig. 2229. — Copertura con lamiere metalliche Geisweid.

Bleischeibe, disco di piombo; *Nagel*, chiodo; *Pfannenblech*, lamiera di copertura a grande tegola; *Schaaung*, tavolato di appoggio; *Mauerhaken*, arpione da muro; *Maueranschlussblech*, lamiera addossata contro il muro; *Holzpfette*, arcareccio in legno; *Dachbinder*, incavallatura; *Windblech*, lamiera frontale; *Stirnbretter*, tavola frontale; *Kehrinne*, canale di compluvio; *Pfannenblechdach*, copertura di lamiera a grandi tegole; *Gratblech*, lamiera di displuvio o di cresta.

La copertura fatta con grappe riesciva però sempre troppo complicata nell'esecuzione ed anche la disposizione schematica non riusciva soddisfacente in tutti i casi.

Si foggiarono quindi le lastre a guisa di embrici comuni secondo la fig. 2225 (Buderus) o la fig. 2226 (Hilgers).

La fabbrica Bellino di Göppingen introdusse un miglioramento fabbricando delle tegole di lamiera a scanalatura, che vengono attaccate ai listelli dell'orditura con una sbarretta sottoposta che si impegna in una punta fissa nel listello (fig. 2227).

Hilgers di Rheinbrohl preferì aumentare le dimensioni delle lastre, migliorandone anche l'aspetto con forme stampate, ottenendo in pari tempo maggior rigidità. La chiodatura viene fatta sui rialzi delle ondulazioni (fig. 2228 *a, b, c*), le lamiere pel colmo vengono prodotte dalla fabbrica in modo che non occorre alcun ulteriore adattamento: specialmente colle intaccature alle sovrapposizioni (fig. 2228), si ottiene un attacco esatto.

L'officina *Geisweid* di Siegerland ha ancora aumentate le dimensioni delle lastre e perfezionati gli attacchi. Le lastre sono rappresentate di profilo e prospetticamente nella fig. 2229 A, B, ed i particolari della copertura nelle fig. I a VI della fig. 2229.

Sono particolarmente notevoli: la chiodatura a mezzo di chiodi a testa concava e sottoposti dischi (rosette) di piombo, come pure le scanalature (canaletti) nei ricoprimenti che impediscono l'assorbimento dell'umidità per capillarità. Le dimensioni ed i pesi di queste lamiere di copertura si rilevano dalla seguente tabella.

Tabella LXXXIX.

Numero della lamiera (catalogo tedesco)	Groschezza in mm.	Peso in Kg. per m ² di lamiera ad embrici	Peso approssimativo in Kg. per m ² di superficie di tetto con un ricoprimento di			
			m. 0,08	m. 0,10	m. 0,15	m. 0,20
20	0,88	7,85	8,47	8,54	8,75	8,96
21	0,75	6,73	7,26	7,32	7,50	7,68
21 1/2	0,69	6,41	6,57	6,62	6,83	6,92

I ricoprimenti si fanno per inclinazioni del tetto eguali a:

$$18^\circ = 1 : 3 \quad . . . \quad \text{di m. } 0,10$$

$$15^\circ = 1 : 4 \quad . . . \quad > \quad 0,15$$

$$10^\circ = 1 : 6 \quad . . . \quad > \quad 0,20$$

Massime lunghezze delle lastre: pel n. 20 m. 3,10; pel n. 21 e 21 1/2 m. 2,50.

e) Copertura con lamiere smaltate di forme speciali.

Le tegole come appariscono nella fig. 2230 sono formate in modo affatto simile a quelle di zinco secondo il sistema a rombi (fig. 2231-2233) e secondo svariati tipi. Le tegole pel colmo e per gli attacchi (fig. 2234) si eseguono per ordinazione e non si richiede per fornirle maggior tempo di quanto occorra per le altre. Il peso ammonta a Kg. 9 circa per m². La copertura vien fatta col mezzo di grappe uncinata. Abbaini e lucernari si possono praticare coprendo a vetro dei piccoli telai in singoli scomparti delle lastre (fig. 2236 *b*, 2231); pei più grandi si può avere una campata di quattro lastre riunite in un pezzo solo col necessario telaio d'imposta (fig. 2236 *a*).

Per falde assai poco inclinate è consigliabile d'introdurre nelle scanalature, prima di posare la copertura, della treccia di canape.

Le lastre indicate sono fabbricate dallo *stabilimento di smaltatura Schwelmer*, ma si possono avere da ogni altra officina di questo genere e secondo vari modelli.

La colorazione si può scegliere a volontà, in tinte brillanti o cupe.

f) Coperture con piastre di ghisa a scanalature.

Queste piastre vengono fabbricate in forma di lastre d'ardesia (officine Gröditz, Tanger, ecc.) o più sovente colla forma delle solite tegole e quindi provviste in giro di scanalature e listelli. Le piastre delle officine nominate si possono avere tanto smaltate

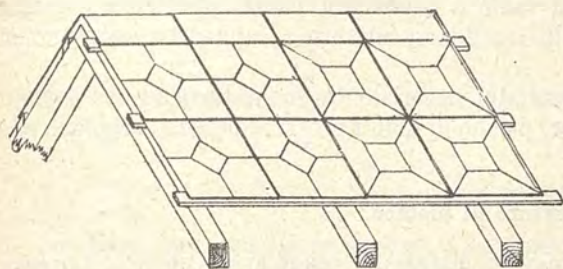


Fig. 2230.

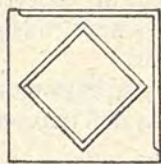


Fig. 2231.

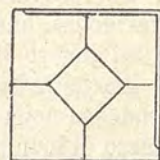


Fig. 2232.

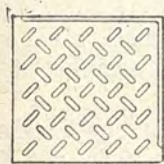


Fig. 2233.

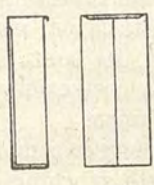


Fig. 2234.



Fig. 2235.

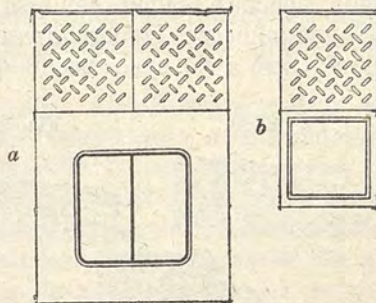


Fig. 2236 a, b.

Fig. 2230 a 2236. — Lamiere smaltate per coperture.

quanto greggie. Il peso proprio delle coperture di simil genere si può ritenere di Kg. 24 ÷ 32 per m². Le dimensioni delle lastre si tengono solitamente entro tali limiti che per m² 1 di falda di tetto ne occorranò 16 ÷ 24.

I tetti formati con questo genere di tegole presentano l'inconveniente dello sgocciolamento e risultano relativamente pesanti.

g) Coperture di rame.

A motivo della grande resistenza del rame alle influenze atmosferiche, la copertura con lastre di rame è dovunque applicabile, purchè siavi una pendenza sufficiente per impedire all'acqua di risalire fra i giunti e raggiungere il tavolato di sostegno della lamiera, tavolato che in questo genere di copertura è sempre necessario. Le lastre possono avere una superficie di m² 0,80 ÷ m² 3, con una larghezza massima di m. 1; per copertura serve di regola la lamiera della grossezza di mm. 1 ÷ 1,25, che pesa Kg. 8 ÷ 10 per m². Per assicurare le lastre servono delle grappe che sono inchiodate sull'assito e per collocare le lastre l'una all'altra e colle grappe servono dei raddoppi, che nei giunti orizzontali sono coricati, come nella fig. 2237, mentre nei giunti diretti dal colmo alla gronda sono invece poco schiacciati, come indica la fig. 2238. Sopra ogni lastra di lamiera sono necessarie 6 od 8 grappe e circa il doppio numero di chiodi di rame. La formazione dei raddoppi richiede, per tutto il perimetro di una lastra, una striscia della larghezza di circa cm. 4.



Fig. 2237.



Fig. 2238.

Giunti per lamiere di copertura in rame.

Del resto nel formare coperture con lastre di rame si procede anche secondo i sistemi descritti per le coperture in zinco; per forme molto mosse (cornici e simili) si adopera spesso il bronzo invece del rame.

Per eseguire bene le coperture in rame è necessaria molta esperienza e molta previdenza, onde è sempre consigliabile di affidarsi soltanto a capimastri assai pratici in tal genere di lavori.

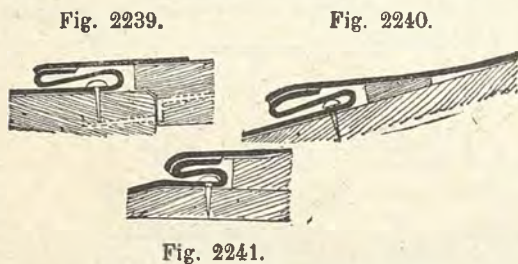
Anche le grandi oscillazioni nei prezzi del materiale devono indurre ad una grande prudenza nella scelta dell'imprenditore, poichè di rado i prezzi si possono regolare per mezzo di licitazione.

b) Coperture di piombo.

Il costo relativamente elevato di questo materiale, rende anche elevato il prezzo delle coperture eseguite con esso in confronto di quelle fatte con altre metalli, perchè bisogna impiegare lamiera grosse almeno mm. $1,5 \div 2$, che pesano circa Kg. $18 \div 25$ al m². Oltre a ciò, specialmente quando si tratta di grandi coperture, occorrono operai specialisti, la cui mercede è superiore a quella dei soliti lattonieri, a cui si affida la costruzione più semplice dei tetti in zinco.

Le lastre in commercio sono di solito preparate in rotoli di m. $0,80 \div 1$ di larghezza per m. $10 \div 15$ di lunghezza.

La formazione della copertura esige un accurato tavolato di posa. Per un buon raddoppio regolare si richiede all'incirca fino a m. 1,30 di rotolo di piombo per m² di superficie.



Giunti di lamiera per coperture in piombo.

Non si può applicare la lamiera di piombo su tetti inclinati oltre il rapporto $1 : 3,5$, poichè il forte peso proprio del piombo, gli impedirebbe di contrarsi di quanto si è dilatato per effetto del calore, cosicchè le lamiere formerebbero delle rigonfiature e delle increspature che ne faciliterebbero il consumo.

Anche sopra tetti poco inclinati il piombo si increspa se non si provvede ad un letto di posa ben liscio (coll'interposizione di carta oliata), a riseghe, a gradini, ecc., che permetta al metallo di liberamente dilatarsi e contrarsi.

Per formare compluvii e piccole falde gobbe, come pure per le coperture in vicinanza al mare, il piombo è quasi indispensabile: può venir assicurato con chiodi stagnati oppure ricoperti con cappelli di piombo, che devono però saldarsi sopra la lamiera. Le addoppiature vanno accuratamente battute con un martello di legno fino a renderle ermeticamente chiuse.

Sui tetti non praticabili si adottano delle addoppiature doppie nel senso dell'inclinazione del tetto. I giunti orizzontali si fanno in modo che il foglio inferiore si insinui sotto il superiore di una striscia che serve per la chiodatura sul tavolato; saldati superiormente i chiodi, si ripiega l'orlo superiore a raddoppio e su questo viene saldato il bordo del foglio superiore (fig. 2239-2241).

Nei tetti praticabili a motivo della grande sporgenza delle addoppiature dei giunti, il tavolato si fa a gradini (fig. 2241); anche i giunti inclinati nei tetti praticabili vengono saldati al di sopra e il tavolato in corrispondenza di essi si incava a guisa di canaletti.

In Francia, Spagna e Italia si usa spesso la lamiera di piombo per costruire grandi terrazze praticabili che durano lungamente. Il letto viene formato eguagliando perfettamente il solito tavolato mediante uno strato di gesso che poi si ricopre con carta oliata.

XV. — CANALI DA TETTO, DOCCIE DI SCARICO, COPERTURE DI CORNICI

a) Generalità.

Un canale ben fatto deve servire a raccogliere l'acqua che discende per le falde del tetto ed a smaltirla in modo che non abbiano a soffrire per gocciolamento della grondaia nè la fronte dell'edificio, nè le adiacenze del medesimo. Occorrono spesso degli espedienti speciali, per impedire che da un'eventuale penetrabilità del canale o da ingombro dello stesso possano derivare gravi danni.

Altrettanta cura è necessaria nel disporre la costruzione in modo che non abbia ad essere danneggiata dall'influenza di forti cambiamenti di temperatura, o dalla violenza del vento, o da guasti della copertura del tetto, o da imprudenza degli operai.

Per poter soddisfare a queste svariate esigenze si giunge spesso a costruzioni complicate, eseguibili solo da operai molto esperti; e mentre si accrescono le difficoltà della vigilanza della costruzione, si aumentano anche quelle relative alle riparazioni che si rendessero necessarie. La vigilanza, ed in molti casi la stessa esecuzione del lavoro, implicano serii pericoli per le persone, onde si devono confidare solo a chi abbia molta pratica, e quindi la vigilanza non è, in generale, esercitata dall'architetto, al cui occhio viene così sottratta. Considerazione questa di grande importanza ed alla quale pur troppo se ne dà poca.

1. *Materiale.* — Lamiera di zinco dei numeri 13-15 (la prima solo per canali affatto leggeri), lamiera di rame pei tetti coperti in rame, lamiera di ferro zincata per canali sospesi, non adagiati su letto, lamiera di piombo come materiale accessorio o per canali adagiati su letto; la lamiera di ferro colorita con colori ad olio viene pure adoperata per cassetta da canali, ma ha però d'uopo di una manutenzione accurata, se non deve esservi appeso un apposito canale in zinco o disposto su di essa uno in piombo. Per il letto di posa si adopera di regola del legname incatramato (scevro da creosoto), pei canali di piombo, anche del gesso; in questo caso però si deve sempre frapporre della carta oliata, ciò che del resto è raccomandabile anche col legno.

2. *Dimensioni dei canali.* — Si calcola ordinariamente che occorrono cm^2 0,80 ÷ 1 di sezione di canale per m^2 di superficie di tetto in pianta. Per tetti assorbenti (in cemento bituminoso) circa un 10 % meno.

Nelle località visitate da improvvisi acquazzoni accompagnati da vento forte (presso gli spartiacque, all'incontro di vallate percorse da fiumi sulle coste) si deve aumentare la sezione dei canali di gronda e dei compluvii. Talvolta bastano appena dimensioni doppie delle ordinarie.

3. *La larghezza del canale* deve essere di circa cm . 15 ÷ 25 (fatta eccezione di quelli per falde piccolissime) e l'altezza allo spigolo anteriore di cm . 7 almeno.

4. *Pendenza.* — Ordinariamente per il fondo del canale si adotta una pendenza di cm . 0,8 ÷ 1 per metro di lunghezza libera. Per il solo scopo di smaltire l'acqua tale pendenza non sarebbe neppur necessaria, ma con essa si raggiunge anche lo scopo che il canale si asciughi presto, anche dopo piccole piogge, e che gli escrementi di uccelli e simili, che colla loro azione corrosiva danneggiano il canale, vengono più facilmente asportati, ciò che è importante, specialmente per quei canali, il cui fondo non è appoggiato per tutta la lunghezza e può quindi incurvarsi verso il basso.

5. *Forma.* — La forma della sezione di un canale è soggetta a tante condizioni, che non è possibile dare in proposito prescrizioni fisse. Al minimo consumo di materiale,

per una medesima area di sezione, corrisponde la forma semicircolare (fig. 2242), la quale è in pari tempo la più facile da costruire ed anche la più resistente. Se manca l'altezza necessaria, bisogna ricorrere a forme più piatte (fig. 2243), evitando però gli spigoli vivi sul fondo. Se è possibile invece assegnare alla sezione una maggiore altezza, si ottiene la più efficace resistenza al rovesciamento; e non esagerando nella larghezza, si evitano gli inconvenienti dovuti all'accumulamento della neve.

Per impedire il rigurgito dell'acqua dal canale verso la falda del tetto, si deve tenere l'orlo anteriore del canale più basso del lembo interno della grondaia (fig. 2244).

Si possono evitare facilmente i danni prodotti dallo scorrimento della neve in masse (quando non vi sieno disposizioni speciali per arrestarla), tenendo l'ala anteriore del canale un po' al disotto della linea formata dal prolungamento della falda del coperto

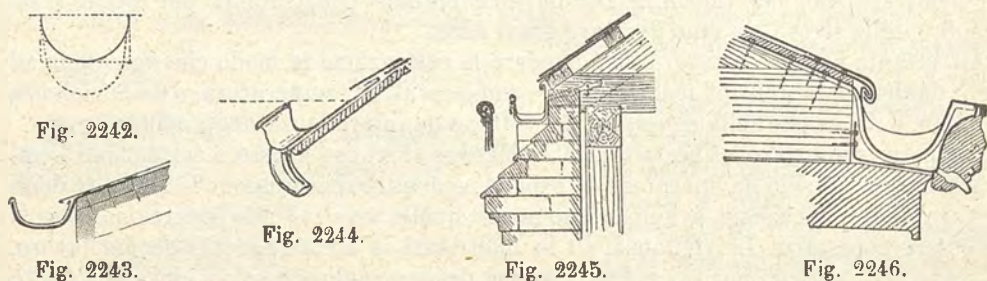


Fig. 2242 a 2246. — Tipi vari di canali di gronda.

(fig. 2245). La forma rappresentata nella fig. 2244 richiede maggior consumo di materiale, e siccome è a fondo stretto, l'acqua scorrente in essa può essere ricacciata in alto, cosicchè se l'ala piana del canale non si estende abbastanza sulla falda può accadere che l'acqua penetri sotto il coperto. Oltre a ciò se la falda è piuttosto inclinata, la velocità di afflusso dell'acqua al canale produce un traboccamento dell'acqua; anche sotto questo riguardo sono più convenienti le forme delle figure 2243, 2245, 2246.

Spesso il canale deve essere interamente compenetrato nella membratura architettonica, che funziona da cornice o da attico. Oppure viene anche adagiato entro una cornice (fig. 2246), o nascosto dietro un attico. In tal caso sono le esigenze architettoniche che obbligano a forme e misure affatto speciali, ma ciò non toglie che si dovrà sempre porre grande attenzione nello studio dell'argomento per non correre il pericolo di trovarsi poi di fronte a seri inconvenienti e danni.

Per molte forme di tetto è necessario che il canale di gronda possa venir percorso dagli operai che lavorano sul tetto, non presentandosi a loro altra via praticabile. Un genere speciale è quello dei canali compresi fra due falde oppostamente inclinate, come sarebbero quelle dei capannoni o *sheds*.

Quando si volesse accertare la sufficienza delle dimensioni del canale di gronda si potrà procedere nel seguente modo.

Si è già detto che al canale si dà una pendenza di circa m. 0,008 al metro, pendenza che si chiamerà p . Sia: Q la quantità d'acqua che dalle doccie si deve smaltire in 1"; S la sezione del canale che nel caso di canale semicircolare è $\frac{\pi r^2}{2}$, essendo r il raggio della circonferenza secondo la quale è formato il canale; P il perimetro bagnato = πr ; $\frac{S}{P}$ il raggio medio, = $\frac{r}{2}$; si avrà:

$$Q = S \times 50 \sqrt{\frac{S}{P} \times p.}$$

Se si suppone $r=0,10$, cioè un canale largo m. 0,20 e profondo m. 0,18 ÷ 0,19, ossia profondo $r + f$, in cui f è il franco, uguale a 8 o 9 cm. e sufficiente a impedire il traboccamento dell'acqua, allorchè questa velocemente e tumultuosamente scorre nel canale durante i grandi acquazzoni, si ha:

$$Q = \frac{3,14 \times 0,10^2}{2} \times 50 / \sqrt{0,05 \times 0,008} = 0,0157$$

in cui $p=0,008$. Ora ammettendo che nelle regioni nordiche dell'Italia la massima quantità di acqua che cade durante i grandi temporali sia all'incirca di $m^3 0,000025$ per m^2 e per $1''$, e che la falda servita da un tubo di discesa (o pluviale) abbia m. 10 di lunghezza e m. 8 di larghezza, si ha:

$$Q' = 8 \times 10 \times 0,000025 = m^3 0,002,$$

ossia circa $\frac{1}{6}$ meno di ciò che si è trovato per Q . Perciò il canale delle dimensioni sopra indicate sarà più che sufficiente e l'altezza d'acqua in esso non raggiungerà m. 0,10.

b) Canali di lamiera.

Per diminuire il numero dei tubi verticali di scarico, o pluviali, o doccie, si cercano di fare quanto più lunghe sia possibile le varie tratte del canale di gronda. Per canali ordinari di zinco l'esperienza insegna di non oltrepassare la lunghezza di 15 metri, ma calcolata fino al tubo di scarico (e quindi m. 30 per una tratta a doppia pendenza col tubo di scarico in mezzo), giacchè colle variazioni di temperatura si verificherebbero tali spostamenti nella lunghezza, che non potrebbero essere vinti dall'attrito causato dalla grossezza e dal peso del materiale, che dovrebbero perciò grandemente aumentarsi. Ricorrendo però a speciali giunti scorrevoli (raddoppi di piombo) si possono convenientemente assegnare maggiori lunghezze alle tratte di canale, quando però questo abbia anche un'altezza sufficiente.

Per l'azione immediata dei raggi solari e la libera irradiazione verso lo spazio, a cui sono esposti i canali, non si deve prendere per base di calcolo le temperature dell'aria ambiente, ma le temperature di radiazione, le quali possono raggiungere anche differenze di 50° , colla quale differenza si avrà per ogni metro di canale una variazione di lunghezza di circa mm. $1\frac{1}{2}$ e quindi per 15 metri circa mm. 22,5.

Per tutti i giunti longitudinali dei canali tra loro e per i collegamenti di assicurazione alle pareti si dovrà quindi tener calcolo di tali dati, in modo che non abbiano ad essere impedito le variazioni di lunghezza del canale stesso.

L'assicurazione quindi degli orli laterali del canale si fa solo col mezzo di arpioni o grappe strette, in striscie di lamiera, fisse. Gli orli devono essere scantonati, arrotondati specialmente quando sieno in lamiera di ferro zincata ed adoperati per canali in zinco od in piombo: ciò è necessario per impedire che gli arpioni a poco a poco intacchino, penetrandovi, il materiale di copertura.

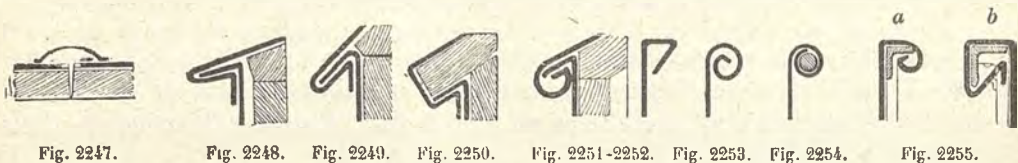
Le striscie sporgenti di copertura del tetto a cui debbono essere appesi i canali, quando sieno saldate, devono essere spostabili per l'intera lunghezza. Se sono inchiodate al tetto, devono essere in pezzi non più lunghi di m. 1 circa, oppure muniti di fori oblungi pei chiodi sotto cui si dispone una rosetta. Le teste dei chiodi si ricoprono poi con cappelli saldati quando non sieno nascosti dalla sovrapposizione dei fogli (fig. 2247) (V. Osservazioni alle fig. 2266 e 2269).

Il lembo anteriore di queste striscie sporgenti si foggia una volta a piegatura obliqua e risolto (fig. 2248); questo però si trovò opportuno solo quando la pendenza

sia molto forte come nella fig. 2249; ma questa congiunzione si è dimostrata poco durevole, se formata secondo la fig. 2250, come del resto era facile prevedere.

Più opportuno e più sicuro è l'accartocciamento tondo con risvolto a spigolo vivo (fig. 2251).

Anche nei canali isolati spesso si formava il bordo esterno con risvolto a squadra ed uno obliquo (fig. 2252); naturalmente però un simile ribordo non poteva resistere



alle violenti intemperie. Si applica perciò sempre anche in questo caso il risvolto accartocciato (fig. 2253); vi si può introdurre una sottile verga di ferro tonda (fig. 2254), quando non si trovi più conveniente introdurre un ferro a L (fig. 2255 *a, b*).

Dove due tratte di canale si toccano per la loro parte più elevata, si devono munire di una cresta (fig. 2256), che lasci d'ambe le parti un giuoco sufficiente per la dilatazione longitudinale. Questo è spesso necessario anche dove delle lunghe tratte si uniscono per la loro parte più bassa ad un tubo di scarico (fig. 2257).

Perchè l'acqua scorrente sul tetto non abbia a tracimare pel tratto corrispondente alla larghezza di tale cresta (per canali lunghi spesso cm. 10 compreso il risvolto), vi si suole saldare un dorso che guidi l'acqua nel canale.

La giunzione mobile già citata, con raddoppio in piombo, è rappresentata nella figura 2258 in una sezione longitudinale del canale: si rileva dalla stessa che è necessario un letto accuratamente disposto. È anche indispensabile che il fondo del tratto di canale superiore sporga dal raddoppio di piombo, per impedire i guasti che potrebbero venir prodotti da un malaccorto modo nello sgombrare il tetto dalla neve. Il raddoppio sarà quindi schiacciato a poco a poco fino ad ottenere la forma disegnata.

Se il canale dev'essere collocato entro una cornice di muratura, di legno o simili, il suo orlo anteriore dev'essere risvoltato verso l'esterno, come mostra la figura 2285 *a*, quando non sia possibile formare il grembialetto esterno di copertura in un sol pezzo col canale. Se anche tale risvolto non è eseguibile, cosicchè in caso di traboccamento l'acqua possa introdursi per il risvolto esterno nell'incassatura che contiene il canale, non rimane che a fare doppio il fondo del canale, con delle aperture di sfogo abbastanza ampie per poter prontamente ricondurre all'esterno l'acqua che si fosse introdotta con minaccia di danni (fig. 2280, 2281), ecc.

Nei canali dei compluvii si ovvia al traboccamento facendo larghe le ali del compluvio e mediante sfoghi di riserva all'estremità.

Posa ed assicurazione. — I canali svasati di forma semicircolare o di altra forma a trogolo che si approssimi a quella, si assicurano soltanto con *braccioli* o *cicogne* in ferro piatto, allorchè non sono molto grandi. Se sono collocati come indica la fig. 2244, allora non abbisognano di nessun organo particolare di sostegno.

I canali svasati sospesi (a sbalzo) (fig. 2259) o quelli incassettati (fig. 2260-2261), ecc. nelle gronde sporgenti e quando la cornice non possa funzionare da sostegno, si assicurano soltanto per mezzo di *cicogne*, che consistono in ferri piatti di mm. 8 ÷ 10 di grossezza e di cm. 2 ÷ 2,5 di larghezza, avvitati sull'assito, oppure su traversi quando l'orditura è a listelli. Quando la copertura è meno robusta, si devono far penetrare nell'assito colle teste delle viti affondate. L'estremità verso l'esterno viene ripiegata intorno al risvolto a cartoccio del canale verso l'interno, mentre l'orlo verso la gronda viene attaccato a quello della copertura (fig. 2259). Invece di essere avvitati per di

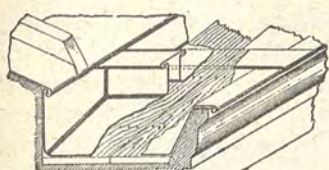


Fig. 2256.

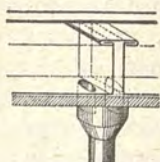


Fig. 2257.

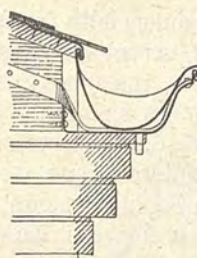


Fig. 2260.



Fig. 2261.

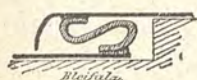


Fig. 2258.

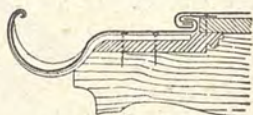


Fig. 2259.

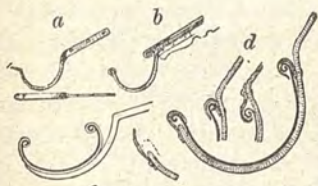


Fig. 2263.

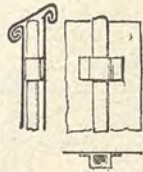


Fig. 2264 a.

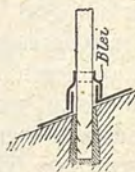
Fig. 2264 b.
Blei, piombo.

Fig. 2262.

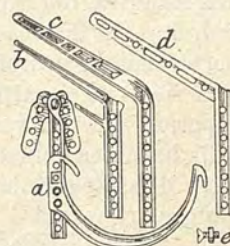


Fig. 2265.

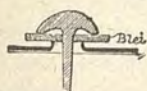


Fig. 2266.



Fig. 2267.



Fig. 2268.



Fig. 2269.

Fig. 2256 a 2269. — Particolari di canali di gronda.

sopra, in certe circostanze i braccioli possono essere avvitati lateralmente ai travicelli del tetto (fig. 2260).

Di tali braccioli o cicogne bisogna applicarne almeno uno ogni travicello (corrente) e quando la distanza dei correnti superi i cm. 80 se ne deve intercalare uno assicurato su appositi traversi abbastanza robusti (di almeno cm. 6 di grossezza), non mai sulle teste dei legnami, nè sulle tavole frontali inchiodate all'estremità dei travicelli, a meno che per esse si sia adoperato del legname specialmente forte e sia in particolar modo provveduto ad una buona loro assicurazione.

Nel caso che non siavi sporgenza di gronda del tetto, oppure anche per formare cogli stessi braccioli la pendenza del canale (senza cambiare la loro forma fondamentale) vengono provvisti di *linguette*, striscie di lamiera inchiodate (fig. 2263, 2263 d), che formano anche uncino. Oppure vengono muniti i bracciali di striscie di lamiera interamente saldatevi (fig. 2263 c), che offrono un letto sicuro al canale.

Nei luoghi esposti a turbini di vento (e specialmente allorchè trattasi di canali larghi) si salda sotto al canale un *collare*, che, abbracciando la cicogna, permette la dilatazione longitudinale.

Sopra questi canali non si deve camminare; però nei tetti molto inclinati è difficile che gli operai non abbiano a cercarvi quando loro occorra un punto d'appoggio. A rigore non si dovrebbero mai superare i 60 cm. di intervallo tra i braccioli ed anche nell'interesse della sicurezza edilizia non si dovrebbe sorpassare questa misura, se non quando si adottino lamiere di grossezza rilevante.

Se simili canali sono molto larghi, si deve provvederli di un sostegno all'esterno, oppure il loro orlo esterno deve essere appeso al tetto mediante staffa (fig. 2270).

I sostegni esterni restano già fermati da sè, quando i canali a libera sporgenza o a sbalzo devono ricevere un rivestimento esterno di ornamento e di difesa con lamiere piane od ondulate. Le figure 2264 *a* e *b* mostrano il modo più opportuno per assicurare simili sostegni, colle sporgenze di piombo, in forma di collari saldati.

Altra forma opportuna di queste staffe per canali sembra un'altra che già nel 1840 veniva fabbricata a stampo da una fabbrica renana di oggetti in ferro. Questo tipo trovò larga applicazione nell'America del Nord sotto vari tipi. La fig. 2265 *a* indica il ferro portacanalé assicurato con una piccola vite *e* ad un arpione, le cui ali superiori girevoli vengono avvitate sulla banchina del tetto; *b* è un altro ferro di sostegno, la cui punta superiore ripiegata viene conficcata nella faccia superiore di un corrente, mentre la punta inferiore penetra nella testa del corrente stesso. I sostegni foggiate come è indicato in *c* e *d* si inchiodano rispettivamente sopra ad un corrente o lateralmente ad esso.

Pei canali che devono essere appesi a cornici in muratura od in pietra da taglio, la copertura della cornice sta in immediato rapporto col canale stesso.

È naturale che queste coperture devano potersi dilatare come i canali, e che quindi se si deve perforare la copertura per assicurarla, i fori ed il relativo spazio di agio devono venir riparati da cappelli saldati, specialmente dove si abbia il dubbio che si introduca dell'umidità o in causa di pioggia torrenziale o perchè il canale non sia del tutto ermetico.

Speciale attenzione meritano le assicurazioni di tali coperture su pietra viva: la figura 2266 ne indica una.

La striscia di ricoprimento ha un foro allungato nel senso della dilatazione e ottenuto prima con punzonatura dal disotto, il quale viene coperto con una piastrina di piombo traverso

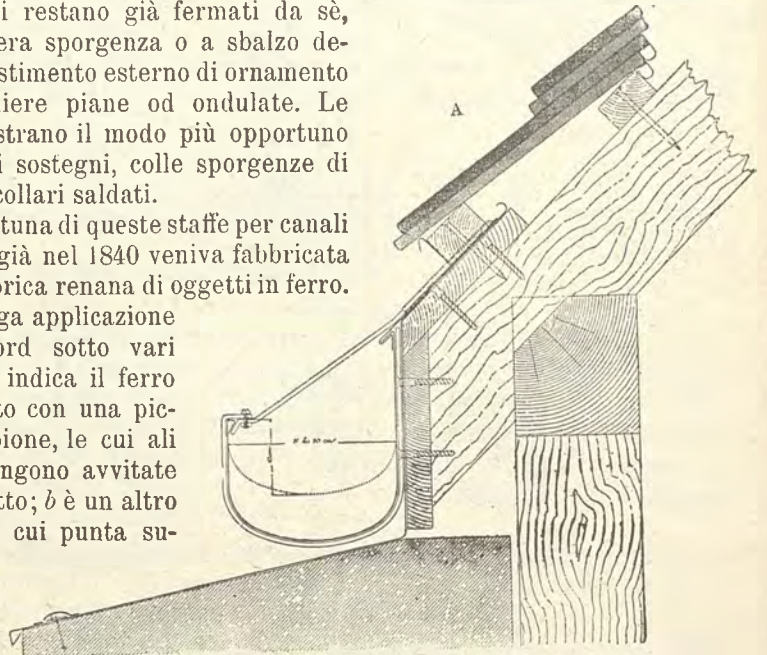


Fig. 2270. — Gronda di tipo prussiano.

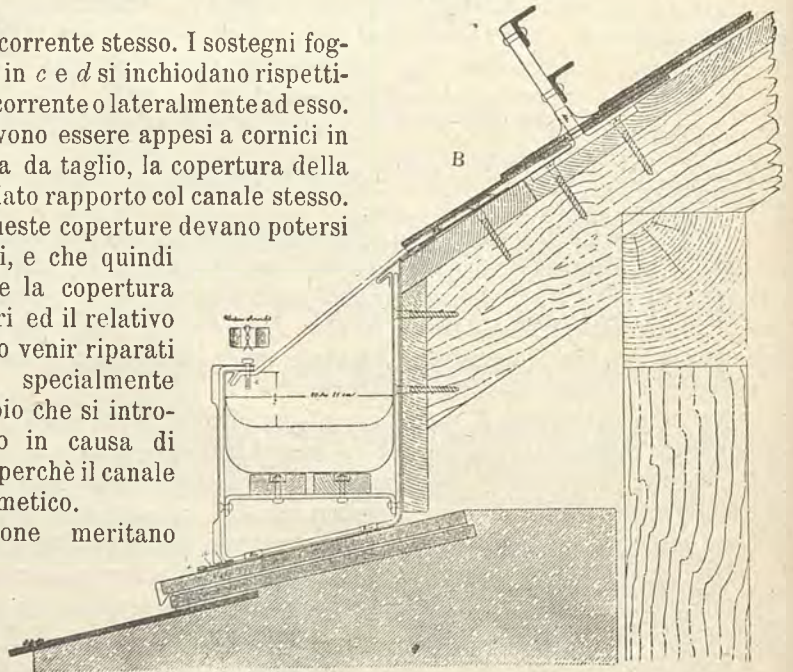


Fig. 2271. — Gronda di tipo prussiano.

a cui viene infisso un chiodo a testa cava entro una caviglia di legno infitta nella pietra. L'ossidazione (di poca importanza) della piastrina di piombo impedisce l'accesso all'umidità, mentre la duttilità del piombo garantisce la libertà di spostamento della lamiera di zinco. Questo sistema di assicurazione però si può adottare solo quando si tratti di spostamenti assai ristretti. Simile è l'assicurazione della fig. 2267; la vite richiede però che vi sia saldata sopra una calotta (fig. 2268). Se non è possibile avvicinarsi colla caviglia allo spigolo anteriore della pietra quanto occorrerebbe per assicurare la lamiera, serviranno ugualmente delle viti a gomito (fig. 2268), il cui dado colla rosetta di piombo vengono coperti da un cappello di lamiera saldatovi sopra. Se si deve inchiodare la lamiera sul legno, in modo da lasciar adito ai piccoli movimenti, i fori per la chiodatura si devono sempre praticare prima, dal basso in alto, come alla fig. 2266 e non come alla fig. 2269, nel qual caso la sbavatura penetrerebbe nel legno.

I tipi di canali rappresentati nelle fig. 2270 a 2275 sono quelli prescritti dal Ministero prussiano dei lavori pubblici fin dal 1887, per gli edifici governativi, salvo però quelle modificazioni a cui obbligassero speciali circostanze, che dovrebbero però motivarsi nel preventivo.

Le prescrizioni prussiane si accordano abbastanza colle disposizioni descritte, ma i tipi di cui qui è detto contraddicono in certo modo a tali prescrizioni; ciò dipende dal non aver potuto render visibili col disegno tutti i particolari costruttivi, e dal non aver modificato nei disegni talune disposizioni antiquate. Questi tipi furono discussi e anche criticati dai pratici, nè si sono voluti qui riprodurre per esempi del tutto imitabili, tanto più che nei nostri paesi si hanno sistemi assai differenti per costruzioni di tetti, gronde e di cornicioni di coronamento. Si è però voluto ad

ogni modo presentarli, non solo perchè sono degni di studio e potrebbero anche in qualche caso essere adottati, ma per mostrare quanta importanza si dia all'estero

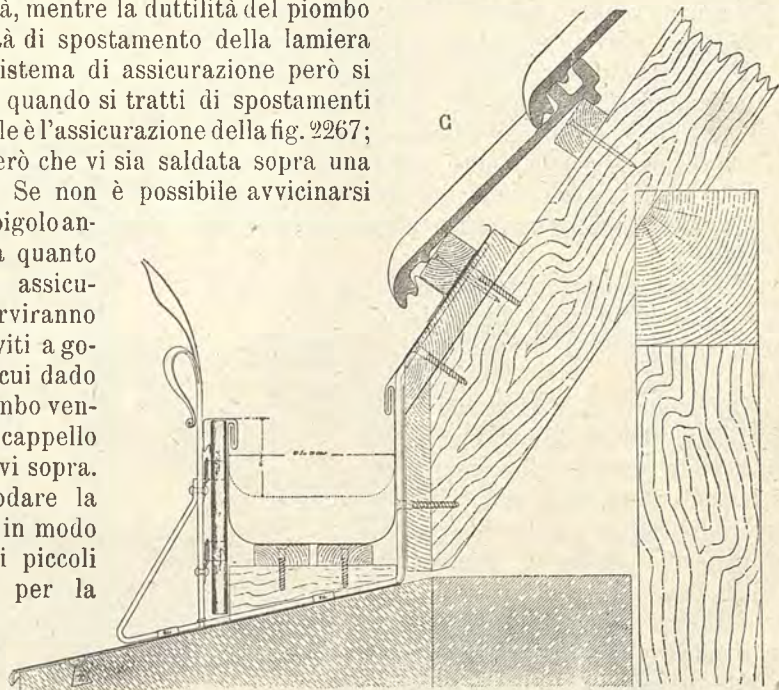


Fig. 2272. — Gronda di tipo prussiano.

