

# L'INGEGNERIA CIVILE

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori

### COSTRUZIONI CIVILI

#### COPERTURE IMPERMEABILI.

Nota dell'Ingegnere G. A. REYCEND

Prof. di Architettura nella R. Scuola di Applicazione degli Ingegneri in Torino.

Trovar modo di coprire convenientemente un edificio è problema complicato e di molta importanza, perchè, se precipuo ufficio della copertura di una fabbrica è quello di difendere la sottostante costruzione dall'umidità, procurando il pronto smaltimento delle acque meteoriche, non si può dimenticare che la forma e la elevazione della copertura hanno un'influenza non trascurabile sull'effetto generale dell'edificio. Mentre fino ad un certo punto la forma della copertura dipende dalla figura della pianta e la sua elevazione dalle influenze climatiche, l'architetto è, in ultima analisi, chiamato a scegliere, tra le diverse soluzioni possibili, quella che meglio si attaglia allo stile della fabbrica, ed in certi casi la forma della copertura è così intimamente legata allo stile dell'edificio, da influire sulla pianta del medesimo.

Nel maggior numero dei casi, in tema di coperture, l'architetto deve scegliere, tra le molte possibili, quella soluzione, che, a parità di durata e di impermeabilità, riesce meno costosa, più leggiera e di più facile esecuzione.

Prescindendo dalle coperture di piombo e di rame, riservate a casi specialissimi e, del resto, di prezzo molto elevato, è un fatto che il problema di coprire economicamente le fabbriche ha fatto in Italia e anche in Francia pochi progressi.

Da noi si usa ancora, nella maggior parte dei casi, di coprire le fabbriche con lastre di pietra o con tegole ordinarie (coppi), o ad incastro (tegole piane), o con tegole maritate (coppi ad embrici), o con mattonelle di cemento; riservando le coperture metalliche (con lamine di zinco, di ferro stagnato o zincato) per le grandi tettoie e per alcune costruzioni speciali.

Ora, non v'è costruttore il quale ignori che alle falde di tetto, coperte con lastre di pietra, con tegole o con mattonelle di cemento, è necessario dare una pendenza notevolissima per ovviare alla possibilità che le superficie del materiale di copertura, che sono a contatto per gli inevitabili ricoprimenti, esercitino un'azione di assorbimento sull'acqua scorrente sulla falda, richiamandone una porzione nell'interno della fabbrica; onde una spinta ragguardevole contro i muri d'ambito, la quale è accresciuta dal peso notevole di dette coperture.

La spinta prevedibile contro i muri perimetrali ne obbliga le grossezze in una misura rilevante ed il peso del materiale da copertura esige armature di sostegno molto robuste. Ma, anche adottando la precauzione di dare alle falde dei tetti una montà notevole, tutti sanno che se le tegole non sono di primissima qualità e la loro superficie, per effetto di una conveniente cottura, non ha subito un principio di vetrificazione, a cagione della porosità inerente a tutti i materiali laterizi, lasciano per un certo tempo trasudare l'umidità. Finalmente, non bisogna dimenticare che, eccettuati i tetti coperti con lastre di pietra di grandi dimensioni o con lastre metalliche, tutti gli altri esigono frequenti riparazioni, perchè il vento e la neve smuovono le tegole e determinano il distacco delle ardesie sottili.

Ora, a parte la spesa inerente a queste opere di riparazione, occorre notare ancora che, per sostituire una tegola

rotta o rimettere a posto una tegola smossa, l'operaio, camminando sul tetto, ne rompe delle altre e che i cocci raramente vengono completamente esportati; ma che i più grossi si accumulano nel sottotetto e quelli minuti sono abbandonati sulla falda, d'onde vengono poi lentamente trascinati dalle acque, prima nei canali di gronda, poi in quelli di doccia, insieme alle foglie che in autunno ed in certe località sono portate in notevole quantità dal vento, dando così origine ad ostruzioni e, coll'arresto delle acque, ad una abbondante produzione di ruggine, la quale deteriora rapidamente i canali ed i tubi di ferro.

Come ognuno può rilevare da questi rapidi cenni, le coperture in uso nella maggior parte dei casi, sono ben lontane dal corrispondere all'ideale di una copertura, solida cioè ed economica al tempo stesso.

Se poi dalle coperture a tetto passiamo a discorrere delle coperture a terrazza, ci troviamo in condizioni anche peggiori. Non solo non è più questione di mezzi imperfetti e costosi, ma, per certe regioni, come il Piemonte e la Lombardia, nelle quali si verificano sbalzi notevoli di temperatura, di sistemi che l'esperienza ha pressochè condannati.

Anche il partito, da molti consigliato, di coprire tutta l'estensione della terrazza con uno strato d'asfalto e poi sottrarre l'asfalto all'azione del sole, ricoprendolo con un pavimento di lastre di pietra o con un impiantito di formelle di cotto o di cemento, partito che in molti casi ha fatto discreta prova, si è palesato insufficiente ogni volta che si è trattato di terrazze molto estese. E ciò si comprende facilmente. Per quanto l'asfalto abbia una certa duttilità, la quale è come una garanzia contro i cedimenti regolari, cui va lentamente soggetta ogni costruzione mentre prende il suo assetto, questa relativa duttilità non può opporsi a soluzioni, siano pur lievissime, di continuità, allorquando per una causa qualunque i cedimenti avvengono in modo irregolare.

Sono queste difficoltà e la spesa sempre considerevole che, nella maggior parte dei casi, fanno mettere in disparte le terrazze ed obbligano gli architetti a privarsi, nelle regioni settentrionali d'Italia, di un mezzo tanto comodo e leggiadro di procurare sfogo alle abitazioni, di aggiungere vaghezza e varietà alle fabbriche, mezzo del quale si giovano a tutto spiano e con ogni maggior sicurezza gli architetti dell'Italia centrale e meridionale e che concorre a rendere così belle e così comode le ville signorili e le case private delle nostre città litoranee.

Ciò posto, non parrà inutile lavoro il tentativo al quale mi sono accinto di far conoscere, nei più minuti particolari costruttivi, i diversi sistemi di *tetti impermeabili*, che, da molto tempo praticati in Germania, tentano, sebbene a stento, di farsi strada anche in Italia. Qualunque sia per essere il frutto di questo mio tentativo, i colleghi mi sapranno grado di aver cercato di portare a conoscenza di chi può avervi interesse un sistema di copertura, che, ad onta delle modeste apparenze delle quali si veste, è chiamato a rendere rilevanti vantaggi alla generalità del pubblico; sistema che fu apprezzato moltissimo in Germania e nella vicina Svizzera e che, non solo venne largamente applicato alle fabbriche comuni, ma altresì a pubblici ed importanti edifici, e che fu con successo impiegato dalle nostre autorità militari nelle opere di fortificazione delle Alpi (1).

(1) Il sistema di copertura in discorso venne pure adottato nella costruzione dell'Istituto Koch per le malattie infettive, recentemente eretto in Berlino.

**Coperture con feltri bituminosi.** — Fin dal secolo scorso un ammiraglio Svedese aveva suggerito l'idea di formare coperture leggere ed impermeabili col mezzo di piastrelle di feltro di lana, disposte a squame sopra un tavolato inclinato, stendendo poscia sopra questi feltri uno strato di catrame. Ma quantunque l'idea dell'ammiraglio Faxa contenesse in sé il germe di utili applicazioni, non poté avere gran successo a causa dell'essiccamento del catrame, non riparato dall'azione continuata dei raggi solari.

In principio di questo secolo in Germania si provò dal sig. Gilly, a modificare il sistema Faxa immergendo le piastrelle di feltro in un bagno di catrame prima di applicarle sull'assito, nella lusinga di rendere più durevole l'azione benefica del catrame.