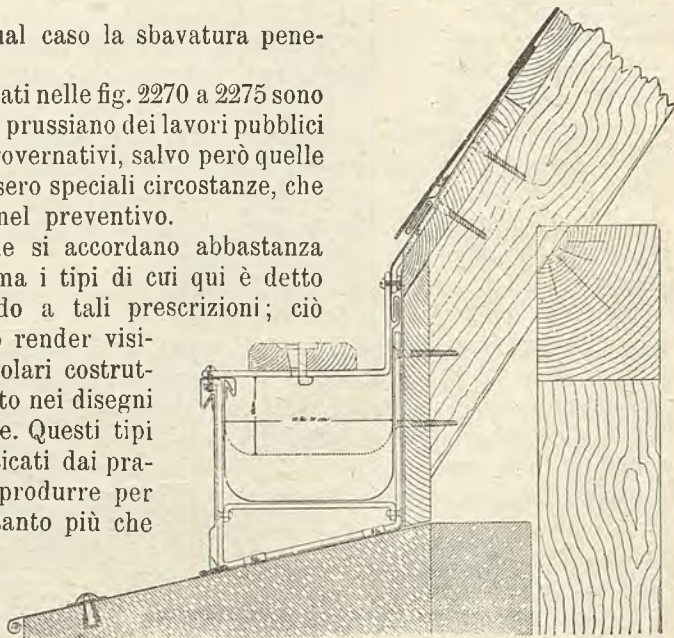


Fig. 2273. — Gronda di tipo prussiano.

a questo argomento, a questo particolare di finimento, in apparenza secondario, ma sul quale invece si dovrebbe fermare tutta l'attenzione dell'architetto e del costruttore che vogliono rendere minimi i danni dipendenti da gronde e da pluviali mal ideati e peggio applicati.

Una delle giuste critiche mosse a questi tipi si è quella della forma ovale del fondo del canale dei tipi A, E, F, che obbliga ad una spesa maggiore di costruzione, non potendosi eseguire cogli usuali attrezzi da lattoniere, onde occorrono operai speciali, senza che vi sia un motivo tecnico che obblighi a tale forma.

Un'altra giusta critica è quella che riflette il modo di assicurazione delle cinghie del canale alle tavole frontali.

Dai modelli B e C si rileva che il fondo del canale deve essere praticabile, per il che è necessaria la lamiera n° 15. In D si ha una tavola di passaggio assicurata con arpioni alla staffa di ritegno.

In B, C, D e F i ferri di sostegno sono circondati da manicotti di piombo per non impedire la libera dilata-

zione delle strisce di copertura: in E il ferro di sostegno è impiombato nel sasso.

I modelli B-E sia per riguardi architettonici, sia per miglior difesa contro il pericolo di venir strappati da un turbine di vento, sono provvisti anche di un rivestimento con lamiera frontale, assicurata ai ferri di sostegno con manicotti: questo rivestimento in C consiste di lamiera ondulata.

In B il cornicione è coperto con ardesia e non ha quindi d'uopo di una copertura metallica, come è applicata invece negli altri modelli, fuorchè in E, ove la cornice deve essere formata di pietra impenetrabile. La copertura della cornice in A è mantenuta in posto mediante un chiodo immurato nella cornice in muratura con copiglia e calotta di ricoprimento, in C mediante un arpione assicurato nella pietra con una caviglia di piombo. In D ed E sono adoperate allo stesso scopo

delle viti impiombate nella pietra, con relativa calotta, in F una vite introdotta in una caviglia di legno con zanca. In D la lamiera di copertura al bordo anteriore è rinforzata con un filo di ferro introdotto nel risvolto a cartoccio.

E ancora da notarsi che nella disposizione D, anche quando si adotti il fondo a sezione semicircolare, il bracciolo sottostante può essere vantaggiosamente sostituito

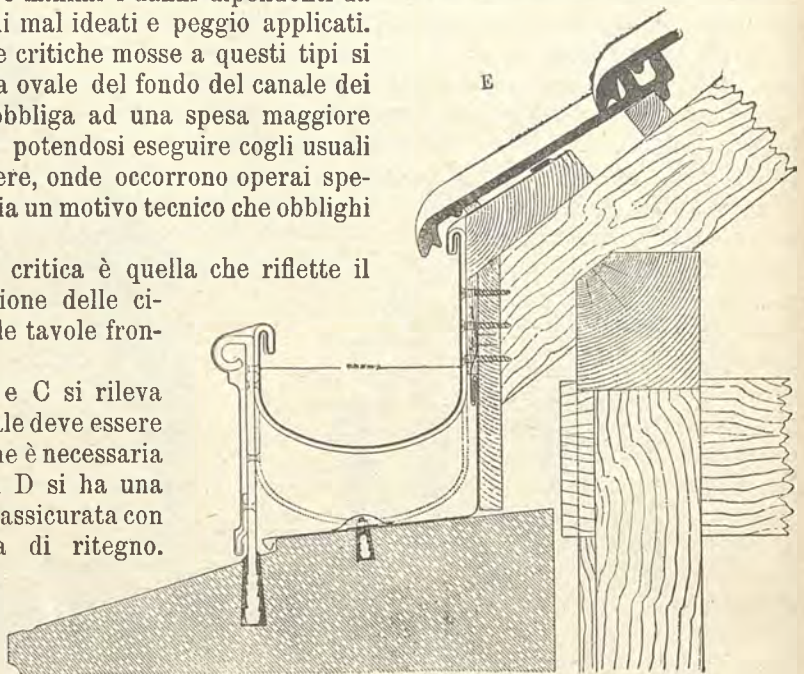


Fig. 2274. — Gronda di tipo prussiano.

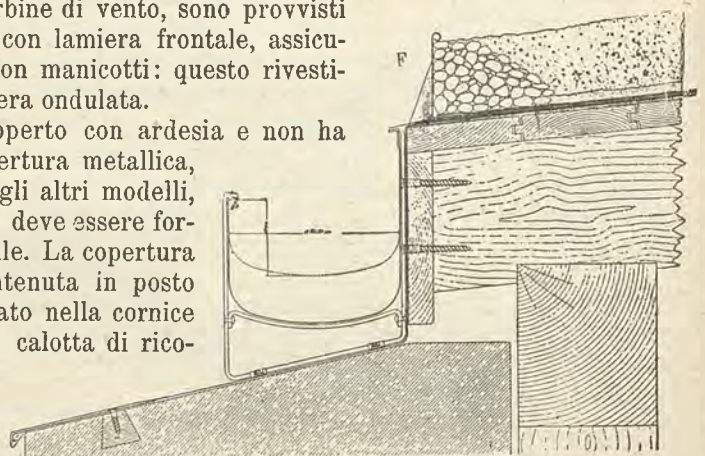


Fig. 2275. — Gronda di tipo prussiano.

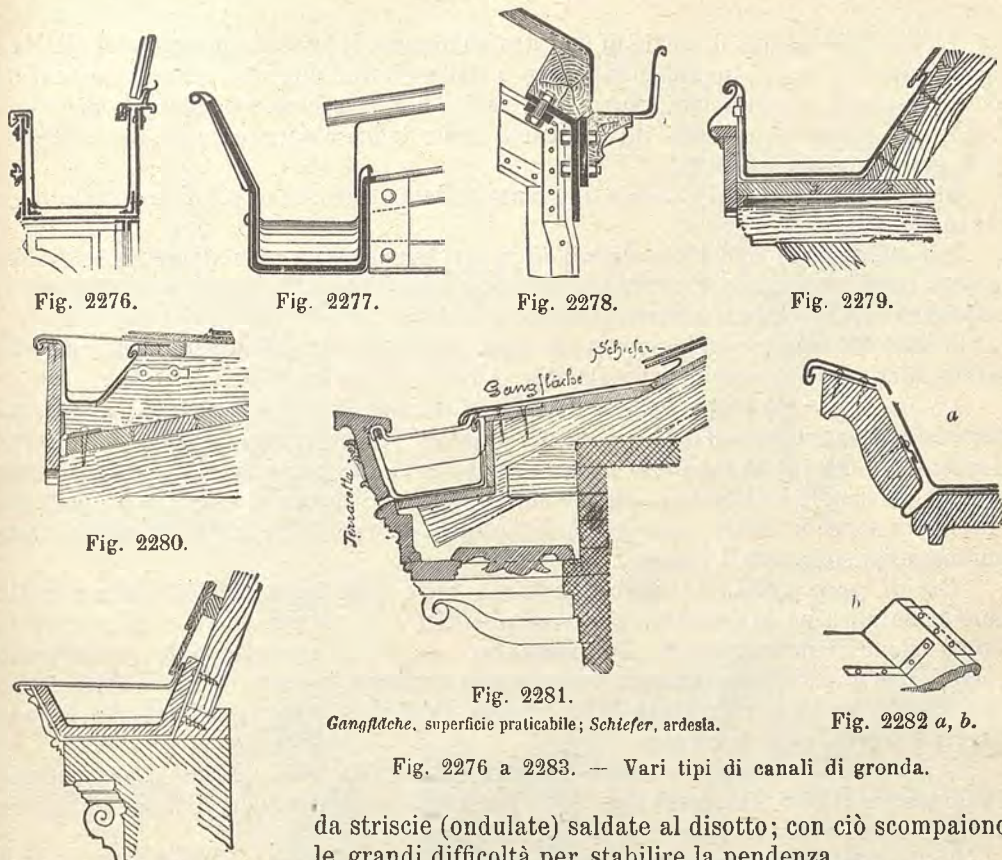


Fig. 2276.

Fig. 2277.

Fig. 2278.

Fig. 2279.

Fig. 2280.

Fig. 2281.

Fig. 2282 a, b.

Fig. 2283.

Gangfläche, superficie praticabile; *Schiefer*, ardesta.

Fig. 2276 a 2283. — Vari tipi di canali di gronda.

da striscie (ondulate) saldate al disotto; con ciò scompaiono le grandi difficoltà per stabilire la pendenza.

Qui in appresso si riproducono alcune forme di canale spesso adottate.

La fig. 2245 mostra un canale sporgente sopra una cornice in muratura coperta con pezzi obliqui di disposizione medioevale, ove il canale trova appoggio su pilastri isolati di muro corrispondenti al carattere architettonico dell'edificio.

A questo si connette un canale in lamiera di ferro (fig. 2276), nell'interno del quale ne è sospeso un altro in zinco, che si può levare per rinnovarne la coloritura interna; sull'orlo anteriore sono praticati opportuni fori per eliminare l'acqua aderente alla superficie.

La fig. 2277 rappresenta il canale di gronda, che sporge affatto libero, di una tettoia ferroviaria coperta con lamiera ondulata; una lamiera di protezione saldata sotto questa impedisce l'accesso alla neve ed all'acqua scorrente sul tetto. Il raddoppiamento del canale è fatto per motivi ornamentali; viene però così reso molto più difficile l'ispezionare ed il conservare con coloritura le cicogne, come pure in caso di soverchio riempimento del canale, riesce inevitabile il rigurgito dell'acqua verso la tettoia.

La fig. 2278 dà un'idea del modo di assicurare dei canali su appendici sporgenti in legno sulle costruzioni metalliche. La cornice inferiore in zinco a stampo addossata ad una gola in legno, non ha lo scopo di sostegno, ma è collocata soltanto per ragioni decorative; il canale è invece sostenuto coi soli braccioli.

La fig. 2279 mostra un canale sopra cornice di legno sporgente: la sua fronte è foggiate a cornice ed è applicata contro una tavola frontale. Il letto medesimo del canale ne forma il sostegno. Il raddoppio dell'orlo posteriore è disposto assai opportunamente per impedire il rigurgito dell'acqua.

La fig. 2280 mostra il canale di un tetto all'inglese. Il letto di appoggio del canale è qui costituito dal soprapuntone bullonato e dall'asse frontale, che è anche assicurato con bracciolo avvitato lateralmente ai travicelli e con ferro a L. L'acqua che eventualmente traboccasse verso l'interno trova facile deflusso per mezzo dei fori nel ferro a L e nel tavolato del tetto.

Similmente è formato il canale designato nella fig. 2281, nascosto dietro una cornice di terracotta.

Per guadagnare sufficiente altezza ed in pari tempo per rompere l'impeto dell'acqua e della neve, ed anche per offrire un passaggio opportuno agli operai, si è disposto il soprapuntone foderato e coperto di zinco.

Il letto del canale è raddoppiato con zinco, per poter far defluire senza danno dalla parte inferiore l'acqua che eventualmente si introducesse fra lo zinco e la terracotta.

Le fig. 2282 *a* e *b* rappresentano il modo di fissazione della cimasa e del ricoprimento anteriore in una cornice di legno; la piastra angolare per assicurare la cimasa è incassata. La fig. 2283 mostra un canale su letto di legno con rivestimento di zinco. Per assicurare il letto del canale è disposto al disotto un bracciolo. (Si deve notare che la doppia linea disegnata sopra il canale rappresenta la cresta all'unione di due tratti di canale e non un ferro per sostenere il canale).

Canali sopra attico. — I fabbricati di una certa importanza architettonica e quelli monumentali sono in generale provvisti di attici o di cornici che non consentono la applicazione di un semplice canale sporgente o sospeso, nè ammettono che questo possa fingere una qualsiasi membratura della cornice dandogli speciale forma e colorendolo del colore che ha il rimanente della cornice. Così pure bisogna evitare che l'acqua pluviale scorra lungo la cornice.

Si deve perciò collocare il canale o dentro l'attico (fig. 2284 e 2285), o nascondarlo intieramente dietro allo stesso (fig. 2286). Nel primo caso si deve dare al largo cornicione una pendenza verso l'interno fino ad apposito canale.

La fig. 2284 rappresenta il cornicione della Galleria Nazionale a Berlino. La copertura dell'attico con pendenza verso il canale superiore, come pure il modo di copertura della cornice, sono tecnicamente difettosi, perchè in caso di traboccamento del canale l'acqua che può insinuarsi nel vuoto sotto la copertura della cornice non trova sfogo.

Questo difetto è evitato colla disposizione della fig. 2285. E così più razionalmente la copertura dell'attico ha pendenza verso l'esterno e la copertura della cornice è formata in un sol pezzo di piombo col suo canale. I diversi raddoppi di sicurezza usati sono rappresentati in particolare nelle figure accessorie da *a* ad *e*, mentre in *e'* ed *e''* sono indicate altre maniere di raddoppio per l'orlo esterno della copertura della cornice.

Il canale nascosto, a sacca (fig. 2286), è adottato qualche volta, sia dietro attici che dietro cornici molto sporgenti, il cui orlo esterno non debba essere caricato, e nelle quali sia da evitare ogni scolo d'acqua verso l'esterno. La fessura assai stretta da cui l'acqua passa al sottostante canale, impedisce gli effetti dell'ingombro della neve; le lamiere sospese assicurano lo sgocciolamento dentro il canale. Questo canale però non può essere collocato che entro strutture non soggette a gelo e deve essere accuratamente garantito da eventuali ingombri interni, ciò che si può ottenere facilmente con un rivestimento interno asportabile e con frequenti ispezioni.

Nelle falde di tetto molto larghe, specialmente nelle tettoie con molta sporgenza, spesso si dispone un canale principale al di sopra della serie dei sostegni frontali, introducendo nei sostegni stessi le doccie di scarico, mentre per la parte sporgente del tetto si applica un piccolo canale speciale, il quale ha scolo per mezzo di beccucci o altre simili disposizioni (fig. 2287).

I canali a conca, quali occorrono nell'incontro al piede di falde opposte, ossia in impluvii, si possono rendere sicuri solo dando ad essi dimensioni piuttosto grandi e

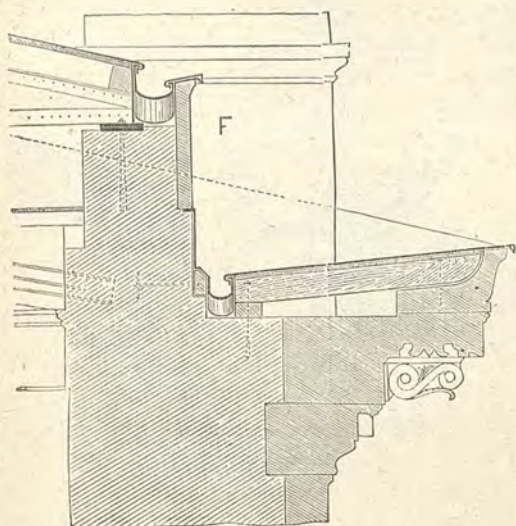


Fig. 2284. — Gronda della Galleria Nazionale di Berlino.

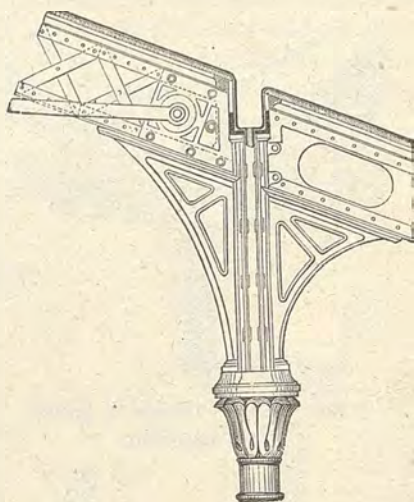


Fig. 2287. — Canale di gronda su colonne.

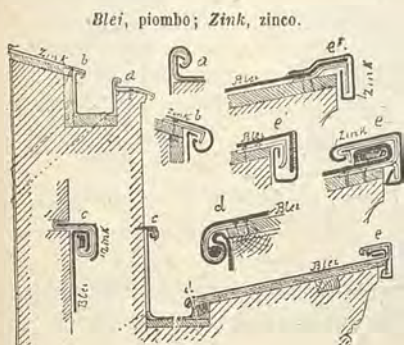


Fig. 2285. — Esempio di gronda per attico.



Fig. 2286. — Canale nascosto.

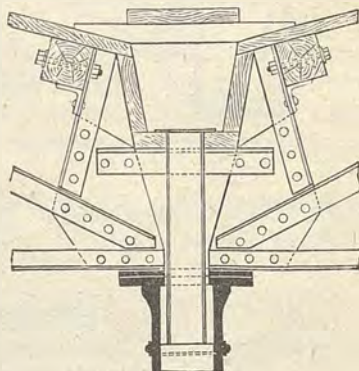


Fig. 2288. — Canale di gronda in impluvio.

perciò abitualmente non hanno pendenza, cosicchè riesce necessaria una ispezione più frequente, la quale si deve poter effettuare senza pericolo.

La fig. 2288 mostra l'incassatura in legno che serve di letto ad un simile canale fra due puntoni in ferro. Sebbene non vi sia bisogno di camminare sul canale — servendo a ciò la tavola apposta — è opportuno di incassare l'orlo del tubo di scarico nel fondo del canale, perchè non abbia a produrre danni, quando vi si posa sopra il canale di zinco.

La fig. 2289 mostra una disposizione simile, nella quale una lamiera sottoposta al canale serve a meglio garantire contro qualche eventuale penetrazione di acqua.

Nella fig. 2290 *a* e *b*, è rappresentato il canale per un tetto a capannone (*shed*), nel quale si devono rilevare due difetti. Primo, quello del canaletto interno (*b*), che raccoglie l'acqua di condensazione, non collocato abbastanza al disopra del canale principale, per poter scolar bene in quest'ultimo; in secondo luogo quello di condurre l'acqua alla colonna (che fa da tubo di scarico) mediante un tubo (che serve da sostegno) curvato a forma di imbuto, ciò che facilita il passaggio di materie otturanti.

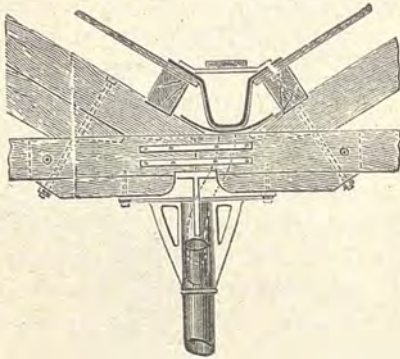


Fig. 2289. — Canale di gronda in impluvio.

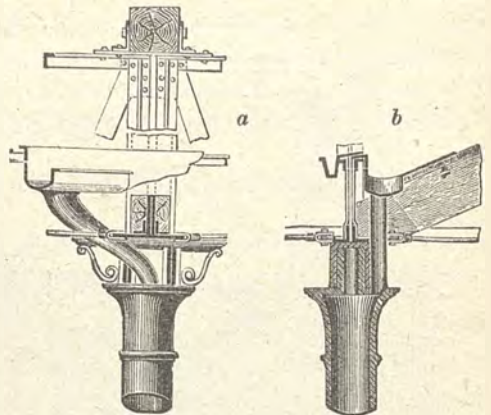


Fig. 2290 a, b. — Canale di gronda per tetto a capannoni.

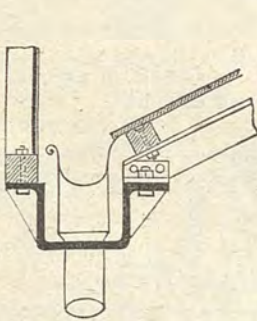


Fig. 2291. — Canale su colonne con ossatura di ghisa.

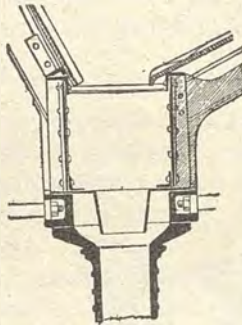


Fig. 2292. — Canale per tetto a shed.

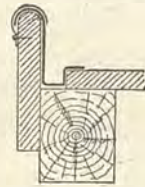


Fig. 2293.

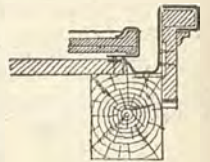


Fig. 2294.

Canali per frontispizi o frontoni.

Nella fig. 2291 è rappresentata una disposizione ora alquanto antiquata, nella quale l'ossatura costruttiva del canale è formata in ghisa, e dentro vi è collocato un canale di zinco, che ha la necessaria pendenza: il sostegno di questo imbecca nella colonna cava di sostegno, che riceve anche l'acqua (di condensazione) che scola fuori del canale.

Molto migliore e degna d'essere presa a modello è la disposizione della figura 2292, applicata in una fabbrica di panni di Sedan. Le pareti del canale in ferro, come pure la superficie inferiore del tetto a *shed*, sono intonacate; si ritenne superfluo un canale indipendente.

Molte volte viene foggiato a canale anche il finimento ornamentale del frontispizio dei tetti sporgenti, come mostrano le fig. 2293 e 2294.

Benchè l'attacco della copertura a ridosso delle torrette da camino si faccia sempre ad un modo, sia che si tratti di tegole, di ardesia od anche di cemento bituminoso o di metallo (ad eccezione della lamiera ondulata), e sebbene trattando di quei vari generi di copertura si siano già indicati i modi di attacco, pure si riporta nella fig. 2295 il sistema di attacco che permette di eseguire sul tetto soltanto due giunti a saldatura, ed anche questi nei punti meno pericolosi, sulla parte rivolta verso il canale, mentre le altre saldature possono venire eseguite prima.

Infine nella fig. 2296 è disegnata una sorta di chiodo a due punte, ancora poco conosciuto, che viene ritagliato da lamiera di ferro in diverse grandezze e che offre eccezionali servizi nell'assicurare i letti per canali e i canali stessi, nonchè le striscie di ricoprimento agli attacchi coi muri, ecc.

Come si è già osservato, a questo particolare di finimento delle fabbriche si annette in generale molto minore importanza di quella che realmente ha, e i danni talvolta rilevanti che subiscono certe fabbriche, e le conseguenti costose riparazioni, sono assai spesso dovuti alla trascuratezza con cui sono ideati ed eseguiti i lavori inerenti allo

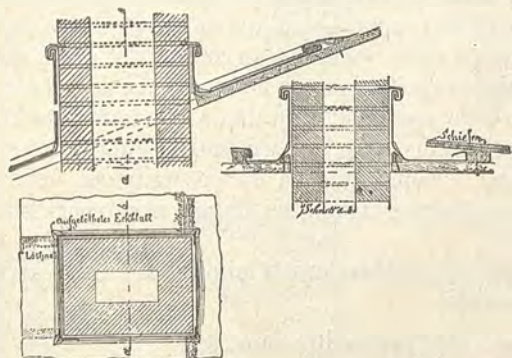


Fig. 2295. — Sistema di risvolto delle lamie contro torrette da camino e simili.

Schiefer, ardesia; *Schnitt a b*, Sezione a b; *Aufgelöthetes Eckblatt*, foglio d'angolo saldato; *Löthnaht*, giunto a saldatura.



Fig. 2296.

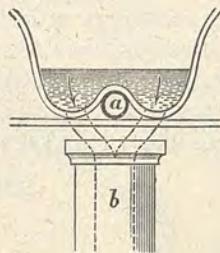


Fig. 2297. — Canale di gronda in impluvio.

smaltimento dell'acqua piovana. Talvolta tali danni furono irreparabili, poichè avvennero su preziose pitture di autori, le quali nessuno può ripristinare. Non si raccomanderebbe dunque mai abbastanza di porre ogni cura nel progettare i sistemi di smaltimento delle acque, nella esecuzione di essi e soprattutto nella vigilanza a che l'esecuzione sia quanto meglio è possibile perfetta.

Sarebbe bene riportare altri esempi, ma si ritiene che siano bastevoli quelli riprodotti qui e gli altri che furono già dati, trattando dei vari generi di copertura, oltre quelli che si daranno ancora parlando delle coperture di vetro.

Una cura speciale si deve avere nell'impedire l'agglomeramento della neve nei canali di impluvio inclinati, come in quelli orizzontali posti fra due falde di tetto, poichè la neve congelandosi nel canalone impedisce il libero efflusso dell'acqua di sgelo, dando luogo così a un congelamento maggiore e quindi a impossibile scolo.

Sarà perciò assai utile di coprire gli impluvii con una rete metallica arcuata, in modo che la neve si fermi contro e sopra di essa, cosicchè il canalone rimanga sempre libero. Ove poi i locali sottostanti al coperto siano riscaldati a vapore o ad acqua calda, sarà anche opportuno di foggare il canale d'impluvio come indica la fig. 2297, cioè in modo che sotto di esso si possa far passare un tubo di vapore o di acqua calda, il quale faciliterà lo scioglimento della neve e il libero efflusso dell'acqua entro il tubo contenuto nella colonna, che, trovandosi in un ambiente riscaldato, avrà una tale temperatura da impedire il congelarsi dell'acqua di sgelo. Anche in questo caso converrà però coprire l'impluvio mediante coperchio arcuato di rete metallica. Questa serve anche ad impedire che nel canalone entrino foglie di piante, carte o materiali che lo ingombrino e vadano poi ad ostruire le bocche di scarico.

Verso la gronda si applicano dei ferri orizzontali, detti rompineve, chiodati su ritti pure di ferro, che servono a trattenere la neve scorrente sulle falde e tendente a precipitare in basso. Se ne vede un esempio nella fig. 2271. I ritti si inchiodano al tavolato formante letto, o agli arcarecci. Di tali rompineve dovrebbero sempre provvedersi non solo i tetti metallici ma anche ogni altro genere di tetto con falde ad inclinazione tale da permettere l'arrestarsi della neve, e il conseguente scorrimento durante lo squagliamento.

c) Canali in ghisa.

Da molto tempo in alcuni paesi industriali si impiegano con buon risultato canali di ghisa asfaltata con mm. 3-5 di grossezza. Si è notato che canali di ghisa di questo genere rimasero in opera oltre a 25 anni, senza bisogno di qualsiasi manutenzione e neppure di una ridipintura. Nella fig. 2298 si rappresenta in *a* un canale di ghisa per tetti a capannone (*shed*), in *b* un altro formante cornicione, in *c* un compluvio, e in *d* un canale di gronda per forti sporgenze. Le unioni (*e*) si fanno per mezzo di viti in fori oblungi e con interposizione di fogli di piombo o di guarnizioni in tela da vela imbevuta di asfalto o di paraffina. Si comprende come colla ghisa sia facile ottenere qualsiasi profilo, in modo da soddisfare a tutte le esigenze, e come non sia da preoccuparsi della dilatazione, poichè le scanalature destinate alle guarnizioni dei singoli pezzi permettono ad essi una sufficiente mobilità.

La rinomata fonderia di Prato dell'ing. Attilio Cerutti fabbrica un tipo corrente di gronde di ghisa delle seguenti dimensioni:

larghezza mm.	150,	profondità mm.	85
>	>	170	>
			95

d) Doccie o tubi di scarico.

Sono ordinariamente formate con lamiera di zinco dei numeri 13 a 15, con lamiera di ferro zincata, e con lamiera di rame per i tetti coperti in rame. Le estremità inferiori verso la strada, specialmente quando le doccie sboccano in condotti sotterranei di fognatura, sono però quasi sempre formate con tubi di ghisa asfaltata. In via eccezionale per edifici decorati si adottano anche tubi in lamiera di ferro smaltata.

Il diametro delle doccie si calcolerà colla formola $Q = \mu A v$, in cui μ è un coefficiente che può prendersi uguale a 0,60, tenendo conto della lunghezza dei tubi, v la velocità dell'acqua uguale a $\sqrt{2gh}$, h l'altezza d'acqua sopra l'orificio di scarico, A la sezione del tubo. Detto d il diametro di questo, $A = \frac{\pi d^2}{4}$ e quindi:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \times 0,60 \sqrt{2gh} = 2,08 \sqrt{h} \times d^2, \quad \text{da cui} \quad d^2 = \frac{Q}{2,08 \sqrt{h}}$$

$$\text{Per } h = 0,05 \text{ si ha } d^2 = 2,1 \times Q$$

$$> \quad h = 0,10 \quad > \quad d^2 = 1,5 \times Q$$

$$> \quad h = 0,15 \quad > \quad d^2 = 1,2 \times Q.$$

Nel caso precedentemente considerato per Q , in cui si è trovato (pag. 939) che $Q = 0,002$ e nel caso di $h = 0,10$ sarà $d^2 = 1,5 \times 0,002$, ossia $d = m. 0,054$, onde il diametro interno di 7 od 8 cm. sarà più che sufficiente per smaltire l'acqua di una falda di tetto di m. 10×8 (corrispondente a $Q = 0,002$), onde si vede che adottando quei diametri si potrebbe anche aumentare la distanza fra i tubi di scarico, portandola da 10 a 12 o 15 metri.

Le doccie si collocano tanto in incassature praticate nei muri, quanto esternamente. Quando l'incassatura è chiusa all'esterno, ossia quando il tubo rimane completamente nascosto nella muratura, si possono verificare inconvenienti dannosi, specie durante i geli. Occorre una cura speciale nelle giunzioni del tubo, affinchè queste non abbiano da spandere acqua e quindi imbevare la muratura che si macchierebbe; e così pure bisogna impedire che penetrino nel tubo materiali che lo ingombrino e diano luogo a otturazione e quindi a dannosi trabocchi: per ovviare ai pericoli dovuti al gelo bisognerebbe poi sempre riempire di materia isolante il vano che rimane fra il tubo e la mura-

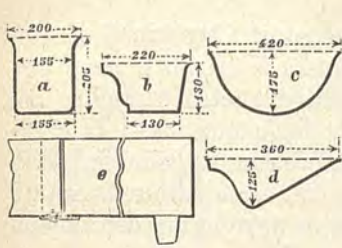


Fig. 2298.

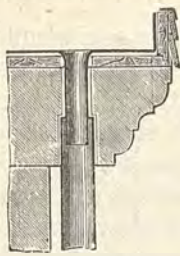


Fig. 2299.

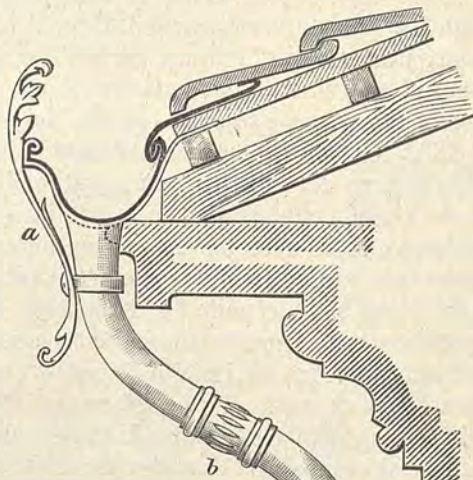


Fig. 2303.

- a*, foglia ornamentale.
- b*, colletto »
- c*, bracciolo ad anello.
- d*, cassetta per gomito.

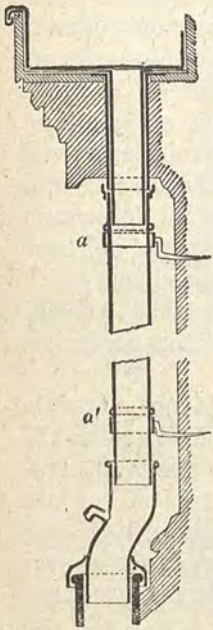


Fig. 2301.

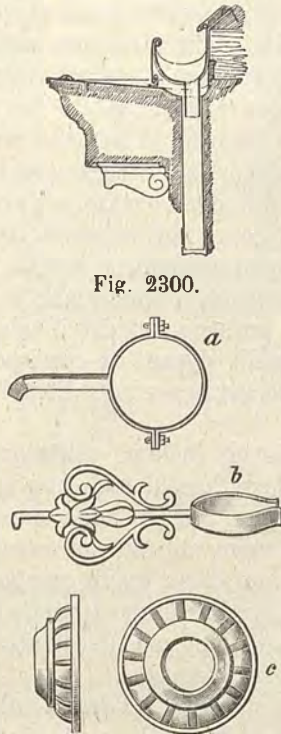


Fig. 2302.



Fig. 2304.



Fig. 2305.

Fig. 2298 a 2305. — Tubi pluviali e loro particolari.

tura. Se esigenze veramente imperiose di estetica o di altra natura non obbligano alla incassatura è sempre meglio attenersi al sistema di mettere tutto il tubo esterno, abbastanza staccato dal muro, salvo ad incassare solo la estremità inferiore, che riuscirebbe di ingombro nella via. Questa estremità inferiore, per l'altezza di m. 2 ÷ 3 si fa sempre di ghisa, come si disse, e l'incassatura si lascia aperta all'esterno.

Il ritegno dei tubi si fa per mezzo di braccioli o staffe ad anello, sopra alle quali si appoggia il collarino saldato al tubo (fig. 2301 *a*, *a'*). La distanza di queste staffe l'una dall'altra varia di regola per lamiera di zinco da m. 2 ÷ 3,25. I braccioli sono semplici od ornati (fig. 2302) sia nel gambo, sia nell'anello, e assai spesso, come si è visto per le teste esterne delle chiavi da muro, hanno formato e formano oggetto di motivo decorativo, nello stesso modo che nei secoli scorsi formavano motivo ornamentale gli scarichi liberi delle gorne, raffiguranti draghi alati, pesci, mostri, ecc. L'anello in generale si fa a cerniera, in modo che il tubo vi si possa collocare aprendo l'anello, ossia senza doverlo infilare. Un sistema di ritegno, specialmente seguito dagli americani, è quello rappresentato nella fig. 2306 *d*, *e*, che è il più antico, mentre quello della fig. 2307 è il più

recente. Con questi sistemi si evitano gli appoggi a collarino sopra i braccioli, richiedenti spesso delle riparazioni. Dove il tubo si innesta nel canale di gronda è bene formare una specie di imbuto, preferibilmente a elisse, avente il diametro maggiore nel senso longitudinale del canale e ciò per facilitare lo scarico dell'acqua, ossia la chiamata allo sbocco; saranno quindi da evitarsi i sistemi rappresentati nelle fig. 2299 e 2300, il secondo dei quali presenta il difetto di non poter lasciar esaminare se la tenuta dell'attacco del tubo di scarico colla imboccatura è ermetica; si deve in tal caso almeno fare in modo che si possano levare insieme, introducendo perciò uno speciale tubo di imbocco, come nella fig. 2301. Non sempre è possibile, o per ragioni costruttive od anche per ragioni di estetica, far passare il tubo di scarico attraverso al cornicione del fabbricato, come si vede nelle fig. 2299, 2300, 2301 e allora si incurva superiormente il tubo, mascherando l'innesto con foglie ornamentali od altro (fig. 2303 *a*), specialmente quando all'innesto vi sia un imbuto, il quale è sempre indispensabile nei punti ove vi è nel canale un cappello di dilatazione (fig. 2257). Talvolta si formano tanto presso il canale di gronda, quanto nel punto di innesto del tubo nella muratura, dei gomiti ad angolo ed allora si usano delle cassette (fig. 2303 *d*) più o meno ornate, e dove il tubo entra nel muro si collocano dei rosettoni (fig. 2302 *c*). Sopra agli imbocchi dei tubi nel canale di gronda è sempre prudente collocare dei cappelli semisferici, mobili, a grata, formata in filo di ferro o di ottone forte od anche di rame, che impediscano il trasporto nel tubo di foglie, sorci, uccelli morti, carta, ecc., che possano ostruire il tubo e produrne poi il trabocco o anche la rottura, e dove tali cappelli restano in corrispondenza di abbaini bisogna munirli di serratura a lucchetto di sicurezza per impedirne l'apertura arbitraria da chi non vi è autorizzato.

Quando i tubi pluviali funzionano, sono invasi insieme coll'acqua da una notevole quantità di aria, cosicchè se i tubi sono piuttosto lunghi e di non grande diametro, la quantità d'aria supera talvolta quella dell'acqua, dando luogo spesse volte a interruzioni nel deflusso. Questo inconveniente si evita abbastanza usando tubi di lamiera ondulata (fig. 2304), oppure tubi aventi sezione come quelle rappresentate in *a*, *b*, *c* della fig. 2306. Un altro mezzo per evitare l'inconveniente è quello di applicare ai vari tronchi del tubo di discesa a sezione circolare dei piccoli tubetti sfiatatoi, di dove l'aria, trascinata in basso dalla forza dell'acqua, possa sfuggire.

Durante gli sgeli, il tubo non lavora a bocca piena, e l'acqua cola lentamente sulle pareti interne del tubo, cosicchè facilmente avviene il successivo congelamento dei veli d'acqua lambenti le pareti, e aumentando la massa del ghiaccio nell'interno del tubo, questa può in certi punti ostruirlo e quindi dar luogo a trabocchi e rotture. Si può fino ad un certo punto evitare l'inconveniente coll'applicare nell'interno del tubo delle linguette di lamiera, formanti cono, colla bocca stretta verso il basso, e producenti così dei restringimenti di sezione, che valgono ad aumentare la velocità dell'acqua e tendono a portarla verso l'asse del tubo. Così per evitare le rotture si possono fare dei tubi con raddoppio di piombo (fig. 2305), che permetta al metallo di liberamente dilatarsi e restringersi.

In generale i tubi pluviali si scaricano sotto terra, ed in tal caso per poter facilmente avviare ad eventuali ingombri, si deve disporre all'estremità inferiore un pozzetto di raccolta, od una specie di cassetta di spazzatura, com'è rappresentata nella fig. 2308. Nei luoghi ove l'ispezione può farsi facilmente, presta buon servizio un tronco scorsoio rappresentato in *b* della fig. 2301, che avverte anche degli ingorghi coll'efflusso dal tubetto ricurvo *b*, il quale serve altresì da manico.

Naturalmente questi tronchi scorrevoli si adottano di preferenza dove il tubo di scarico deve piegarsi sopra una cornice di basamento, sostituendoli ai soliti gomiti. Se al piede dei tubi e sotto la via si colloca un pozzetto, bisognerà che la sua bocca di scarico, opposta a quella di immissione, sia abbastanza alta sul fondo del pozzetto, in modo

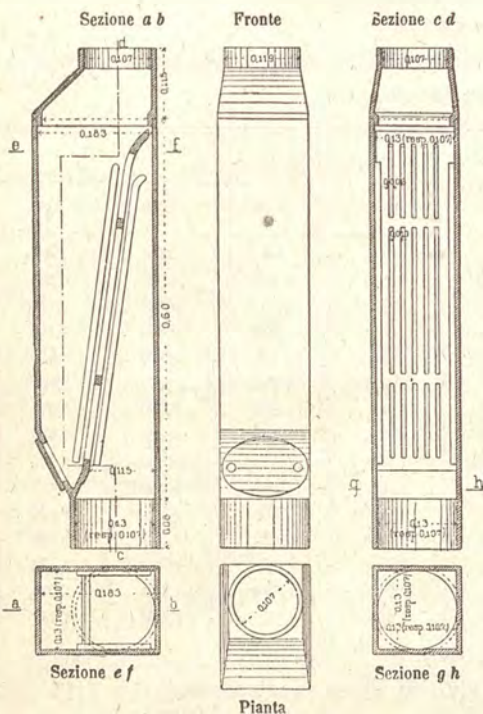


Fig. 2308. — Cassetta di pulitura per pluviali.

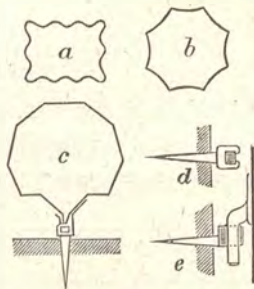


Fig. 2306. — Forme speciali di pluviali.

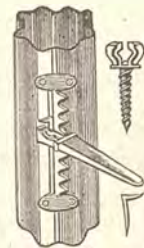


Fig. 2307. — Tipo americ. di sostegno per pluviale.

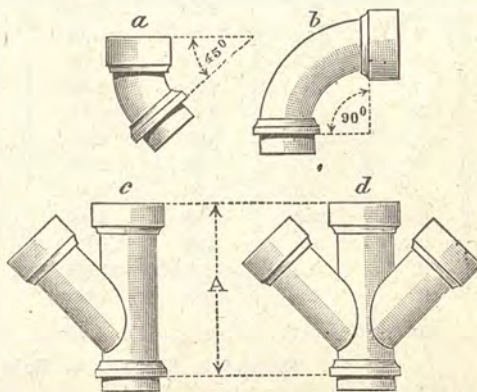


Fig. 2309. — Gomiti e braghe per pluviali.
a, curva aperta; b, curva ad angolo retto; c, braga semplice; d, braga doppia.

che questo possa contenere una certa quantità delle materie, specialmente sabbiose, che vengono trasportate dall'acqua, e oltre a ciò la bocca di scarico sarà munita di grata metallica mobile, colla quale si impedisce l'eventuale passaggio di materie solide o ingombranti nel condotto stradale. Questi pozzetti di ispezione e di espurgo, quando corrispondessero a bocchette stradali, sarà bene che siano a sifone, onde impedire che i gas emananti dalle materie raccoltesi nel pozzetto si sprigionino nella strada.

Si è detto che i tubi pluviali si fanno ordinariamente di zinco o di lamiera di ferro zincato: oggi giorno però, in seguito ai progressi della lavorazione del ferro e della ghisa, si fanno anche dei pluviali in ferro asfaltato ed anche di ghisa, con relative curve, gomiti, attacchi (braghe) (fig. 2309). I pluviali di ghisa riescono però relativamente pesanti, per quanto sottile sia la parete del tubo. I tubi di ghisa sono provvisti delle relative alette da murare, fuse insieme col tubo. Essi si fanno anche ornati (fonderia di Prato)

Tabella XC. — Tubi pluviali di zinco.

(Peso approssimativo per metro lineare).

Diametro in cm.	Lastra del 9 mm. $\frac{9}{10}$	Lastra del 10 mm. $\frac{10}{10}$	Lastra del 11 mm. $\frac{11}{10}$	Lastra del 12 mm. $\frac{12}{10}$	Lastra del 14 mm. $\frac{14}{10}$
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
5	0,550	0,700	0,820	0,950	1,100
8	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600
10	1,100	1,400	1,650	1,900	2,200
12	1,300	1,650	1,920	2,300	2,700
15	1,600	2,000	2,400	2,800	3,200

Tabella XCI.**Tubi pluviali di lamiera di ferro zincato inchiodati e saldati, graffiati e saldati.**

(Peso approssimativo in Kg. per metro lineare)

Diametro in cm.	Sviluppo in cm.	GROSSEZZA IN MILLIMETRI						
		1,25	1	0,80	0,60	0,50	0,40	0,35
		Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
5	18,5	1,850	1,600	1,300	1,110	0,900	0,740	0,660
5,5	20,5	2,000	1,750	1,430	1,230	0,980	0,820	0,740
6	21,5	2,150	1,820	1,500	1,290	1,030	0,860	0,770
6,5	23,0	2,300	1,950	1,600	1,380	1,100	0,920	0,830
7	25,0	2,500	2,120	1,750	1,500	1,200	1,000	0,900
7,5	27,0	2,700	2,300	1,900	1,620	1,290	1,080	0,970
8	28,0	2,800	2,380	1,960	1,680	1,340	1,120	1,000
8,5	30,0	3,000	2,550	2,100	1,800	1,440	1,200	1,100
9	32,0	3,200	2,720	2,240	1,920	1,530	1,280	1,150
9,5	33,0	3,300	2,800	2,310	1,980	1,580	1,320	1,200
10	34,0	3,400	2,900	2,380	2,040	1,630	1,360	1,220
10,5	35,0	3,500	2,970	2,450	2,100	1,680	1,400	1,230
11	37,0	3,700	3,140	2,590	2,220	1,790	1,480	1,330
12	40,0	4,000	3,400	2,800	2,400	1,920	1,600	1,450

Tabella XCII. — Tubi pluviali di ghisa incatramata.

(Peso in Kg. per ogni tronco).

Diametro interno mm.	Tronchi dritti (in metri)						Tronchi a gomito (in metri)				Curve		Braghe		
	2,00	1,50	1,00	0,50	0,25	0,125	2,00	1,50	1,00	0,50	aperta	ad angolo retto	semplice	doppia	alle zze
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	m.
50	—	—	8,000	4,300	2,600	1,500	—	—	8,500	4,300	1,800	2,200	4,000	5,000	0,25
60	—	—	9,000	5,000	3,000	1,800	—	—	9,800	5,000	2,000	2,500	4,500	6,000	0,25
70	—	—	10,000	5,500	3,400	2,000	—	—	10,800	5,500	2,400	3,400	5,000	7,000	0,30
80	27,000	21,000	14,000	6,000	3,800	2,200	27,000	21,000	11,000	6,000	2,600	4,000	6,000	8,800	0,30
90	30,000	22,500	12,000	7,000	4,000	2,400	29,000	22,000	13,500	7,000	2,800	4,200	7,000	10,000	0,30
100	31,000	23,000	13,000	7,500	4,300	2,800	31,000	25,000	15,000	8,000	3,700	4,700	8,000	11,300	0,30

Tabella XCIII. — Tubi pluviali di ferro asfaltato (germanici).

(Peso in Kg. per ogni tronco).

Diametro interno (mm)	Tronchi dritti (in metri)									Gomiti semplici					Gomito doppio	Braghe			
	1,75	1,15	0,85	0,55	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	angolo 90°	angolo 75°	angolo 60°	angolo 45°	angolo 30°		ad angolo retto	semplice ad ang. ac.	doppia ad ang. ac.	
	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.		
45	7	5,5	3,5	3	2,1	1,8	1,2	0,8	0,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	2,8	—	1,8	2,5	
57	9,2	5,8	4,5	3,1	2	1,8	1,6	1,2	0,8	1,8	1,5	1,4	1,4	1,3	3	2,2	2,4	3,5	
68	10,5	6,5	5,5	3,4	3	2,5	1,9	1,4	1,1	2,4	2,4	2,2	2,1	2	4,5	3,8	3	5,2	
82	13	8,2	7,5	5	4	3	2	1,5	1,3	2,7	2,7	2,5	2,2	2	5	4,5	3,8	6	
95	15,5	10	8,3	6	4,6	3,8	3	2	1,8	3,5	3,4	3,1	3	2,7	7,4	5,7	5,4	7,6	
110	19	13	10,2	7,1	6	5	3,8	3,1	2,1	5,6	5,4	3,2	4,5	4	—	6,8	7,2	9	

e) Coperture speciali di cornici.

Quanto si riferisce alle ordinarie coperture in lamiera si rileva da quanto si è detto sopra.

Recentemente si è adottata con ottimo successo la lamiera di ferro zincata o smaltata, colla quale si possono adoperare lunghezze non interrotte di m. 4 per la prima, di poco più di m. 2 per la seconda.

I giunti di testa sono disposti come indica la fig. 2310 (sezione longitudinale della lamiera).

I raddoppi sottostanti vengono fatti in lamiera zincata ed assicurati alla cornice in uno dei modi descritti.

A intervalli di circa cm. 70 ÷ 80 le lamiere di copertura hanno dei passetti a manico, inchiodati prima della zincatura o smaltatura, i quali vengono introdotti in arpioni assicurati alla cornice (fig. 2311).

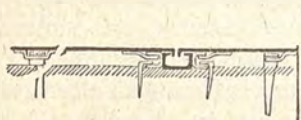


Fig. 2310.

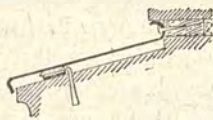


Fig. 2311.

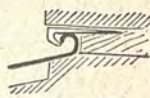


Fig. 2312.

Fig. 2310 a 2312. — Particolari per copertura di cornici.

L'assicurazione superiore si fa nel modo consueto con chiodi o piccoli uncini (fig. 2311, 2312).

Queste lamiere sono molto più rigide che la lamiera di zinco, richiedono minor numero di attaccature, e possono essere anche preparate nelle officine speciali i relativi pezzi curvi coi quali si possono eseguire gli angoli rientranti, come i profili delle cornici.

Poichè queste lamiere si riscaldano in minor grado dello zinco, ecc., così anche le pietre delle cornici coperte risentono meno calore e quindi minor danno.

XVI. — LUCERNARI, TETTI A VETRO E COPERTURE IN VETRO

Alla grande varietà di destinazione dei locali che vengono illuminati coi lucernari, corrisponde una non minore diversità nelle disposizioni sia di insieme, sia di particolari.

In singoli casi è possibile dare alla struttura del tetto una forma tale da raggiungere immediatamente lo scopo prefisso coi più semplici mezzi; in altri casi sarà necessario di vincere con costruzioni studiate nei loro più minuti particolari le svariate difficoltà emergenti, sia dalle condizioni climatiche generali, sia dalla natura dei mezzi costruttivi da impiegarsi. In ogni caso tali difficoltà meriteranno un accurato esame, specialmente se si tratta di applicare un sistema sperimentato in altri luoghi, in circostanze speciali.

a) Condizioni fondamentali.

In tutte le disposizioni che mirano a ottenere la luce dall'alto, si tratta, sia di assicurare il più pronto scolo dell'acqua pluviale esterna, sia di evitare od almeno di eliminare con sicurezza l'acqua stillante all'interno causata dalla condensazione dell'umidità dell'aria interna, sopra la faccia inferiore delle parti della costruzione

che hanno maggiore conduttività calorifica. Però si deve soddisfare a questi due scopi senza compromettere il grado di illuminazione. Questa ultima condizione è spesso resa anche più difficile dalla condizione di evitare le penombre o le ombre portate, onde le alterazioni che ne risentono le forme architettoniche.

La limitazione così imposta nelle dimensioni delle membrature portanti e la fragilità del vetro rendono vieppiù difficile il problema della durabilità di costruzioni esposte a tutte le deleterie influenze meteoriche. A questo riguardo rappresentano la parte principale i diversi coefficienti di dilatazione dei materiali impiegati, come pure la loro facilità a deteriorarsi sotto l'influenza di grandi cambiamenti di temperatura, nonchè gli inquinamenti dell'aria colle esalazioni dei camini, ecc.

In modo relativamente più facile si possono eliminare le acque pluviali esterne ed ottenere una durevole impenetrabilità rispetto alle medesime, mentre si incontrano le maggiori difficoltà per la difesa dell'acqua di condensazione e per l'eliminazione di essa.

Le cause di penetrabilità possono principalmente dipendere dalla elasticità delle incavallature del tetto, da oscillazioni di esse per cause esterne, dal sollevamento di lastre di vetro per urti d'aria dall'interno (quindi anche in seguito a violenta chiusura di porte), dalla influenza di variazioni di temperatura, dall'alterazione dei mezzi adoperati per ottenere l'impermeabilità, dalla rottura violenta di lastre di vetro per effetto di grandine o di caduta di oggetti e dallo spezzarsi delle lastre medesime per il congelamento di acqua, eventualmente penetrata nelle commessure. Invece lo sgocciolamento all'interno è causato non solo dall'acqua o dalla neve penetrate dall'esterno sotto la spinta dei venti o per risucchio, quando sia molto scarsa l'inclinazione delle lastre, ma anche dal depositarsi della rugiada o dal vapore acqueo che si condensa sopra le superficie fredde di vetro o di metallo (talvolta anche di legno) e infine, ciò che venne qualche volta riscontrato dall'azione prolungata della irradiazione delle parti metalliche, che sieno in contatto immediato coll'aria fredda esterna oppure non sieno sufficientemente riparate contro l'irradiazione nello spazio libero, essendochè le sottili lastre di vetro offrono soltanto una ben piccola resistenza all'irradiazione termica. Se sulla superficie inferiore delle parti in vetro od in metallo si trovano delle ineguaglianze, queste formano dei centri d'irradiazione; quivi si formano i primi agglomeramenti di umidità, che, col successivo accrescersi, vengono a costituire delle grosse gocce, le quali, se la pendenza della superficie non è sufficiente, invece di scorrere su di essa, se ne distaccano cadendo.

Da tutto ciò si rileva che contribuiscono ad una buona riuscita, la maggior pendenza possibile, l'esclusione di collegamenti orizzontali (specialmente grossi e di metallo) nella superficie del tetto e l'esclusione del contatto di aria calda ed umida colle superficie interne.

L'inclinazione sufficiente si può ottenere mediante la struttura del tetto, e per evitare lo sgocciolamento, il miglior sistema è quello di munire gli arcarecci di speciali canaletti appesivi al disotto in modo che ne abbraccino tutta la larghezza. Si possono anche evitare gli arcarecci mediante costruzioni rialzate sopra la superficie del coperto e si può impedire l'effetto dell'aria calda ed umida col formare dei lucernari doppi, cioè disponendo sopra il locale di cui si tratta lucernari interni ed esterni. Tuttavia anche per questi lucernari interni (soffitti a vetri) è spesso necessaria molta precauzione, come d'altra parte si danno dei casi nei quali lo smaltimento dell'acqua di condensazione non richiede grandi riguardi.

La determinazione della grossezza dei vetri da impiegarsi dipende essenzialmente dalla inclinazione colla quale si devono collocare in opera le lastre, ma in pari tempo anche dalla larghezza e lunghezza di esse. La grossezza e le dimensioni delle lastre

influiscono però sul prezzo altrettanto come la qualità del vetro, se cioè *soffiato, colato, vetro duro, ecc.* (V. *Lavori da vetraio*). Non si può quindi stabilire in proposito alcuna regola fissa: però pei casi più comuni si può ritenere che per inclinazioni limitate, si reputa conveniente una distanza tra i portavetri di circa m. 0,50 per una lunghezza di lastre di m. 1 in cifra tonda; per maggiori larghezze fino a m. 0,65, una lunghezza di circa m. 0,78 ed una grossezza di mm. $4\frac{1}{2} \div 5$, pel vetro soffiato e di 7 ÷ 12 mm. pel vetro colato e rigato o scanalato.

Naturalmente per inclinazioni maggiori si può relativamente diminuire la grossezza mentre è opportuno mantenere le dimensioni superficiali delle lastre, sopra riportate.

Per inclinazioni assai deboli o si devono adottare lastre di maggior grossezza o tenere i portavetri più vicini. Diventano necessari anche dei canaletti per traverso in corrispondenza alle giunture. Le grosse lastre di vetro greggio, non solo hanno il vantaggio di una resistenza assai grande, ma si possono avere di grandi dimensioni superficiali con la faccia inferiore assai piana che offre tanto meno occasione allo sgocciolamento, inquantochè la cattiva conduttività del vetro per il calore neutralizza i rapidi cambiamenti di temperatura.

Il vetro greggio scabro e *scanalato*, la cui superficie non piana è da collocare sempre al disopra, dà luogo ad una grande dispersione di luce. Quando è collocato piatto, richiede una pulitura più frequente, altrimenti viene rapidamente offuscato dalla fuliggine e dalla polvere. La neve vi scorre sopra difficilmente.

Oltre alla scelta della qualità di vetro bisogna rivolgere l'attenzione alla sagoma dei *ferri a vetro*, i quali devono offrire non solo garanzia di tenuta, anche senza mastice, ma che l'acqua pluviale eventualmente infiltrantesi venga smaltita e che le lastre di vetro restino bene assicurate onde non abbiano a scorrere sotto l'azione del proprio peso o di eventuali scosse. Speciale cura bisognerà avere riguardo alla sovrapposizione delle lastre in direzione orizzontale, nonchè alla tenuta e all'impeachmento di sgocciolamento nelle giunzioni. Finalmente nei lucernari destinati a dar luce dall'alto bisognerà avere la massima cura nella disposizione dei canali e negli attacchi, nonchè nel collegamento dei ferri a vetro cogli arcarecci.

b) Superficie illuminanti disposte verticalmente o quasi.

Nel modo più semplice si dispongono le superficie vetrate dei capannoni (o tetti a *shed*) (fig. 2313, 2314). In generale esse si dispongono come le vetrate ordinarie da finestra, tenendo però presente la loro speciale destinazione. Di rado è necessario farle mobili per la aerazione, alla quale si prestano meglio le altre falde del tetto.

I ferri a vetri verticali si scelgono convenientemente tra quelli a sagoma di \perp (V. fig. 35-37 Tav. I, pag. 773), utilizzando opportunamente le scanalature delle ali per trattenere il mastice. Di rado occorre di dividere anche secondo l'altezza le lastre di una campata compresa fra due ferri, ciò che diminuisce assai le spese di costruzione: ma quando ciò fosse necessario, allora il modo più semplice consiste nell'introdurre una traversa di ferro

con sezione a \perp stuccando con mastice, oppure nel ricorrere ad un semplice *piombo* di commessura. Siccome ciò non sarebbe conveniente per grandi larghezze, perchè in seguito ai movimenti occasionati dalla pressione del vento, le giunture si allenterebbero, vi si sostituisce una lista di zinco munita di canaletto che viene sigillata solo con vernice ad olio tra la commessura (fig. 2318 a-d): questi canaletti possono poi sboccare lateralmente in altri canaletti disposti accanto o sotto i ferri a vetro principali.

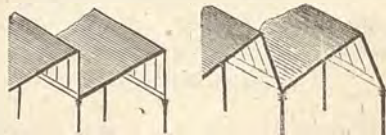


Fig. 2313.

Fig. 2314.

Tetti da capannoni.

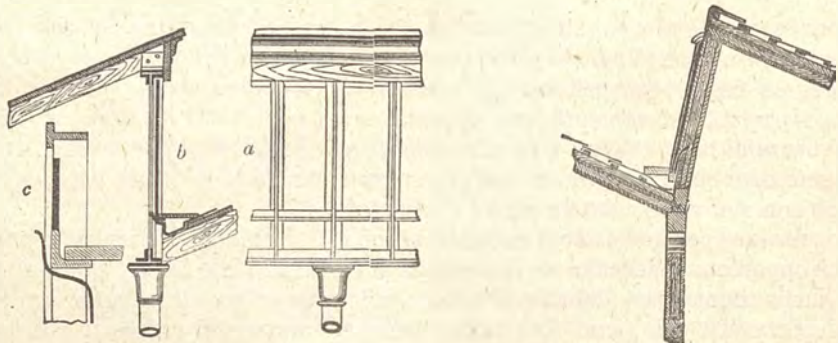


Fig. 2315 a, b, c.

Fig. 2316.

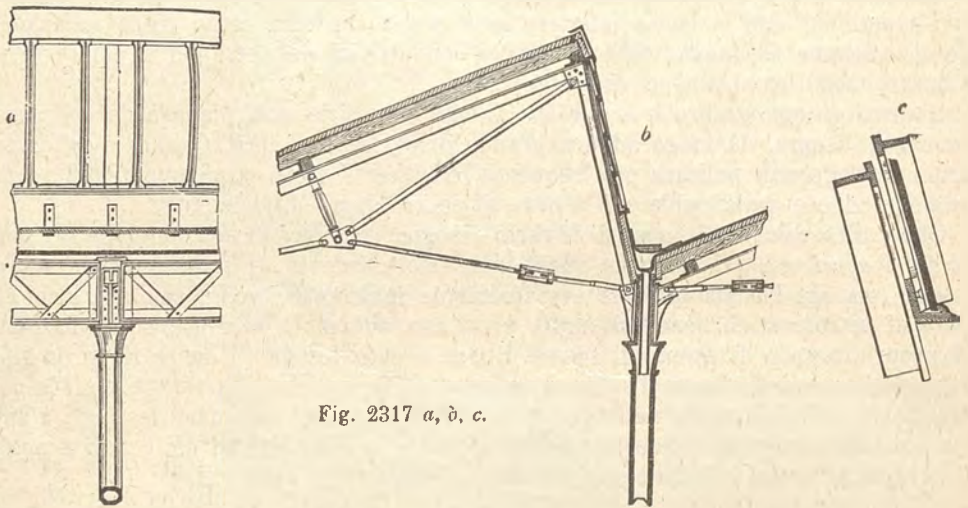


Fig. 2317 a, b, c.

Fig. 2315 a 2317. — Particolari costruttivi di lucernari per tetti a sega.

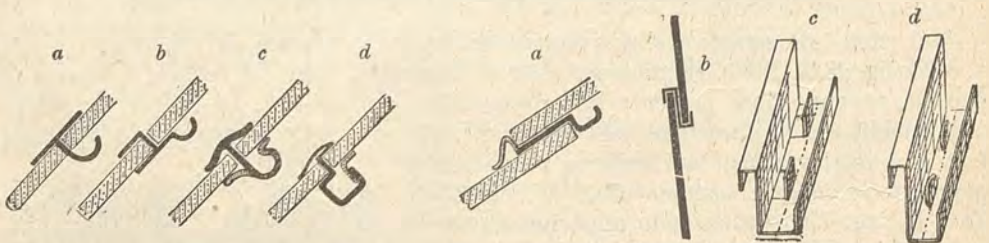


Fig. 2318 a-d.

Fig. 2319 a-d.

Fig. 2318 e 2319. — Sistemi di congiunzione fra le lastre dei lucernari quasi verticali.

La forma indicata in *d* è da adottarsi solo allorchè il canaletto ha una sensibile pendenza verso una estremità; quella indicata in *b* non si deve mai adottare allorchè siavi timore di congelamento. Tutte le forme si possono anche facilmente applicare colla *piegatura* verso l'esterno; in tal modo però è resa più difficile l'esecuzione, segnatamente il giusto taglio delle lastre.

In generale si preferisce una leggera sovrapposizione delle lastre di vetro, ottenendosi la chiusura ermetica con uno dei traversi sopranominati, che serve in pari tempo ad impedire lo scorrimento della lastra superiore (fig. 2319 a-d). Solo con forti

inclinazioni è necessario adottare la forma a canale indicata nella fig. *a*: applicando la forma *b* si devono praticare nell'ala inferiore dei fori a non più di cm. 15 di intervallo; le striscie di chiusura sono inchiodate o saldate alle estremità. Non resta però escluso il pericolo che le lastre di vetro abbiano a spezzarsi pel congelamento dell'acqua eventualmente rimasta fra le due lastre nel tratto di ricoprimento, onde si preferiscono i traversi a mastice. Sono però più opportune le forme delle fig. 2319 *c* e *d*, per le quali naturalmente occorre della lamiera di zinco molto grossa. Le alette interne risvoltate all'insù servono a tener ferma la lastra superiore contro l'inferiore, ed i tagli fatti per formarle permettono lo scolo all'esterno dell'acqua che potesse infiltrarsi fra le due lastre.

Queste vetrature non chiudono ermeticamente e quindi non riparano del tutto dal vento; però non è da temersi un raffreddamento dei locali riscaldati sottoposti, perchè

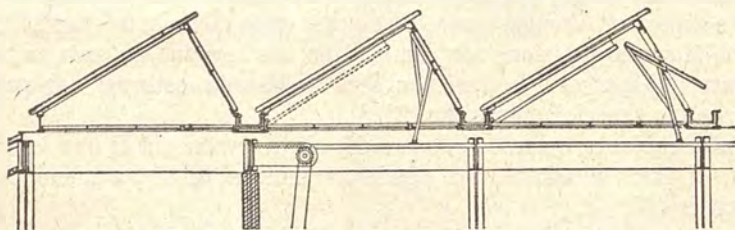


Fig. 2320. — Lucernari mobili per tetti a sega.

l'aria calda che risale nell'interno ha sempre almeno una piccola prevalenza di pressione sull'aria esterna, onde non è da temersi che un po' di efflusso dell'aria calda interna.

Sebbene sembri superfluo, pare però opportuno rammentare che al colmo della vetrata si deve applicare un grembiale di ricoprimento all'esterno (fig. 2316, 2317), ed al piede un canaletto (fig. 2315, 2316, 2317) che conduca l'acqua di condensazione interna nel canale principale di scarico.

I ferri a vetro principali possono essere collegati colla parte superiore e con quella inferiore del contorno della vetrata, in modo da formare insieme un'intelaiatura, che può portare il canale da un sostegno all'altro, come è indicato nella fig. 2315.

Una disposizione che ha dato buona prova è quella rappresentata nella fig. 2320 con finestre da *shed* mobili. Essa è stata adottata nell'ospedale infantile del R. Istituto *Charité* di Berlino.

Simili ai capannoni sono le costruzioni applicate dapprima per di più di 50 anni in Russia, nella Germania del Nord, in Francia e nell'America del Nord dall'ing. Poppe (specialista tedesco in giardinaggio) per la conservazione delle piante tropicali (orchidee), che sono più generalmente conosciute col nome di tetti alla *Boileau* (fig. 2321). Sono specie di lucernari collocati a cavaliere di tetti a doppio piovante piano, di cui sole le superficie laterali sono vetrate. Perciò la luce entra da tutte le parti, all'infuori che zenitalmente, condizione che ha spesso grande importanza. I ritzi verticali formano in questa disposizione le divisioni delle campate (ferri a vetro), mentre i tiranti obliqui sono collocati al di fuori o al di dentro della parete vetrata.

Nelle ultime applicazioni del suo sistema, Poppe aveva disposto questi tetti in modo che solo nelle campate al colmo ed in basso fosse necessario un taglio obliquo, dispo-

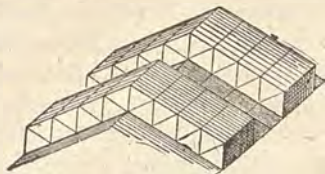


Fig. 2321. — Tetti di sistema Poppe detti alla *Boileau*.

nendo i contraffissi perpendicolarmente alle falde del tetto; l'insignificante aumento nel consumo del ferro, veniva largamente compensato dal minor ritaglio delle lastre di vetro, ecc.

Per finestre da lucernario ritte su muri e su banchine in pietra, riesce difficile di formare una congiunzione che impedisca l'introduzione dell'acqua e lo sgocciolamento ai piedi delle spalle della finestra. Sotto questo rapporto si è dimostrata buona la disposizione rappresentata nella fig. 16, Tav. VI (pag. 778): alcuni forellini nell'ala inferiore esterna della longherina di profilo a H guidano all'esterno l'acqua di condensazione.

c) Lucernari a piccola inclinazione.

Nei lucernari aventi pendenza minore di 45° , una goccia che scorra lungo la superficie inferiore di una lastra, quando viene ad urtare contro la testa della lastra inferiore nella quale la superiore è sovrapposta, si stacca e cade facilmente (fig. 2322). Se poi le due lastre nella sovrapposizione non combaciano, ma lasciano fra esse un po' di spazio, allora il vento può passarvi e trascinar seco dell'acqua esterna, nel qual caso avrà luogo di certo uno sgocciolamento (fig. 2323).

Per questa ragione, quando il lucernario deve avere più di una lastra nel senso dell'altezza, di rado si adotta una pendenza minore di 45° , a meno che vi siano speciali motivi.

Però anche con un'inclinazione minore, purchè si abbia l'avvertenza di tagliare alquanto obliquamente la estremità inferiore della lastra sottoposta (fig. 2324), si può dirigere le gocce lateralmente verso le pareti del telaio. Rimane però sempre ancora il pericolo che l'acqua si congeli nella commessura di sovrapposizione e spezzi le lastre. Piegando alquanto i lati dell'intelaiatura, in modo che risulti una commessura aprentesi sotto un angolo di circa 5° , per esperienza si è trovato che si diminuisce tanto sensibilmente la capillarità della commessura stessa, che il gelo non può più far danno ed anche l'acqua che si introduce non può sgocciolare nell'interno (fig. 2325). Perciò sono opportuni i tetti poco inclinati per i locali che hanno bisogno di aerazione limitata.

Nelle lastre molto grosse possono pure, in caso di taglio irregolare del vetro, formarsi degli agglomeramenti di gocce, donde lo sgocciolamento a cui si deve riparare collo smussare gli spigoli (fig. 2326 a). È questo però un mezzo costoso e perciò torna più conveniente quello di non far appoggiare direttamente una lastra sull'altra. Se si tratta però di una chiusura impermeabile all'aria, si deve interporre una striscia di mastice, oppure, poichè questo non è durevole, introdurre un cuscinetto in carta stagnata o piombata, alquanto convesso nel mezzo verso il basso e forato per lasciar scolare l'acqua interna (fig. 2326 a). Se i correnti del telaio hanno dei canaletti laterali, le striscie di chiusura si faranno nel mezzo convesse verso l'alto, per guidare l'acqua in tali canaletti; solo in questo modo si possono stabilire dei giunti realmente a tenuta d'aria.

Se non si richiede una perfetta tenuta d'aria, bastano delle strette liste di zinco, secondo la maniera rappresentata nella fig. 2319. Una forma assai conveniente e che si è riscontrata opportuna in tali casi, è quella rappresentata nella fig. 2326 b; il distacco fra le lastre è interrotto dalla parte interna solo da piccoli supporti, mentre nella parte esterna rimangono liberi solo dei piccoli fori posti di fronte ai supporti superiori.

Anche la forma rappresentata nella fig. 2326 c trova frequente applicazione; è tuttavia da temersi facilmente una congelazione dell'acqua tra le due lastre quando l'intervallo sia inferiore a 4 mm.

Sovente, anche per piccole inclinazioni, ma specialmente quando si adopera vetro molto sottile, si taglia anche l'estremità inferiore della lastra come venne sopra indicato

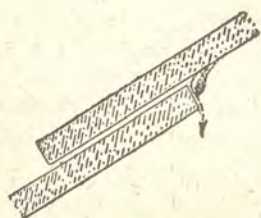


Fig. 2322.

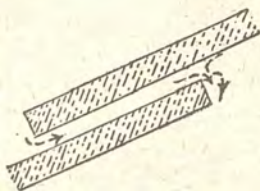


Fig. 2323.

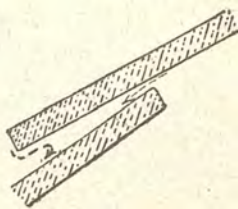


Fig. 2325.

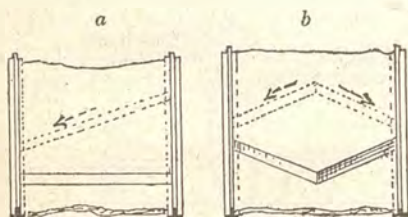


Fig. 2324 a, b, c.



Fig. 2326 a, b, c.

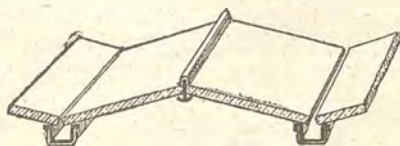


Fig. 2327.



Fig. 2328.

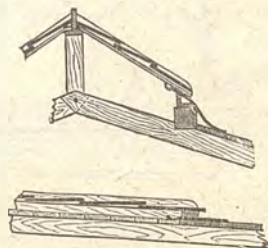


Fig. 2329.

Fig. 2322 a 2329. — Modi di ovviare allo sgocciolamento dei lucernari da tetto.

obliquamente od in tondo (col vertice in mezzo) (fig. 2324 b), affinchè la sovrapposizione sia maggiore quando si abbia a temere un eventuale piegamento.

Nelle falde di tetto molto alte è bene di impedire che tutta l'acqua pluviale scorra sull'intera superficie di vetro (anche quando è molto inclinata) evitando così grandi pericoli pei locali coperti in causa di rotture od anche di piccole perdite. Si dispongono perciò le lastre trasversalmente all'inclinazione del tetto, alquanto inclinate a sella (a due pioventi), dandosi ai travicelli degli impluvi una sagoma a canale ben pronunciata (fig. 2327).

Se la pendenza del tetto è molto piccola, i lucernari vengono rialzati sopra la superficie del tetto in modo da avere una pendenza sufficiente (fig. 2328, 2329); oppure si ripartisce l'intera superficie in singoli tetti a sella, a 2 pioventi, disponendoli trasversalmente alla pendenza del tetto e con altezza corrispondente alle lastre, intercalando ancora fra essi dei canaletti secondo la pendenza del tetto (fig. 2330, 2331), che possono avere un pendio minore di 1 : 1, per es. 1 : 3 ed anche meno.

Se non si possono adottare questi mezzi, bisogna ricorrere a disposizioni a scalini nelle quali le lastre aventi un'inclinazione minima di 1 : 3,5 sono sostenute nelle estremità superiore ed inferiore, con o senza ricoprimento, da ferri a canale che sboccano nei canali degli arcarecci o ferri a vetro inclinati (fig. 2332 ÷ 2335).

Quest'ultimo sistema, all'infuori che per l'applicazione di canali trasversali rivestiti in legno, ecc., o di canali di zinco appesi al disotto, è pericoloso, quando, dopo un freddo forte, repentinamente dell'aria calda ed umida entra sotto il tetto, ed ai canali disposti secondo i travicelli non si può dare la pendenza sopra indicata. Inoltre con questo sistema viene molto compromesso il passaggio alla luce. Si ha invece il van-

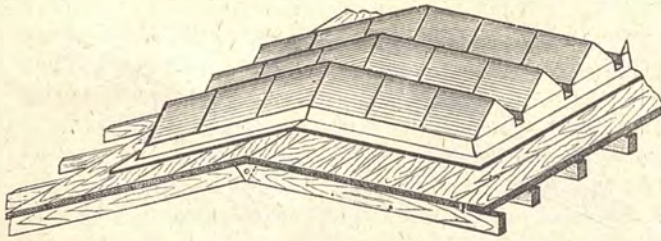


Fig. 2330.

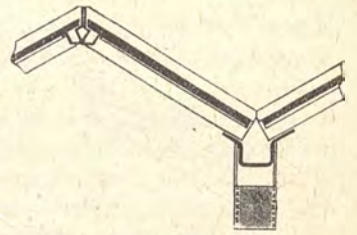


Fig. 2331.

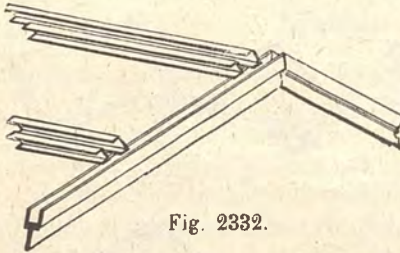


Fig. 2332.

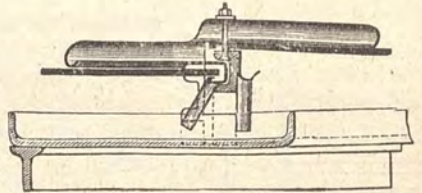


Fig. 2333.

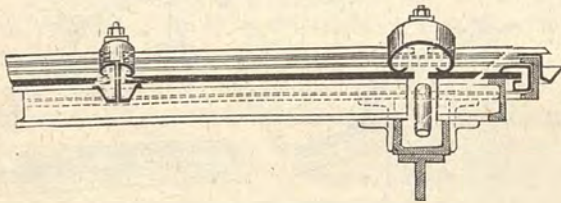


Fig. 2334.

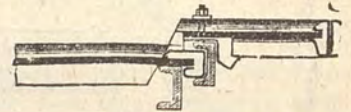


Fig. 2335.

Fig. 2330 a 2335. — Sistemi diversi di disposizione delle lastre nei lucernari.

taggio, comune coi tetti a sega, che le singole impannate si possono mettere in opera senza toccare le altre e che, per la disposizione a gradini (mediante gomiti) dei travicelli a canale, le impannate stesse ricevono un appoggio fisso sui quattro lati, aumentandosi così notevolmente la solidità.

d) Particolari costruttivi.

α) Portavetri, ferri a vetro.

I portavetri in legno erano un tempo di uso generale e quelli di accurata esecuzione si dimostrarono più duraturi di quelli metallici meno accuratamente collocati e studiati. Siccome poi il legno, anche il più duro, è più cattivo conduttore del calore di qualsiasi metallo, si è ritornati volentieri alle intelaiature di legname, sebbene esse richiedano grossezza molto maggiore a danno della luce. Certamente ogni tecnico per le comodità costruttive offerte dall'impiego del legno sarebbe inclinato ad adottare le intelaiature in legno, se non fossero interamente sottratte al tecnico costruttore le difficoltà della scelta e del buon trattamento del materiale, dovendo esso, per così dire, consegnarsi colle mani legate ai relativi specialisti. Il legno però sarà sempre un materiale ausiliario del quale difficilmente si può far senza per i rialzi (ripieni) nella formazione dei portavetri, nonchè per le congiunzioni al colmo, colla condizione però che venga preventivamente impregnato con paraffina per renderlo resistente alle intemperie.

Come esempio particolare della massima semplificazione nella disposizione dei portavetri in legno, vale la fig. 2336. Il vero portavetri, lateralmente al quale si

trovano due canaletti per ricevere l'acqua condottavi dai canali trasversali, lungo le commessure (in zinco, fig. 2327, 2328) è ritagliato nella sua faccia inferiore a scala (a gradini) corrispondentemente alla lunghezza ed alla grossezza delle lastre; una lista di ricoprimento tagliata pure a sega è avvitata al disopra delle due lastre di vetro adagiate sul portavetri, disponendo nei giunti del mastice a vernice usuale. Così, nel modo più semplice, si raggiunge la più completa impermeabilità e sicurezza, sia contro lo scorrimento, sia contro il sollevamento per effetto della pressione del vento, ed inoltre si possono sostituire le singole lastre, levando la lista di copertura avvitata.

I ferri da vetro a \perp hanno la forma più conveniente e più resistente, sia quando le lastre si collochino a mastice, sia quando ricevano un cappello di ricoprimento in lamiera di zinco (fig. 2337). I ferri a \perp con intagli a canaletto nelle ali alla base dell'asta garantiscono principalmente un buon attacco del mastice, segnatamente quando

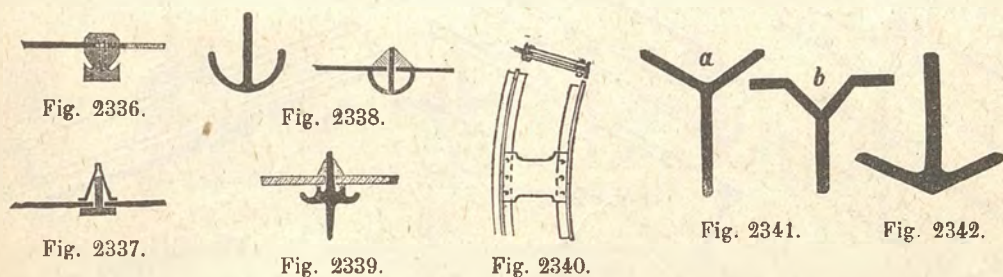


Fig. 2336 a 2342. — Varie foggie di portavetri.

questo deve essere adoperato in grosso strato per compensare l'obliquità nel caso di lastre a sovrapposizione. Quando le ali devono servire da canali, come nel caso di permeabilità del mastice, assumono le forme indicate dalle fig. 2338, 2339: ma anche in tal caso servono solo allorchè ogni ferro porta una sola lunghezza di lastra, oppure esso è formato a gradini nel senso della lunghezza delle lastre, perchè altrimenti le lastre poggierebbero soltanto su quattro punti, cioè nei due vertici superiori e nei due inferiori. I ferri a \perp sono particolarmente apprezzabili quando possono venire attaccati ad un arcareccio collocato esternamente.

I ferri a croce si adoperano specialmente per lucernari interni; inoltre essi sono opportuni quando è necessaria una doppia vetrata, come pure per evitare lo sgocciolamento sopra la sottostante costruzione che regge la vetrata (fig. 2340).

Forme di transizione. — Ogniqualvolta non appare assolutamente necessaria un'asta al di sopra, ottenendosi l'ermeticità con un cappello sovrapposto, completata molte volte con una stuccatura a mastice, si adoperano i ferri da colmo in posizione rovesciata (fig. 2341), che presentano così un canale di sicurezza e possono facilmente venir traforati per ricevere l'acqua trasudante dai canali delle commessure (di sovrapposizione). Se è necessaria un'asta superiore si adottano ferri da colmo capovolti, secondo la fig. 2342. Anche la forma indicata nella fig. 2339 può essere considerata come una forma di transizione: Con queste forme di ferri a vetro (portavetri) è però sempre necessario interporre una grossezza per formare l'appoggio delle lastre di vetro.