Vista la inutilità di siffatti tentativi, si abbandonarono le piastrelle di feltro per appigliarsi addirittura al feltro in rotoli, consistenti in liste rettangolari di m. 1,00 × m. 10,00. Si studiarono apparecchi appositi per imbevare di catrame i detti feltri e siccome il catrame di abete, dapprima proposto dal Faxa, era stato, per ragioni economiche, sostituito dal catrame di carbon fossile, in paragone molto meno durevole, così si escogitarono combinazioni di questo catrame con altre sostanze, quali la pece, l'asfalto, il catrame di pino, gli olii minerali, lo zolfo e persino colla calce spenta, coi detriti di ardesia macinata, di argilla, ecc...; combinazioni che costituiscono il segreto degli inventori e che sono tenute gelosamente nascoste.

Si giunse così alle coperture di feltro, molto comuni nell'Austria e nella Germania e che da qualche anno principiarono ad usarsi anche in Italia, specialmente per la copertura di edifici provvisori.

I rotoli incatramati, appena tolti dal bagno, vengono copersi di sabbia se debbono essere impiegati per copertura di tettoie provvisorie e con segatura di legno se i feltri debbono invece essere alla loro volta difesi da tegole.

I feltri che s'impiegano nelle coperture hanno spessori differenti a seconda dell'importanza e della durata della copertura. Si dispongono, col loro lato più lungo, tanto parallelamente alla gronda quanto perpendicolarmente a questa.

Quando i rotoli si distendono col lato più lungo parallelamente alla gronda (fig. 121), la posa si principia dal basso e

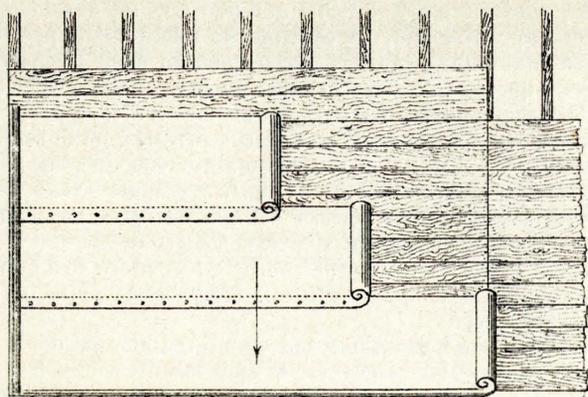


Fig. 121.

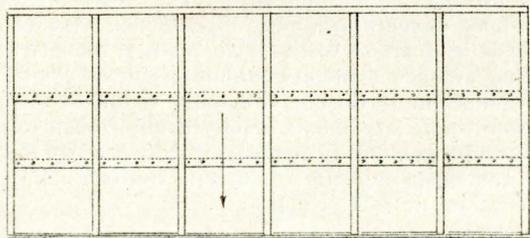


Fig. 122.

si prosegue dalla gronda verso il comignolo, sovrapponendo i margini contigui dei rotoli, immediatamente successivi, in guisa che i medesimi formino un ricoprimento di 10 centimetri.

I margini così sovrapposti vengono fissati, mediante chiodi, all'assito inferiore. Talvolta si trova conveniente di accrescere l'aderenza dei feltri all'assito, chiodando sopra la copertura dei listelli di legno, in direzione perpendicolare alla gronda, ed alla distanza di un metro l'uno dall'altro (fig. 122).

Allorchè, invece, i rotoli si svolgono nel senso della massima pendenza della falda, s'incomincia dal chiodare sul tavolato dei listelli a sezione triangolare con direzione normale alla gronda e distanti da m. 0,80 a m. 0,90; poscia si svolgono i rotoli tra i listelli o sovrapponendo i margini dei due rotoli contigui (fig. 123) oppure avvicinando semplicemente questi margini e ricoprendoli poscia con una lista di feltro (fig. 124 e 125).

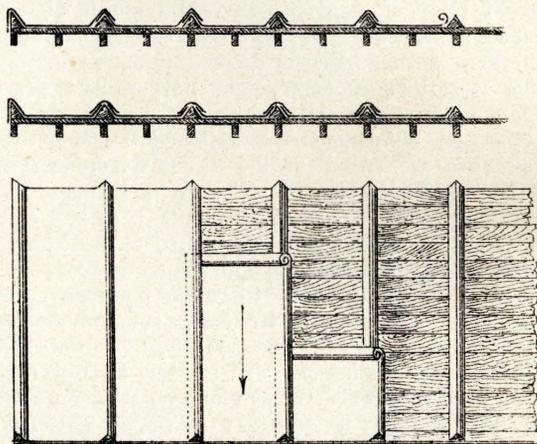


Fig. 123.

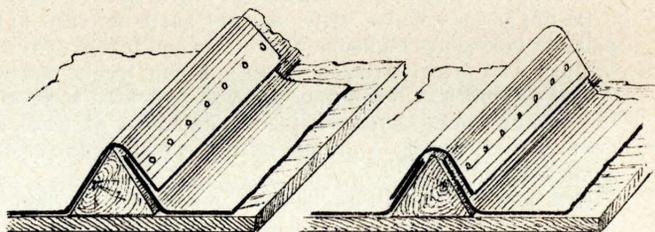


Fig. 124.

Fig. 125.

Qualche volta si combinano i due sistemi ed, arrestando le estremità inferiori dei listelli a conveniente distanza dalla gronda, si dispone per primo un rotolo coi lati maggiori paralleli alla gronda e poi tutti gli altri coi lati maggiori secondo il massimo pendio della falda, in modo da allineare sopra una medesima orizzontale i lembi inferiori di tutti questi rotoli, procurando che i medesimi ricoprano di dieci centimetri il lembo superiore del rotolo disteso parallelamente alla gronda (fig. 126).

Se la falda del tetto misura, nel senso del suo massimo pendio, più di dieci metri, bisogna ricorrere a due o più rotoli, sovrappondendone e chiodandone i margini (fig. 127).

Quando i rotoli si sviluppano secondo il pendio della falda si principia sempre da uno dei margini laterali di essa; seguendo invece l'altra disposizione si procura solamente che i giunti riescano sfalsati.

Sui margini delle falde formanti frontone, in entrambi i sistemi, si usa di applicare un listello triangolare che serve a ripiegarvi ed assicurarvi il margine del foglio di feltro (fig. 128 e 129).

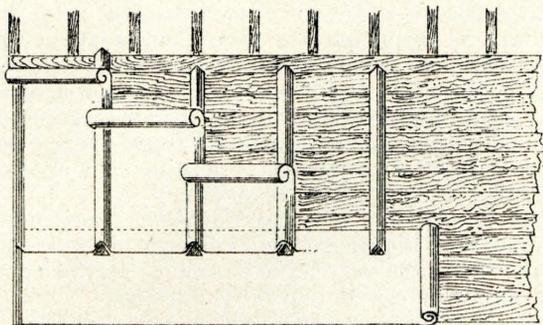


Fig. 126.

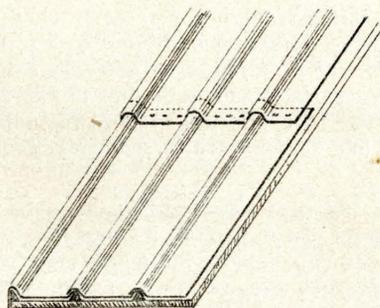


Fig. 127.

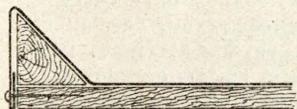


Fig. 128.



Fig. 129.

Se le coperture di feltro bituminoso debbono restare in opera oltre ad un anno, a lavoro compiuto si spalmano ancora con un composto liquido di catrame detto *dacklach* o *cautchouck-black*, che si distende col mezzo di apposite spazzole, spargendovi poi sopra della sabbia fina ed asciutta, destinata ad impedire, o quanto meno a ritardare, la colata del catrame sotto l'azione dei raggi solari.

La spalmatura di *dacklach* dev'essere fatta in tempi di atmosfera perfettamente asciutta, senza di che non si ottiene che il liquido aderisca perfettamente al feltro.

Basta rinnovare la spalmatura di *dacklach* ogni due anni perchè le coperture di feltro si conservino anche per 10 anni.

S'intende alla prima che la grossa armatura dei tetti che debbono essere coperti con feltri bituminosi può essere molto leggera in confronto di quella che occorre per tutte le altre coperture, non escluse quelle metalliche, alcune delle quali sono pure relativamente leggere.

La piccola armatura si può formare con correntini di  $0^m,06 \times 0^m,08$ , distanti un metro da mezzo a mezzo, sui quali si chiodano delle tavole dello spessore di 20 mm. semplicemente rifilate.

Convieni impiegare tavole di poca larghezza per evitarne l'incurvamento e bisogna collegare solidamente la piccola alla grossa armatura per mettere la copertura al riparo dei colpi di venti.

Alle falde coperte con feltri bituminosi, si usa assegnare la pendenza del 20 p. 0/10.

Bisogna usare speciali riguardi per difendere i lati delle falde che incontrano pareti di muro ed i margini delle aperture che si devono praticare nelle falde per dare passaggio alle gole dei camini.

Il mezzo più semplice e più sicuro è quello che è indicato nelle figure 130 e 131, che consiste nel sovrapporre sul margine o sui margini del feltro, che corrispondono all'in-

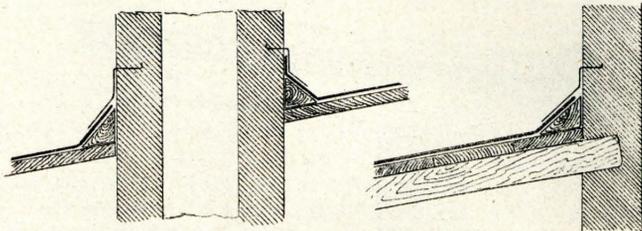


Fig. 130.

Fig. 131.

contro della falda colle pareti di muro, dei listelli a sezione triangolare e nel difendere poi con una lastra metallica (zinc o ferro zincato) la faccia scoperta di questo listello, procurando che la lastra metallica penetri nel muro.

La troppo breve durata delle coperture formate con un solo strato di feltro ne circoscrive l'applicazione ad edifici di secondaria importanza, oppure di carattere provvisorio, come coperture di magazzini, di tettoie, di locali per esposizioni e simili, od a costruzioni d'urgenza che sorgono, per esempio, in seguito ad incendi od a terremoti.

Allo scopo di accrescere la durata delle coperture di feltro si è pensato di impiegare a due strati sovrapposti e di diverso spessore; più sottile il superiore, più grosso l'inferiore, facendoli aderire mediante l'interposizione di uno strato di catrame, che si stende a caldo.

L'alterazione dello strato di catrame, in tal guisa difeso dal foglio di feltro superiore dall'azione dei raggi solari, diventa più difficile e restano così anche evitati i frequenti lavori di manutenzione richiesti dai tetti coperti con un solo foglio di feltro.

Le coperture composte di due fogli di feltro si eseguono con rotoli svolti parallelamente alla gronda. Ad impedire poi che il vento, agendo per dissotto al tavolato sul quale riposa la copertura, possa produrre delle rughe, delle ondulazioni e forse delle lacerazioni, si collocano sopra il primo strato di feltro dei fili di ferro, con direzione normale alla gronda (fig. 132), alla distanza d'un metro l'uno dall'altro, procurando che riescano tesi fortemente. Le chiodature di questi fili sul tavolato si fanno corrispondere ai punti in cui i medesimi intersecano i lembi dei rotoli dello strato inferiore.

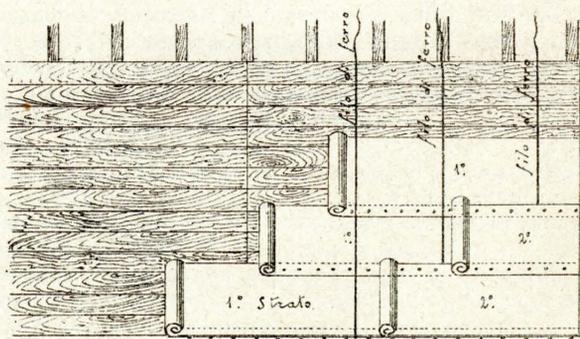


Fig. 132.

Tirati i fili di ferro, si distende il catrame e si applicano i fogli del secondo strato di feltro. Per ultimo si procede alla spalmatura di *dacklach*.

Per meglio difendere la copertura dall'azione del vento si propone anche di ridurre al 10 p. 0/10 la pendenza delle falde e di sostituire i fili di ferro con uno strato di ghiaia minuta dello spessore di 5 centimetri, da stendersi sopra il secondo strato di feltro (fig. 133).

Si come la difesa che lo strato di ghiaietta esercita sui sottostanti feltri bituminosi, nel senso di sottrarli all'azione dei raggi solari, riesce molto efficace, si ottengono coll'impiego della ghiaia risultati migliori che col sistema precedente. Se

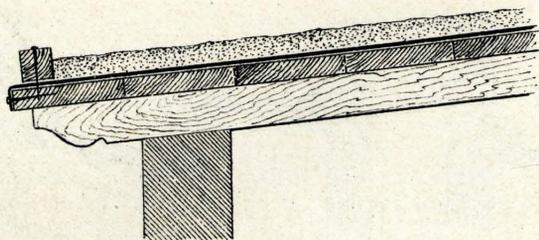


Fig. 133.

non che il maggior peso dello strato di ghiaia obbliga a rinforzare il sottostante tavolato, portandone lo spessore da 20 a 25 millimetri e ad accostare i correnti di sostegno, riducendone la distanza a centim. 80 da mezzo a mezzo.

Per impedire la caduta della ghiaia si dispone sul lembo inferiore della falda un listello di cm.  $6 \times 4$ , nel quale, a distanza di 20 centimetri, si praticano dei fori per lasciare libero il deflusso alle acque.

E perchè, tutto ben considerato, lo strato superiore di feltro non ha altro ufficio che quello di proteggere la spalmatura di catrame, così non si tardò a sostituirlo con della semplice carta, non imbevuta preventivamente di catrame, come si usava per il feltro, ma impiegata allo stato naturale, applicandola sopra lo strato di catrame disteso sul primo strato di feltro, al quale naturalmente aderisce, completando poi l'opera con una spalmatura di catrame sopra la carta.

Intanto che s'andavano sperimentando le accennate modificazioni nelle coperture di feltro, si studiava di perfezionare la composizione del catrame, nell'intendimento di renderlo più durevole. La scoperta dell'*holz-cement* (cemento per il legno), segnò un notevolissimo perfezionamento del sistema e fu come il punto di partenza di nuove ed importanti applicazioni, primissima quella della copertura delle terrazze.

**Coperture di carta e catrame.** — L'invenzione dell'*holz-cement* è dovuta a C. S. Haeusler di Hirschberg (Slesia) fabbricante di vino di mele, il quale riuscì a formare un composto di catrame, di pece, di zolfo e di altri ingredienti non bene conosciuti, che costituiscono il segreto dell'inventore; composto del quale si valse per calafatare la superficie interna delle botti di legno, nelle quali serbava il vino da lui fabbricato.