Ferri a vetro a canale (portavetri in ferro a canale). — Coll'applicazione delle grosse lastre di vetro si venne quasi a formare il profilo dei ferri a vetro completamente a canale; si adottarono dapprima dei ferri a canale usuali (profilo 35, Tav. I), quando era necessaria una sola lastra nella pendenza del tetto. Se si dovevano adoperare parecchie lastre, l'asta non offriva sufficiente appoggio pei traversi, oppure le lastre potevano poggiare solo nei quattro angoli: si passò quindi tosto alle forme dei ferri a cavalletto (Zorès) od a quelle dei ferri a canale secondo il profilo 34 (Tav. I, pag. 773).

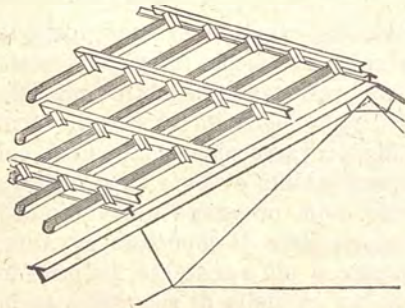


Fig. 2343.

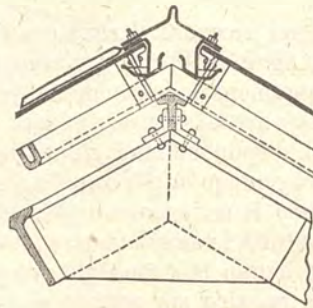


Fig. 2344.

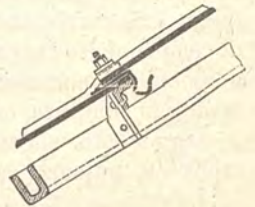


Fig. 2348.

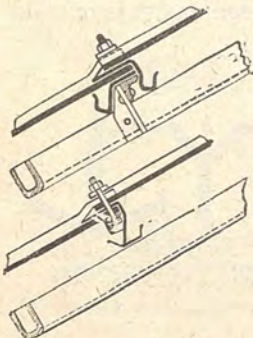


Fig. 2345 e 2346.

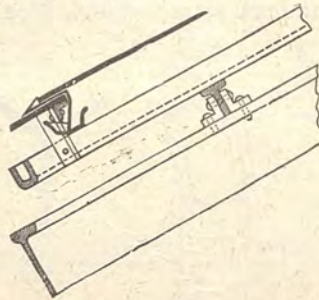


Fig. 2347.

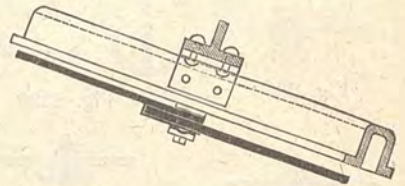


Fig. 2349.

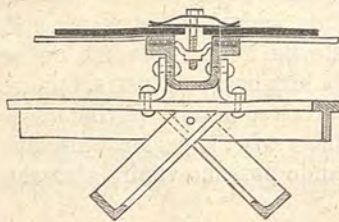


Fig. 2350.

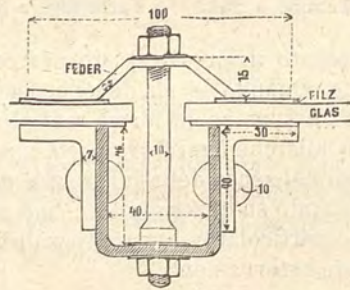


Fig. 2351.

Feder, molla; Filz, feltro; Glas, vetro.



Fig. 2352.

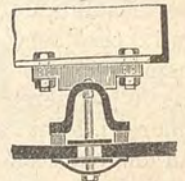


Fig. 2353.



Fig. 2355.

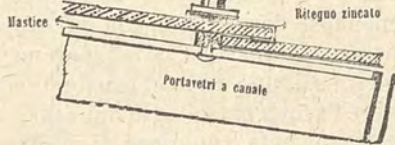
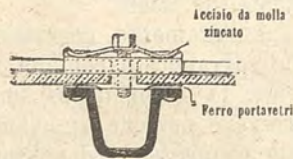


Fig. 2354.

Fig. 2343 a 2355. — Sistemi vari di ferri portavetri.

Ciò sempre presupponendo che non siervi giunti a mastice e soprattutto che non occorra appoggio laterale: però sarebbe facile lo stabilire dei canali in corrispondenza ai giunti di testa.

Nelle costruzioni del genere di quelle rappresentate nelle fig. 2343-2349 e 2351, si verificò uno sgocciolamento così rilevante, da far ideare i sistemi indicati nelle fig. 2350 e 2352 a 2355, oppure da far ricorrere nel caso di inclinazioni limitate ad un cappello di difesa generale, come nelle fig. 2344, 2350, 2353.

Per evitare la interposizione di grossezze cuneiformi per il sostegno continuo delle lastre di vetro, in diversi fabbricati ferroviari, ecc., si foggiarono con lavoro di fucinatura i ferri a canale a guisa di sega secondo la posizione delle lastre di vetro. È questo un procedimento adottabile per portavetri di zinco, ma che, trattandosi di ferro, importerebbe forte spesa, comprometterebbe assai la resistenza dei portavetri, quando non sieno sostenuti ad ogni gomito, e per il cambiamento di pendenza darebbe anche occasione a forte sgocciolamento.

Solo quando non si abbia ad aver riguardo nè alla spesa, nè alla sicurezza contro lo sgocciolamento, si possono raccomandare queste disposizioni. In tutti gli altri casi, sarà da raccomandare l'inserzione di apposite liste che servano di appoggio alle lastre (V. *Tenuta dei giunti*).

Portavetri in lamiera di zinco con o senza anima di rinforzo in legno od in ferro. — Anzitutto per ovviare ai rovinosi effetti delle radiazioni su forme massicce

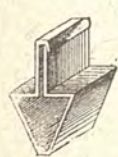


Fig. 2356.

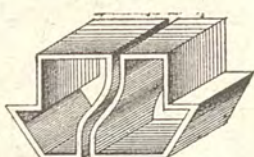


Fig. 2357.



Fig. 2360 a, b, c.



Fig. 2361 a, b, c.



Fig. 2362.

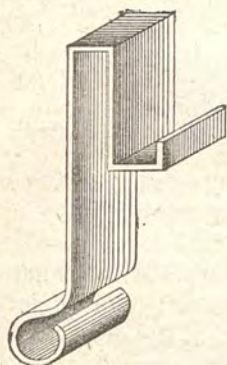


Fig. 2359.

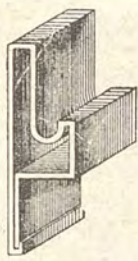


Fig. 2358.

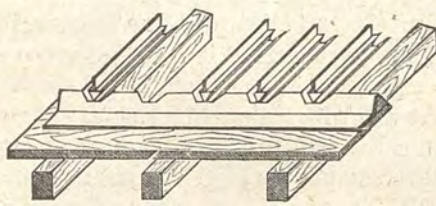


Fig. 2363.

Fig. 2356 a 2363. — Portavetri di zinco.

e per guarentire la mobilità tra materiali di diversa dilatazione coll'inserzione di un materiale più flessibile e che si presta ad un pronto equilibrio di temperatura, già da molti anni si è adottata col miglior successo la lamiera di zinco, sola o come rivestimento di un'ossatura di legno o di ferro, servendosi anche — però solo in via accessoria — del mastice per l'ermeticità dei giunti. Le fig. 2356 a 2363 rappresentano alcune di queste forme: quelle delle fig. 2356 e 2357 sono adottate per le finestre ritte comuni, ma anche pei lucernari interni, quelle delle fig. 2358 e 2359 per i piccoli lucernari da tetto comuni.

Nella fig. 2360 a è rappresentato un portavetri di zinco in un sol pezzo con doppia scanalatura, senza anima (nocciolo) applicabile solo per lunghezze limitate, mentre le fig. b e c rappresentano lo stesso, ma in due pezzi, e munito di un'anima in ferro piatto, corta in b, alta in c; questa forma è destinata ad essere stuccata a mastice nelle giunture. La fig. 2361 rappresenta un portavetri di zinco in due pezzi, in a senza anima, in b con anima di ferro piatto, in c di ferro a \perp . Questa forma, che serve in pari tempo da cappello, non ha quindi bisogno di stuccatura a mastice, ed a motivo

della sua elasticità forma una buona chiusura — ma deve però essere inserita lateralmente, e la sua applicabilità riesce assai limitata, sia per questa ragione, sia perchè sopra la linea di giunzione si deve poi saldare una striscia di lamiera, e finalmente perchè riesce pressochè impossibile il ricambio delle lastre rotte.

Da ultimo la fig. 2362 mostra una delle forme più recenti di questi tipi. Le parti inferiori del portavetri in zinco con doppio canale sono saldate ad un'anima in ferro piatto zincato, mentre il cappello di copertura, già predisposto, viene avvitato sull'anima stessa: maggiori particolari si trovano più innanzi alla fig. 2390.

Nella fig. 2363 è rappresentato l'appoggio al piede di tali portavetri, che naturalmente devono venir saldati per evitare di ritagliarne gli spigoli.

I portavetri di zinco vengono di regola prodotti industrialmente coi laminatoi, ma possono anche essere preparati da ogni abile operaio lattoniere. Alcune delle migliori forme sono brevettate; è però dubbia la validità dei relativi brevetti di privativa.

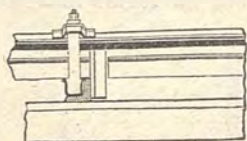


Fig. 2364.



Fig. 2365.

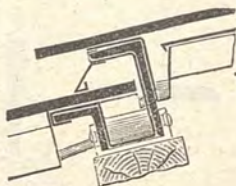


Fig. 2366.

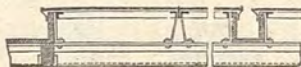


Fig. 2368.

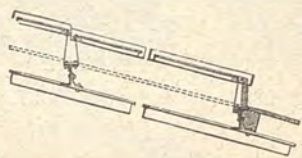


Fig. 2367.

Fig. 2364 a 2368. — Particolari dei lucernari delle sale dell'antico Museo di Berlino.

I portavetri disposti come arcarecci (o terzere) orizzontalmente vengono adoperati solo per le coperture in lastre di vetro greggio, coll'intento di poter adottare dei portavetri a canale più leggieri (nel senso della pendenza) che vadano solo da un arcareccio all'altro, fra quelli formanti canale collocati in corrispondenza alle incavallature. Se si cerca poi di evitare l'appoggio sopra le due ali dei portavetri — appoggio che si deve sempre stabilire con molta latitudine — allora si ricorre ai tipi delle fig. 2343 a 2348, oppure si dispongono i portavetri intermedi a gradinate tra gli arcarecci-portavetri secondo le fig. 2332 a 2335 e 2364 a 2368.

Naturalmente si deve usare molta attenzione nella disposizione degli arcarecci formanti canale, tanto se essi consistono di un ferro a L come nelle fig. 2343 a 2348, o di due come nelle fig. 2364 a 2368, o di due ferri a C come nelle fig. 2332 a 2335. Per es. nella fig. 2348 il canale è insufficiente e nella fig. 2345 permette sempre uno sgocciolamento dal ferro a L, mentre corrisponde bene allo scopo il canale nelle fig. 2346 e 2347.

Difetto simile a quello del tipo della fig. 2345 lo presenta il tipo della fig. 2335. La disposizione complicata di un appoggio intermedio per mezzo di un canale trasversale a risvolto accartocciato non impedisce l'immediato contatto di vetro e ferro.

Le grandi complicazioni e le poco incoraggianti esperienze che si sono avute quasi dappertutto della copertura con arcarecci-portavetri, hanno condotto a non adottarla se non nei casi di estrema necessità, quando si sia a ciò obbligati da tutta la struttura del tetto.

Osservazione. — È da notarsi che spesso erroneamente anche i portavetri a canale vengono pure indicati come portavetri-arcarecci; ma poichè quelli non sono realmente membri *portanti*, ma solo membri di collegamento e di completamento dell'ossatura del tetto, così se ne tratta ove si parla delle giunzioni a tenuta ermetica.

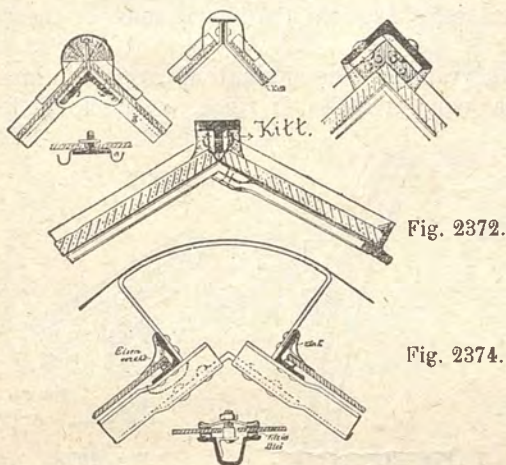
β) Colmi o creste.

È naturale che la disposizione costruttiva del colmo richieda cura speciale; essa va trattata come quella degli arcarecci ora descritti. Nelle fig. 2369 a 2373 sono rappresentate parecchie disposizioni di colmi. Nei piccoli tetti si evita volentieri di far sporgere l'arcareccio di colmo all'interno per risparmiare il relativo canale. La disposizione più semplice e spesso sperimentata, è in tal caso quella rappresentata nelle fig. 2371, 2372.

Emerge da sè, che colle altre disposizioni occorre un canale di colmo: lo si vede nella fig. 2369 e nella fig. 2374 ove è punteggiato dalla parte sinistra.

Nelle serre, nei giardini d'inverno, ecc., con una simile costruzione, specialmente quando si faccia uso di ferri a croce, non si avrebbe una congiunzione sufficiente e si

Fig. 2369. Fig. 2370. Fig. 2371.



Kitt, mastice; Eisen verzinkt, ferro zincato; Zink, zinco;
Filz in Blei, feltro su piombo.

Fig. 2369 a 2374. — Colmi da lucernario.

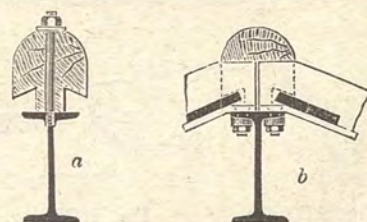


Fig. 2373 a, b.

dovrebbe ricorrere all'uso di bandelle di lamiera. Un piccolo canale, che le abbraccia ed è incastrato in una fessura dell'asta inferiore od è saldato a questa, basta per impedire lo sgocciolamento della giunzione colle bandelle, quando solo l'acqua trapelante può colare lungo il portavetri, disposto con sufficiente pendio. Spesso anche, quando si può disporre di un'altezza sufficiente si forma l'arcareccio di colmo con lamiera ritagliata ad arco acuto, sotto cui si uniscono i travicelli del tetto (correnti).

Per falde di tetto molto ampie si consiglia di coprire il colmo a piatto, in modo che sia praticabile, come nelle fig. 2054, 2055 (p. 870), per poter visitare il tetto e pulirlo più facilmente.

Per falde di tetto molto ampie si consiglia di coprire il colmo a piatto, in modo che sia praticabile, come nelle fig. 2054, 2055 (p. 870), per poter visitare il tetto e pulirlo più facilmente.

γ) Provvedimenti contro lo scorrimento ed il sollevamento delle lastre di vetro.

Nei tetti senza arcarecci si praticano dei fori nell'ala superiore dei travicelli (correnti) e delle caviglie trasversalmente introdotte servono ad impedire lo scorrimento delle grosse lastre (fig. 2374). Ad una disposizione eguale si ricorre per impedire che il vento sollevi le lastre, nel caso che possa agire sulle sporgenze delle medesime o sulla loro faccia inferiore. Si preferisce però ottenere questa sicurezza in modo più elastico, con un piccolo strato intermedio di mastice (fig. 2375), o colla inserzione di una molla (fig. 2376). Per le lastre sottili si adoperano caviglie trasversali, oppure, quando risultino più comode, delle alie in grossa lamiera di zinco o, meglio, di rame (fig. 2375 a e 2378). Quando si usano portavetri zincati, il rame dev'essere stagnato o zincato.

Nei tetti arcuati, invece di caviglie o di alie, si adoperano spesso dei ferri d'angolo inchiodati od avvitati all'asta superiore (fig. 2377). Quando si adottano dei portavetri

trasversali in zinco, secondo le forme delle fig. 2319 *a, b* e 2326 *b, c*, ecc., sono superflue altre misure di sicurezza, purchè questi portavetri orizzontali (trasversali) sieno collegati rigidamente coi principali (secondo il pendio).

Ai portavetri di zinco, invece delle alie, è meglio saldare delle piccole sporgenze, che impediscano lo scorrimento. Spesso la sicurezza contro lo scorrimento si ottiene anche semplicemente per mezzo dei cappelli di copertura che sono descritti in appresso; pei portavetri a canale si adoperano a tal uopo delle striscie a molla.

δ) Chiusura dei giunti dei portavetri e dei canali.

La chiusura a tenuta contro il vento e la pioggia si fa ancora, in rari casi, colla stuccatura a mastice, e tuttavia non col solo mastice; d'ordinario solo per lucernari piccoli o molto inclinati.

In molti casi si trova sufficiente la sovrapposizione ai giunti di cappelli in lamiera di zinco o di rame; oppure si adopera legno rivestito di zinco, o striscie di feltro

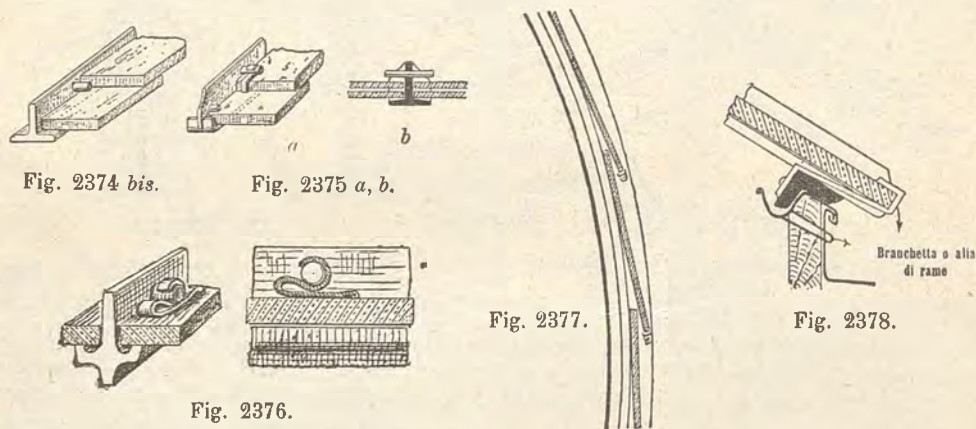


Fig. 2374 bis a 2378. — Particolarità costruttive dei lucernari.

impregnate di paraffina o treccia di canape avviluppata di sottile carta piombata o finalmente striscie di piombo laminate. Queste diverse sorta di guarnizioni per la tenuta dei giunti si possono vedere nelle fig. 2333 a 2339, 2350 a 2355, 2360 *a*, 2364 e 2365, 2369 a 2374, 2379 a 2390 e 2391.

Adoperando portavetri rettilinei (diritti) si deve procacciare la sede di appoggio laterale per le lastre sovrapposte l'una all'altra. Ciò si fa nel modo più semplice, quando i portavetri a canale sono in lamiera, piegandone o ritagliandone le alie (guancie), corrispondentemente alla lunghezza delle lastre. Assai di sovente si adopera a tal uopo vantaggiosamente anche del buon mastice, naturalmente solo quando si abbia una scanalatura pel mastice di sufficiente larghezza. Altrimenti si fa uso di biette di ferro, di legno o di lamiera di zinco a scanalatura. La piegatura a gomito dei portavetri in ferro, spesso preferita, è un lavoro assai difficile.

In nessun caso si dovrebbe far appoggiare direttamente il vetro sul ferro, ma interporre sottili striscie di mastice, di feltro o di piombo.

I cappelli di copertura dei giunti vengono spesso adoperati in pari tempo per difesa contro il sollevamento. Non solo in tali casi, ma anche in tutti gli altri si raccomanda di assicurarne in modo elastico la buona chiusura col mezzo di bande a molla sovrapposte.



Fig. 2379.

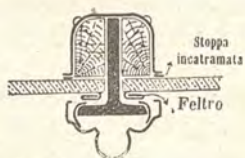


Fig. 2380.

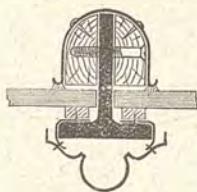


Fig. 2381.



Fig. 2382.

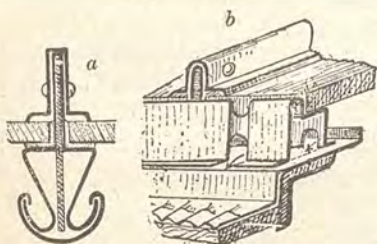


Fig. 2383 a, b.



Fig. 2384.

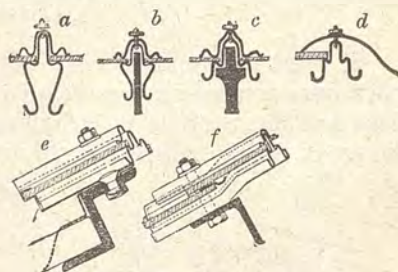


Fig. 2386 a-f.

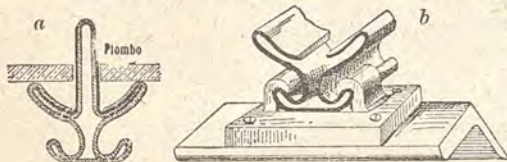


Fig. 2385 a, b.

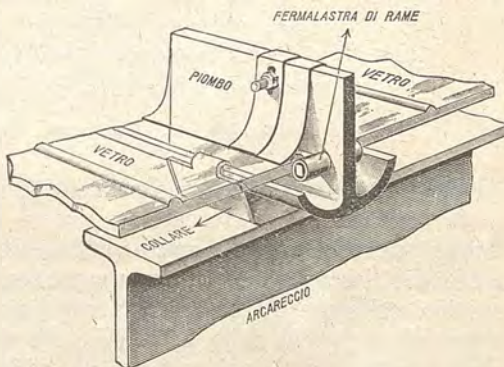


Fig. 2389.



Fig. 2387.



Fig. 2388.

Fig. 2379 a 2389. — Sistemi diversi di ferri portavetri.

A maggiore schiarimento si offrono gli esempi di alcuni sistemi:

Fig. 2379. *Braby*. Anima in legno con rivestimento a canale in zinco e cappello di chiusura avvitato.

Fig. 2380 e 2381. *Stazione dell'Est a Berlino*. Ferri a vetro a \perp con letto di posa di feltro a forma di cuneo e con listelli avvitativi sopra, sui quali appoggia il cappello di chiusura.

Fig. 2382. *Mackenzie*. Ferro a vetro avvolto con piombo spalmato di vernice ad olio; sui portavetri in zinco è steso un sottile strato di mastice per letto di posa.

Fig. 2383. *Hayes*. Appoggio al piede e tenuta ermetica. Le aperture di scolo interne non stanno immediatamente dirimpetto alle esterne.

Fig. 2384. *Pennycook*. Ferri a \perp rivestiti di zinco con interposizione di piombo.

Fig. 2385. *Pennycook*. In due pezzi con guarnizione di piombo; in *b* è indicato il relativo supportino in zinco.

Fig. 2386 *a, c*. *Helliwell*. Senza guarnizione speciale: *d* attacco alla lamiera ondulata; *e* estremità inferiore; *f* ricoprimento in *testa* con canale trasversale.

Fig. 2387. *Rendle (unrivalled)*. Senza guarnizione speciale.

Fig. 2388. *Shelley (unique)*. Id.

Fig. 2389. *Murat*. Ferro a vetri a canale sostenuto da un collare avvitato sull'arcareccio. Ricoprimento in lamiera di piombo, tenuta ferma da bandelle fissate all'anima del ferro a vetri mediante bulloncini di rame: sovente fra la lamiera di piombo ed il vetro si interpone una striscia di feltro, tenuta ferma alla lastra mediante grappette. La dilatazione del vetro e di ogni parte metallica è in questo sistema assicurata.

Fig. 2373, 2382 a 2385, 2387, 2388. Senza ricoprimento di testa con chiusura come alla fig. 2318 a, d.

e) Chiusura dei giunti di ricoprimento.

Si è già in proposito fatto notare ciò che vi era di più essenziale trattando dei portavetri arcarecci e trasversali (fig. 2318 e 2319, 2326, 2333 e 2335, 2344 a 2348, 2364 a 2366). Servono di complemento le fig. 2390 e 2391. Nella fig. 2390, tolta dal Museo di Storia naturale di Berlino, e nella fig. 2391, dal Museo Zoologico, pure di

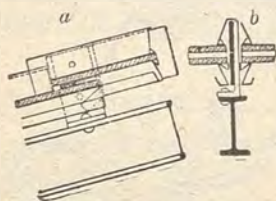


Fig. 2390.

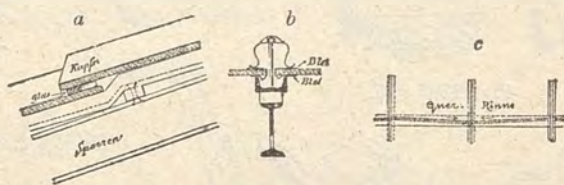


Fig. 2391 a, b, c.

Blei, piombo; *Glas*, vetro; *Kupfer*, rame; *Sparren*, arcarecci; *Quer-Rinne*, canale trasversale.

Berlino, la commessura di ricoprimento è chiusa a tenuta mediante liste di vetro inclinate lateralmente e stuccate con vetro solubile (fig. 2391 c). Che, per effetto della fuliggine e della polvere, anche questo canale abbia ad offuscarsi è fuori di questione, ancorchè l'oscurimento rimanga meno sensibile che non coll'uso di striscie di metallo.

Nel collocare gli arcarecci a cavaliere dei puntoni e rispettivamente i travicelli sopra gli arcarecci, nella maggior parte delle applicazioni si manca di precauzione; sono questi i punti, nei quali, anche nelle costruzioni più accurate, si verificano più spesso degli sgocciolamenti. Questi si possono sovente evitare coll'uso di arcarecci e delle briglie superiori delle incavallature, aventi sezione a Y, oppure usando dei piccoli bacini a canale che ricevono le gocce, le quali poi si evaporano.

Mentre nei sistemi di giunzione a tenuta, finora riportati, il peso gravita sopra la struttura stessa dei portavetri, ed il mastice vi viene applicato solo in via subordinata, spesso sostituito da striscie di piombo, in altri sistemi si fa uso di materiali di diversa natura; fra gli altri è da rilevarsi:

ζ) La copertura a vetri di sistema Göller (fig. 2392).

I ferri a \perp vengono spalmati sottilmente sulla faccia superiore delle ali con mastice molle, vi si comprime sopra un foglio di carta stagnata ripiegata su sè stessa (colla ripiegatura verso l'esterno). Sopra la carta stagnata si distende un secondo strato di mastice, un po' più grosso e più compatto.

Le lastre di vetro prima della posa vengono così preparate nell'officina. Sulla faccia inferiore per una larghezza equivalente all'appoggio sui travicelli si attaccano con vernice delle striscie di lamina di piombo di mm. $0,5 \div 0,7$ di grossezza. Queste striscie di piombo sopravvanzano lateralmente, in modo che possono venire piegate, come indica la fig. 2392, ed abbracciare l'asta del ferro. Alla superficie inferiore di queste striscie di piombo si attaccano pure con vernice delle sottili liste di vetro, anch'esse

della larghezza dell'appoggio sui travicelli, quindi queste listerelle di piombo e di vetro si connettono insieme colle lastre di vetro con morsetti di zinco piegato (fig. 2392). Per maggior sicurezza questi morsetti vengono stuccati con un mastice a rapido indurimento formato con ceralacca fusa insieme a litargirio. Così preparate le lastre vengono

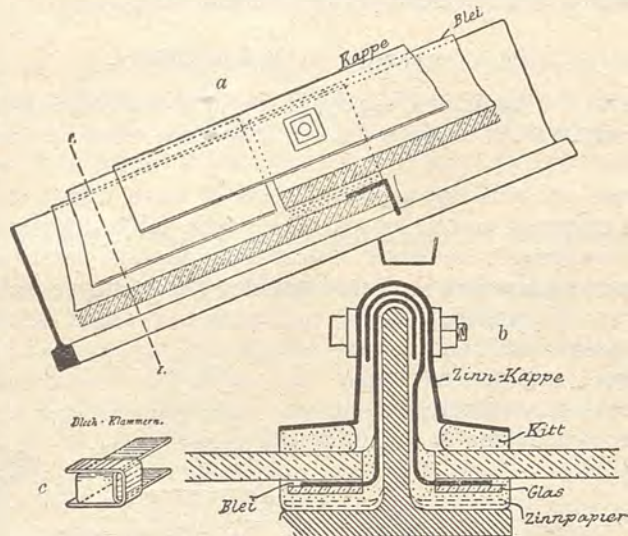
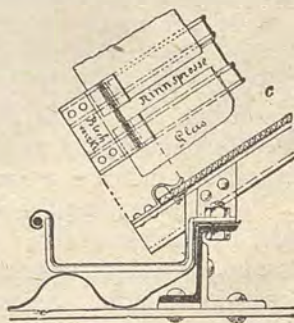
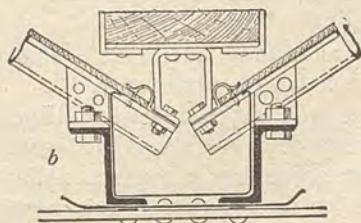
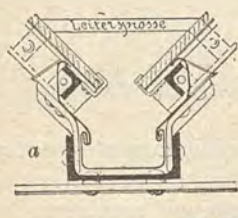


Fig. 2392 a, b. — Copertura a vetri di sistema Goller.

Zinn-Kappe, cappello; Kitt, msstice; Blei, piombo; Zinnpapier, carta stagnata; Blech-Kammern, grappe di chiusura; Glas, vetro.

collocate (con circa 4 cent. di sovrapposizione l'una sull'altra) sul letto di mastice ancor fresco, munendo il tratto di sovrapposizione pure con mastice, carta stagnata doppia e nuovo strato di mastice. Le strisce di cemento delle due lastre così ravvicinate, vengono ripiegate sovrapponendole e viene suggellato con mastice il loro attacco alle lastre. Per impedire



Leitersprosse, tavole di passaggio.

Fig. 2393 a, b, c.

lo scorrimento ed il sollevamento viene poi avvitato un cappello di stagno piegato con 4 cm. di sovrapposizione. In seguito le commessure tra questo cappello e le lastre si suggellano lateralmente con mastice duro di vetro solubile. Nel giunto di ricoprimento si inserisce ancora un pezzo d'angolo in lamiera di zinco, che assicura lo scolo dell'eventuale sgocciolamento nel canale appeso al di sotto. In causa del rilevante costo che questo modo di copertura a tenuta richiede per la sua complicazione, esso viene adottato solo per coperture con lastre assai grandi. Le applicazioni fatte di questo sistema hanno dato buoni risultati. Si osserva però che diventa prudente una ispezione ed una stuccatura ad intervalli di due a tre anni.

n) Attacco delle coperture di vetro ai canali, ad altre coperture e a pareti verticali od a muri.

Si può dispensarsi da una spiegazione sulle generalità, riferendosi a quanto è stato detto nel capitolo sui lavori da lattoniere. La figura 2393 *a, b, c, e* e le figure degli esempi citati offrono cenni sufficienti per ogni singolo caso.

e) Lucernari per tetti a padiglione.

Quando il tetto è a padiglione si presentano delle difficoltà dipendenti: 1° dalla formazione dei portavetri di cresta e dal loro attacco al colmo; 2° dal taglio obliquo delle lastre.

Per procacciare un buon appoggio alle lastre di vetro, o si fa in modo che le ali di appoggio dei travicelli coincidano coi piani delle falde intersecantisi, oppure si forma l'imposta di appoggio mediante l'inserzione di appositi pezzi (di forma piramidale). Ora si possono adoperare senz'altro profili a Λ per singole inclinazioni di tetto od anche ferri a \perp obliquandoli. Quando non si possano avere le sagome precisamente occorrenti, si possono facilmente combinare con due ferri a \perp interponendo opportuni pezzi a cuneo onde ottenere l'angolo voluto: oppure si schiacciano le sagome.

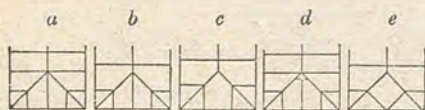


Fig. 2394 a-e.

Fig. 2394 a 2396. — Forme dei lucernari per tetti a padiglione.

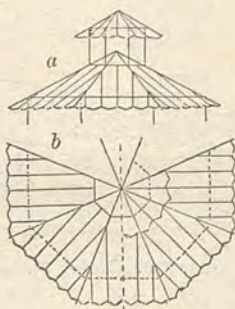


Fig. 2395 a, b.

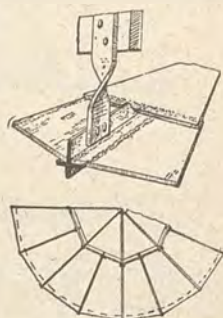


Fig. 2396.

Adoperando portavetri a canale, si possono opportunamente piegare: se sono in zinco non vi è alcuna difficoltà per ottenere l'angolo voluto. Di regola però si sceglie il modo più pratico, cioè quello di ottenere la chiusura in cresta e di formare gli appoggi rispettivamente con mastice e striscie di feltro.

Perchè riesca più facile il collegamento dei correnti di cresta (paradossi) col colmo, si scelgono di solito le forme indicate in pianta nella figura 2394 *b, c, e*, evitando assolutamente quella in *a*, ed adottando quella in *d* solo in caso di necessità: le disposizioni indicate in *c* ed *e* meritano la preferenza.

Per evitare il taglio obliquo delle lastre si possono disporre obliquamente i portavetri a padiglione, come è indicato in *e*: si raccomanda sempre tanto per evitare un ritaglio eccessivo, quanto per prevenire la rottura delle punte, ed assicurare un appoggio uniforme alle lastre, di fare le punte con pezzi speciali, semplicemente inseriti.

Per i tetti a padiglione piramidali vale in generale quanto si è detto ora; se — come spesso avviene — il tetto non ha alcun canale, le estremità inferiori delle lastre si tagliano a punta oppure tonde (fig. 2395).

Per evitare l'agglomeramento dei correnti sul vertice del tetto, vengono di regola troncati i portavetri mediani e vi si sovrappone un cupolino (fig. 2395).

Nei tetti conici i travicelli devono curvarsi anche per ragioni architettoniche, ed allora si presentano delle difficoltà per la posa dei vetri nel modo solito, a meno che si adottino lastre di vetro curvate.

Le difficoltà vengono scansate attenendosi al sistema rappresentato nella fig. 2396 e cioè collocando gli arcarecci all'esterno del poligono formato dai correnti principali

(fig. 2396), sospendendovi i correnti intermedi, ove, con un taglio in corrispondenza del vetro sottostante, si ottiene un buon attacco a tenuta e si può evitare ogni sgocciolamento senza bisogno di canale (garette di osservazione sopra la piattaforma dell'Osservatorio di Potsdam).

Il colmo in simili costruzioni viene formato con una calotta in metallo oppure in vetro soffiato.

Quando nei tetti a padiglione (piramidali o conici) i correnti si riuniscono in una stella, sia con anime di lamiera per la chiodatura, sia per mezzo di un anello o di una scatola, bisogna impedirne lo sgocciolamento coll'appendervi sotto un bacino: i canali di scolo si possono facilmente introdurre nell'intelaiatura apparente.

f) Provvedimenti contro i pericoli del transito sulle coperture.

Per impedire i guasti che possono dipendere dalla trascuratezza degli operai che devono transitare sui tetti contenenti lucernari, si muniscono di una rete metallica tesavi al disopra ad una conveniente altezza o con parapetti che li recingano. Tali parapetti si disporranno in modo che abbiano un corrimano di appoggio, oppure si collocheranno al loro piede delle tavole o delle passatoie metalliche per potervi camminare e così procedere ai lavori di pulitura e di riparazione. Le passatoie o guide si possono disporre sugli stessi portavetri principali, come si vede, ad es., nella fig. 2393 *a, b*. Invece di passatoie fisse si possono anche disporre soltanto delle sporgenze sui portavetri, destinate a sorreggere passatoie mobili formate con tavole. Naturalmente si devono difendere le coperture a vetri dall'eventuale precipitare di neve in massa da tetti soprastanti.

Come difesa contro la caduta di lastre (spezzate) è opportuno appendere a piccola distanza sotto la superficie dei vetri una tela metallica a maglie da 5 a 10 cent. per impedire disgrazie od anche possibili danni a lucernari interni. Questa precauzione non è più necessaria quando si adotti per le lastre dei lucernari il *vetro retinato* o *armato*, di cui si parla nei *Lavori da vetraio* (pag. 117, vol. I, parte 2^a). Le lastre di questo vetro, oltre essere assai più resistenti di quelle di vetro ordinario, cosicchè assai meno facilmente si rompono, presentano la particolarità che, anche se si spezzano, i pezzi non cadono, preservando da disgrazie le persone che si trovano sotto il lucernario nel momento della rottura. La resistenza dei lucernari formati con lastre di vetro armato è pur tale da salvare le persone che accidentalmente cadessero sul lucernario.

g) Alcuni esempi di grandi coperture in vetri.

I metodi di copertura cambiano essenzialmente a seconda delle esigenze a cui deve rispondere il tetto a vetri.

Così molte volte per le tettoie di stazioni ferroviarie si limitano assai (ora però solo per eccezione) le esigenze riguardo allo sgocciolamento, accontentandosi di smaltire l'acqua di pioggia ed una parte dell'acqua di condensazione, cosicchè si sta anche al disotto della limitata inclinazione di $1 \div 1 \frac{1}{4}$, atteso che la neve viene presto liquefatta pel calore del fumo emesso dalle locomotive. La figura 2397 mostra una tettoia di tal genere, nella quale le lastre di vetro greggio sono semplicemente collocate con una conveniente sovrapposizione in testa sopra correnti di sezione a canale, ed assicuratevi con arpioni. I correnti appoggiano alternatamente sull'ala inferiore e sull'ala superiore degli arcarecci di sezione a \square ; le commessure aperte favoriscono l'uscita del fumo, ma sgraziatamente permettono anche l'introdursi della neve e lo sgocciolamento in corrispondenza alle terzere ed ai giunti di ricoprimento.

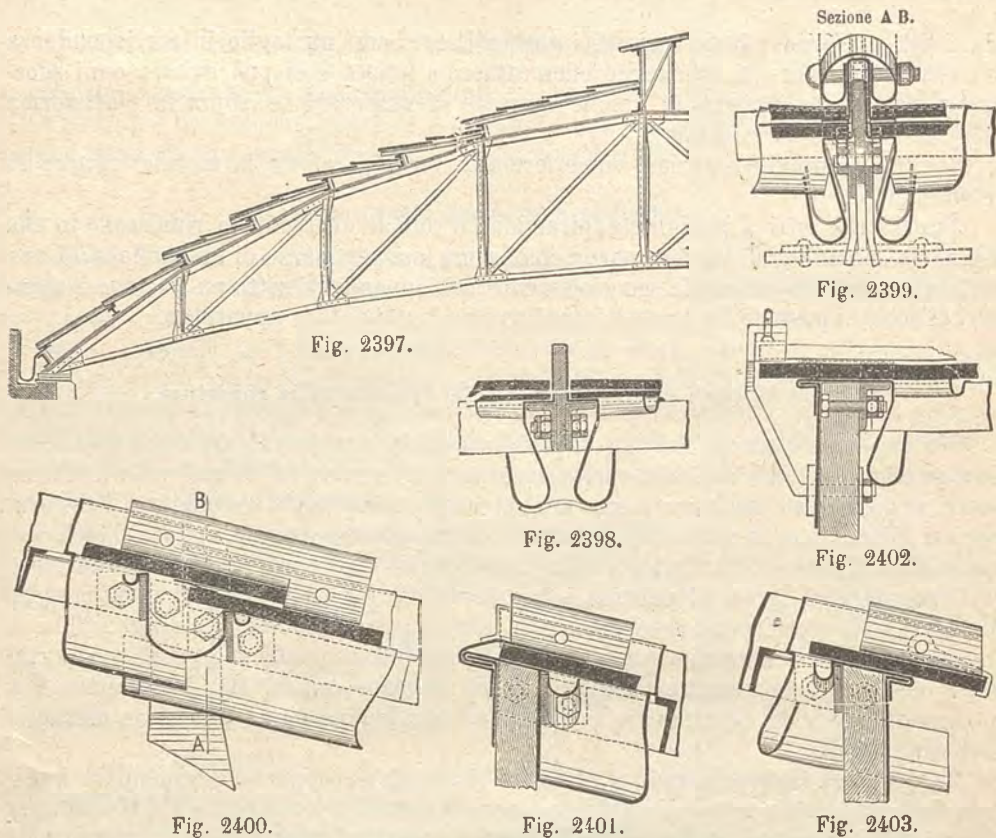


Fig. 2398 a 2403. — Lucernari della Galleria Nazionale di Berlino.

I lucernari devono corrispondere a tutte le esigenze specialmente quando trattasi di Musei e simili edifici. L'uniformità di temperatura che si deve tenere nei locali preserva però il sottotetto di andare soggetto ad esagerati raffreddamenti, e con opportune misure si può impedirvi l'accesso all'aria caldo-umida. Ciò premesso, si offrono nelle figure 2398 a 2403 i notevoli particolari delle grandi vetrate che servono a dar luce dall'alto alla Galleria Nazionale di Berlino. Una speciale attenzione meritano le costruzioni rappresentate nelle figure 2401 a 2403, riflettenti l'intelaiatura inferiore, superiore e laterale dei lucernari, dove le superficie sono esposte alle intemperie, con disposizioni ben riuscite per il passaggio dell'umidità e per la rimozione delle lastre. Del resto le spiegazioni premesse spiegano a sufficienza le figure.

Anche le costruzioni rappresentate nelle figure 2404 a 2409 si riferiscono a lucernari della Galleria Nazionale di Berlino, nei quali però la superficie illuminante è divisa in singoli tetti a sella (a 2 pioventi), diretti perpendicolarmente al colmo e che giungono fino al di sopra di esso. I compluvi (secondo un metodo antico, ora non più in uso) sono formati con canali di ghisa, mentre i portavetri consistono in ferri a \perp con rivestimento in zinco a canali.

Alcune forme generali per pensiline si sono già indicate nel relativo capitolo delle costruzioni dei tetti.

Nelle figure 2410 a 2413 sono rappresentate alcune coperture a vetri per *pensiline*. È ovvio che per simili costruzioni non si possono adoperare se non lastre molto lunghe ed anche delle migliori qualità di vetro.

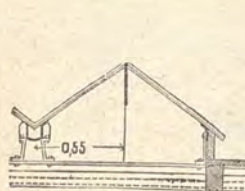


Fig. 2404.

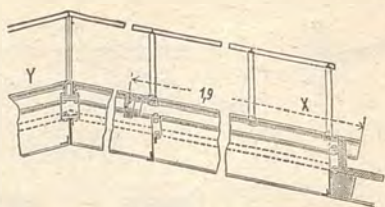


Fig. 2405.

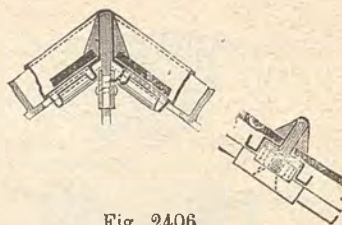


Fig. 2406.

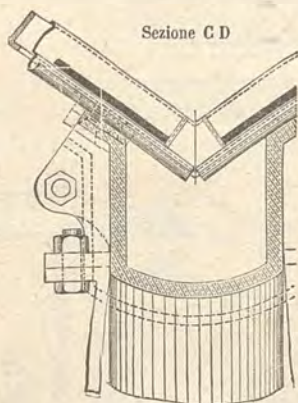


Fig. 2407.

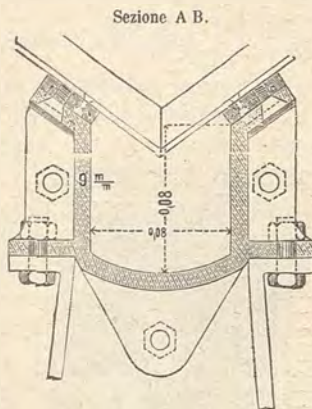


Fig. 2408.

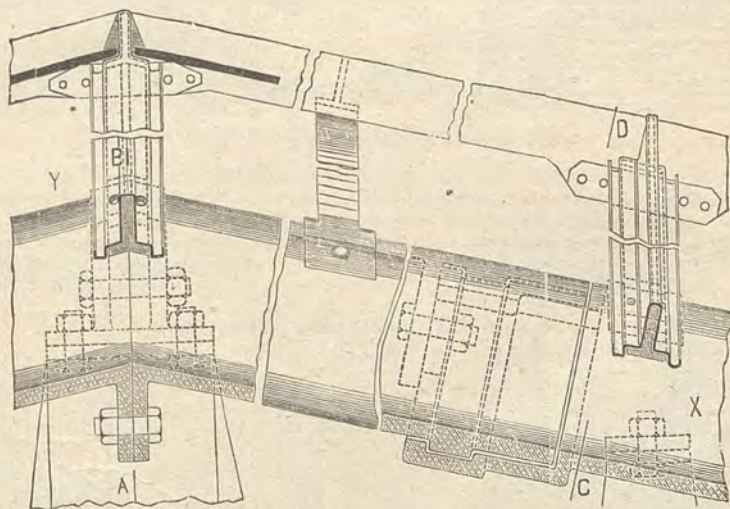


Fig. 2409.

Fig 2404 a 2409. — Lucernari della Galleria Nazionale di Berlino.

Per queste tettoie si adoperano dei portavetri a croce con canaletti profondi (fig. 2414 a-c). Nella figura 2411 le lastre estreme sono assicurate mediante una piccola vite (con piastrina forata di vetro o di piombo), che si introduce dall'alto attraverso la lastra forata nel ferro di sostegno.

h) Copertura con tegole speciali in vetro.

Le figure 2415 e 2416 mostrano una maniera piuttosto complicata e non molto accomandabile, di copertura con lastre di vetro colato in forma di tegole (embrici).

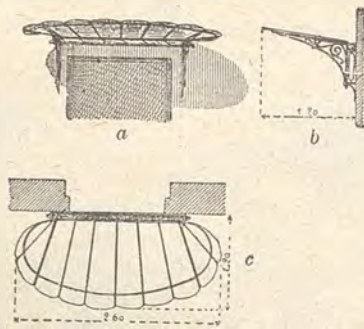


Fig. 2410 a, b, c.

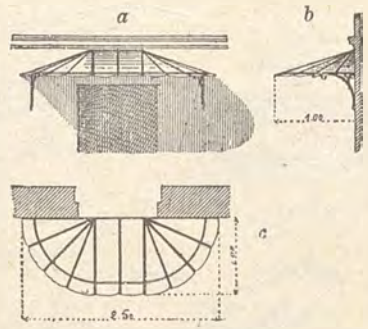


Fig. 2411 a, b, c.



Fig. 2412 a, b, c.

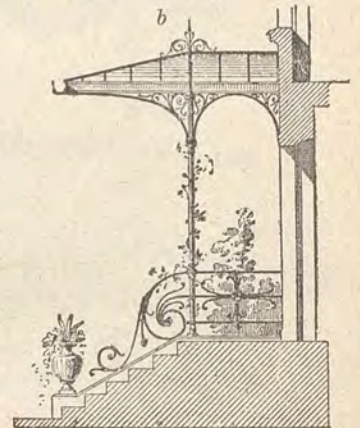


Fig. 2413 a, b, c.

Fig. 2410 a 2413. — Pensiline completamente vetrate.

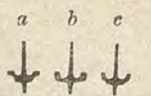


Fig. 2414 a, b, c.

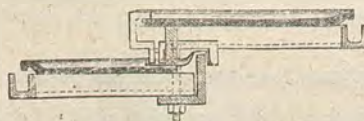


Fig. 2415.

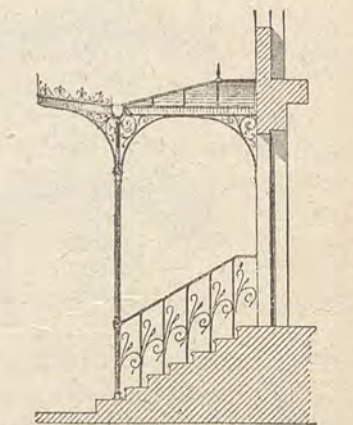


Fig. 2416.

Non si può raccomandare di scostarsi dalla forma piana per le lastre di vetro, perchè si hanno poi delle difficoltà per procurarsene altre di sostituzione. Inoltre anche il modo di copertura qui rappresentato richiede che sia interrotto lo scambio di calore fra vetro e ferro coll'interposizione di sostanze vegetali, per proteggere più che sia possibile il ferro dai cambiamenti di temperatura e principalmente da un troppo forte raffreddamento. Le difficoltà che si presentano cogli altri sistemi di copertura non sono perciò in questo caso in nessun modo ridotte.

2) Tettoie o lucernari a vetri sistema Spengler.

È una forma semplificata dei tetti a sega e si compone di lastre ripiegate senza speciali correnti orizzontali nel colmo: presenta perciò la massima sicurezza contro gli sgocciolamenti. Soltanto una piccola mantellatura ricopre il colmo per assicurare

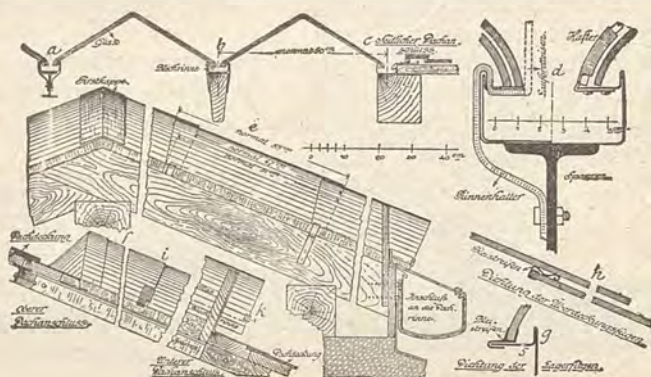


Fig. 2417. — Tettoie a vetri di sistema Spengler.

Glas, vetro; Blechrinne, canale metallico; Seitlicher Dachanschluss, congiunzione laterale col tetto; Laufbretteisen, staffa di ritegno; Hafler, staffa di sostegno; Rinnenhalter, sostegno del canale; Sparren, corrente; Bleistreifen, guarnizioni di piombo; Dichtung der Ueberdeckungsugen, guarnitura fra le lastre; Dichtung der Lagenfugen, guarnitura all'appoggio; Anschluss an die Dachrinne, congiunzione col canale; Dachdeckung, copertura del tetto; Unterer Dachanschluss, congiunzione inferiore del lucernario col tetto; Obere Dachanschluss, congiunzione superiore del lucernario col tetto.

meglio l'impermeabilità. Nella figura 2417 sono rappresentati l'insieme ed i particolari del sistema: in *a* si ha il canale collocato sopra una trave in ferro, in *b* sopra una trave in legno, in *c* fra il tetto a vetri e un tetto coperto a embrici, in *d* un particolare del canale colle staffe di sostegno delle lastre di vetro; queste staffe, prima della copertura, sono piegate a guisa di molla in modo da impedire alle lastre tanto di essere sollevate, quanto di scorrere in basso; *e* è una sezione nel senso della pendenza sopra i vetri; *f* l'analoga sezione sopra il canale; *s* sono dei piccoli fori, pei quali l'acqua di condensazione passa al canale. Coll'allargamento del canale verso il basso si ovvia ad un possibile ingombro per effetto di neve o di congelamento. Poichè i canali vengono forniti già completi colle lastre e gli accessori, restano soppressi i laboriosi studi di progetto ed il lavoro difficilmente invigilabile del lattoniere e del vetraio.

Fra le connesure delle lastre di vetro basta interporre un sottile strato di paraffina, ovvero due trecce di ligroina impregnate con paraffina. Siccome però gli operai sarebbero costretti ad usare una particolare attenzione per fare questo lavoro di calafatura, così in pratica si preferisce ricorrere alle sicure guarnizioni di fogli di piombo indicate in *g* e *h*.

In *i-k* è poi rappresentata la disposizione adottata quando il lucernario non sta sopra il colmo. È necessario che i canali siano inferiormente fissati al corrente come è

indicato in d , onde impedirne il sollevamento. Di tutti i modi di copertura a vetro conosciuti questo appare il più semplice, il meglio invigilabile e quello che corrisponde perfettamente a tutte le condizioni a cui deve soddisfare un lucernario.

Si nota ancora che il ricambio delle lastre di vetro non presenta difficoltà; le dimensioni normali di m. 0,50 o 0,55 possono venir aumentate a 0,75 o 0,80 previa intelligenza coi fabbricanti.

k) Lucernari interni.

Secondo il grado di perfezione del lucernario esterno si potrà eseguire il sottolucernario, ossia quello interno. Lo spazio da coprire con lucernario sarà bene che contenga sempre aria caldo-umida e quello compreso fra i lucernari possa conservarsi tepido affinché il sottolucernario non si raffreddi troppo. Nel caso in cui questo spazio o tromba è molto alta e anche nel caso in cui la copertura è metallica e non foderata, si può prevedere un raffreddamento assai forte; onde bisognerà avere speciali riguardi nella costruzione dei due lucernari.

L'intelaiatura del lucernario interno si può formare con portavetri di legno, di zinco oppure di ferri a \perp od a —|— , più raramente a I (fig. 2418); si adopera spesso la disposizione a T , nel qual caso le lastre sono appoggiate al di sopra delle ali guarnendone

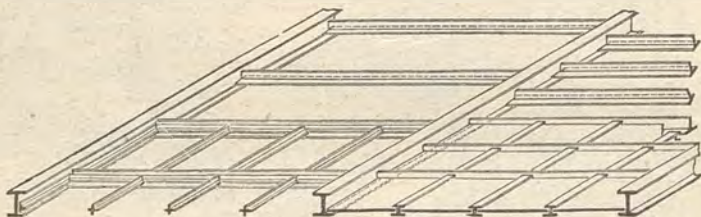


Fig. 2418. — Lucernario interno o sottolucernario.

l'orlo con piombo. Pel caso che si preveda forte raffreddamento sono indispensabili dei canali di scolo dell'acqua di condensazione: ed in tal caso bisogna tener calcolo anche di quella che può cadere sulla faccia superiore. È perciò vantaggioso di dare all'intelaiatura una piccola convessità verso l'alto. Una buona stuccatura a mastice, raddoppi in piombo e leggeri canaletti sottoposti presteranno un buon servizio in caso di sgocciolamento dal lucernario superiore. Se vi ha motivo a temerlo ugualmente, si dovrà tenere il lucernario interno sollevato sul piano del soffitto per poter dar scolo all'acqua che può formarsi al di sopra del soffitto stesso.

Specialmente nei lucernari che illuminano locali frequentati dal pubblico sarà necessario pensare alla aerazione sia dei locali stessi, sia dello spazio compreso fra i due lucernari, ove esistono, oppure fra il velario (esposizione e museo) teso presso il soffitto e il lucernario superiore. Tale spazio non deve comunicare colla parte rimanente del coperto, ma esserne lateralmente separato mediante doppie pareti in modo da sottrarlo all'azione delle fredde o infocate temperature che si verificano nel sottotetto. Esso sarà poi aerato mediante mitre ventilatrici, cioè con aeratori aspiranti naturalmente, oppure con aeratori mossi da energia elettrica o di altra specie. Quando si voglia aerare il locale dal lucernario del soffitto bisognerà lasciarvi appositi spiragli, oppure tenerlo staccato dal soffitto: e staccato si dovrà tenere pure il velario, ma badando che dall'apertura risultante all'ingiro del velario non abbia a passare il sole, per il che si farà il velario più largo, oppure tendendo al disopra di esso e tutto all'ingiro una lista di tela che impedisca ai raggi solari di passar oltre.

Per lucernari grandissimi può essere vantaggioso di sospenderne l'intelaiatura, per non dover adoperare portavetri di eccessiva grossezza: sarà però allora sempre bene

di rinunciare di sospenderla al tetto; tuttavia quanto più elevata sarà la costruzione di sospensione, riuscirà tanto meno di imbarazzo.

Vale pel resto quanto si è già detto prima circa i diversi sistemi di portavetri e di arcarecci.

l) Lucernari a prismi.

Questi sono costituiti da prismi di vetro, destinati specialmente a trasformare in luce diffusa la luce zenitale o verticale con cui si devono illuminare quei locali, nei quali non si possono applicare nè gli ordinari lucernari, nè finestre che lascino penetrare sufficiente luce laterale. Di questi prismi si fa cenno a pagina 118 di questo volume parte II. Essi si collocano anche verticalmente, a guisa di pensilina, ecc., ma in generale si usano come è indicato nella fig. 2419 e in particolare nella fig. 2420.

m) Lucernari apribili.

In generale si evita volentieri di aprire i lucernari, specialmente se esterni, mentre gli interni sono più di frequente provvisti di piccoli sportelli mobili. Però può darsi qualche caso in cui sia assolutamente imposto di fare apribile tanto il lucernario esterno quanto l'interno, come nella costruzione rappresentata nella figura 2320, tolta dall'infermeria infantile del R. Ospedale della *Charité* a Berlino (vedi anche fig. 2429 a 2431).

Più di frequente invece occorrono delle speciali finestre da tetto apribili, che si devono adattare alla copertura generale. Tra le numerose disposizioni ne sono qui riportate alcune che rispondono alle maggiori esigenze.

Finestra da tetto, Sielaff (fig. 2421). — Con telaio fisso in ghisa o in ferro e con telaio dello sportello mobile in ferro con portavetri a \perp ; permette un'apertura assai ampia e non è soggetta a rinchiudersi da sè, perchè nella posizione di apertura la punta *s* entra nelle intaccature *z'*. Per la chiusura una punta *s'* disimpegna tale incastro sollevando il nottolino. La leva viene mossa mediante una catena. Quando è chiusa la finestra non può venire aperta dall'esterno.

La *finestra Hoffmann* (fig. 2422), in lamiera di zinco, è degna di nota per la buona chiusura ottenuta semplicemente con risvolti accartocciati a molla, quindi senza mastice.

La *finestra da tetto a sportello di Hoffmann* (fig. 2423) è formata come la precedente, ma con pareti che si ripiegano a ventaglio, le quali impediscono il passaggio

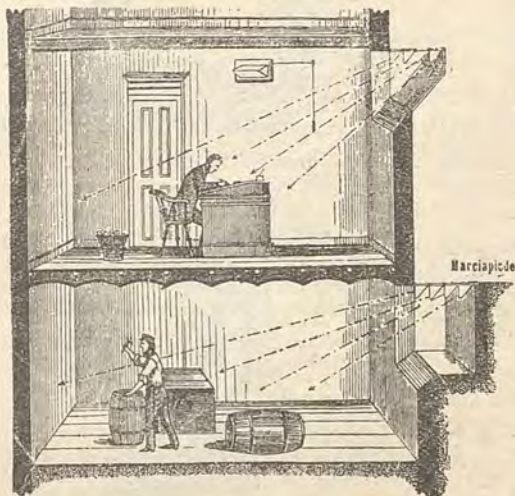


Fig. 2419.

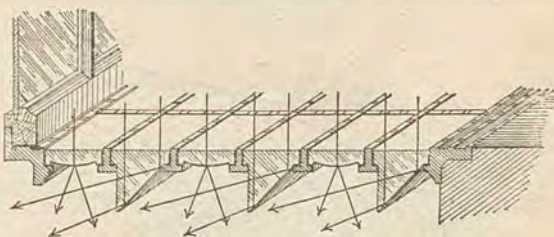


Fig. 2420.

Fig. 2419 e 2420. — Lucernari a prismi.

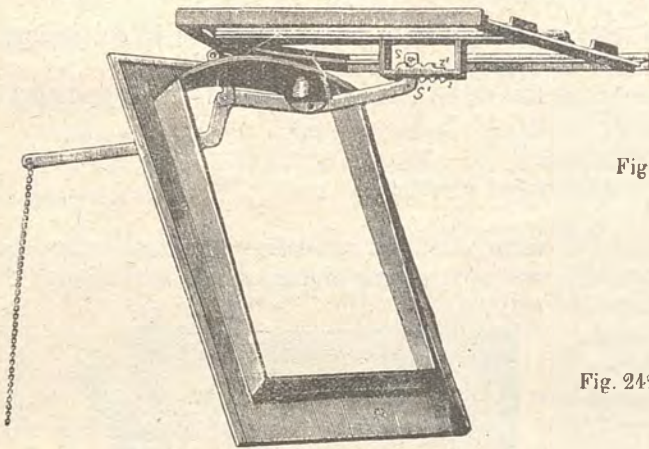


Fig. 2421. — Finestra da tetto Sielaff.



Fig. 2422. — Finestra Hoffmann.

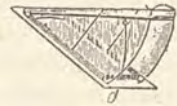


Fig. 2424. — Finestra da tetto a sportello Siebel.

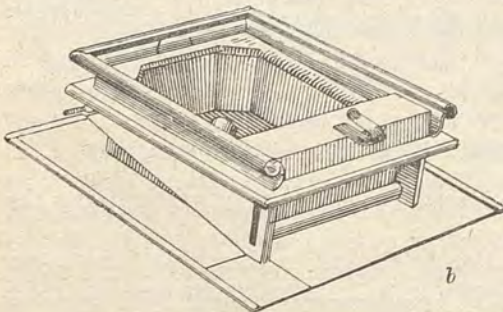
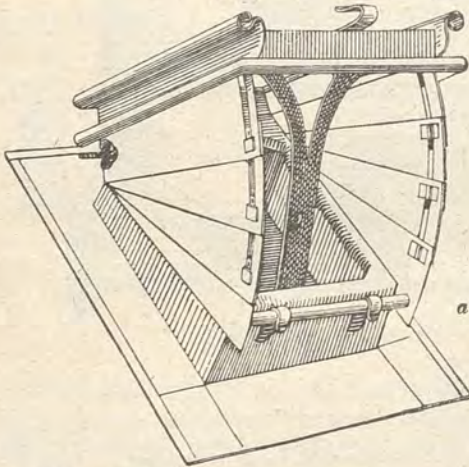


Fig. 2423 a, b. — Finestra da tetto a sportello, Hoffmann.

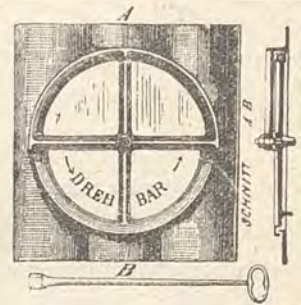
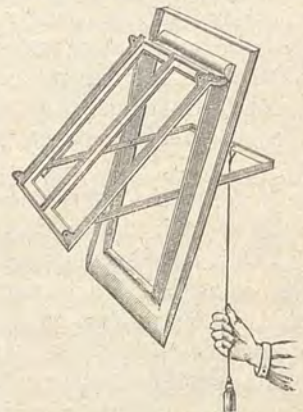
Fig. 2425. — Finestra da tetto Unterberg.
Drehbar, girevole; Schnitt A, B, sezione A, B.

Fig. 2126. — Finestra a bilanciere.

della pioggia anche durante i più violenti acquazzoni. Queste finestrelle hanno le dimensioni di luce netta di cm. 38 × 62 o di 50 × 72.

La *finestra da tetto a sportello, Siebel* (fig. 2424), ha delle pareti laterali di lamiera o di vetro, ma fisse, che sporgono di tanto quanto l'ampiezza di apertura della finestra: l'imposta mobile di questa sopravvanza di tanto all'apertura, che anche quando viene a disporsi orizzontalmente la ricopre abbondantemente.

La *finestra da tetto Unterberg* (fig. 2425) consiste di una parte superiore fissa e di una parte inferiore mobile, la quale, quando la si fa girare mediante una chiave, va a disporsi dietro la parte superiore, scoprendo così l'apertura. La figura ne rappresenta una applicata ad un tetto di tegole fiamminghe; però la formazione del telaio inferiore non varia, anche quando il sistema di copertura del tetto sia diverso.

Finestra a bilanciere. — È rappresentata nella figura 2426, la quale ne mostra chiaramente la struttura e il maneggio. È di ghisa ed ha luce netta variabile da cm. 22 × 37 a cm. 157 × 56, pesando rispettivamente da Kg. 6 a Kg. 30.

n) Lucernari da pavimento.

Si usano spesso per illuminare dall'alto locali sotterranei, ed anche locali sopratterra che devono ricevere luce da un solaio soprastante ad essi. Dei vetri che si usano per tali lucernari si parla a pag. 120 della parte II di questo volume. Ove la faccia superiore del lucernario è soggetta a raffreddarsi, come sarebbe nei pavimenti delle gallerie di passaggio, il vapor acqueo che si trova nell'ambiente sottostante illuminato dal lucernario, si condensa sulla faccia inferiore di questo producendo sovente un abbondante sgocciolamento. Si evita l'inconveniente sia aerando energicamente il locale illuminato dal lucernario, sia collocando il lucernario un po' più basso del pavimento superiore, chiudendo il foro di questo mediante una inferriata più o meno ornata, ma sempre fatta in modo che il piede possa appoggiarvisi senza pericolo. Tra la superficie vetrata e tale inferriata rimane all'intorno uno spazio che serve da aeratore; si impedirà così lo sgocciolamento, ma bisognerà badare a provvedere intorno al lucernario un canaletto per smaltire l'acqua quando il pavimento superiore fosse nel caso di riceverne, e a rendere mobile il lucernario o la inferriata superiore onde poterne pulire la superficie superiore dalla polvere o altri detriti che vi si depositano sopra cadendo attraverso alla inferriata.

XVII. — COSTRUZIONI DI LAMIERA ONDULATA

Trattando dei singoli elementi costruttivi, si è accennato ai vantaggi essenziali delle costruzioni in ferro, per es. al minor carico sul suolo, al risparmio di spazio, ecc. Siccome però non era colà il luogo di parlare delle costruzioni interamente metalliche, si riferiranno ora alcuni esempi semplici ma caratteristici di fabbriche in ferro.

1. *Casello di guardia in lamiera ondulata* (fig. 2427). — In molti casi si ha bisogno di piccoli caselli di guardia, costruiti in modo da poter essere riscaldati e ben ventilati. Spesso si devono erigere in luoghi dove mancano convenienti mezzi di trasporto; devono venir eretti in breve tempo, essere subito abitabili, resistere bene alle intemperie, ai tentativi di effrazione, di incendio e simili, e poter al caso essere trasportati senza grande spesa da un sito all'altro. A queste condizioni si può soddisfare facilmente colle costruzioni in lamiera ondulata. Le figure rappresentano uno di tali caselli, come se ne costruiscono in generale per le ferrovie, ecc. Solo il telaio della porta consta di ferri a \perp ; gli angoli e le orlature di ferri a L. L'intelaiatura di tavoloni è inchiodata sulla lamiera ondulata zincata di mm. 1 di grossezza e riceve il rivestimento interno in legno, che molte volte viene anche intonacato.

2. Il *Circo in ferro di Berlino* (già Circo Kremser) (fig. 2428), venne eretto nel 1886 secondo il progetto dell'imprenditore governativo Koenen dallo stabilimento di costruzioni in ferro « *Cyclop* ». Condizioni principali, oltre alla maggiore possibile sicurezza contro il fuoco, erano: limitato carico sul suolo, possibilità di potere rapidamente

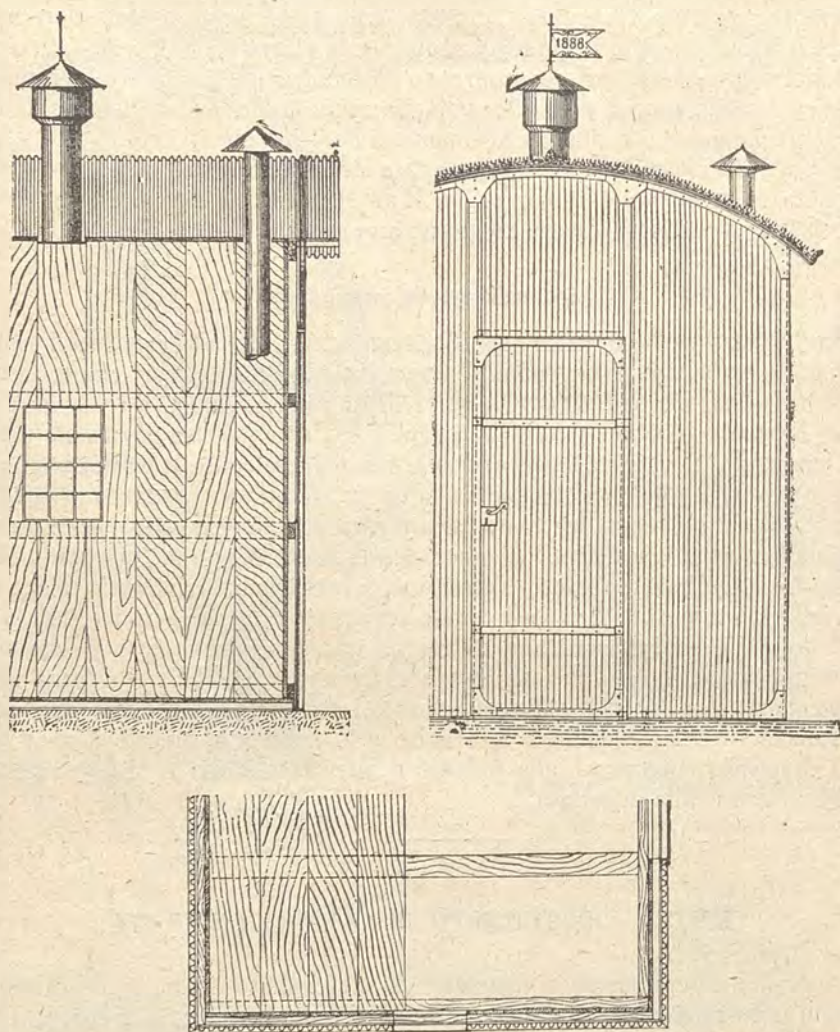


Fig. 2427. — Casello di guardia costruito dalla Ditta Pfeiffer e Druckenmüller di Berlino.

disfare l'intera costruzione, caricarla sulla ferrovia e rizzarla di nuovo rapidamente in altro luogo senza troppa perdita di tempo e di denaro; insomma doveva essere una costruzione *viaggiante* (V. *Deutsche Bauzeitung*, anno 1887, n. 33).

Il circo ha m. 38 di diametro totale, l'anello dei sostegni interni m. 21,80. I montanti o ritti, il cui piede è confitto nel terreno per soli cm. 30, lo caricano di un peso di Kg. 2,50 per mq. Tutte le singole membrature, come ritti, travi, ecc., sono collegate con viti: tutte le pareti interne ed esterne, soffitti e tetti, sono formati con lamiera zincata a debole ondulazione e della grossezza di mm. 1. Il soffitto interno venne coperto con tela dipinta, mentre al disopra del tetto in lamiera ve ne ha un altro in carton cuoio sopra assito di fodera; lo spazio che intercede tra le due coperture si dovette chiudere verso l'esterno a tenuta d'aria, per prevenire lo sgocciolamento dell'acqua di condensazione dal soffitto.

Dopo circa un anno e mezzo dall'erezione si dovette scomporre il circo per riedificarlo di nuovo su di un terreno vicino.

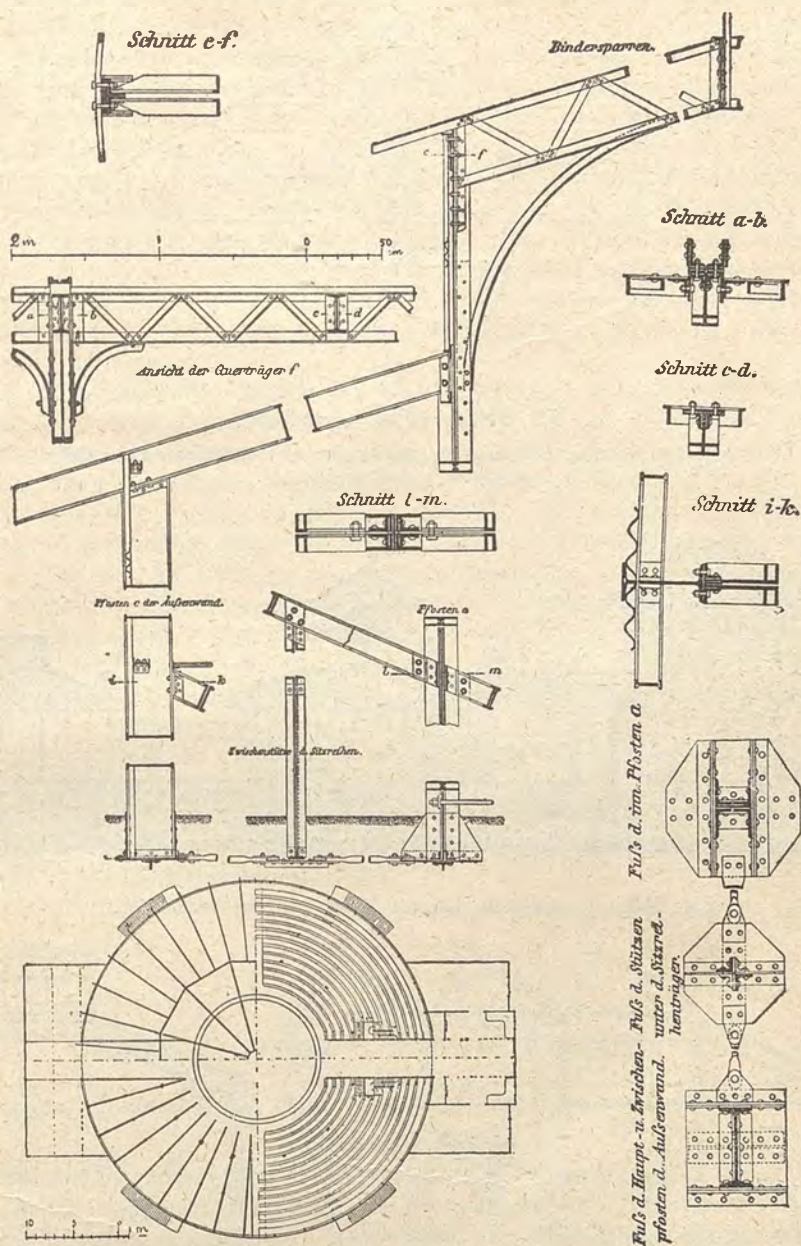


Fig. 2428. — Circo in ferro di Berlino.

Schnitt e-f, ..., sezione e-f, ecc.; Bindersparren, correnti d'incavallatura; Ansicht der Querträger f, vista della travatura trasversale f; Pforten a, ritto a; Pforten c der Außenwand, ritto c della parete esterna; Zwischenstütze der Sitzreihen, sostegni intermedi dei banchi a sedere; Fuß d. inn. Pfosten a, piede del ritto interno a; Fuß d. Stützenunter d. Sitzreihenträger, piede dei sostegni sotto i porta banchi; Fuß d. Haupt- u. Zwischenpfosten d. Außenwand, piedi dei ritti principali ed intermedi della parete esterna.

Le spese della traslazione, in quanto si riferisce alla costruzione in ferro, furono assai limitate, ma quelle delle condotte di gas, d'acqua e di fognatura, da stabilirsi completamente di nuovo, come pure quelle del rivestimento in stoffa del soffitto, ecc. — che erano state eseguite in modo meno smontabile — fecero salire il dispendio totale a circa la metà del costo originario di costruzione.

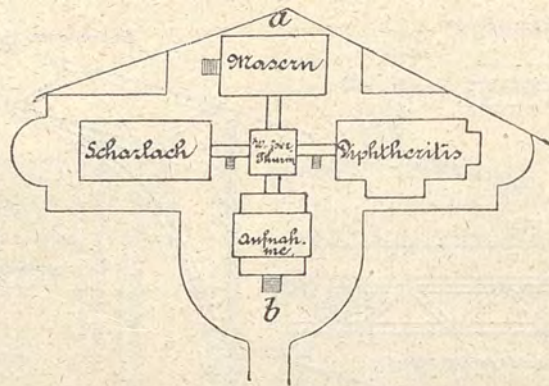


Fig. 2429. — Pianta generale.

Masern, morbillo; *Scharlach*, scarlattina; *Diphtheritis*, difterite; *Wasserthurm*, serbatoio d'acqua; *Aufnahme*, accettazione (ufficio).

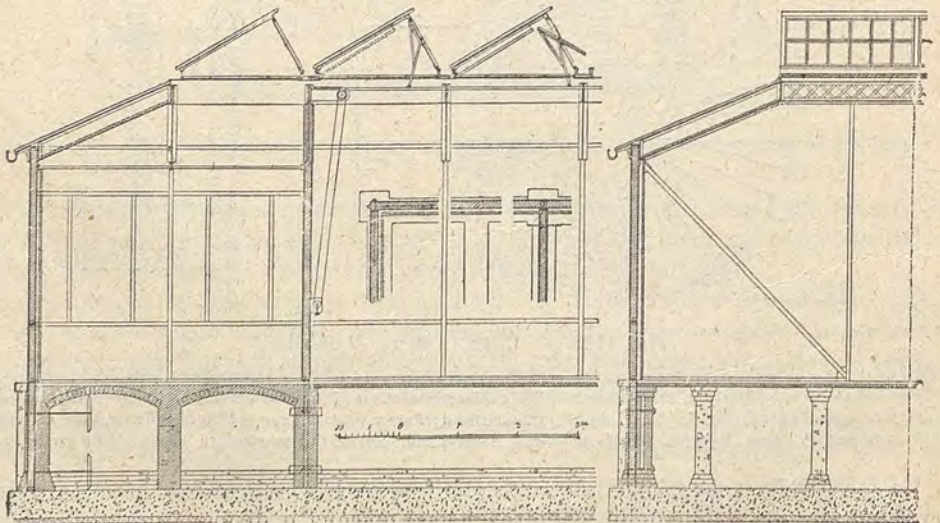
Fig. 2430. — Prospetto laterale (vista *b a*, dal fianco nord).

Fig. 2431. — Sezioni principali e particolari.

Fig. 2429 a 2431. — Comparto per le malattie infettive dei bambini nel R. Ospedale *Charité* di Berlino.

3. Il *comparto per le malattie infettive dei bambini nel Regio Ospedale « Charité » di Berlino*, rappresentato nella pianta generale (fig. 2429), in un prospetto laterale (fig. 2430), in due sezioni principali e particolari (fig. 2431) venne progettato dal consigliere Kluthmann e venne costruito ed eretto dallo stabilimento di costruzioni in ferro Pfeiffer e Druckenmüller.

In questo caso il problema era di stabilire una così detta stazione a baracche, in modo che si potesse ritenere esclusa ogni trasmissibilità traverso il recinto di materie infettive, e che anche nel caso sfavorevole di una probabile trasmissione, si incorresse nella minor spesa e nella minor perdita di tempo, per poter rimuovere la parte infettata. Una esigenza non meno giustificata era quella di poter ottenere facilmente la ventilazione ed il mantenimento della temperatura costante corrispondente allo scopo di ciascun padiglione isolato.

Le pareti esterne sono eseguite con mattoni duri, cavi, da paramento, di cm. 13 di grossezza; una seconda parete è di lastre Monier di cm. 4 di grossezza, e lo spazio vuoto interposto ha pure cm. 4 di larghezza. Le pareti di tramezzo, pure intelaiate in ferro, sono murate in cemento con mattoni duri, ed intonacate. Tutti i soffitti, come i tetti, sono eseguiti in lamiera ondulata (mm. 30 : 37,5 : 1); i soffitti sopra il piano terreno e quello intermedio del 2° piano nel padiglione d'accettazione sono in lamiera arcuata a guisa di volta. I soffitti in lamiera immediatamente sotto il tetto, sono coperti con uno strato di argilla di cm. 10 di grossezza. Il pavimento, negli spazi liberi tra i pilastri, è largo m. 2, e formato con lastre Monier di cm. 5 di grossezza e da un terrazzo alla veneziana sovrapposto, di eguale grossezza.