Verso il 1839 l'inventore dell'*holz-cement* immaginò di applicare il suo trovato alla copertura delle fabbriche, componendola con parecchi strati di carta (tre o quattro), alternati con spalmature del suo *holz-cement*. I tentativi da lui fatti diedero i più lusinghieri risultati, ponendo così a disposizione degli architetti un nuovo genere di copertura, leggiera, di facile esecuzione, che si adatta a quasi ogni forma di tetto e che, dalle numerose applicazioni che ne furono fatte, si può giudicare di lunga durata.

Il nuovo sistema di copertura si diffuse rapidamente nell'Europa centrale; ma mentre nella Svizzera fin dal 1840 se ne fecero numerose applicazioni, non si fu che nel 1866 che se ne tentò l'introduzione in Italia per opera dell'ingegnere D. Domenighetti, il quale con molto criterio ne studiò l'applicazione alle nostre fabbriche, introducendovi quelle modificazioni, che erano imperiosamente reclamate dai nostri sistemi costruttivi e dalle speciali nostre abitudini (1).

Le coperture impermeabili si possono sostituire con vantaggio alla maggior parte delle coperture finora conosciute e convengono tanto ai tetti propriamente detti, che alle ter-

(1) L'ing. Domenighetti, allo scopo di evitare la circonlocuzione che occorrerebbe per tradurre nel nostro idioma l'appellativo tedesco di *Holz-cement*, dato in Germania alle coperture di cui ci occupiamo, ha proposto di sostituirvi la denominazione di *tetti piani*; ma a me sembra che sia questa una designazione generica, che si riferisce unicamente alla forma del tetto, e non alla materiale struttura della copertura.

Parmi quindi che risponda meglio allo scopo l'appellativo di *coperture impermeabili di carta e catrame*, non applicabile a veruno degli antichi sistemi di copertura in uso presso di noi.

razze. Il sistema si addatta con uguale facilità tanto sopra impalcature di legno, quanto sopra spianamenti di volte.

La massima inclinazione ammissibile nei tetti, che debbono ricevere la copertura impermeabile, la quale è a base di catrame, è per l'Italia del 3 p. 0,10, mentre può raggiungere il 5 p. 0,10 nelle regioni settentrionali d'Europa. Con una maggiore inclinazione si correrebbe il pericolo della discesa di una parte del catrame nel canale di gronda.

Qualora le coperture in discorso debbano essere praticabili e quindi sempre quando si tratta di terrazze, si deve stendere sulle medesime uno strato di sabbia, argilla e ghiaia minuta, o coprirle con un impiantito qualsiasi.

La pratica di sottrarre con questo mezzo la copertura all'azione dei raggi solari è sempre raccomandabile anche nel caso che non si tratti di terrazze propriamente dette, perchè essa giova alla loro conservazione.

Si calcola che il peso di queste coperture impermeabili varii da 4 a 5 chilogrammi per ogni metro quadrato, ben inteso prescindendo dallo strato di sabbia, argilla e ghiaia e dall'impiantito, che eventualmente potrebbe esservi sovrapposto, dal sovraccarico accidentale dovuto alla neve ed alle persone, peso che naturalmente varia in ragione dello spessore dello strato e della natura del materiale di cui è formato l'impiantito.

**Armatura di sostegno della copertura.** — La pratica più comune, massime se non si tratti di terrazze, consiste nello applicare direttamente la parte veramente impermeabile della copertura sopra una impalcatura di legno, formata da un tavolato sorretto da travicelli.

Le tavole dell'impalcatura debbono avere uno spessore di 25 a 30 millimetri, essere rifilate, intestate ed accuratamente chiodate sui travicelli di sostegno. Non occorre che le tavole siano investite, ma è indispensabile che la faccia superiore del tavolato formi una superficie continua, liscia, e non presenti nè risalti, nè fessure, nè fori o scabrosità di qualunque genere. Il lembo inferiore del medesimo deve sporgere di m. 0,05 sopra il lembo interno del canale di gronda.

Quando la copertura va adagiata sopra uno spianamento di volte o di voltine, occorre anzi tutto che lo spianamento presenti, come nel caso precedente, una superficie unita e liscia e poi che la massa dello spianamento sia perfettamente asciutta. E siccome in certi casi, specialmente trattandosi di costruzioni industriali, potrebbe occorrere di dover procedere alla formazione della copertura impermeabile, o contemporaneamente alla costruzione delle volte sottostanti o poco tempo dopo, bisogna allora allontanare il piano di posa della copertura dal dorso delle volte, il che si ottiene formando un *vespaio* con mezzane vuote (1), sorrette da muriccioli di mattoni grossi quanto una *testa* ed alti due o tre *corsi*. Bisogna in questo caso collocare, in corrispondenza dei canali di gronda, all'ingiro dei muri perimetrali e dei banchi di muratura su cui si elevano i fumaiuoli, un travicello o pancone di legno, colla faccia superiore in coincidenza col piano superiore del vespaio per potervi facilmente assicurare le guardature di zinco.

Ma, prescindendo anche dalle circostanze speciali, che possono obbligare l'architetto a ricorrere alle mezzane di grandi dimensioni, per creare un piano artificiale di posa, può essere un partito bello ed economico, fuor di dubbio semplice e naturale, quello di adagiare la copertura impermeabile sopra tambelloni di colto vuoti, sostenuti in corrispondenza ai lati minori da ferri a T, collegati alle loro estremità con ferri a doppio T. Occorre per ciò che il locale sia coperto a terrazza e nella stagione invernale non occorra mantenerlo artificialmente alla temperatura dei locali abitati. Siffatti

(1) Alla I Esposizione Italiana di Architettura, che si tenne in Torino nel 1890, la Ditta F.lli Ferrari di Cremona presentò bellissimi saggi di laterizi. Tra questi figuravano campioni di mezzane, grandi come tambelloni, forati, di fattura perfetta, che potrebbero, con grandissimo vantaggio, essere impiegati nella formazione degli anzidetti vespai. Anche la Ditta Bosq di Trofarello ha recentemente tentato con successo la fabbricazione di consimili laterizi.

tambelloni potrebbero anche essere eseguiti su pianta quadrata e decorati da cornici e rosoni in rilievo, lasciandone scoperta la faccia inferiore.

È superfluo aggiungere che la copertura impermeabile si può direttamente applicare a terrazzi di vecchia costruzione, siano questi coperti con asfalto o con cemento.

**Applicazione dei fogli.** — Predisposto, colle accennate precauzioni, il piano di posa, si mettono in opera i canali di gronda e si passa successivamente all'applicazione della copertura impermeabile. Il catrame occorrente si fa liquefare in apposite caldaie sul luogo del lavoro, evitandone l'ebullizione affinché non perda la sua forza di coesione.

Sul piano si distende dapprima uno straticello di sabbia fina ed asciutta dello spessore di circa 3 millimetri per impedire qualunque adesione tra la copertura ed il piano sottostante e fare sparire le ultime ineguaglianze ed asperità della superficie.

La carta che si impiega nella composizione delle coperture impermeabili è fabbricata in rotoli dello sviluppo di 100 metri, alti m. 1.55.

Si stende la prima striscia, svolgendo il rotolo dalla gronda verso il colmo per tutta l'estensione della falda e, se il tetto è a due falde opposte, oltrepassando il colmo e procedendo nell'altra falda, verso la gronda. Allo stesso modo si procede nel distendere le striscie contigue, che debbono comporre il 1° strato, avvertendo che i margini delle striscie contigue si ricoprano per una larghezza di centimetri 15, senza interposizione di catrame. Così si forma il 1° strato della copertura, il quale non essendo in nessuna parte incatramato, non ha aderenza alcuna col piano di posa.

Per applicare il 2° strato si spalma con bitume la faccia superiore del 1° strato, col mezzo di spazzole a pelo piuttosto lungo, innestate all'estremità di un lungo manico ed, a mano a mano che procede la spalmatura di catrame, si dispone il 2° strato di fogli collo stesso ordine seguito per il 1° strato, evitando però che i margini dei fogli del 2° strato coin-

cidano con quelli dello strato sottoposto, per ottenere, nella tessitura dei vari strati, una più stretta connessione.

Per raggiungere con regolarità e speditezza l'intento basta ridurre la prima striscia del 2° strato ai  $\frac{3}{4}$  della sua larghezza normale, la prima striscia del 3° strato a  $\frac{1}{2}$  e la prima del 4° ad  $\frac{1}{4}$  della sua larghezza, continuando poi in ogni strato con striscie di larghezza normale, con il solito ricoprimento dei margini longitudinali per una larghezza di cm. 15 (fig. 134).

Per ottenere che ogni strato combaci per tutta la sua estensione collo strato sottostante bisogna cacciarne l'aria interposta, comprimendo colla mano e meglio con uno strofinaccio, i fogli di carta, a misura che si distendono sul foglio sottoposto.

Ultimata l'applicazione del 2° strato, prima di passare all'applicazione del 3° strato, si mettono a posto le guarniture di zinco, dopo di che si applicano, con le avvertenze esposte parlando dell'applicazione del 2° strato, il 3° ed il 4° strato di carta.

Infine si procede ad una generale spalmatura della faccia superiore dell'ultimo strato con bitume, cospargendola tosto con uno strato di sabbia fina ed asciutta, che si ricopre poi alla sua volta con uno strato di argilla e per ultimo con un altro strato di ghiaia minuta.

Per impedire che, sotto l'influenza dei calori estivi, si verifichi una parziale discesa del bitume nel canale di gronda, si raccomanda di ripiegare dalla parte della gronda, il 1° foglio sul margine del 2° ed il 3° foglio sul margine del 4°.

Le guarniture di zinco debbono essere eseguite con fogli del n. 12 e, come si disse, vanno inserite tra il 2° ed il 3° strato.

La spalmatura di catrame applicata sul 2° strato, concorre a trattenere le dette guarniture, le quali sono assicurate al tavolato sottostante mediante chiodi distanti cm. 50.

**Guarniture di zinco.** — Le guarniture di zinco hanno per oggetto di formare un solido margine alla copertura, di collegare questa coi canali di gronda e coi muri e di trattenere gli strati di sabbia, di argilla e di ghiaia.

La forma e la disposizione delle anzidette guarniture varia quindi d'un cotal poco a seconda dei casi, dovendo adattarsi a tutte le modalità di costruzione ed a tutti i casi, che sono nella pratica molto differenti.

Trattandosi d'un particolare di essenziale importanza sarà pregio dell'opera esaminare la forma che convien di assegnare a queste guarniture, almeno in quei casi essenziali, direi quasi tipici, che più frequentemente ricorrono nella pratica.

Le fig. 135 e 136 rappresentano le due disposizioni che sono da seguirsi nel caso in cui la falda è fiancheggiata da un muro che si estolle al disopra della falda stessa. In entrambe le disposizioni la guarnitura è formata da una lastra di zinco piegata a squadra, con un lato orizzontale largo centim. 10, che si insinua tra il 2° ed il 3° strato, ed uno verticale di centim. 15, che nella disposizione della figura 135 è adagiato sulla parete di fondo d'una scanalatura appositamente lasciata nel muro (scanalatura che si chiude poi mediante un travicello quadrato o con un mattone posto di quarto) e che nella disposizione della fig. 136 è senz'altro adagiata contro la faccia del muro, ricorrendo poi ad una seconda lastra di zinco, murata e ripiegata in basso, per impedire l'infiltrarsi dell'acqua, tra la faccia del muro e la guarnitura.

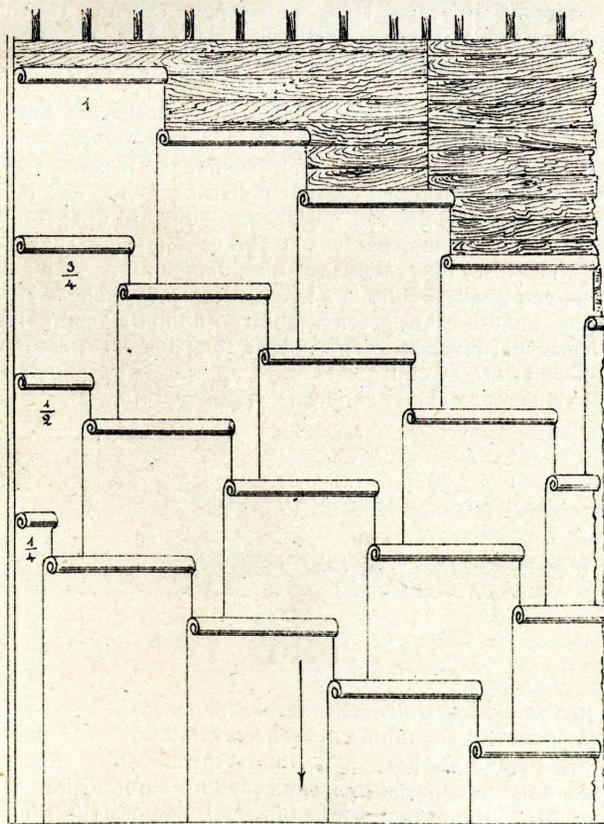


Fig. 134.

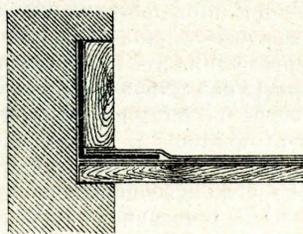


Fig. 135.

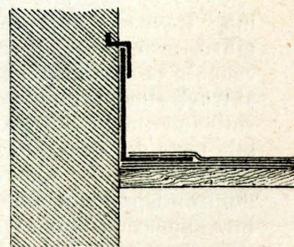


Fig. 136.

Le guarniture di gronda constano di due parti distinte: di una lastra detta *piana* e della sponda, detta comunemente *naso*. La lastra *piana* è generalmente ripiegata all'ingù per agevolare lo sgrondo dell'acqua nel canale di gronda. Il *naso* si può formare piegando la lastra a  $\wedge$  o, come si dice, a *cavalletto* (fig. 137), oppure impiegando una lastra verticale e sostenendola con opportuni contrafforti pure di zinco (fig. 138). In entrambe le disposizioni bisogna lasciare nella sponda delle aperture *a, a...* per le quali possa effettuarsi il passaggio dell'acqua. Le sponde devono essere assicurate alla lastra *piana* per mezzo di saldature.

È buona regola spalmare con catrame le parti della guarnitura che si appoggiano contro le murature per difenderle dal contatto della calce.

Per assicurare le guarniture in margine ai frontoni si ricorre di solito alla disposizione rappresentata nella fig. 139, che consiste nello appoggiare la parete verticale della *squadra* di zinco alla faccia di un travicello di cm.  $12 \times 14$  e nello abbracciare poi il travicello e la faccia verticale della *squadra* con un ricoprimento di zinco, il quale può anche farsi servire come copertura della cornice del frontone.