Pel rimanente vale quanto si è detto per le costruzioni in ferro intelaiate e pei lucernari.

Altri esempi ci offrono i *fabbricati della ferrovia metropolitana di Berlino* (*Zeitschrift für Bauwesen*, 1882, pubblicato anche separatamente). Vedasi pure *Nouvelles Annales de la Construction*, dove sono descritti gli edifici delle Esposizioni universali di Parigi del 1878 e 1889. Su di un sistema speciale Heilemann di fabbriche in ferro, vedi la *Deutsche Bauzeitung*, 1889.

XVIII. — FINIMENTI DI TORRI, CAMPANILI, ECC.

Cupolini, croci, capitelli, globi, bandieruole, aste per bandiere, statue, ecc.

In precedenti capitoli trattando della costruzione delle cuspidi si è già incidentalmente parlato anche dei loro finimenti. Si completa ora l'argomento esponendo i particolari di tali opere secondarie, per le quali non solo è necessaria una grandissima cura tanto nel progettarle quanto nell'eseguirle, ma occorrono molte misure precauzionali per difendere oltre l'opera stessa da nocive influenze, soprattutto atmosferiche, anche tutta la rimanente costruzione, la quale da una imperfetta esecuzione del finimento può essere soggetta ai danni dei trapelamenti d'acqua, degli scotimenti, ecc. L'esperienza ha dimostrato quanto sia dannosa la trascuratezza in simile genere di lavori, per la cui manutenzione si presentano non poche difficoltà materiali, cosicchè è indispensabile che questa sia ridotta alla minor misura possibile, e nello stesso tempo sia provvisto ai mezzi perchè essa possa compiersi, ancorchè a lunghi intervalli, o per meglio dire si possa di quando in quando esaminare le condizioni dell'opera per salvarla dal deperimento e da guasti.

a) Influenze nocive.

a) Pressione del vento.

È noto che le raffiche di vento esercitano sui corpi di piccola superficie un'azione che non si limita alla sola superficie del corpo, ma si estende anche alle superfici prossime per effetto della compressione che subisce l'aria sotto il colpo di vento. Così un colpo di vento diretto sopra una croce di campanile di m² 1 di superficie soltanto, esercita una pressione che, paragonata colle cifre di solito adottate per la pressione del vento, corrisponde all'incirca alla superficie del poligono circoscritto alla croce, come è indicato nella fig. 2432.



Fig. 2432.

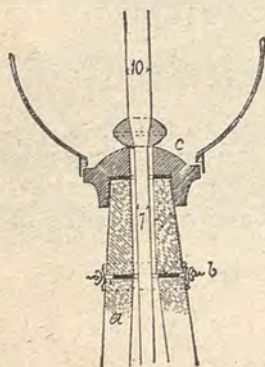


Fig. 2433.

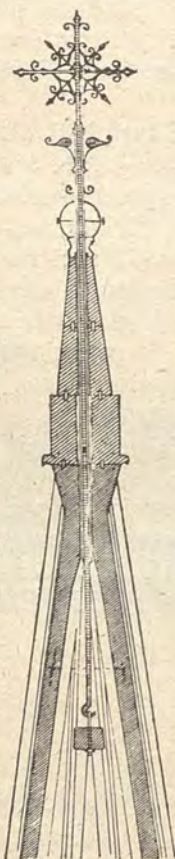


Fig. 2434.

Quando si tratta di aste tonde basta prendere il doppio della superficie sviluppata. Come coefficiente di pressione è però anche insufficiente quello medio, che si assume nel calcolo di costruzioni dei tetti, i quali rispetto alle torri si trovano ad altezze limitate. Sarà sempre consigliabile di assumere a base di calcolo il triplo di quel valore, quando non si possano avere dati esatti sulla forza di pressione del vento nella località. Ma anche avendo tali dati sarà sempre bene assumere un valore maggiore. Si ricorda in proposito il rovesciamento dell'angelo che coronava la Mole Antonelliana in Torino, avvenuto sotto un colpo di vento durante il nubifragio dell'11 agosto 1904. L'angelo, rappresentante un genio alato (vedi fig. 1236, pag. 599), fu con tanta violenza investito da ripiegare di 180 gradi l'asta in ferro che lo sosteneva, la quale fortunatamente non si ruppe, cosicché la statua insieme con una porzione della sottostante cuspide rimase sospesa alla vetta.

Se la pressione del vento può riescire pericolosa per le punte di campanili, tanto più lo sarà per le armature di servizio, erette

solo con collegamenti provvisori, le quali poi per la loro maggiore superficie esposta al vento, possono esercitare alla loro volta un effetto deleterio sulla stabilità del campanile.

Per non scaricare l'azione del vento dalle croci dei campanili sulla punta in muratura di essi, od almeno per diminuire l'effetto dei colpi, si adottarono, anche in antico, peculiari disposizioni oscillanti, cercando soprattutto di abbassare il centro di gravità del finimento.

La fig. 2433 mostra una disposizione *oscillante* adottata da Otzer nella Chiesa di S. Giovanni in Altona. Sulla freccia slanciata di quel campanile, costruita in mattoni vetrificati, la parte più in alto *a* è formata con pezzi di granito, le cui commessure *b* sono chiuse con lamine di piombo e contornate con anelli di rame. La pietra terminale entra in una piastra di ghisa *c*, collocata sopra lamina di piombo, per prevenire qualsiasi spaccatura in causa del rilevante peso del pendolo. La croce, la cui asta ha una grossezza di cm. 10, si innalza di 4 metri sopra la piastra di testa, mentre l'asta for-

mante pendolo, avente cm. 7 di diametro, si protende al disotto per 15 o 20 metri. Il peso del pendolo è così rilevante, che il centro di gravità di tutto l'apparato viene riportato in basso fino ad $\frac{1}{3}$ circa dell'altezza totale.

Nella chiesa di S. Gertrude ad Amburgo, dello stesso architetto (fig. 2434), l'altezza della croce arriva a 6 metri con 17 metri di asta del pendolo: questo è caricato con un peso di Kg. 1600.

Una simile disposizione di pendolo la mostra la fig. 2435 (bandieruola girevole del castello di Puttlitz), nella quale l'asta del pendolo si protende al disotto della punta murale solo di m. 3, ma raggiunge egualmente la sicurezza di equilibrio stabile per mezzo di un peso rilevante.

Deve darsi molta importanza all'azione del vento anche per l'esecuzione dei lavori; si deve predisporre le cose in modo che anche durante i periodi di forte agitazione atmosferica, si possa trar profitto del momento favorevole, cosicchè una subitanea forzata interruzione dei lavori non abbia ad occasionare disgrazie. È indispensabile perciò una benintesa divisione del lavoro.

β) Influenza della temperatura.

È naturale che queste opere di finimenti, esposte da ogni lato ai più vivi raggi solari ed altrettanto esposte ai venti freddi (assai più freddi della temperatura dell'aria degli strati più bassi) ed inoltre esposte al massimo raffreddamento per l'immediata irradiazione (notoriamente le cime dei campanili spesso sono al mattino coperte di forte brina anche nel cuore dell'estate!), risentono in maggior grado che non le altre parti delle fabbriche le forti variazioni di temperatura. Si deve perciò ovviare colla mobilità delle singole parti ai pericoli che ne deriverebbero. Così un'asta fissata rigidamente (come nella fig. 1306 *a*, pag. 632) facilmente si spezzerebbe od eserciterebbe rilevanti sforzi sugli spigoli in modo che le commessure si allargherebbero, diventando quindi penetrabili. A questo si rimedia ricorrendo agli attacchi elastici, come è indicato nella fig. 1311 (pag. 633) e cogli apparecchi a pendolo. Si è poi anche riscontrato che l'azione diretta del fulmine, o l'induzione prodotta dal medesimo, possono produrre riscaldamenti straordinari delle parti metalliche, onde è necessario tener presente anche questo caso.

γ) Pericoli del fulmine.

Per evitare i pericoli dovuti a scariche elettriche atmosferiche si suggeriscono i parafulmini, il cui impianto dev'essere però accuratamente eseguito e mantenuto sempre in istato perfetto onde ne sia assicurato il funzionamento.

È da evitarsi l'impiego di ottone per le viti, ecc. (per ottenere apparentemente migliore conduttività). L'interporre dei cattivi conduttori, fra metalli di diversa sorta, è assurdo.

È meno pericoloso l'uso dell'ottone e del bronzo per le singole parti che non formano il conduttore principale, come per es. per gli anelli girevoli delle aste portabandiera (fig. 2436 in *c* e *d*): non è però escluso che possano mancare allo scopo, poichè, in date circostanze, una corrente d'induzione può determinare la loro saldatura.

In ogni caso è prudente di prevedere la possibilità dell'impianto di un parafulmine, anche quando questo non sembri assolutamente indispensabile. È sempre cosa semplice e poco costosa il disporre preventivamente quanto occorre per l'impianto, che, dovendosi eseguire per intero a costruzione ultimata, riescirebbe o di impossibile esecuzione, oppure di grande spesa, oppure potrebbe guastare l'esterno aspetto del coronamento della torre.

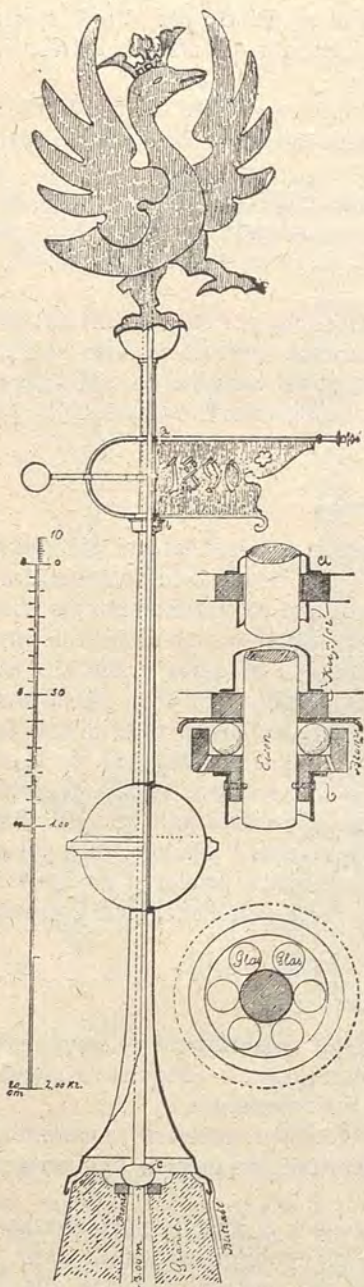


Fig. 2435. — Bandieruola in rame sul Castello di Putlitz.

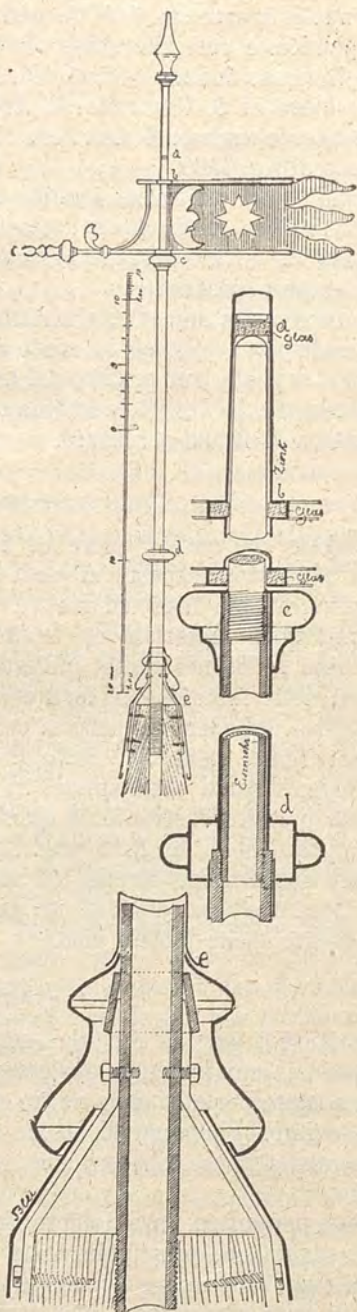


Fig. 2436. — Bandieruola sulla casa Arnim.

Kupfer, rame; *Eisen*, ferro; *Bronze*, bronzo; *Granit*, granito; *Blitzabl.*, scaricatore del fulmine; *Glas*, vetro; *Zink*, zinco, *Eisenrohr*, tubo di ferro; *Elei*, piombo.

Così, per es., la disposizione della fig. 2436 non permette l'impianto di parafulmine, perchè la piletta di vetro *a* rende impossibile l'inserzione di una punta, non presentando d'altra parte l'involucro di zinco una sezione sufficiente per servire da condut-

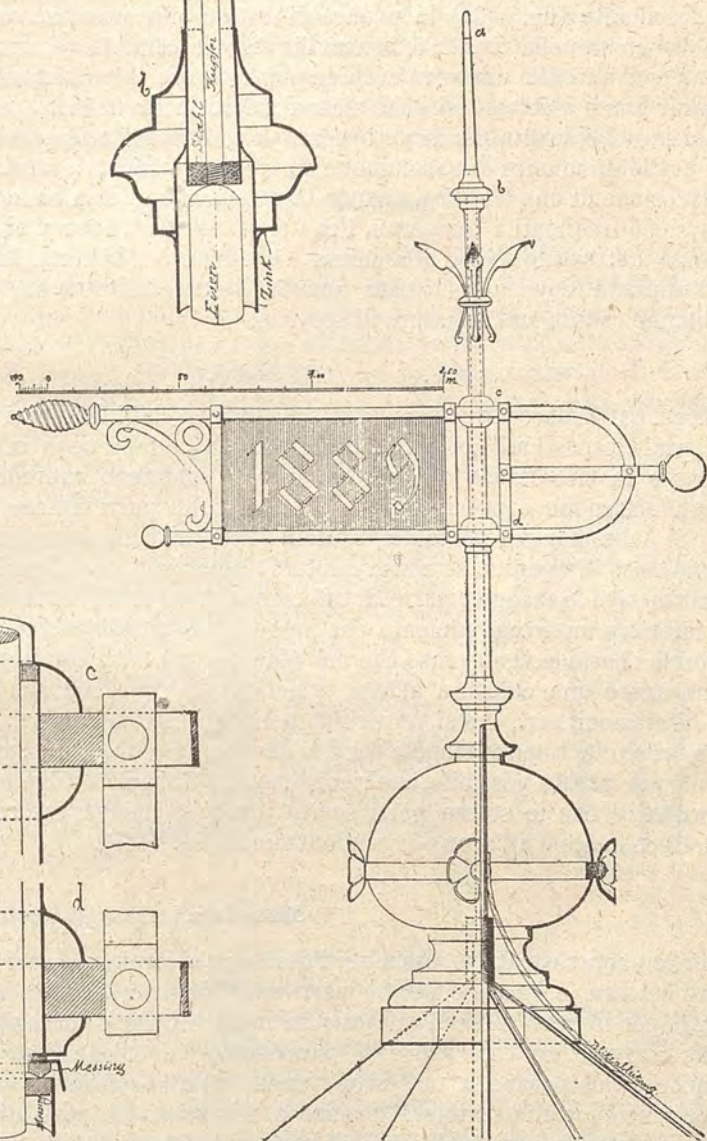
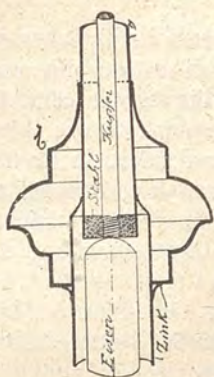
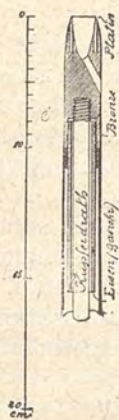


Fig. 2437.

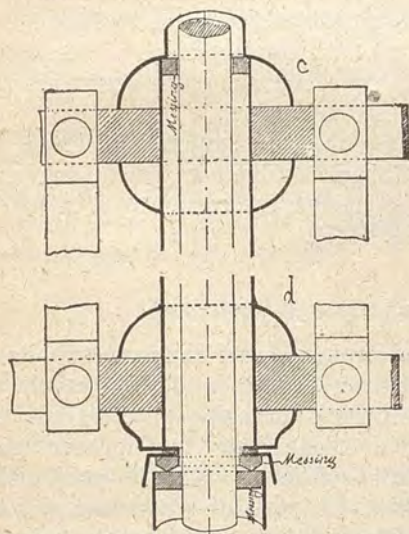


Fig. 2438. — Bandieruola sul serbatoio d'acqua della fabbrica di polvere a Spandau.

P'tin, platino; *Bronze*, bronzo; *Kupferdrakt*, *Kupfer*, filo di rame, rame; *Eiscn* (*gasrohr*), ferro (tubo da gas); *Stahl*, acciaio; *Zinn*, zinco; *Messing*, ottone; *Blitzleitung*, scaricatore del parafulmine.

tore. Potendosi impiantare il parafulmine, l'anello di pressione *e* sarebbe stato il punto meglio indicato per l'attacco della conduttura aerea.

Anche nella costruzione riportata nella fig. 2445, era da pensare se dovevasi attaccare il conduttore aereo in *a*, in *b*, oppure (come nel disegno) in *c*. In *a* il punto della saldatura sarebbe stato in seguito difficilmente accessibile; inoltre il piegare il conduttore intorno alle modanature rientranti in *b* avrebbe condotto ad una contorsione per avventura di cattivo effetto. Lo stesso sarebbe avvenuto per l'attacco in *b*, mentre nella disposizione rappresentata nel disegno si prese cura di praticare in *d* una specie

di chiusura a botola, perchè riesca accessibile il punto della saldatura. Nella disposizione oscillante (fig. 2433) la piastra di testa *c* offre un ottimo attacco; nella costruzione disegnata nella fig. 2435, in cui l'involucro conduttore consiste interamente di rame, riesciva inutile una vera cuspidè per ricevere le scariche elettriche: altrimenti il miglior punto d'attacco sarebbe stato il fulcro in bronzo del pendolo, nel qual caso però si sarebbe dovuto perforare il pezzo di coronamento in granito.

È prudente munire di parafulmine di sicurezza anche le armature di servizio per la costruzione di una fabbrica, quando la esecuzione di essa ha luogo in stagione nella quale sieno frequenti i temporali. Fra i molti sgraziati esempi si rammenta il disastro avvenuto nel secolo scorso alla chiesa di S. Pietro a Berlino, la cui costruzione era per l'appunto appena terminata quando venne distrutta da un incendio causato dal fulmine caduto sull'armatura di servizio.

δ) Umidità.

Esige particolare attenzione non solo il fatto che i finimenti isolati sono nel massimo grado esposti all'insinuarsi della pioggia o della neve in tutte le commessure, ma anche la circostanza che per un forte e subitaneo raffreddamento spesso si ha una condensazione e precipitazione d'acqua sulle parti interne protette. È un fatto noto che nella maggior parte dei capitelli di coronamento si raduna una quantità non insignificante di umidità, se non si adottano espedienti per allontanarla, e che appunto per tal motivo la maggior parte di tali coronamenti metallici mostrano alla loro estremità inferiore un arrugginimento che procede infatti *dall'interno verso l'esterno*.

Perciò i corpi cavi, nel caso che debbano servire alla conservazione di documenti, devono avere una chiusura affatto ermetica all'aria e che non possa venire alterata dalle dilatazioni, ecc., che si verificano nel complesso dell'opera.

Va da sè che tutte le singole parti si devono eseguire colle superficie inclinate per lo scolo più pronto possibile, che ricoprimenti sufficienti debbono impedire l'insinuarsi dell'acqua, e che le stesse parti sovrappontisi devono essere forate in modo da permettere lo scolo all'acqua di condensazione (fig. 2437).

ε) Materiale.

Per le parti costruttive, ossia per l'ossatura, si impiega ormai dappertutto soltanto il ferro battuto, e l'acciaio per le parti specialmente soggette a sforzi notevoli. Gli appoggi per le parti girevoli si fanno in rame, bronzo o acciaio, oppure, quando non devono ricevere un conduttore di parafulmine, in ottone duro (fuso in conchiglia), od anche si adoperano a tale scopo anelli o palle (sfere) di vetro, le quali ultime vengono introdotte in scatole di bronzo o di ottone. Le parti di ornamento si fanno ordinariamente in lamiera di ferro, di rame, di bronzo, di zinco, spingendole poi sullo scheletro della costruzione o sopra un'asta. Il piombo si deve impiegare soltanto nei ricoprimenti a collare appoggiati e purchè non sieno inseriti a far parte di un conduttore elettrico.

Quanto all'applicazione del bronzo e dell'ottone, si deve aver riguardo a ciò che si è detto sopra relativamente ai pericoli del fulmine.

ζ) Disposizioni per bandieruole girevoli.

Quando, come spesso avviene, si debbano collocare sulla cima degli edifici delle bandieruole mobili o simili apparecchi (galli, cavalieri bardati, animali araldici, ecc.) si deve assicurarne la mobilità con supporti a collare ed a punta, non soggetti a ruggine, e difesi contro il gelo. Se vi ha pericolo di fulmini, queste parti devono formare

dei buoni conduttori, e poichè le superficie di contatto non possono essere che piccole, debbono avere una forma che favorisca la trasmissione del fluido elettrico.

Le bandieruole, che servono a segnare la direzione del vento, come quelle rappresentate nelle fig. 2435, 2436 e 2438 coi rispettivi particolari costruttivi, offrono un chiaro esempio di tali finimenti. Basterà notare che nella fig. 2438 lo scheletro della bandiera è in ferro e tutto il rivestimento in zinco, come nella fig. 2436.

d) Custodie per documenti.

Spesso nei globi, o simili coronamenti delle torri, si depongono dei documenti. Naturalmente lo scopo prefisso non si potrebbe che in rarissimi casi raggiungere, se non si è provvisto ad un buon impianto di parafulmini e se non si pone una cura speciale nella costruzione dell'astuccio, a cui si affidano i documenti. Anche il globo deve perciò costruirsi coi metalli più durevoli (lamiera di rame o lamina di bronzo), e, come mostra la fig. 2439, dev'essere saldato entro il globo stesso uno speciale tubo-guaina, nel quale viene introdotto dall'alto l'astuccio dei documenti. Si desidera spesso che esso venga chiuso con saldatura, epperò bisogna applicarvi un doppio coperchio (come è indicato nella figura), che protegga i documenti dal pericolo di venir abbruciati. Il cappello esterno poi del tubo-guaina viene soltanto stuccato con mastice a minio, perchè lo si potrebbe avvitare solo nel caso in cui il tubo possa essere collocato secondo un circolo massimo. È sempre opportuno tenere le pareti del tubo almeno distanti mezzo centimetro circa dall'asta centrale della torre, per evitare che per effetto del fulmine i documenti possano abbrustolirsi. Così pure nella estremità inferiore del tubo si dovrà lasciare una piccola apertura, dalla quale possa sgocciolare l'umidità che eventualmente vi penetrasse.

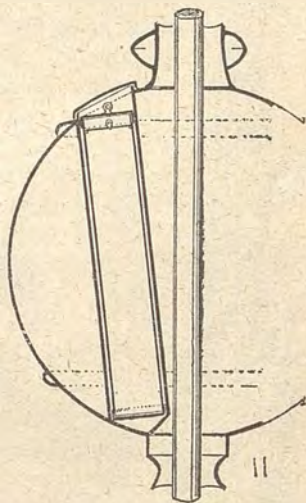


Fig. 2439.

e) Coloritura, doratura, smaltatura.

Tutte le parti metalliche, anche quelle nascoste dell'ossatura in ferro, devono essere spalmate di una sostanza protettrice applicata prima della messa in opera. Si può fare qualche volta eccezione pel rame ed il bronzo, le cui superficie debbono essere brunite, cosicchè possa formarsi su di esse la patina naturale (bronzo antico).

Le parti in ferro si possono spalmare e render lucide con *bitume giudaico* a fuoco: se si deve dar loro un'altra colorazione, si adotta come primo strato il *minio*. Anche la zincatura e la stagnatura sono assai opportune prima della coloritura, e, quando siano abbastanza forti, o fatte a doppia ripresa, si possono lasciare impunemente scoperte.

Si è pure sperimentata buona la spalmatura a doppia ripresa di cemento, del quale si dovranno rivestire tutte le parti in ferro che devono rimanere nascoste nelle murature, sia di mattoni, sia di pietrame.

Oggigiorno si fabbricano molte vernici *antiruggini*, le quali sono assai raccomandabili.

La *doratura*, tanto di singole parti dei finimenti, quanto dell'intero finimento, come croci, globi, ecc. — allorchè non si tratti di opere monumentali di primo ordine o di cuspidi di parafulmini — si fa con *oro in foglia* sopra *imprimitura ad olio*: sono però necessarie tre riprese di coloritura a minio, ben asciugata e levigata dopo ogni ripresa, una imprimitura con olio d'oliva finissimo e della grossa foglia d'oro perfettamente

puro. Una vernice più fina di doratura (detta *giapponese*) forma una copertura di protezione anche sull'oro stesso. Le dorature galvanica e a fuoco in istrato sottile non

hanno fatto buona prova: perchè riescano durature è necessario un grande consumo d'oro; le piccole scalfitture che eventualmente possono formarsi nella doratura durante il collocamento in opera del finimento, non sono più riparabili, cosicchè può rimanere compromessa la durata del lavoro.

Anche i tentativi di adottare una copertura con lamina di bronzo d'alluminio, sia nuda che dorata galvanicamente od a fuoco, non hanno avuto buon esito.

Già fino dal Medioevo la tendenza a far brillare le sole parti sporgenti, per dar risalto alle forme, senza che perciò venisse a scemare l'effetto brillante generale, anche con cielo annuvolato, ha condotto all'adozione della smaltatura sul rame con fondo rosso, azzurro o verde. I pochi avanzi pervenuti di tali lavori ne hanno provata la scarsa durevolezza. Invece da tutte le esperienze fatte finora sembra si abbia a raggiungere un successo sicuro coll'applicazione della *lamiera di ferro smaltata*. È con ciò offerto un mezzo per potere in molti casi ritenere non necessaria la costosa doratura, giacchè la tinta dell'oro viene imitata in modo da far veramente illusione, potendosi però aumentare ancora di molto l'effetto coll'introduzione di anelli veramente dorati.

Si richiede sempre precauzione quando si tratti di grandi pezzi massicci, se non si possono interamente inchiudere nella condotta del parafulmine, perchè facilmente lo strato di smalto potrebbe staccarsi a scaglie.

f) Innalzamento, assicurazione, armature.

Si cerca sempre, per quanto sia possibile, di evitare le difficoltà che risultano dal sollevamento di masse

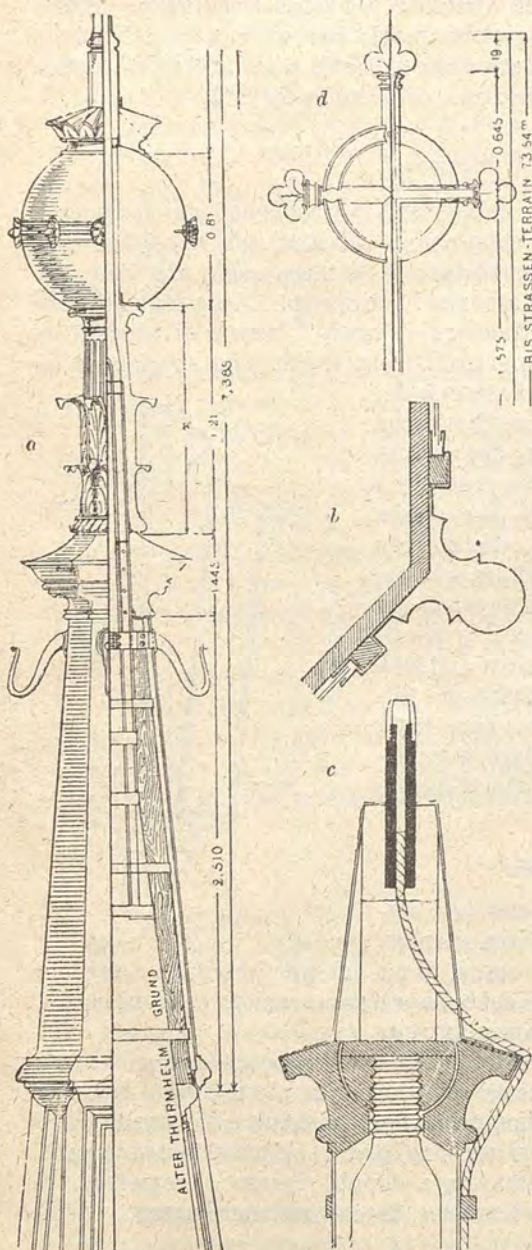


Fig. 2440. — Cuspide del campanile della chiesa di Gerusalemme a Berlino.

Bis Strassen Terrain, fino al piano stradale;
Alter Thurmhelm Grund, superficie dell'antica freccia.

pesanti sull'edificio già compiuto e di risparmiare le costose armature di servizio occorrenti all'uopo, delle quali, in certi casi, si può fare a meno anche per la costruzione della torre stessa, mentre poi si dovrebbero elevare fin dal piede soltanto per

la collocazione della punta. Se la freccia del campanile è in muratura, si ottiene lo scopo coll'innalzare per tempo l'asta (con o senza le parti ornamentali) di mano in mano che procede il lavoro di muratura e lasciandola poi adagiarsi sulla sua sede a lavoro compiuto, dopodichè vi si appende il peso per tenerla in bilico. A tal uopo il fulcro del pendolo (*c* nelle fig. 2433 e 2435) si può fare ad anello coi fori per 3 viti di aggiustamento.

Talvolta le parti ornamentali, come le bandieruole, ecc., in singoli pezzi leggeri — già finiti però (dorati, ecc.) — si infilano dall'alto sull'asta, ciò che si può eseguire per mezzo di semplici scale sospese all'esterno. Così, per es., si è fatto per le bandieruole di cui si è riportato il disegno. Nello stesso intento, ed anche per rendere possibili gli eventuali lavori di riparazione e per quelli di mantenimento, si devono collocare a grande altezza, presso alla cima, dei ganci a grande sporgenza per attaccarvi le scale. Mancano di tali ganci le cuspidi rappresentate nella fig. 1306 *a* e *b* (pag. 632), mentre si vedono nella fig. 1311 (pag. 633).

La cuspidè del campanile della *Chiesa di Gerusalemme a Berlino* (figura 2440), costruita nell'anno 1838, fu provvista nel 1879 di una nuova copertura e di un coronamento moderno. Per nascondere le creste degli spigoli alquanto inflesse, vennero rivestite con liste in zinco laminato (fig. 2440 *b*), e l'anima in legno della cuspidè fu munita di barre quadrate di ferro grosse cm. 5, introdotte in appositi fori e poi con pezzi di legno speciali (grossezze) ridotta alla forma voluta, dopo avervi assicurata l'asta della croce mediante un'armatura di ferro piatto. La parte inferiore del capitello è formata con lamina di zinco, il collo con zinco fuso: il globo di cm. 90 di diametro è in lamiera di rame, grossa mm. 1,5, dorata a fuoco. Questo globo è in due parti, l'inferiore delle quali venne resa rigida con un anello in lamiera di ferro di cm. 1 × 5. Le due metà sono avvitate per mezzo delle rosette che si vedono in figura. Nell'interno del globo, in apposite custodie di lamiera saldate, vennero deposti degli scritti, che non si possono riprendere se non levando la croce, ecc., o distruggendo il globo. La parte visibile della croce è in rame battuto; le braccia sono state innestate dopo, avvitandole alle estremità e saldandole, ed il tutto venne dorato con oro in foglia. Il parafulmine ha una punta di platino cava ed il conduttore è in filo di rame di mm. 8 di grossezza, e collegato con tutte le singole parti metalliche mediante nastri di rame stagnato.

Malgrado i ganci assicurati sotto il capitello, sarebbe sempre non poco pericoloso il salire sul globo o sulla croce per ispezionare o per eseguire delle riparazioni, senza una speciale armatura di servizio, poichè le braccia della croce non presentano alcun punto d'appoggio scevro da pericolo. Sarebbe stato miglior consiglio irrigidire mediante ferro anche il cerchio della croce, perchè potesse servire come sicuro appoggio per appendervi una scala ad uncini. Così sarebbe stata utile precauzione, quella di infiggere all'estremità delle falde coperte con ardesie una corona di ganci, in modo da potere con sufficiente facilità stabilire un'armatura di servizio a collare. Queste opere di previdenza si potevano eseguire senza difficoltà, essendochè la cuspidè si è eretta con completo ponte di servizio.

Così pure con un'armatura completa venne eseguita, soltanto in ferro ed in zinco laminato e fuso (quest'ultimo solo per le parti ornamentali), la *guglia della Cattedrale di Colonia*, della cui punta sono rappresentati alcuni particolari nelle fig. 2441 e 2442. I grossi ferri di sostegno dei diversi ornati sporgenti (fogliami, ecc.) rendono possibile l'applicazione di un'armatura pensile per le eventuali riparazioni. Queste però non necessiteranno tanto presto, poichè la esecuzione della cuspidè fu accuratissima e le parti metalliche hanno grossezze rilevanti, le quali resero superflua anche l'applicazione di uno speciale parafulmine all'infuori dell'attacco al piede della guglia.

Anche maggiore previdenza ha dimostrato *Orth* nella fabbrica della Chiesa votiva

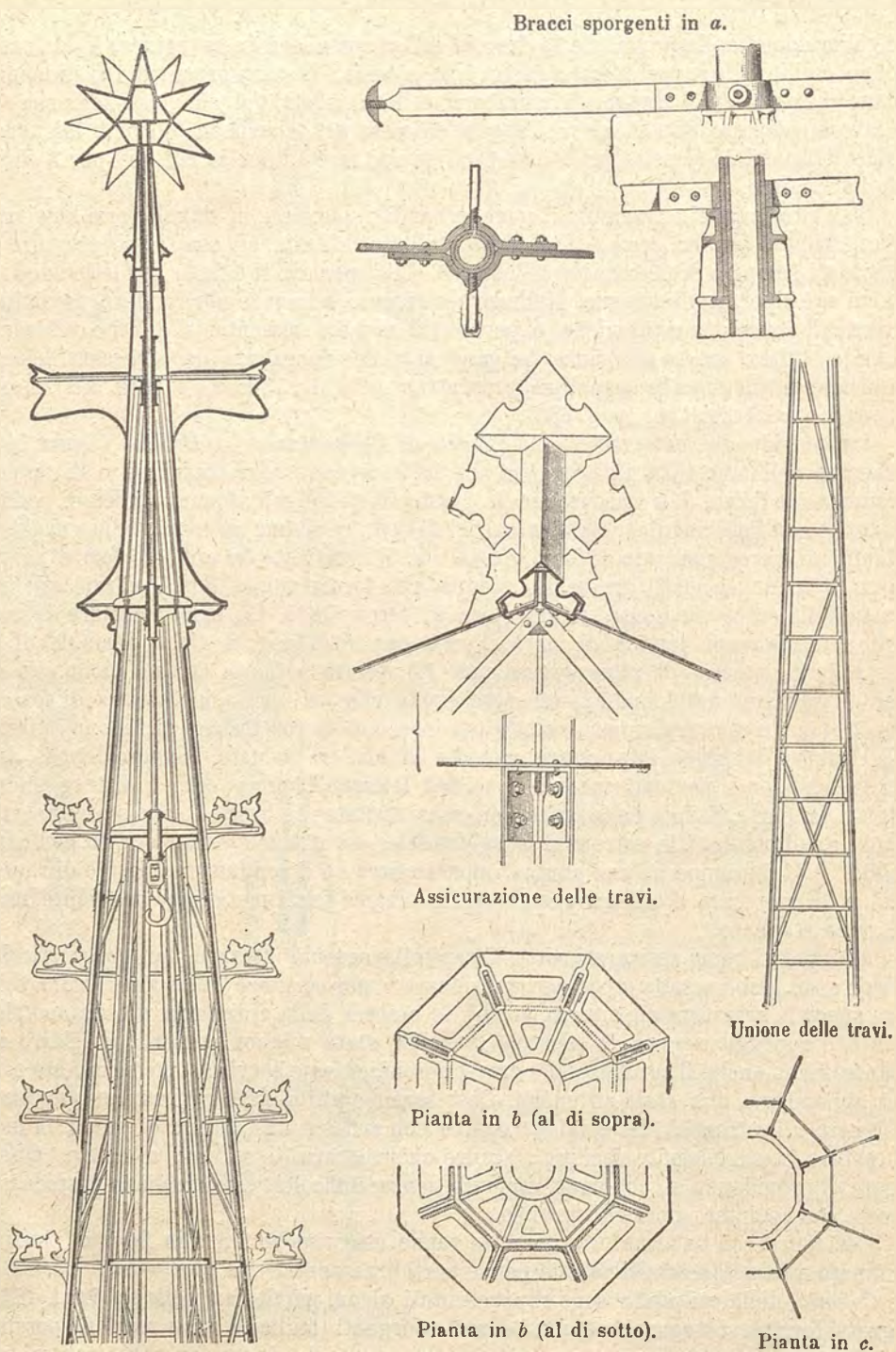
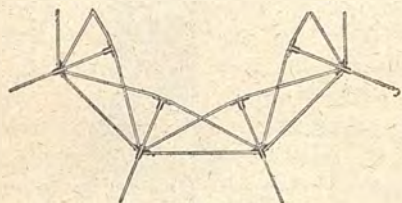


Fig. 2441 e 2442. — Guglia del duomo di Colonia.

di Berlino, per la quale egli fece eseguire la cuspide in muratura vuota nel mezzo, rendendo così possibile l'uscita al piede della croce in rame (fig. 2443). Mediante l'applicazione di ferri a L disposti come gradini di una scala, piegati all'estremità e

riuniti con un corrimano, si evitarono tutte le complicazioni prodotte dal sollevamento e collocamento delle scale ogniquilvolta si debba accedere alla punta. La fig. 2444 mostra l'armatura adoperata per la costruzione della cuspidi in muratura.

Siccome la formazione e la scomposizione dei ponti di servizio danno luogo ad una forte spesa, e sono spesso causa di disgrazie, così si è sempre cercato il mezzo di ricorrere a sistemi che evitassero spese e disgrazie. — Uno dei mezzi è quello dei cupolini sforati, di cui la fig. 2445 offre un esempio istruttivo e che non ha d'uopo di ulteriore descrizione. Si noterà soltanto che tanto la punta colla relativa bandieruola, quanto la calotta di zinco possono venire messe in opera dall'alto, prima di applicare il rivestimento. Dopo la posa delle ardesie sotto al cupolino venne calata la



Pianta in *d* (vedi fig. 2441 e 2442).

calotta e quindi poste in opera le parti architettoniche in zinco (le colonne divise per metà) del cupolino e saldate.

Le aste di ferro quadro, che formano l'anima delle colonne, si poterono spingere fuori dalla piattaforma del cupolino, collegandovi sopra l'ossatura in ferro del cappello di zinco, mentre pel collocamento delle ardesie bastarono delle travi sporgenti con semplice armatura a cavalletto.

La *guglia sul tetto del Palazzo municipale di Hildesheim* venne interamente formata col suo rivestimento sotto al tetto, sospendendone il piede agli arcarecci (che dovevano poi in seguito sopportare la guglia stessa) e con argani applicati al piede dell'asta centrale venne sollevata fino al suo posto, valendo l'asta centrale a mantenere la direzione verticale (fig. 2446).

Ma andò ancor più oltre *Otzen* nella fabbrica della *Chiesa di S. Croce a Berlino* (fig. 2447). Qui l'intera guglia ottagonale, su pianta quadrata, e costituita da un'armatura reticolare in ferro, venne eseguita appesa all'anello compresso di serraglia della cupola, preventivamente puntellato; fu munita di tutte le opere di rivestimento e della copertura in tegole di forma speciale, e poi innalzata intieramente finita fin sull'anello sopradetto (V. anche la fig. 2084, pag. 883).

In questa costruzione si impiegarono soltanto ferri piatti e ferri a L comuni ad angolo retto (escludendo quindi quelli obliquangoli da commettersi appositamente), offrendo all'architetto opportunità di provare tutte le parti prima di incominciare l'alzamento. Ne risultò anche un risparmio assai notevole nelle spese di mano d'opera e di vigilanza.