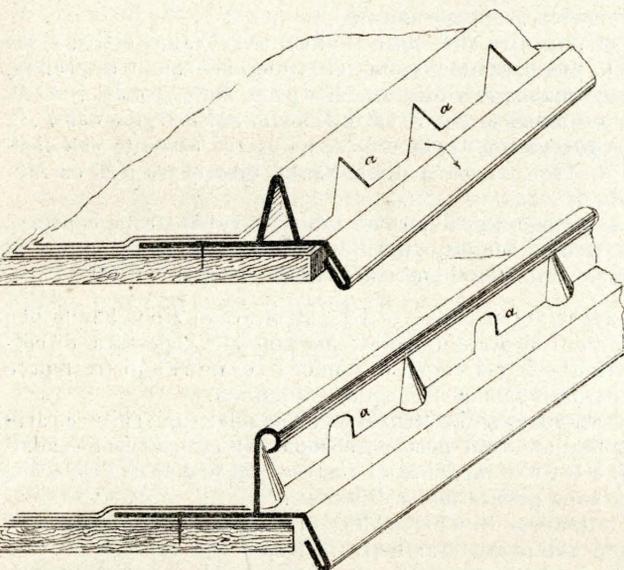


Fig. 137-138.

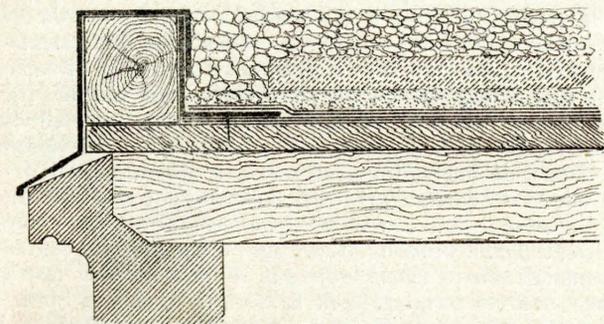


Fig. 139.

Se i frontoni non sono coronati da cornici di muratura, ma i travicelli dell'armatura del tetto sporgono fuori del muro, formando *gronda di coronamento*, la disposizione precedente va modificata, come appare dalla fig. 140, nella quale al travicello marginale è sostituita una tavola, che può essere solidamente assicurata, oltrechè ai margini del tavolato, alle teste dei travicelli sporgenti dai muri.

L'unione delle falde coi muri e le guarniture ai margini dei frontispizi si possono anche fare più economicamente nei modi apparenti dalle fig. 141 e 142, impiegando un travicello di sezione triangolare, ripiegando i fogli di carta sulla faccia inclinata del travicello e ricoprendo poi il tutto con un foglio di zinco piegato come vedesi nelle anzidette figure.

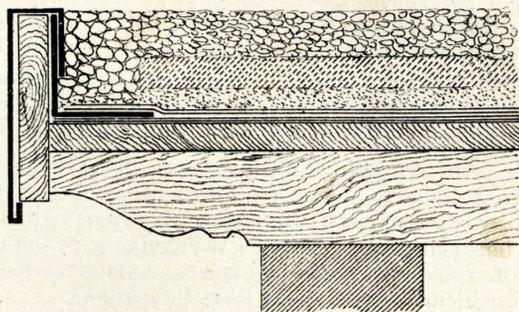


Fig. 140.

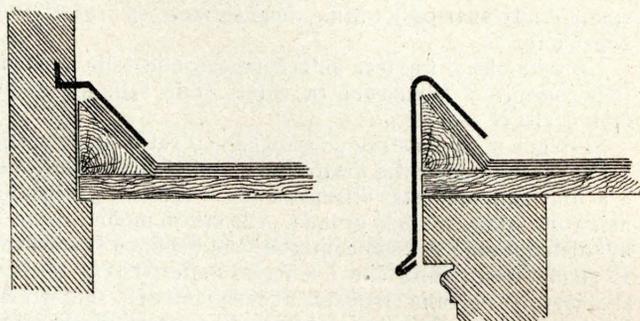


Fig. 141.

Fig. 142.

Questo sistema non è per altro scevro di inconvenienti. Infatti la porzione della copertura impermeabile, che si ripiega sulla faccia inclinata del travicello, è scarsamente protetta dallo strato di argilla; una parte di essa è anzi solo ricoperta dalla ghiaia ed è quindi soggetta a disseccarsi e quindi a screpolarsi. Vi ha di più, che nei salienti formati dai muri e banchi di muratura che si elevano sopra le falde, risultano degli spigoli inclinati, che si riesce difficilmente a coprire coi margini dei fogli. Onde ne consegue che non conviene ricorrere alle disposizioni delle fig. 141 e 142, se non nei casi nei quali importi assolutamente di conseguire la più stretta economia.

Si è detto che le guarniture di zinco si collocano dopo di avere steso il secondo strato di carta e precisamente che la *lastra piana* va compresa tra il secondo ed il terzo strato. Qualora per altro importasse di collocare prima le guarniture, ciò è possibile, con un leggiero aumento di spesa, disponendo per prima cosa, sui margini del tavolato, che debbono ricevere le guarniture, una doppia lista di fogli di carta, come vedesi nella fig. 143. Queste liste debbono essere larghe quanto basti, perchè, mentre uno dei margini affiora il lembo del tavolato, l'altro sporga internamente abbastanza da permettere il collegamento di queste liste cogli strati della copertura che si collocano poi in seguito.

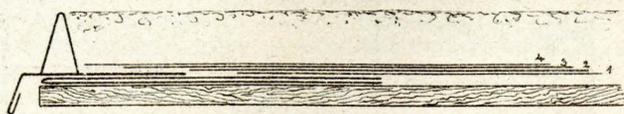


Fig. 143.

*Impiego del feltro in sostituzione della sabbia.* — A vece dello straticello di sabbia fine, che si è detto doversi stendere sopra il piano di posa per isolare questo dalla copertura propriamente detta, si può impiegare un foglio di feltro bituminoso. L'impiego del feltro in sostituzione della sabbia è specialmente raccomandabile allorchè il piano di posa è costituito da uno spianamento di volte o da un tavolato andante, non perfettamente liscio. La maggiore spesa del feltro

si può compensare impiegando tre soli strati di carta invece di quattro.

Lo strato di feltro non deve considerarsi come strato impermeabile, ma semplicemente come uno strato isolante.

Le autorità svizzere, per gli edifici che si eseguono per conto dello Stato, prescrivono uno strato di feltro anche sopra gli strati impermeabili, tra questi e lo strato d'argilla e di ghiaia; ma se questa pratica assicura contro possibili manomissioni degli strati di argilla e di ghiaia, è anche cagione di un notevole aumento di spesa.

Allorchè la copertura impermeabile è messa in opera sopra un tetto propriamente detto, si stende su di essa un primo strato di cm. 3 di sabbia, poi un secondo strato di cm. 4 di argilla e finalmente uno strato di cm. 6 di ghiaia minuta. In gronda questi tre strati sono sostituiti da un unico strato di ghiaia, grossa come un uovo, formante una striscia larga cm. 40. Questa striscia serve a trattenere l'argilla e funziona da filtro. L'esperienza ha provato che in pochi mesi l'argilla e la ghiaia formano un conglomerato tanto compatto e resistente da potervi camminare sopra con tutta facilità e con piena sicurezza. In taluni casi speciali, quale sarebbe quello delle fortificazioni di montagna, della copertura delle casematte e simili, si stende sulla copertura impermeabile uno strato d'argilla dello spessore di cm. 60.

Se la copertura impermeabile è messa in opera sopra una terrazza la quale debba essere praticabile, invece della ghiaia si dispone sopra lo strato di argilla un pavimento resistente al gelo, come un battuto di cemento, un battuto alla veneziana, od un impiantito di lastre di pietra o di quadrelle di marmo, di cemento od anche di cotto. La scelta del pavimento dipende non solo dall'eleganza della costruzione di cui la terrazza è un annesso, ma in gran parte dal modo con cui è costruito il piano resistente inferiore, essendo per sé evidente che i battuti non converrebbero nel caso in cui detto piano fosse costituito da un tavolato.

Qualora la terrazza dovesse essere destinata a giardino pensile, allo strato di ghiaia bisognerebbe sostituire uno strato di calcestruzzo di cm. 7, sul quale si stenderebbe poi uno strato di terra vegetale. Il calcestruzzo in questo caso ha per ufficio di impedire che le radici delle pianticelle attraversino lo strato d'argilla e vadano a scompaginare gli strati della copertura impermeabile.