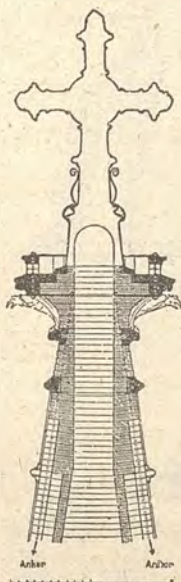


Fig. 2443.

Anker, ancoramenti.

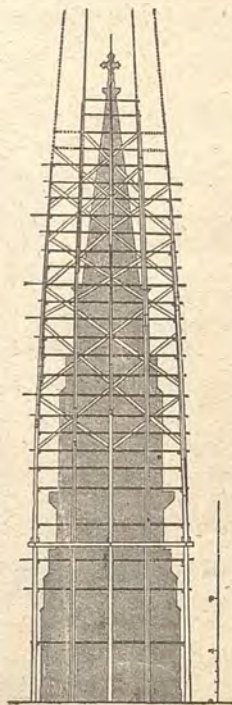


Fig. 2444.

Fig. 2443 e 2444. — Cuspide della chiesa votiva di Berlino.

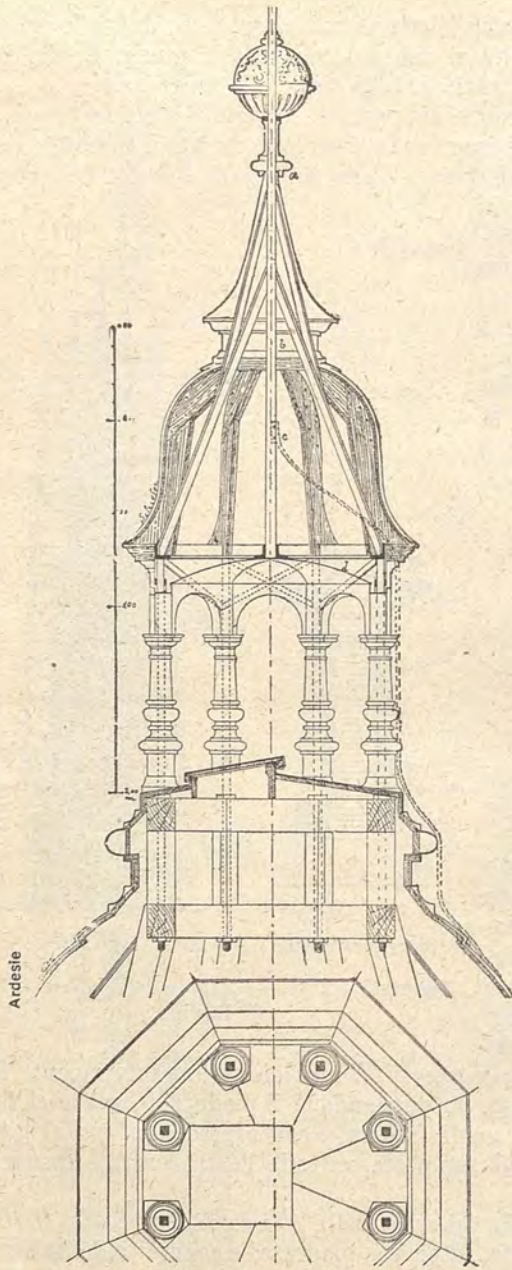


Fig. 2445. — Cupolino della villa Carstanien a Godelsberg.

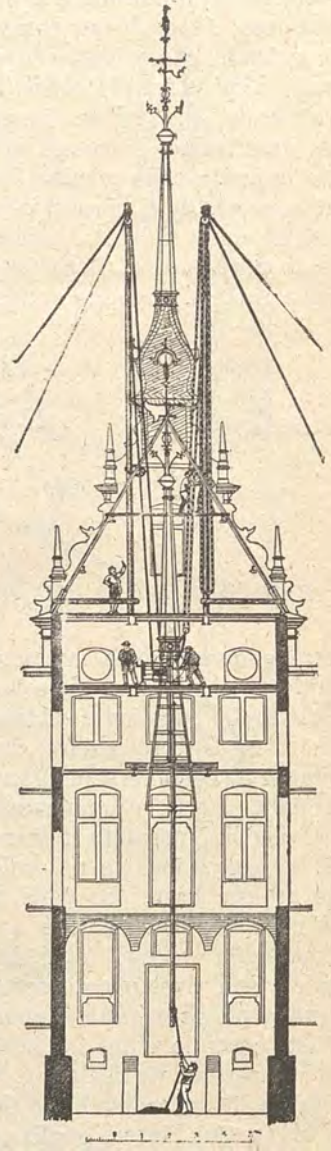


Fig. 2446. — Guglia del Palazzo municipale di Hildesheim.

g) Statue, aquile ed animali araldici.

Speciale difficoltà presenta il collocamento di opere scultorie (in rilievo) fuse o battute, sopra colonne murate, principalmente perchè quando non si hanno finite prima del termine degli altri lavori (come d'ordinario avviene) non si possono innalzare di mano in mano col procedere di quelli. Come un esempio particolarmente

istruttivo, si può addurre l'armatura pel sollevamento delle figure che adornano il frontone del ginnasio di Joachimthal di Berlino, descritta e rappresentata nel *Zentralblatt der Bauverwaltung*, anno 1883.

Si ricorda qui la descrizione datasi a pag. 167-168 e colla fig. 361 del castello adoperato per il sollevamento della statua di Napoleone I sulla colonna Vendôme a Parigi.

Armature di dimensioni eccezionali (120 tonn. di ferro con involucro di rame di 80 tonn.) occorsero per l'erezione della statua della *Libertà* nel porto di New York, a proposito delle quali si può consultare *Seyrig* (Estratti dai *Proceedings of the Institute of Civils Engineers*, 1886-87).

Gli animali araldici vengono per lo più tenuti insieme rigidamente da un'ossatura in ferro od in acciaio. Per gli animali accovacciati l'assicurazione riesce sempre facile e sufficiente, quando le aste dell'ossatura sporgenti fuori dai piedi della figura o dal sedile, vengono infilate dall'alto in guaine di esatta misura delle piastre di ricoprimento (della cornice, ecc.), disponendo le cose in modo che le parti superiori delle figure sporgano abbastanza da ricoprire le guaine alquanto sporgenti, per impedire che in queste penetri l'acqua.

Le aquile in attitudine di volare ed i quadrupedi ritte sulle zampe, presentano spesso solo due punti d'assicurazione ed alle aste passanti non si può dare (specialmente per le aquile) sufficiente grossezza; è allora necessario di stabilire un terzo collegamento, ancorchè leggero (che di solito si fa uscir fuori dalla coda), facendo resistere alla flessione i due perni agli artigli. Se questo terzo collegamento non si può avere, si deve provvedere per incrociamento a modo di vite delle due aste degli artigli o delle loro guaine, così che per calar giù l'aquila, ecc., sia necessario un movimento a spirale. Siccome naturalmente in tal caso un'assicurazione con viti non avrebbe effetto, bisogna aver cura che il tutto abbia un peso sufficiente affinchè il vento non abbia a sollevare l'aquila, ciò che si evita sicuramente quando si possa ricorrere ad aste oscillanti o ad ancoramenti nascosti.

h) Aste da bandiera.

La scarsa durata delle aste da bandiera in legno, esposte a tutte le intemperie, e che non possono venire di frequente visitate nè riparate, gli accidenti a cui spesso diedero luogo, e in modo speciale la difficoltà di applicarvi un buon parafulmine hanno indotto a sostituire le aste di legno con aste di ferro vuoto.

Raramente vengono avvitate in continuazione ad un ritto o monaco di legno dell'armatura del tetto ed assicuratevi con staffe (come nella fig. 2436), ma solitamente si appoggiano sopra una lungherina del solaio sotto il tetto e si assicurano con staffe o fermagli a collare.

È preferibile che il lavoro di assicurazione possa compiersi interamente sotto il tetto: la parte superiore, che porta la punta, viene poi introdotta in un altro tubo e

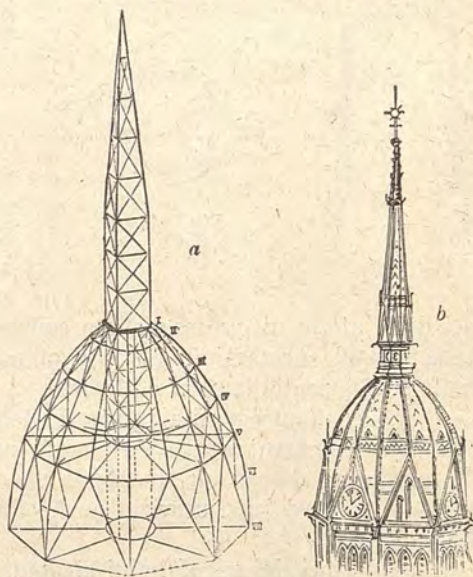


Fig. 2447 a, b. — Cuspide della chiesa di S. Croce a Berlino.

le due parti collegate con viti a testa affondate. Il pezzo superiore riceve poi un anello di forza saldato in forma di collare o infilato a caldo (fig. 2448), nel qual caso sono superflue le viti. Un anello simile, come quello rappresentato in *e* nella fig. 2436, permette di introdurvi al disotto delle striscie di piombo o di zinco per formare tenuta.

In luogo delle carrucole a funicella prima comunemente adoperate per manovrare la bandiera si adottano in modo più conveniente degli anelli (passanti, corsoi) in bronzo od in ferro smaltato. La cordicella, o meglio catenella, della bandiera viene montata come una fune senza fine e provvista ai punti di attacco della bandiera di nodi attorcigliati, ai quali è sospesa la bandiera per mezzo di ganci a moschettone; la fune viene poi infilata con un nodo nell'anello inferiore.



Fig. 2448.

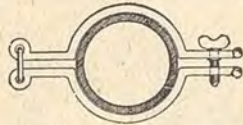


Fig. 2449.

Pei casi di rottura della corda, di rinnovamento della coloritura dell'asta, e così via, si può servirsi di scale leggieri da conciatetti. È però più conveniente che l'operaio si leghi un cappio sotto le ascelle, e che l'asta sia provvista di staffe per la salita (fig. 2449); le

viti delle alette di queste staffe a collare, assicurate contro la possibilità di sfuggire, possono però spostarsi in un foro oblungo, in modo da poter facilmente adattare le staffe ai differenti diametri delle aste.

I braccioli sporgenti di tali staffe debbono avere almeno cm. 10 + 12 di lunghezza e le estremità arrotondate e ripiegate per impedire lo scivolamento. Si può ritenere che occorran due di queste staffe per ogni metro di salita. Poichè le medesime possono prestare buon servizio anche durante l'erezione, conviene applicarle immediatamente.

I conduttori dei parafulmini si applicano al piede sotto al collare che è infilato sull'asta.

Sulla difesa delle aste in legno contro la rottura e sull'assicurazione delle bandiere (V. *Deutsche Bauzeitung*, 1886).

NOTA. — Fra le costruzioni metalliche sarebbe da comprendere la costruzione delle scale, ma sia perchè queste non appariscono come ordinario o comune elemento costruttivo, ma più come elemento speciale e spesse volte anzi di ripiego, sia perchè anche ove la scala assume un'importanza relativamente notevole, la sua costruzione non richiede in generale che la unione dei singoli pezzi forniti dalle ditte costruttrici, onde non è necessaria l'opera di un vero operaio carpentiere in ferro, così si è creduto più conveniente di comprendere le scale metalliche nelle opere di finimento e precisamente nei lavori da fabbro in fino, descritte nella seconda parte di questo volume I, cap. V.

BIBLIOGRAFIA

Si comprende facilmente come assai vasta debba essere una bibliografia sulle costruzioni metalliche, quando si ponga mente alla grande varietà di lavori che tale titolo comprende e alla stretta connessione che essi hanno cogli altri lavori dell'arte costruttiva; cosicchè si trovano notizie ed esempi di costruzioni metalliche anche in pubblicazioni che più specialmente trattano di altri generi di costruzioni. Molti scritti che si occupano di costruzioni da fabbro in grosso, descrivono pur anco lavori minuti da fabbro, od opere

fabbrili artistiche, onde una parte dei libri che qui sotto si elencano si riferiscono all'arte fabbrile in genere, ossia anche a quei lavori di cui tratta il cap. V, parte II di questo volume (*Lavori da fabbro in fino e da chiavaio*). Nei periodici e dizionari tecnici, nelle enciclopedie, nelle pubblicazioni periodiche di arti industriali e decorative, si trovano notizie e nozioni intorno a costruzioni metalliche e alle arti fabbrili: così pure nei numerosi trattati di costruzione (*V. Bibliografia generale*), nelle opere teoriche che trattano della resistenza dei materiali, e nei periodici ed opere di metallurgia. Si troveranno poi esempi di tetti e tettoie metalliche nelle riviste tecniche di esposizioni e nei cataloghi, talvolta assai voluminosi e ben compilati, di Ditte ed Officine metallurgiche. Molti libri che qui non si citano perchè più particolarmente riflettenti la decorazione e la storia dell'architettura e degli stili architettonici ed ornamentali, contengono esempi di ringhiere, inferriate, cancelli, ecc., a cui si potrà ricorrere con molto vantaggio, allorchè si avranno da progettare opere consimili.

Pubblicazioni Italiane.

- ALLIEVI L., *Equilibrio interno delle pile metalliche secondo le leggi della deformazione elastica*. Roma 1882.
- Architettura del ferro. Raccolta di motivi per costruzioni civili ferroviarie ed artistiche. Milano 1879-83.
- BASILE G. B. F., *Calcolo di stabilità della cupola del Teatro Massimo di Palermo*. Palermo 1876.
- BELLUOMINI G., *Prontuario del peso dei metalli*. Hoepli, Milano.
- Id., *Manuale pratico del fabbro ferraio*. Hoepli, Milano 1902.
- BOUBÉE P., *Trattato elementare teorico-pratico di costruzioni metalliche*. Napoli 1880.
- BOUBÉE S. C. P., *Momenti d'inertza nelle costruzioni metalliche*.
- BREYMANN G. A., *Costruzioni metalliche*. Vallardi, Milano.
- BRUNELLI P. H., *Calcolo e costruzione delle cupole metalliche reticolari*.
- BUTI R., *Solai con travi in ferro*.
- Costruttore (I). *Trattato pratico delle costruzioni civili, industriali e pubbliche, ecc.* Vallardi, Milano.
- CRUGNOLA G., *Dei tetti metallici*. Negro, Torino 1877.
- DELLA ROCCA G., *Sulla memoria di Marchesi sulla tettoia di Arezzo*. Roma 1873.
- Enciclopedia delle Arti e delle Industrie. Unione Tip.-Editrice, Torino. — Articoli: Ferriera (Ing. VEROLE). — Fili e tele metalliche (Ing. GALASSINI). — Incudini (Ing. VEROLE). — Indoratura (GOLFARELLI). — Macchine per la lavorazione dei metalli (Ing. GALASSINI). — Magano (NUTI-LAZZERINI). — Tetti e tettoie (G. A. B.). — Zinco (AICHINO). — Serrami e lavori fini di metallo (Ing. DONGHI e BELLOC). — Solai e soffiti (S. CERRIANA). — Stagnatura (NUTI-LAZZERINI). — Piombo (AICHINO). — Pulitura dei metalli (FONTANA). — Saldatura (Id.).
- FAINI G., *Pusterle e cancelli in ferro battuto*.
- FASSÒ G. B., *Tettoia per palazzo di Esposizione con centine metalliche a falce*. Torino 1875.
- Ferramenti artistici. Album di 100 Tavole. Milano 1884.
- FRIZZI A., *Il ferro battuto nell'arte decorativa moderna*. Bertolero, Torino 1904.
- FUBINI L., *Principali sistemi di solai in ferro*. Venezia 1875.
- FUBINI LAZZARO, *Trattato sulla resistenza dei materiali applicata alle costruzioni in legno, in ferro e in muratura, senza analisi infinitesimale*. Negro, Torino.
- GALLIZIA P., *Resistenza dei materiali e stabilità delle costruzioni*. Hoepli, Milano.
- GARIBOLDI G., *Nuovo Album di lavori costruiti in ferro*. Chiavari.
- GORRIERI D., *Raccolta di progetti di costruzioni in legno e in metallo*. Solai in ferro.
- GUIDI C., *Dell'azione del vento contro gli archi delle tettoie*. Torino 1884.
- MARCHESI G., *Studio sulle condizioni di equilibrio e di stabilità delle centine poligonali della grande tettoia ferroviaria di Arezzo, con estensione ai sistemi poligonali articolati complessi*. Firenze 1872.
- MORENO O., *Tettoia in ferro per la nuova stazione di Ancona*. Torino.
- MORIN A., *Resistenza dei materiali impiegati nelle costruzioni* (trad. dell'ing. A. Cantalupi).

- PERDOMI A., *Cenni sulla tettoia della stazione di Novara*. Torino 1871.
- SALOMONE S., *Lavori in ferro*. Vallardi A., Milano.
- SAVIOTTI C., *Le travature reticolari a membri caricati*. 1878.
- SCHENCK E., *Momenti resistenti e pesi di travi metalliche composte*.
- TORNAGHI, *Il fabbro italiano*. Vallardi A., Milano.
- WEYRAUCH J., *Stabilità delle costruzioni in ferro ed in acciaio* (traduz. di G. Crugnola). Torino.
- WINKLER C., *Determinazione degli sforzi molecolari ammissibili nelle costruzioni in ferro*. Napoli 1878.

Pubblicazioni Francesi.

- ALBERT E. et E. AUCANUS, *Charpente et couverture*. 1896.
- ALPHAND et J. FERRAND, *Le charpentier-serrurier au XIX^e siècle*. Paris.
- AUCANUS T., *Menuiserie, serrurerie, plomberie, etc.*
- BARBA, *Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions*.
- BARBEROT E., *Traité pratique de serrurerie*. *Constructions en fer*. Serrurerie d'art. Paris 1888.
- BARRE L. A., *Éléments de charpenterie métallique*. Paris 1872.
- Id., *Couverture, plomberie, zingage, etc.*
- BERNHARD, *Recueil de serrurerie d'art ancienne et moderne*.
- BOILEAU L. A., *Le fer principal élément constructif de la nouvelle architecture*. Paris 1871.
- Id., *Principes et exemples d'architecture ferroviaire. Les grandes constructions en fer: marchées, hangars, constructions légères et économiques*. Paris 1880.
- BRUNELLI P. H., *Calcul et construction des coupes métalliques réticulaires*. 1901.
- BUCCHETTI J., *Manuel des constructions métalliques*. Paris 1902.
- BURY, *Modèles de serrurerie*. Paris 1855.
- CHERY F., *Constructions en bois et en fer*. Paris 1878.
- CHRYSSOCHOLIDÈS N., *Manuel du serrurier*. 1901.
- CLAUDEL J. et L. LAROCHE, *Pratique de l'art de construire*. 1899.
- COBON G., *Procédés de forgeage dans l'industrie*. Bernard, Paris.
- COMBAZ P., *La construction*. 1895.
- CONTAMIN, BARRÉ et LABRO, *L'architecture et les constructions métalliques*. T. Bernard, Paris 1889.
- CORDEAU A. L., *Charpente en fer et serrurerie*.
- CORDIER E., *Équilibre stable des charpentes en fer, bois et fonte*. Dunod, Paris 1872.
- CORNU L., *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer, etc.* Paris 1886.
- COSYN LÉON, *Traité pratique des constructions métalliques*. Béranger, Paris 1905.
- CREFCEUR J., *Calcul d'un comble parabolique*. Baudry, Paris.
- CROS R., *Les grands barèmes de la construction métallique*. 1900.
- DALY C., *Motifs divers de serrurerie ancienne et moderne*. Paris 1881-82.
- DECHAMPS H., *Les principes de la construction des charpentes métalliques*. Baudry, Paris 1888.
- DELAALOE, *Manuel pratique du charpentier en fer*. T. Bernard, Paris.
- DELMAS C. et L. SOTTE, *Album du taillandier et du forgeron*. 1889.
- DELMONT, *Nouveau traité de serrurerie, ou Vignole à l'usage des ouvriers, etc.* Paris 1876.
- DEMON, *Traité de serrurerie*. Paris.

- DENFER J., *Architecture et constructions civiles. Charpenterie métallique. Menuiserie en fer et serrurerie*. 1894.
 Id., *Id. Couverture des édifices*. 1893.
 DENFER, *Album de serrurerie*. Paris 1872.
 DES BIARS G., *De l'emploi du fer dans les constructions. Planchers, poutres et linteaux en fer laminé, supports et piliers en fonte ou en fer forgé*. Paris 1874.
 DÉSORMEAUX P., *Nouveau manuel complet du serrurier*. 1886.
 DU CERCEAU J. A., *Ferronnerie*. Morel, Paris.
 DUHAMEL DU MONCEAU, *Art du serrurier*. 1767.
 ECK, *Charpenterie en fer*. Paris.
 ECK G., *Traité de l'application du fer de la fonte et de la tôle dans les constructions civiles, industrielles et militaires*. Paris 1841.
 EIFFEL G., *La tour Eiffel en 1900. — 1905*.
 EMY, *Aperçu historique de la serrurerie chez les anciens*. Metz 1851.
 FABRÉ, *Théorie des charpentes, donnant des règles pratiques pour la construction des fermes et autres appareils en bois et en fonte*. Paris 1873.
 FERNOUX H., *Petit manuel pratique de construction. — II. Charpentes en bois et fer. Couverture*. 1903.
 FERRAUD J., *Le charpentier-serrurier au XIX^e siècle. Constructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois*. Paris 1881.
Ferronnerie de style moderne. Schmid, Paris 1905.
 FONTEYNE J., *Documents pratiques d'architecture. 4^e série, Ferronnerie*. Paris.
 FORDRIN L., *Nouveau livre de serrurerie*. 1724.
 FOVILLE A., *De la tour Eiffel*. Guillaumin, 1888.
 GATEUIL, *Recueil de charpentes en fer*. Schmid, Paris.
 GAUDARD J., *Théorie et détails de construction des arches en métal et en bois*. 1872.
 GIRAUD J. B., *Les arts du métal*.
 GIULIO G. S., *Expériences sur la force et élasticité des fils de fer*. Turin 1841.
 Id., *Expériences sur la résistance à la flexion et sur la résistance à la rupture des fers forgés*. Turin 1840.
 GRANDPRÉ M. J., *Manuel théorique et pratique du serrurier, etc.* Paris 1827.
 GRILLE et FALCONNET, *L'architecture et les constructions métalliques à l'Exposition de Chicago*. T. Bernard, Paris.
 GRIVEAUD L., *Manuel du serrurier-construteur*. 1900.
 GUETTIER A., *De l'emploi pratique et raisonné de la fonte de fer dans les constructions*. Paris 1861.
 GUILLAUME, *Tableau de la résistance des fers à double T, etc.* Paris 1858.
 GUY LE BRIS, *Les constructions métalliques*.
 HELSON CYRIAQUE, *Fers et aciers ouvrés*. T. Bernard, Paris.
 HODGKINSON E., *Recherches expérimentales sur la résistance et les diverses propriétés de la fonte de fer. — FAIRBAIN W., De l'application de la fonte, du fer et de la tôle dans les constructions*. Paris 1857.
 HUSSON, *Dictionnaire pratique du serrurier*.
 Id., *La serrurerie et ses objets d'art. La grosse ferronnerie, — les constructions métalliques: habitations, usines, églises, marchés, etc.* Paris.
Instructions pratiques accompagnées de dessins concernant l'exécution des travaux de couverture en zinc. Liège.
 JACQUET A., *Barème du poids des métaux*. Baudry, Paris.
 JOSEPH CH., *Le serrurier*. Storck, Paris 1889.
 JOUSSE MATHURIN, *De la fidèle ouverture de l'art du serrurier*. 1627.
 JULIEN, VALEHO et CASALONGA, *Chaudronnier et tôlier*. Roret, Paris.
 LANGLOIS L., *Calcul des constructions métalliques*. T. Bernard, Paris 1899.
 LAVEDAN, *Guide pratique de serrurerie usuelle et artistique, collection de modèles de tous styles, serrurier ornemental et constructeur*. Paris 1877.
 LE BRIS G., *Les constructions métalliques*. 1894.
 LECOMTE, *Nouveau traité de serrurerie*. Dunod, Paris.
 LIGER L., *Ferronnerie ancienne et moderne*. Paris 1873-76.
 LINGLIN E., *Fers à charpente*. Baudry, Paris.
 LOVE G. H., *Des diverses résistances et autres propriétés de la fonte, du fer et de l'acier et de l'emploi de ces métaux dans les constructions*. Paris 1859.
 MARTIN P., *La serrurerie: recueil des ouvrages en fer et en bronze*. Paris 1865.
 MATHÉY et MAIGNE, *Dorure et argenture sur métaux*. Roret, Paris.
 MELBEECK W., *Table pour l'emploi rationnel des poutrelles de fer en I et d'autres profils de fer, etc.* Franckfurt s. M. 1884.
 MIGNARD R. et A. L. CORDEAU, *Charpente en fer et serrurerie*. 1902.
 MONGÉ L. A., *Nouveau cours pratique et économique sur les constructions en fer*. Paris 1861.
 NANSOUTY M., *De la tour Eiffel de 300 mètres*. Tignol, 1889.
 NICOUR CH., *Calcul d'un comble en fer du système Polonceau*. Paris 1875.
 OBERHAENSLI, *Recueil des motifs de serrurerie*.
 OPPERMANN C. A., *Le propagateur des travaux en fer*. Fondeur 1867, Paris.
 Id., *Album pratique de l'art industriel*, 10 volumi. Paris 1857-66.
 OSLET G., *Traité de charpente en fer*.
 PASCAL M., *Barème des poutres métalliques à ames pleines et à treillis*.
 PAULIN-DÉSORMEAUX et H. LANDRIN, *Serrurier*. Roret, Paris.
 PLANAT P., *Pratique de la mécanique appliquée à la résistance des matériaux*. Paris.
Portefeuille des travaux des vacances de l'École centrale. — Tav. 41-42: Halles de Rennes. — Tav. 43: Halle du marché à blé de St-Amand. — Tav. 44 à 49: Halles couvertes de Niort. — Tav. 185: Coupole du grand équatorial de Nice. — Tav. 504-505: Marché d'Orléans, détails des combles métalliques. — Paris.
 PRÉCIS V., *Guide du couvreur-plombier: 1^{re} Partie, La couverture*. Laveur, Paris 1905.
 PUGIN, *Modèles de ferronnerie, serrurerie et bronzerie*. Paris.
 RÉSAL J., *Constructions métalliques. Élasticité et résistance des matériaux*. Paris 1892.
 ROMAIN A., *Manuel complet du plombier, zingueur, couvreur et de l'appareilleur à gaz*. Roret, Paris 1883.
 SANGUINETI, *Le serrurier parisien*. Paris.
 Id., *La serrurerie au XIX^e siècle*. Paris.
 SAUVAGE A., *Manuel théorique et pratique à l'usage des forgerons, taillandiers, serruriers, maréchaux-ferrants et de leurs apprentis*. Bourges 1889.
 SAVIGNY V., *Série pratique spéciale de serrurerie et constructions en fer*. Baudry, 1889.
 SÉJOURNÉ, *Ouvrages métalliques (autographe)*. 1885.
 SILVAIN A., *Carnet du serrurier-construteur*.
 THERRODE L., *Manuel du serrurier*. Marpon et Flammarion, Paris.
 THIERRY, *Recueil d'escaliers en pierre, charpente, menuiserie et fonte*. Paris 1840.
 THIOLLET, *Modèles de serrurerie en fonte de fer*. Paris.
 TOUSSAINT, *Manuel du maçon, du couvreur, du pareur, etc.* Paris 1864.
 TRÉLAT E., *La rigidité dans les combles*. Paris 1878.
 VIERENDEEL A., *La construction architecturale en fonte, fer et acier*. 1903.
 WANDERLEY G., *Traité pratique des constructions civiles. Le fer dans la construction. Couvertures, escaliers, menuiserie, serrurerie et fondation*. Ed. franç. par A. Bieher, Paris 1886.
 ZONÈS CH. F., *Recueil de fers spéciaux, des expériences faites sur leur résistance et de leur diverses applications dans les constructions*. Paris 1853.

Periodici.

- Couvreur-plombier (Le)* (settimanale). Paris.
Forgeron (Le) (mensile). Paris.
Gateuil, Recueil de serrurerie pratique (periodico).
Journal de la plomberie couverture (settimanale). Paris.
Les métaux ouvrés (mensile). Paris.
Travaux (Les) simples de serrurerie pour petites villes et campagnes (mensile). Storck, Paris.

Pubblicazioni Tedesche.

- ALDINGER P., *Kunstschmiedereien moderner Richtung. Vorlagen u. Motive zu Gittern, Thoren, Füllungen u. Göländern*. 1902.

- ARDANT P., *Theoretisch-praktische Abhandlung über Anordnung und Konstruktion der Sprengwerke von grosser Spannweite mit besonderer Beziehung auf Dach- und Brückenkonstruktionen aus geraden Theilen, aus Bögen und aus Verbindung beider.* Deutsch von A. v. Kaven, Hannover 1879.
- Ausgeführte Wiener Kunstschmiedearbeiten in modernen Styl.
- BARKAUSEN, HEINZERLING u. MARX, *Constructions-Elemente in Stein, Holz und Eisen (Handbuch der Architekten).*
- JAUMBEISTER R., *Allgemeine Konstruktionslehre des Ingenieurs.* Berlin 1875.
- BEHSE W. H., *Die technische Anwendung der darstellenden Geometrie bei der Ausmittlung der Dachflächen Schiffung bei Walmdächern, Construction der windschiefen Dächer, etc.* Halle 1874.
- BOCK M., *Eiserne Dach-Constructionen.* Wien 1889.
- BOUSSE E., *Die Gewichtsberechnungen d. Eisenkonstruktion.* 1902.
- BRAND F., *Kunstschmiedearbeiten.* 1888.
- Id., *Entwürfe für moderne Kunstschlösser- und Kunstschmiedearbeiten.* Leipzig 1895.
- BRANDT E., *Lehrbuch der Eisen-Constructionen mit besonderer Anwendung auf den Hochbau.* Korn, Berlin 1876.
- BRECHENNACHER F., *Moderne Kunstschmiedearbeiten.* Berlin 1888-94.
- BRÜNING A., *Die Schmiedekunst.* 1902.
- CIEMNITZ A., *Zeichnungen für den theoretischen u. praktischen Gebrauch des Bauschlossers.* Scholtze, Leipzig.
- COHEN L. P., *Tabellen zur Bestimmung der Dimensionen gusseiserner Träger.* Leipzig 1861.
- CONTAG M., *Neuere Eisenconstructionen des Hochbaus in Belgien und Frankreich.* Berlin 1889.
- CUVILLIES F. (DE), *Kunstschmiedearbeiten im Style des Rococo.* Berlin 1888.
- DAUB H., *Träger, Stützen, Mauern, Decken, Dächer.* 1905. *Deutsche bautechnische Taschenbibliothek.* Heft 40: *Berechnung der Dachwerke.* Von W. Jeep, Leipzig 1876.
- Die Sheddachbauten, etc. Leipzig 1877.
- DORSCHFELDT R., *Schmiedekunst-Vorlagen in modernem Styl.* 1902.
- EHEMANN F., *Kunstschmiedearbeiten im Style des Rococo.* Berlin 1884.
- EHLERDING W., *Der moderne Schlosser. - 50 Türen und Tore. - Eiserne Füllungen. - Balkon- u. Brüstungsgitter. - Eiserne Treppengeländer. - 400 Grabgitter u. Grabkreuze. - 150 Bauschlösserarbeiten.* 1902-1904.
- FELLER, *Der moderne Kunstschlösser.* Maier, Ravensburg.
- Id., *Einfache Schmiedearbeiten.* Maier, Ravensburg.
- FELLER I., *Allerlei Schlosser- u. Schmiedearbeiten.* Düsseldorf 1894.
- Id., *Die Schmiedekunst zum praktischen Gebrauche für Schlosser und Schmiede.* Wolfrum, Dusseldorf.
- FELLER u. BOGUS, *Moderne Kunstschmiedearbeiten.* Maier, Ravensburg 1897.
- Id. Id., *Eiserne Treppen.* Maier, Ravensburg 1898.
- FINK F., *Die Schule des Bauschlossers.* Leipzig 1861; 3 Aufl., 1880.
- FISCHER M. O., *Musterbuch für den dekorierten Eisenguss.* Weimar 1892.
- FOEPL A., *Das Fachwerk im Raume.* Leipzig 1892.
- FÖRSTER M., *Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten.* 1903.
- GEORG W. u. G. WANDERLEY, *Der Metallbau.* Halle 1873.
- GOTTGETREU R., *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. Eisenkonstruktionen.* Berlin 1888.
- GOTTLÖB S., *Vorlagen f. Schmiede u. verwandte Gewerbe.* Graeser, Wien 1889.
- GRAEF A. u. M., *Die Arbeiten des Schlossers.* Weimar 1892.
- GRAGES F. u. BARKAUSEN, *Berechnung von Dächern.* 1900.
- GREVE H. u. G. SCHNABEL, *Schmiedern eiserne Dachkonstruktionen, etc.* Dresden 1895.
- GROSSMANN E., *Eiserne Tore.* 1901.
- GRÜNER O., *Formeln u. Tabellen zu einfachen statischen Berechnungen der bei Hochbauten vorkommenden Eisenkonstruktionen.* 1892.
- GUGITZ G., *Neue und neueste Wiener Bau. Constructionen aus dem Gebiete der Maurer, Steinmetz, Zimmermanns, Tischlers, Schlosser, Splenger u. s. w. Arbeiten.* Wien.
- HAAS C., *Der praktische Fabrik-Schlösser.* 1902.
- HAENEL A., *Abhandlung über die Constructionsverhältnisse eiserner Gitterbalken.* Stuttgart 1864.
- HAGN H., *Schutz von Eisenkonstruktionen gegen Feuer.* 1904.
- HEDERICH H., *Elemente der Dachformen, oder Ausmittlung der verschiedensten Arten von Dachkörpern, etc.* Weimar 1858.
- HEFNER-ALTENECK J. H., *Eisenwerke oder Ornamentik der Schmiedekunst des Mittelalters und der Renaissance.* Frankfurt 1861-87.
- HEHNE W., *Eiserne Träger u. Säulen- Hilfsbuch zur statischen Berechnung.* Halle 1890.
- HEINZERLING F., *Der Eisenhochbau der Gegenwart. - I. Hochbauten mit eisernen Pult und Satteldächern. - II. Hochbauten mit eisernen Tonnenmächern. - III. Hochbauten mit eisernen Zelt- und Kuppeldächern.* Leipzig 1895.
- HITTENKOFER, *Dach-Ausmittlungen.* Leipzig 1873; 2 Aufl., 1877.
- HOCH J., *Der praktische Schlosser.* 1901.
- Id., *Elemente der Eisenkonstruktionen.* 1900.
- Id., *Technologie der Schlosserei.* 1901.
- Id., *Neue ausgeführte Eisenkonstruktionen. Sammlung von Eisenbauausführungen erster Firmen.* 1904.
- HOFMANN N. W., *Neue Kunstschmiedearbeiten in modernem Stil.* 1901.
- HOPPE F., *Konstruktionen praktische ausgeführter Schlosserarbeiten.* Stuttgart.
- HUQUIER G., *Entwürfe für Schmiede-Eisen u. andere Metall-Arbeiten im Stile d. Rococo nach a Nouveau livre de serrurerie* v. Schabl, Berlin 1889.
- ILG A. u. H. KARDEBO, *Wiener Schmiedewerk des XVIII Jahrhunderts.* Dresden 1878-83.
- INTZE O., *Tabellen und Beispiele für eine rationelle Verwendung des Eisens zu einfachen Baukonstruktionen.* Berlin 1878.
- JÄNDIG T., *Der prakt. Eisen- und Eisenwarenkennner.* 1882.
- JEEP V., *Die Verwendung des Eisens beim Hochbau.* Leipzig 1876.
- Id., *Die Bauschlösserei.* Scholtze, Leipzig 1876.
- KALLENBERG O., *Der prakt. Klempner.* 1902.
- KELLER O., *Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues.* Leipzig.
- KICH W. u. O. SEUBERT, *Mustersammlung f. Schlosser.* Dorn, Ravensburg 1889.
- KLASEN L., *Handbuch der Hochbau-Constructionen im Eisen und andern Metallen.* Leipzig 1875-76.
- KLEINE, *Das System Kleine. Neue feuer- u. schwammssichere Decke.* 1894.
- KLOSE H. A., *Theorie der eisernen Träger mit Doppelflänschen.* Hannover 1862.
- KOLZ, *Anhaltspunkte zum Entwerfen und Verauschlagen von Hochbauten, nebst Anhaltspunkte zur statisch. Berechnung von Eiser- und Holzkonstruktionen.* Leipzig.
- KÖNIG J., *Grundriss der Schlosserkunst, etc.* Weimar 1848; 4 Aufl.: *Die Arbeiten des Schlosser, etc.* 1876.
- KOULLE H., *Hilfstabellen für die Berechnung Schmiedeeiserner Stützen, etc.* Berlin 1884.
- KRAUSE A., *Kunstschmiedevorlagen für Bau- und Kunstschlosserei.* 1903.
- KRAUTH TH. u. F. S. MEYER, *Schlösser der Neuzeit.* Maier, Ravensburg 1892-97.
- KRÜGER R., *Graphische Pläne zur Ermittlung der Höhen schmiedeeisernen Träger u. Holzbalken, der Durchmesser gusseiserner Voll- u. Hohlstäben u. der Stärken hölzerner Stützen.* Bremen.
- LABES R., *Tafeln zur Bestimmung der Querschnitte gewaltzter eiserner Träger f. Hochbauten.* Berlin.
- LANOUR J., *Kunstschmiedearbeiten im Style Ludwig XV.* Berlin 1893.
- LANDSBERG TH., *Das Eigengewicht der eisernen Dachbinder.* Korn, Berlin 1885.
- LANGE W., *Der Barackenbau.* Leipzig 1894.
- Id., *Fachzeichnungen.* Fasc. 42: *Schlösser, 1877-1902.*
- LAUENSTEIN u. HANSER, *Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues.* Stuttgart 1899.