In ogni caso le sponde delle guarniture debbono essere tanto alte da agguagliare, meglio ancora da sorpassare d'alquanto lo spessore dello strato di terra vegetale.

**Precauzioni.** — L'impermeabilità della copertura, della quale ci occupiamo, rende necessaria la precauzione di ventilare per dissotto le impalcature di sostegno della copertura, senza di che, a breve andare, i legnami, per insufficienza di aerazione, deperiscono e debbono essere sostituiti. Quello che si dice delle impalcature, sebbene in diversa misura, va pur detto delle volte e volticelle. Impalcature e volte di sostegno delle coperture debbono essere poste a contatto dell'aria esterna mediante aperture, che si possono praticare in gronda, verso il colmo od in qualsivoglia punto della falda e che vengono poi coperte da un finimento in forma di piccolo fumaiuolo.

Nei locali eccezionalmente umidi e riscaldati, ovvero adibiti all'esercizio di industrie, che sviluppano vapore acqueo in quantità notevole, l'umidità, di cui è impregnata l'atmosfera si condensa nella parte inferiore della copertura e, se questa è di legno, se ne imbeve, con le conseguenze che sono a tutti note. Se il tetto è a copertura impermeabile, gli inconvenienti sono più gravi: succedono distorsioni nelle impalcature di sostegno e quindi si verificano strappi nello strato impermeabile. Questi inconvenienti sono più sensibili se il tetto fa da copertura ad un locale nel quale, con alterna vicenda, si sviluppino calore e umidità, come accade negli essiccatoi. In questi casi è di assoluta necessità isolare la copertura mediante un soffitto indipendente dal tetto, mettendo, con quei mezzi dei quali sopra si disse, il vano compreso tra il soffitto ed il tetto in comunicazione coll'aria esterna.

**Particolari di costruzione.** — Le fig. 144 e 145 rappresentano le disposizioni che si possono dare alle guarniture ri-

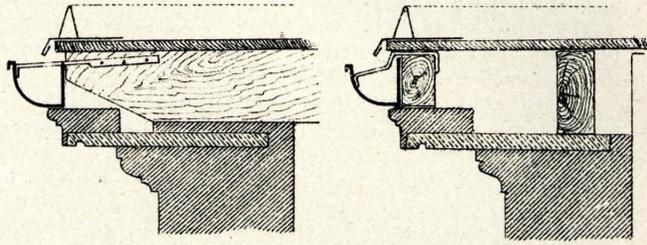


Fig. 144.

Fig. 145.

petto al canale di gronda ed il modo di assicurare questo al tetto nel caso di un cornicione di coronamento eseguito in muratura, con lastra di pietra a sostegno della cimasa del gocciolatoio.

Se la parte superiore del cornicione di coronamento è di legno, la disposizione del canale di gronda e delle guarniture in relazione col canale stesso, riesce anche più semplice. Basta dare un'occhiata alla figura 146.

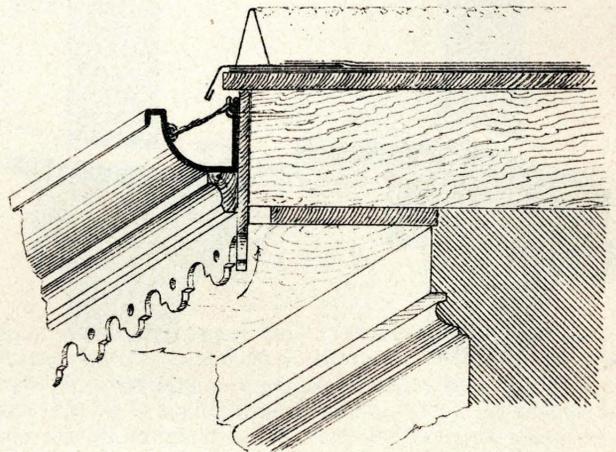


Fig. 146.

Quando si è detto a proposito dei cornicioni di gronda dei tetti, si può ripetere per le cornici poste in fregio ai muri coronati da terrazze; ma in questo caso la presenza dei parapetti necessita particolari disposizioni, le quali differiscono tra di loro d'un cotal poco in dipendenza della struttura del parapetto.

I parapetti in muratura, paragonabili, per l'oggetto del quale ci occupiamo, agli attici, possono elevarsi direttamente sui muri di perimetro. In tal caso l'unione della copertura col muricciolo formante parapetto si ottiene nel modo spiegato per le unioni delle falde coi muri che si elevano sopra il tetto, cioè con una lastra di zinco piegata a squadra, ricoperta da altra lastra murata nel parapetto e ripiegata in basso. Per dare sfogo all'acqua che discende contro la base del parapetto, si aprono, nella parete verticale della lastra di zinco piegata a squadra, dei fori circolari, distanti, secondo l'ampiezza della falda, da due a tre metri; ai quali fori si adattano, mediante buone saldature, delle doccie di zinco o meglio di rame, aventi la forma di tronco di cono, le quali attraversano la muratura del parapetto o dell'attico, quant'è la sua grossezza e portano l'acqua a scolare nel canale di gronda.

La cornice esterna si ricopre con una lamina metallica, come rilevasi dalla fig. 147, dalla quale si rileva ancora a quali precauzioni conviene ricorrere per impedire che, per via dell'acqua, che potrebbe infiltrarsi tra i giunti della banchina di pietra, posta in fregio al parapetto, l'umidità si faccia strada attraverso alla muratura e si propaghi al sottostante muro di perimetro della fabbrica, dando origine a macchie e cagionando col tempo il distacco degli intonachi. La lamina isolante, indicata nella figura, tra la banchina

di coronamento e la sommità del parapetto, ha i margini leggermente ripiegati verso il basso e può essere di zinco, meglio di piombo od anche costituita da un foglio del così detto *piombo feltrato*, di cui si dirà più avanti.

Generalmente i costruttori preferiscono di ultimare la copertura e di costruire poscia la muratura del parapetto e dell'attico. In tal caso la muratura del parapetto si poggia direttamente sull'ultimo degli strati impermeabili, lasciando, ogni mezzo metro, delle feritoie alla base del medesimo per il passaggio dell'acqua. Allora sulla porzione di copertura, che rimane compresa tra la guarnitura di zinco e la faccia esterna del muricciuolo, si stende uno strato di ghiaia pura, come si opera per i lembi delle falde dei tetti che confinano colle gronde e di ugual materiale si riempiono le feritoie (fig. 148).

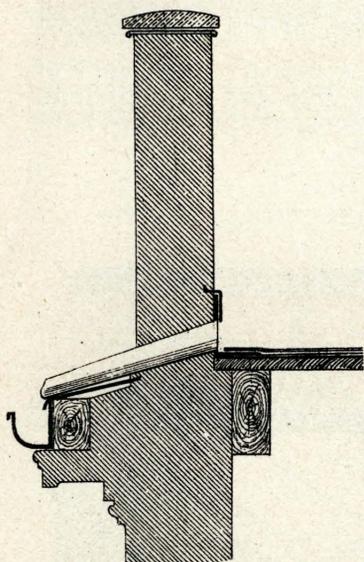


Fig. 147.

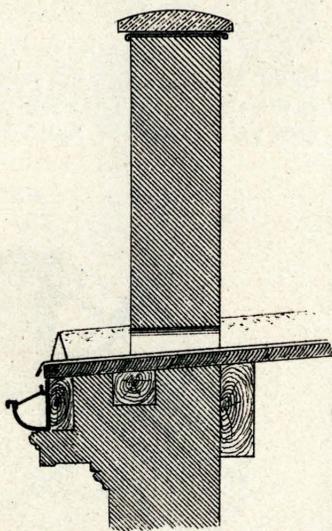


Fig. 148.