- LAUTER W. H. u. H. RITTER, *Façonisen und deren praktische Verwendung*. Frankfurt a. M. 1885.
- LEDEBUR A., *Eisen u. Stahl in ihrer Anwendung für bauliche u. gewerbliche Zwecke*. Berlin 1890.
- LEU T., *Ausführliche Tabellen für Eisen u. Holz zu Decken, Trägern, Stützen und Dächern*. 1904.
- LEU, JANKE, VIEHWEGER, *Die Baukonstruktionen in Stein, Holz und Eisen*. 1905.
- LOEWE F., *Ueber Nietverbindungen, Erster Bericht des Professor W. C. Unwin an die Sub-Commission der « Institution of Mechanical Engineers », etc.* Wien 1880.
- LÜDICHE A., *Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinen Schlosser*. Weimar 1878; 2. Aufl., 1890.
- MAIER, *Der Bau- und Kunst-Schlosser*. Maier, Ravensburg.
- MANGER J., *Die Bau-Constructionslehre der Treppen in Gusseisen und Eisenbach*. Korn, Berlin 1884.
- MEHRTEUS G., *Eisen und Eisenkonstruktionen (Handbuch der Baukunde)*. 1887.
- MENZEL C. A., *Das Dach in seiner Construction, seinem Verband in Holz und Eisen und seiner Eindeckung*. Halle 1872. - 2. Aufl.: *Das Dach nach seiner Bedeutung und Ausführung, sowie nach seinem Material und seiner Konstruktion*. 2. Aufl., von R. Klette, Halle 1884.
- MERTENS L., *Eiserne Dächer und Hallen in England*. Berlin 1899.
- METZGER M., *Modellbuch für Kunstschlosser, Blattformen, etc.* Düsseldorf.
- MEYER F. S., *Musterbuch moderner Schmiedeeisen-Arbeiten einfacher Art. - 100 T. mit Motiven zu Geländern, Füllungen, Kreuzen, Wandarmen, Leuchtern, etc.* Bielefeld, Karlsruhe 1890.
- MEYER M., *Eisenkonstruktionen des Hochbaues*. 1900.
- Id., *Moderne gotische Schlosser- und Kunst-Schmiedearbeiten*. 1902.
- MÖHRING B., *Stein u. Eisen*. 1903.
- MOSER F., *Der Kunstschlosser*. Berlin 1890-91.
- MÜLLER, BRESLAU H., *Beitrag zur Theorie des räumlichen Fachwerks*. Berlin 1892.
- MÜLLER W., *Der Bau eiserner Treppen*. Leipzig 1899.
- Musterblätter, neue, für Schlosser und Schmiede*, Dr. BLOEM. (Vi si trovano disegni di cancellate, croci, scale, balconi, lucernari, porte, finestre, ancoramenti, fanali, ecc.). 1889.
- Musterbuch für Kunstschlosser*. Stuttgart 1883.
- NOWAK E., *Der Metallbau*. Leipzig 1882.
- OLDENBURGER G., *Die Konstruktion der Thür-, Schub- und Klappen-Verschlüsse*. Voigt, Weimar 1889.
- OPDERECKE A., *Der Dachdecker u. Bauklempner*. 1901.
- PETER H., *Tragfähigkeitstabellen für Säulen u. Stützen, Träger und Balken*. 1901.
- PINZGER L., *Die Berechnung und Construction der Maschinen-Elemente. - Heft 3: Einige Notizen über die Construction der Gitterträger. Die Keilverbindungen und die Schraubenverbindungen*. Leipzig 1886.
- PLEGER B., *Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Träger*. Leipzig 1891.
- PRAEKELT M., *Gitter, Thore, Thüren, Balkone, Treppen, Turmspitzen, etc. Muster-Vorlagen f. Schlosser, Kunstschmiedewerkstätten*. Leipzig 1888.
- RASCHDORFF J., *Abbildungen deutscher Schmiedewerke*. Berlin 1875-78.
- REHME W., *Ausgeführte moderne Kunstschmiede-Arbeiten*. 1902.
- RITTER A., *Elementare Theorie u. Berechnung eisener Dachu. Brücken-Konstruktionen*. 1904.
- ROEPER A., *Geschmiedete Gitter des XVI-XVIII Jahrhunderts aus Süddeutschland*. 1895.
- SAAL, *Das Kuppelgebäude für den grossen Refractor der astrophysikalischen Observatorium auf dem Telegraphenberg bei Potsdam*. 1901.
- SCHAROWSKY C., *Musterbuch f. Eisen-Construktionen*. Leipzig 1895.
- Id., *Säulen und Träger*. Leipzig 1898.
- SCHAROWSKY C. u. L. SEIFERT, *Tabellen z. Gewichtsbest. von Walzeisen u. Eisenkonstruktionen*. Hagen 1898.
- SCHIMPF G., *Träger-Tabelle*. Oldenburg, Berlin u. Munich 1905.
- SCHLÖSSER H., *Anleigl. z. statischen Berechnung v. Eisenkonstruktionen*. Berlin 1903.
- SCHMIDT O., *Die Anfertigung der Dachriemen in Werkzeichnungen*. 1893.
- Schmiedearbeiten aus den besten Werkstätten der gegenwart*. 1903.
- SCHÖLER R., *Die Eisenkonstruktion d. Hochbaues*. 1904.
- SCHÖRG F., *Sammlung praktisch ausgeführter Thürenschlösser*. Stuttgart.
- SCHRÖDER CH., *Klempner-Schule. Konstruktionslehre für Blecharbeiter*. Weimar 1882.
- SCHUBERT A., *Alle Kunstschmiedearbeiten a. d. XVI, XVII u. XVIII Jahrd. Thore Gitter, Grab- u. Treppengeländer, Grabkreuze, Oberlichte, Bekrönungen, Füllgn, Bänder, Schlüsselschilder, Thürklopfer, Geräthe, etc.* Claesen, Berlin 1889.
- SCHULZE O., *Deutsche Kunstschmiede-Arbeiten*. Scholtze, Leipzig 1877.
- SCHWEDLER W., *Die Construction der Kuppeldächer*. Berlin 1877.
- Sheddachbauten, Parallel- oder Sägdachbauten*. 1877.
- SIEVERT W., *Der moderne Kunstschlosser*. Lorenzen, Altona 1889.
- SPELTZ A., *Kunstschmiedearbeiten in modernen Formen*. 1903.
- SPLINDER A., *Gittermatrize*. 1901.
- STRACK, HITZIG u. BORSTEL, *Der innere Ausbau von Wohngebäuden*. Berlin 1860-63.
- TETMAJER L., *Die äusseren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken- und Dachstuhl-Construktionen*. Zürich 1875.
- TORMIN R., *Bauschlüssel für Zimmerer, Maurer, Dachdecker*. Weimar 1842.
- ÜHDE C., *Der moderne Eisenbau*. 1903.
- UHLAND W. H., *Dachkonstruktionen in Holz u. Eisen und Eisenkonstruktionen (Skizzenbuchs f. d. Praktischen Maschinen-Constructeur)*. 1905.
- VIANELLO L., *Der Eisenbau*. 1905.
- VOGT F., *Sammlung neuester Konstruktionsschlösser*. Stuttgart.
- Id., *Sammlung von schmiedeeisernen Geländer*. Stuttgart.
- WALTHER K., *Die Kunstschlosserei des XVI, XVII u. XVIII Jahrhunderts*. Stuttgart 1888.
- WEBER S., *Vorlagen für Messerschmiede*. Graeser, 1889.
- WEYRAUCH J. J., *Beispiele und Aufgaben zur Berechnung der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer*. Leipzig 1888.
- WINTER M., *Die Dachconstruktionen nach den verschiedenartigsten Formen und Bedingungen*. Berlin 1876.
- WÖHLER, *Ueber die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl*. Berlin 1870.
- ZIMMERMANN H., *Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger*. Berlin 1884; 2. Aufl., 1885.
- Id., *Ueber Eisenkonstruktionen und Walzprofile*. Berlin 1881.
- ZIPPER S. J., *Anweisung zu Schlosserarbeiten*. Augsburg 1795; 3. Aufl.: *Vollständiges Handbuch der Schlosser-Kunst, etc.* C. Hartmann, 1841.

Periodici.

- Eisen u. Metall*.
Eisenzeitung, v. Kirchner. Berlin (settimanale).
Gesedow's Dachdecker-Zeitung. Berlin (36 numeri).
Kunstschlosser (Der). Lübeck (bimensile).
Kunstschmiedearbeiten. Wien 1902.
Schlosser-Zeitung (Deutsche). Fachblatt für Maschinenbau, Schlosserei u. verwandte Zweige. V. Ursin, Berlin (52 num.).
Schlosser- u. Schmiede Kalender (Deutsche).
Schmiede-Meister (Der deutsche). Leipzig (bimensile).
Zeitung, illustr. f. Blechindustrie, v. Wilhelmy. Ludwigsburg (settimanale).

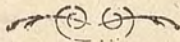
Pubblicazioni Inglesi.

- ADAMS H., *Practical Designing of Structural Ironwork*. 1894.
 ANGLIN S., *The design of structures: a practical treatise to the building of bridges, roofs, etc.* London 1895.
 BAILEY SCOTT MURPHY, *English and Scottish Wrought Ironwork*. Batsford London.

- BIDDER W. H., *Stress Diagrams in Open or Lattice Girder Work in Steel and Iron, Continuous Girders, Suspension Bridges and Rigid Arches*. 1895.
- BOVEY H. T., *Theory of Structures and Strength of Materials*. 1893.
- CARGILL TH., *The strains upon bridge girders and roof trusses, etc.* London 1873.
- EDE G., *Guns and gun material*. Spon 1889.
- HASLUCK P. N., *Bent Ironwork*. 1902.
- JORDAN C. H., *Tabulated Weights of Angle, Tee, Bulb, Round, Square and Flat, Iron and Steel*. 1896.
- MATHESON E., *Works on iron bridge and roof structures*. London 1877.
- MEYER F. S., *Handbook of Art Smithing*. 1896.
- NEWMAN J., *Metallic Structures*. 1896.
- PUGIN A. W., *Designs for iron and brass work in the style of the 15th and 16th centuries*. Ackerman, London 1836.
- SCHREVE S., *A treatise on the strength of bridges and roofs, etc.* New York 1873.
- SHIELDS F. W., *Strains on structures of ironwork, etc.* London 1867.
- TARN E. W., *An elementary treatise on the construction of roofs of wood and iron*. London 1882.
- TIMMINGS TH., *Examples of iron roofs*. London 1882.
- TOMLINSON TH., *Rudimentary treatise on the Construction of Locks*. London 1853.
- TURSTON R. H., *The material of Engineering*. - P. I. Non-metallic materials. - P. II. Iron and Steel. New York 1883.
- TWELVETREES W. N., *Structural Iron and Steel*. 1900.
- UNWIN W., *Wrought-iron bridges and roofs, etc.* London 1870.
- VERNON A., *Estate Fences*. 1899.
- WALMSLEY A. T., *Examples of Iron Roofs*. 1888.

Periodici.

- Blacksmiths' and Horseshoers' Gazette*. London (mensile).
- Blacksmith and Wheelwright*. New York (id.).
- Ironmonger*. London (settimanale).
- Iron industry gazette*. Buffalo (periodico).
- Plumber and Decorator*. London (mensile).
- Plumber and Fitter*. New York (id.).



I N D I C E

CAPITOLO I. --- Carpenteria.

Da pag. 1 a pag. 252; figure 479, e 4 Tavole fuori testo.

A. — Introduzione	<i>Pag.</i>	
a) Opere eseguite dal carpentiere . . . »	»	
b) Cenni sui legnami da costruzione »	»	
c) Proprietà e difetti dei legnami da costruzione »	»	
Tabella I. Vizi dei legnami »	»	4
Tabella II. Principali qualità fisiche dei legnami »	»	5
Tabella III. Dimensioni e pesi medi dei legnami d'opera »	»	6
Tabella IV. Resistenza alla trazione »	»	7
Tabella V. Resistenza alla compressione »	»	
Tabella VI. Coefficienti pratici di resistenza »	»	
d) Disseccamento e stagionatura dei legnami da costruzione »	»	8
Tabella VII. Contrazione dei legnami »	»	
Tabella VIII. »	»	
e) Conservazione dei legnami »	»	9
f) Taglio del legname d'opera »	»	10
Tabella IX. »	»	13
g) Assortimento dei legnami nel commercio »	»	14
Tabella X. Denominazioni principali dei legnami nel commercio . . . »	»	
B. — Costruzioni con travi		15
I. Congiunzioni semplici di legno con legno e con ferro »		»
II. Costruzione delle pareti »		23
1. Pareti di travi »		»
2. Pareti intavolate »		24
3. Pareti intelaiate »		26
Tavola I »		»
Tavola II »		34
4. Semplificazioni per costruzioni provvisorie »		35
III. Solai »		37
IV. Tetti »		56
1. Tetti a colmo »		»
Tabella XI »		58
a) Tetti a colmo con falde piane <i>Pag.</i>		59
b) Tetti a colmo con falde spezzate »		68
c) Tetti a colmo con armatura a centina o ad arco »		71
2. Tetti a una sola falda (a leggio) »		74
3. Tetti a sega (shed) »		»
4. Tetti a padiglione intiero o piramidali, tetti conici e tetti da torre »		76
5. Tetti a cupola »		80
V. Castelli per campane »		82
VI. Costruzioni per tribune »		84
VII. Costruzioni galleggianti o natanti »		85
C. — Costruzioni con tavole o tavolati »		87
I. Commettiture di tavole od assi . . . »		»
II. Pareti di tavole dette assiti . . . »		88
III. Compimento e riempimento dei solai »		89
IV. Soffitti »		92
V. Pavimenti »		93
1. Pavimenti ordinari o intavolati . . . »		»
2. Pavimenti intarsiati di liste . . . »		97
3. Pavimento intarsiato a scacchi . . . »		99
4. Pavimenti massicci di tavoloni e di prismi di legno »		100
5. Pavimenti a graticciato »		102
VI. Rivestimenti delle pareti »		»
1. Nell'interno dei fabbricati »		»
2. Rivestimenti di pareti all'esterno dei fabbricati »		103
VII. Rivest. dei tetti e dei cornicioni »		104
VIII. Porte, portoni, botole »		108
IX. Ripari e cancellate »		112
D. — Scale		115
Tavola III »		122
Tavola IV »		»
E. — Lavori provvisionali		135
1° Impalcature o ponti di servizio . . . »		136
a) Palchi fissi »		»
b) Palchi sospesi o pensili e di sbalzo »		151
c) Palchi mobili »		157

2° Incastellature o castelli per il trasporto ed il sollevamento di grandi massi, di travature di legno o di ferro e di intere fabbriche	Pag. 166
3° Sbadacchiature e puntellature	» 183
F. — Attrezzi e macchine da cantiere	» 192
Tabella XII.	» 193
Tabella XIII. Carichi per funi mobili e fisse	» »
Tabella XIV.	» 194
Tabella XV. Peso e resistenza delle funi metalliche della fabbrica Felten e Guillaume di Colonia	» 196
Tabella XVI. Peso, resistenza e prezzo delle corde flessibili e semiflessibili di ferro e di acciaio della fabbrica Fornara e C. di Torino	» »
Tabella XVII.	» 197
Tabella XVIII. Carichi di sicurezza e peso delle catene a maglie aperte e rinforzate	Pag. 198
Tabella XIX. Costo d'impianto e di trasporto colle vie aeree	» 207
Tabella XX. Coefficiente K per carrucole fisse	» 213
Tabella XXI. Coefficienti K' e K'' per carrucole mobili	» »
Tabella XXII. Coefficienti di rendimento η e η' delle taglie o pararchi	» 216
Tabella XXIII. Coefficienti di rendimento delle taglie differenziali	» 218
Tabella XXIV. relativa ai pararchi Weston	» 221
Tabella XXV. Coefficiente f per l'attrito radente durante il moto	» 223
Tabella XXVI. Coefficienti di attrito f nei perni	» 224
BIBLIOGRAFIA	» 248

CAPITOLO II. — Lavori in muratura.

Da pag. 252 a 723; fig. 480 a 1499, e 6 Tavole fuori testo.

I. — Generalità sui materiali delle murature	Pag. 252
A. PIETRE NATURALI: a) Cenni sulle pietre da costruzione	» »
b) Proprietà delle pietre da costruzione	» 256
Tabella XXVII. Pesi specifici delle principali rocce usate nelle costruzioni	» »
Tabella XXVIII. Resistenza allo schiacciamento delle principali pietre da costruzione	» 259
c) Difetti delle pietre	» 260
d) Lavorazione delle pietre	» »
e) Conservazione delle pietre	» 263
f) Colorazione delle pietre	» »
B. LATERIZI: a) Generalità	» 264
b) Proprietà e caratteri dei mattoni	» 265
c) Terre da laterizi	» »
d) Fabbricazione dei mattoni	» 266
e) Cottura dei laterizi	» 274
α) Fornaci a soli muri laterali. - β) Fornaci circondate da muri, con apertura o con camino per l'uscita dei prodotti della combustione. - γ) Fornaci a due scompartimenti. - δ) Fornaci a fiamma ripiegata. - e) Fornaci a regresso di calore. - ζ) Fornaci Hoffmann.	
f) Calo dei laterizi e qualità diverse dei mattoni	» 281
g) Diverse specie di mattoni	» »
Tabella XXIX. Dimensioni e peso dei mattoni pieni	Pag. 281-282
Tabella XXX. Dimensioni e peso dei mattoni forati.	» 284
h) Forme diverse dei mattoni	» 285
i) Resistenza dei mattoni	» »
Tab. XXXI. Resist. allo schiacciamento per varie qual. di mattoni	» »
j) Preservativi contro l'umidità e il salnitro	» 286
C. MATERIALI CEMENTANTI	» »
1° Calci e cementi	» »
a) Calci	» »
α) Distinzione delle calci. - Tabella XXXII. - β) Cottura delle pietre da calce. - γ) Estinzione delle calci. - δ) Conservazione delle calci. - e) Calce limite. - ζ) Assaggio di un calcare.	
b) Cementi	» 300
α) Distinzione e fabbricazione dei cementi. - Tabella XXXIII. Dati sui cementi. - β) Conservazione dei cementi. - γ) Impiego cemento fresco. - δ) Provenienza dei cementi. - e) Finezza dei cementi. - Tab. XXXIV. Limite di finezza dei Portland. - ζ) Variazione di volume dei cementi. - η) Dilatazione del cemento. - λ) Altre qualità di cementi. - Tabella XXXV. Resistenza del cemento di scorie.	
c) Assaggi per la presa delle calci idrauliche e dei cementi	» 304
d) Resistenza delle calci e dei cementi	» 305

Tabella XXXVI. Resistenza minima delle malte di calce idraulica *Pag.* 305

Tabella XXXVII. Limite di resistenza delle malte di calce idraulica »

Tabella XXXVIII. Resistenza della calce idraulica di Palazzolo »

Tabella XXXIX. Resistenza dei cementi » 306

Tabella XL. Resistenza del Portland di Casale Monferrato »

Tab. XLI. Resistenza del Portland artificiale di Bergamo »

Tabella XLII. Resistenza di alcuni cementi esteri » 307

2° *Pozzolane* »

α) Pozzolana natur. - **Tab. XLIII.** Composizione di alcune pozzolane. - *β)* Pozzolane artificiali. - *γ)* Conservazione delle pozzolane.

3° *Gesso* » 308

α) Natura e giacimenti. - *β)* Escavazione del gesso in Italia. - *γ)* Cottura del gesso. - *δ)* Polverizzazione del gesso. - *ε)* Presa del gesso. - *ζ)* Resistenza del gesso. - **Tabella XLIV.** Resistenza del gesso. - *η)* Diverse qualità di gesso. - *θ)* Conservazione del gesso. - *ι)* Usi del gesso.

4° *Malte* » 323

a) Sabbia » 324

α) Distinz. delle sabbie. - *β)* Grossezza delle sabbie. - **Tabella XLV.** Grossezza delle sabbie. - *γ)* Peso delle sabbie. - **Tabella XLVI.** Peso di un litro di sabbia naturale silicea non costipata. - *δ)* Qualità di una buona sabbia.

b) Ghiaia e pietrisco » 325

Tabella XLVII. Peso della ghiaia e del pietrisco »

c) Acqua »

d) Consistenza delle malte » 326

e) Manipolazione delle malte » 327

α) Manipolazione a mano. - *β)* manipolazione a macchina.

f) Specie diverse di malte » 331

α) Malta di argilla. - *β)* Malte comuni. - *γ)* Malte idrauliche. - *δ)* Malta cementizia. - *ε)* Malte di gesso. - *ζ)* Malte bastarde. - *η)* Malte diverse. - *θ)* Malte per lavori marittimi. - *ι)* Aggiunta di zucchero alle malte.

g) Dosatura delle malte » 336

Tabella XLVIII. Componenti e dosature delle malte »

h) Resistenza delle malte » 337

Tab. XLIX. Resistenza delle malte »

5° *Altri materiali cementanti* » 338

D. MATERIALI CEMENTATI *Pag.* 338

a) Calcestruzzo »

α) Generalità. - *β)* Resistenza del calcestruzzo. - **Tabella L.** Resistenza alla compressione dei calcestruzzi di cemento secondo Candlot. - **Tabella LI.** Resistenza dei calcestruzzi di cemento. - **Tab. LII.** Resistenza dei calcestruzzi con calce eminentemente idraulica di Palazzolo. - *γ)* Rendimento del calcestruzzo. - **Tabella LIII.** Rendimento dei calcestruzzi cementizi. - *δ)* Fabbricazione del calcestruzzo. - *ε)* Dosatura dei calcestruzzi. - **Tabella LIV.** Dosatura dei calcestruzzi - **Tabella LV.** Impasti per massi artificiali adoperati a Spezia.

b) Calcestruzzo bituminoso » 350

c) Calcestruzzo agglomerato Coignet » »

Tabella LVI. Resistenza del calcestruzzo Coignet » 352

d) Pietre e marmi artificiali »

α) Pietra artificiale di Randsome. - *β)* Pietra artificiale detta « Victoria Stone ». - *γ)* Pietra artificiale di Lebrun. - *δ)* Pietra artificiale di Bartheau. - *ε)* Pietra artificiale di Wilson. - *ζ)* Pietre artificiali cementizie. - *θ)* Marmi artificiali. - *ι)* Altri generi di pietre artificiali.

E. MATERIALI DIVERSI » 357

II. — Muratura di pietre naturali »

A) MURATURA DI PIETRAME GREGGIO »

α) Generalità »

b) Muri a secco »

c) Muratura di pietre greggie in malta » 358

d) Muratura di ciottoli in malta »

e) Muratura mista di pietrame, pietra da taglio e mattoni » 359

f) Avvertenze »

B) MURATURA DI PIETRAME GROSSOLANAMENTE LAVORATO » 360

C) MURATURA DI PIETRA CONCIA O DA TAGLIO »

a) Muri ad opera incerta »

b) Muratura di pietra concia » 361

α) Generalità. - *β)* Lavorazione dei conci. - *γ)* Assestamento e unione dei conci. - *δ)* Sollevamento e posa della pietra da taglio. - *ε)* Rivestimenti con pietra concia.

c) Avvertenze per la costruzione delle murature in pietra da taglio » 367

III. — Muratura di laterizi » 371

a) Disposizione dei mattoni nelle murature »

α) a blocco; *β)* a croce; *γ)* polacca o gotica; *δ)* olandese; *ε)* da fortezza.

b) Muri vuoti	Pag. 376
c) Muri di rovinacci	» 377
d) Esecuzione della muratura di mattoni	» »
IV. — Vari altri generi di muratura »	379
A) MURATURA MISTA	» »
a) Muri listati	» »
b) Muri rivestiti	» »
c) Muri imbottiti	» »
B) MURATURE IN MASSE BATTUTE O DI GETTO »	380
a) Muri di terra	» »
b) Muri di calcestruzzo	» »
α) Muri di malte di calce. - β) Muri di malte di cemento.	
Applicazioni varie del calcestruzzo cementizio di getto	382
Costruzioni in calcestruzzo cementizio con ossatura di ferro	384
Esecuzione e calcolo di strutture in cemento armato	388
V. — Rivestimenti applicati alla muratura già eseguita	401
VI. — Condotti nelle murature, camini isolati, ecc.	402
a) Condotti per il fumo e fumaioli »	»
Tabella LVII	410
b) Camini isolati da opifici (o industriali)	»
VII. — Sotterranei (cantine)	416
a) Finestre delle cantine	»
b) Accesso alle cantine	418
c) Protezione contro l'umidità del sottosuolo	419
d) Protezione contro l'acqua del sottosuolo	423
VIII. — Cornicioni e cornici	427
A) CORNICIONI	»
a) Cornicioni ordinari in laterizi	»
b) Cornicioni intonacati	428
c) Cornicioni di laterizi modellati o di terracotta	432
d) Cornicioni in pietra da taglio	434
B) CORNICI ESTERNE	439
IX. — Aperture di porte e finestre »	442
a) Porte	»
b) Finestre	447
X. — Archi ed arcate	454
a) Generalità	»
b) Tracciamento della direttrice di un arco	456
Tabella LVIII. Dati di Michal per il tracciamento degli archi semiovali	Pag. 458
Tabella LIX. Dati di Lerouge per il tracciamento e la misura degli archi semiovali	» 459
c) Esecuzione degli archi e delle arcate	» 464
α) Archi di mattoni. - Tabella LX. Grossezza delle piattabande senza sordini. - Tab. LXI. Grossezza delle piattabande con sordini. - Tab. LXII. Grossezza ordinarie degli archi di mattoni. - β) Archi di pietrame. - γ) Archi in pietra da taglio. - δ) Chiusura superiore delle aperture di porte e finestre. - ε) Collegamento delle pietre o dei mattoni negli archi.	
d) Grossezza degli archi e dei piedritti »	465
Tab. LXIII. Grossezza alla chiave degli archi ordinari di mattoni »	486
XI. — Vólte	487
A) GENERALITÀ	»
B) DISTINZIONE DELLE VÓLTE	488
a) Vólte semplici	490
α) Vólte cilindriche o a botte: 1. Generalità; 2. Grossezza delle vólte a botte e dei loro prodotti; 3. Esecuz. delle vólte a botte. - β) Vólte anulari, elicoidali. - γ) Vólte coniche e conoidiche. - δ) Vólte a bacino, a calotta, a cupola semplice. - ε) Vólte a conca. - ζ) Vólte a vela. - η) Vólte strombate.	
b) Vólte composte	» 532
θ) Vólte a padiglione. - ι) Vólte a botte con testa di padiglione. - κ) Vólte a schifo e vólte a schifo con gavetta. - λ) Vólte alla romana per scale. - μ) Vólte a crociera: 1. Generalità; 2. Grossezza delle vólte e degli appoggi. Tabella LXIV; 3. Disposizione e costruzione delle vólte a crociera: a) in pietra da taglio; b) in pietrame; c) in laterizi. 4. Disposizione e costruzione delle vólte a nervatura; 5. Disposizione e costruzione delle vólte a celle. - ν) Vólte gotiche, stellate, reticolate, a ventaglio. - ξ) Vólte lunulate. - ο) Vólte a fascioni. - π) Vólte a cupola semplice o composta: 1. Generalità; 2. Grossezza delle cupole e dei loro appoggi; 3. Costruzione delle cupole doppie interne ed esterne.	
Tavola V. Cripta della Chiesa di S. Nicola a Bari (sec. XI-XII) »	548
Tavola VI. Basilica di Sant' Ambrogio in Milano	» 559
Tavola VII. Cupola e campanile del Santuario di Saronno	» 590

e) Vólte di getto, miste e di materiali cavi	Pag. 604	b) Esame e scandagli del terreno di fondazione	Pag. 680
C) VERIFICA DELLA STABILITÀ DI UNA VÓLTA COL METODO DELLA STATICA GRAFICA »	606	e) Escavazione delle fosse di fondazione e puntellamento delle loro pareti »	682
α) Vólte propriamente dette. - β) Determinazione grafostatica degli appoggi.		d) Paratie »	684
XII. — Avvertenze nella esecuzione degli archi e delle vólte	610	e) Argini o dighe di ritegno »	686
XIII. — Armature per archi, vólte, solai, di getto	611	f) Protezione delle fondamenta contro i franamenti »	688
XIV. — Costruzione delle cuspidi o guglie delle torri e campanili »	624	g) Dei diversi generi di fondamenti »	
XV. — Scale	635	α) Semplice alzamento di un muro. - β) Pavimentazione in pietra. - γ) Gettate di sabbia. - δ) Platea di calcestruzzo semplice e di calcestruzzo armato. - e) Fondazioni per mezzo di pozzi in muratura o di legno. - ζ) Fondazioni con zatteroni e palificate.	
a) Scale a collo »	637	h) Sistemi speciali di fondazione »	699
Tavola VIII. Scalone del Palazzo Reale di Caserta	642	a) Fondazione a pilastri e archi »	
Tavola IX. Scalone del Palazzo Madama in Torino	643	b) Fondazioni ad aria compressa »	700
Tavola X. Scalone del Teatro dell'Opéra a Parigi	651	c) Fondazioni col congelamento »	702
b) Scale a volo »	657	d) Compressione meccanica del terreno (sistema Dulac) »	704
e) Particolari delle scale »	666	e) Scelta del sistema di fondazione »	705
XVI. — Muri di fondazione o fondamenti	676	f) Sottomurazione e consolidamento di muri di fondazione già esistenti »	
a) Grossezza dei muri di fondazione »		Tabella LXX	706
Tabella LXV. Resistenza dei vari terreni in Kg. per cm²	677	XVII. — Grossezza dei muri fuori terra	707
Tabella LXVI. Peso specifico di alcuni materiali per m³		a) Muri isolati »	
Tabella LXVII. Peso proprio o permanente di solai, in Kg. per m² senza nè pavimento nè soffitto »		b) Muri di sostegno e di terrapieno »	709
Tabella LXVIII. Peso proprio di pavimenti, soffitti e tramezze, in Kg. per m²		Tabella LXXI (del Foy)	711
Tabella LXIX. Carichi accidentali e sovraccarichi per solai, in Kg. per m²	678	Tab. LXXII (del Redtenbacher) »	
		Tabella LXXIII (del Foy)	
		Tab. LXXIV (del Knöpflmacher) »	
		Tabella LXXV (del Foy)	712
		c) Muri d'ambito e di divisione dei locali negli edifici »	713
		Tabella LXXXVI	714
		Tabella LXXXVII (Sacchi)	715
		d) Piedritti di archi e vólte »	717
		Tabella LXXXVIII	
		BIBLIOGRAFIA	

CAPITOLO III. — Copertura dei tetti.

Da pag. 723 a 772; fig. 1500 a 1604.

1. — Introduzione	Pag. 723	pertura con embrici a ricoprimento di $\frac{2}{3}$. - γ) Copertura di embrici a raddoppio.	
a) Generalità »		e) Copert. con tegole cave o curve	Pag. 737
b) Fabbricazione delle tegole d'argilla »		α) Copertura con tegole curve a canale. - β) Copertura con tegole fiamminghe (a S). - γ) Copertura con tegole piane a risvolti. - δ) Copertura a tegole maritate o alla romana »	
2. — Copertura con tegole laterizie »	731	d) Copertura con tegole a scanalatura o a incastro »	740
a) Generalità »			
b) Copertura con tegole piane o embrici »	732		
α) Copertura semplice con embrici o tasselli (scheggie) di legno. - β) Co-			

Tabella LXXIX. Dimensioni dei legnami per coperture con tegole marsigliesi	Pag. 742		
3. — Coperture con lastre.	» 743		
a) Lastre e tegole di vetro	» »		
b) Piastre di cemento	» »		
c) Lastre di pietra	» 745		
α) Lastre grosse. - β) Lastre sottili, ardesie o lavagne. - Tab. LXXX. - γ) Copertura a sistema inglese. - Tabella LXXXI. Dati sulle ardesie inglesi. - δ) Copertura di ardesia a sist. francese. - Tabella LXXXII. Dati relativi alle ardesie d'Angers. - Tabella LXXXIII. Dati relativi a varie ardesie francesi. - ε) Copertura con ardesie a sistema tedesco.			
4. — Copertura con cartone incatramato (carton-cuoio o carton-pietra per tetto)	» 754		
		a) Generalità	Pag. 754
		b) Copertura col cartone incatramato »	755
		c) Manutenzione e riparazioni delle coperture in cartone incatramato »	758
		d) Feltro bituminoso (asfaltato) . »	759
		5. — Copertura con tessuti impermeabili	» »
		6. — Copertura in cemento bituminoso, carta e ghiaia	» 760
		a) Copertura in cemento bituminoso (o cemento di legno detto « Holzcement »)	» »
		b) Copertura doppia in cartone e ghiaia »	766
		c) Coperture Dorn	» »
		d) Copertura di asfalto	768
		e) Lastrici solari	769
		Appendice	» »
		BIBLIOGRAFIA	» 770

CAPITOLO IV. — Costruzioni metalliche.

Da pag. 772 a 1003; fig. 1602 a 2449, Tavole XII (nel testo) di ferri e lamiera, e 2 Tavole fuori testo.

I. — Generalità	Pag. 772	VII. — Armature per rinforzo di travi in legno	Pag. 792
II. — Materiali e loro lavorazione » »		VIII. — Costruzioni intelaiate in ferro (portoni, porte, finestre e ferriate) »	794
TAVOLA I. Ferri profilati e speciali	773	a) Generalità	» »
TAVOLA II. Ferri sagomati e ornati »	774	b) Disposizioni per il movimento »	795
TAV. III. Lamiere ornate e traforate »	775	c) Portoni e porte	» »
TAVOLA IV. Lavori di fucinatura . »	776	d) Finestre in ferro	799
TAVOLA V. Lavori di fucinatura . »	777	e) Inferriate (inferriate e cancelli con o senza ricoprimento, inferriate da finestre e da balconi, tralicci in filo ferro e relativi sostegni) . »	804
III. — Impianto di officina per lavori in cantiere	» »	Tavola XI. Vetrata in ferro del riparto torneria delle Officine ferroviarie di Torino	» »
TAVOLA VI. Giunti fucinati	778	TAVOLA X. Reti metalliche	809
TAV. VII. Lavori da banco (a freddo) »		IX. — Sostegni	811
TAV. VIII α, VIII β. Collegamenti da fabbro in fino (da magnano) »	780, 781	a) Sostegni di ghisa	» »
IV. — Conservazione dall'ossidazione »	781	b) Sostegni di ferro	814
TAVOLA IX. Profili di ferri grossi o travi di ferro	782	TAVOLA XI. Forme diverse di sostegni in ferro	815
V. — Pezzi ausiliari d'unione per lavori da muratore, scalpellino e carpentiere	785	Tabella LXXXIV. Rapporto fra la resistenza R e il peso p dei sostegni in ferro e in ghisa	816
VI. — Armature per muratura e carpenteria, chiavi, tiranti, stecche, piastre, fascie	787	c) Costruzioni in ferro per rinforzo di sostegni in muratura	818
a) Chiavi	» »	d) Pilastri composti di ferri sagomati e muratura	» »
α) Chiavi rettilinee. - β) Chiavi d'angolo. - γ) Armat. con chiavi poligonali od anulari nei muri verticali. - δ) Armat. con barre. - ε) Chiavi d'arco. - ζ) Armature anulari per cupole, ecc. - η) Tiranti a chiave. - θ) Tiranti con piastre d'angolo. - ι) Tiranti. - κ) Armature oblique.		TAVOLA XII. Tipi diversi di pilastri composti di ferro e muratura »	819
		e) Sostegni metallici a castello o a traliccio	» »

- f) Sostegni di ripiego con profili vari Pag. 819
- g) Intelaiature di sostegno per taglio di muri »
- h) Castelli per campane » 821
- i) Sostegni a bilico » 824
- X. — Pareti metalliche intelaiate » 825**
- a) Sistemi più antichi di intelaiature in ferro per pareti »
- b) Costruzioni intelaiate senza riempimenti a contrasto »
- c) Pareti intelaiate con riempimenti in muratura a contrasto » 826
- d) Costruzioni intelaiate con riempimenti in lamiera ondulata » 829
- e) Costruzioni intelaiate e intonacate su lamiera tagliata, o stirata, o sbalzata (*métal déployé*) » 831
- f) Costruzioni di lamiera a cassetta, senza intelaiatura »
- XI. — Solai metallici » 833**
- a) Soffittatura delle aperture nei muri » »
- b) Travature portanti » 834
- α) Travi composte piene. - β) Travi reticolari.
- c) Basi di appoggio su muri e su sostegni metallici » 838
- d) Sclette di compimento »
- α) Generalità, norme costruttive. - β) Solai e travi in ferro con pavimento in legno e rivestimento inferiore in legno. - γ) Solette formate con travicelli di legno e tiranti di ferro sottostanti o intermedi. - δ) Solai di getto di sistema parigino. - ε) Solai con materiali laterizi. - ζ) Solai con travi tubolari Siegwart. - η) Solai con solette metalliche. - θ) Solai con lamiera ondulata arcuata. - ι) Solai con armatura di lamiera ondulata, stirata, sbalzata e rivestita con malta.
- e) Costruzioni sporgenti a sbalzo (balconi, finestre sporgenti, mensole) » 849
- f) Travi reticolari in ferro e ghisa scomponibili, di sistema Joly. » 851
- Tavola XII. Mensole e travi metalliche di sistema Joly » 853**
- g) Sostegni collegati ai solai, ecc. » »
- α) Sostegni in ghisa. - β) Sostegni in ferro.
- XII. — Tetti metallici » 858**
- a) Tetti misti di legni, ferro e ghisa » »
- b) Tetti ad ossatura completamente metallica » 859
- α) Tetti a sella o a due falde piane. - β) Tetti ad una falda. - γ) Tetti per capannoni (sheds). - δ) Tetti alla « mansard » (a soffitta). - ε) Tetti a padiglione. - ζ) Forme speciali di incavallature. - η) Tetti a cupola. - θ) Tetti sporgenti o pensiline, sopra ingressi, montatoi, marciapiedi, caricatoi, ecc. - ι) Particolarità relative agli appoggi delle incavallature. - κ) Collocamento degli arcarecci.
- XIII. — Tettoie Pag. 894**
- a) Generalità » »
- b) Sistema triangolare » 897
- c) Incavallature a falce (paraboliche) » »
- d) Incavallature arcuate » 901
- XIV. — Coperture metalliche dei tetti » 909**
- a) Materiali » »
- b) Preparazione dei materiali » 910
- c) Norme speciali per le coperture metalliche » 912
- d) Coperture in zinco » 913
- α) Coperture con lastre (o fogli). - **Tabella LXXXV.** - β) Coperture con lamiere ondulate. - **Tab. LXXXVI.** Dimensioni e peso delle lamiere ondulate di zinco. - γ) Coperture con tegole a sovrapposizione (in forma di embrici o ardesie). - δ) Peso delle coperture in zinco. - **Tab. LXXXVII.** Pesi dei diversi sistemi di coperture in zinco comprese le grappe d'attacco per m² di copertura.
- e) Coperture con lamiera di ferro » 923
- α) Copert. con lastre piane. - β) Coperture con lamiera zincata ondulata. - **Tabella LXXXVIII.** Lamiere zincate ondulate della Casa J. Hilgers in Rheinbrohl. - γ) Tetti costruiti con lamiera ondulata: 1. Costruzioni con lamiere leggermente ondulate; 2. Costruzioni con lamiere ondul. a canale; 3. Costruz. più moderne. - δ) Coperture con lamiere zincate di forme speciali. - **Tabella LXXXIX.** Dimensione e peso delle lamiere della Ditta Geisweid. - ε) Coperture con lamiere smaltate di forme speciali.
- f) Coperture con piastre di ghisa a scanalature » 934
- g) Coperture di rame » 935
- h) Coperture di piombo » 936
- XV. — Canali da tetto, doccie di scarico, coperture di cornici » 937**
- a) Generalità » »
- b) Canali di lamiera » 939
- c) Canali di ghisa » 950
- d) Doccie o tubi di scarico »
- Tabella XC.** Tubi pluviali di zinco » 953
- Tabella XCI.** Tubi pluviali di lamiera di ferro zincato inchiodati e saldati, graffiati e saldati » 954

Tabella XCII. Tubi pluviali di ghisa incatramata	Pag. 954		
Tabella XCIII. Tubi pluviali di ferro asfaltato (germanici)	>		
e) Coperture speciali di cornici	> 955		
XVI. — Lucernari, tetti a vetro e coperture in vetro			
a) Condizioni fondamentali	>		
b) Superficie illuminanti disposte verticalmente o quasi	> 957		
c) Lucernari a piccola inclinazione	> 960		
d) Particolari costruttivi	> 962		
α) Portavetri, ferri a vetro. - β) Colmi o creste. - γ) Provvedimenti contro lo scorrimento ed il sollevamento delle lastre di vetro. - δ) Chiusura dei giunti dei portavetri e dei canali. - ε) Chiusura dei giunti di ricoprimento. - ζ) Copertura a vetri di sistema Göller. - η) Attacco delle coperture di vetro ai canali ed altre coperture, ecc.			
e) Lucernari per tetti a padiglione	> 972		
f) Provvedimenti contro i pericoli del transito sulle coperture a vetri	> 973		
g) Alcuni esempi di grandi coperture a vetri	>		
h) Coperture con speciali tegole in vetro	> 975		
		i) Tettoie o lucernari a vetri, sistema Spengler	Pag. 977
		k) Lucernari interni	> 978
		l) Lucernari a prismi	> 979
		m) Lucernari apribili	>
		n) Lucernari da pavimento	> 981
XVII. — Costruzioni di lamiera ondulata			
XVIII. — Finimenti di torri, campanili, ecc. (Cupolini, croci, capitelli, globi, bandieruole, aste per bandiere, statue, ecc.)			
		a) Influenze nocive	> 986
α) Pressione del vento. - β) Influenza della temperatura. - γ) Pericoli del fulmine. - δ) Umidità.			
		b) Materiale	> 990
		c) Disposizioni per bandieruole girevoli	>
		d) Custodie per documenti	> 991
		e) Coloritura, doratura, smaltatura	>
		f) Innalzamento, assicurazione, armature	> 992
		g) Statue, aquile ed animali araldici	> 996
		h) Aste da bandiera	> 997
		Nota	> 998
		BIBLIOGRAFIA	>