Questo sistema presenta il vantaggio di non interrompere la continuità della copertura impermeabile, evitando al tempo stesso la copertura della cornice sottostante al parapetto.

Se il parapetto è costituito da una balaustrata la disposizione da adottarsi è come quella ora descritta. Lo zoccolo della balaustrata, sia esso di pietra, di marmo o di cemento, dev'essere attraversato da feritoie nella sua parte inferiore, e non si ha altro maggior pensiero che quello di dare stabilità alla balaustrata, quando essa ha una notevole lunghezza, cercando di renderla solidale col piano che regge la copertura mediante spranghe di ferro stagnato, piegate a squadra ed in senso opposto alle due estremità, come si vede nella fig. 149, assicurando una estremità di questa squadra alla parete verticale posteriore dei pilastri e l'altra estremità alla faccia superiore di travicelli di legno, lunghi un mezzo metro circa, di sezione cm. 10 × 12, diretti perpendicolarmente all'andamento della balaustrata. Questi travicelli si spalmano preventivamente con *carbolineum* o con catrame; si stende sulla loro faccia inferiore uno strato di *holz-cement* a caldo e per questa faccia si adagiano direttamente sulla copertura impermeabile, previamente spalmata con *holz-cement*, comprimendo fortemente il travicello per farlo aderire alla copertura. L'adesione che si stabilisce tra il travicello e la copertura è tale da non poter più rimuovere il travicello senza sollevare la copertura.

Se il parapetto è di metallo o di legno, la cosa diventa ancora più semplice. I travicelli di legno di cm. 10 × cm. 12, di cui ora si disse, si collocano, sempre con direzione perpendicolare all'andamento della ringhiera, in corrispondenza di ogni piantone, che, mediante una piegatura della estremità inferiore, si collega ai travicelli, rinforzando poi la balaustrata con saette esterne (fig. 150).

In tutti i casi fin qui esaminati bisogna avere la precauzione di foggare il canale di gronda in modo che la sua sponda

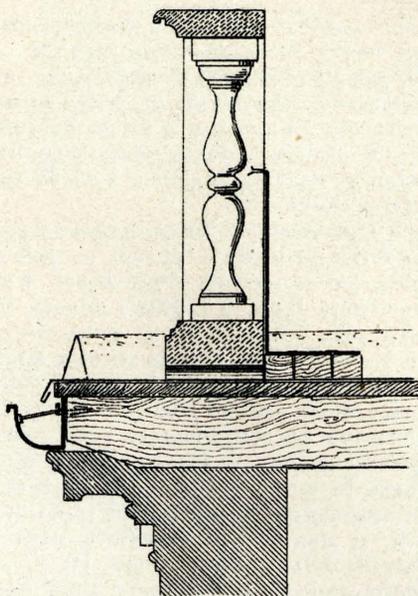


Fig. 149.

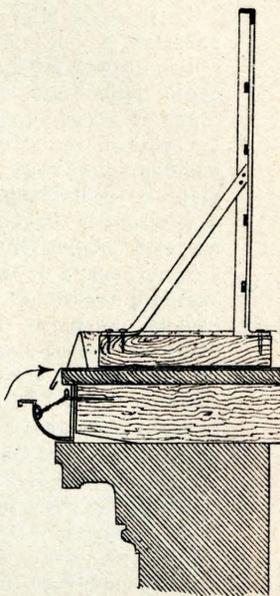


Fig. 150.

interna si elevi notevolmente sul livello della sponda esterna per evitare che nel caso di piogge torrenziali l'acqua corrente nel canale possa riversarsi dalla parte posteriore.

Così pure bisogna procurare che le laminette od i tiranti, che assicurano il canale al cornicione, siano inclinati verso l'esterno (fig. 144), od abbiano una ripiegatura a gomito (fig. 145), affinché adducano l'acqua verso la gronda e non verso l'interno.

Il sistema di assicurare le gronde al cornicione mediante un grosso filo di ferro, legato alla estremità di un chiodo a gancio, come si vede nella fig. 151, è in massima preferito perchè più semplice e perchè basta tagliare il filo di ferro per rimuovere il canale di gronda.

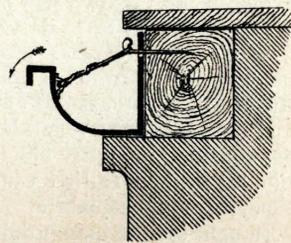


Fig. 151.

**Lucernari, bõtòle per le scale e porte d'accesso ai terrazzi.**  
— Occorrendo di praticare lucernari, si possono costruire di qualunque forma e con tutta facilità in qualsivoglia punto del tetto (fig. 152, 153 e 154). Basta in ogni caso collocare, in giro all'apertura lasciata per il lucernario, la solita guarnitura di lastre di zinco piegate ad angolo, appoggiandone la faccia verticale contro il tavolato che forma la cassa del lucernario stesso ed abbracciando poi la guarnitura stessa con un telaio formato di travicelli di legno incatramato, il quale si appoggia sullo strato di sabbia sovrapposto alla copertura impermeabile. Detto telaio serve alla sua volta di appoggio all'armatura del lucernario. Bisogna avere l'avvertenza di assicurare le estremità inferiori dei montanti dell'armatura all'esterno del telaio d'appoggio, affinché le gocce d'acqua che provengono dalla eventuale condensazione del vapore, colando lungo i montanti, stillino all'esterno, direttamente sulla copertura.

Qualche volta, per causa della speciale struttura della bõtòla del lucernario non si può fare a meno di fissare i montanti del lucernario dalla parte interna del telaio (fig. 155). In tal caso si ha l'avvertenza di incurvare i montanti per guisa che le gocce di umidità che scorrono sui medesimi siano necessariamente portate a scolare sulla copertura.

Se, in cambio di lucernari, trattasi di praticare delle bõtòle

per scale, non si ha che da sostituire, al lucernario propriamente detto, una chiusura a *tabacchiera* (fig. 156), raccomandata per mezzo di cerniere al telaio che circonda l'apertura e che non differisce in nulla da quello descritto per i lucernari. La cassa che circonda la bõtola può elevarsi più

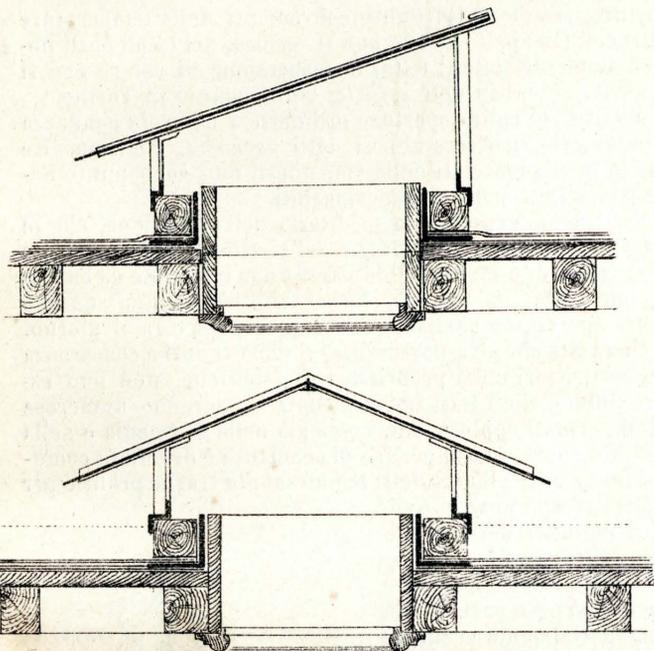


Fig. 152, 153, 154, 155.

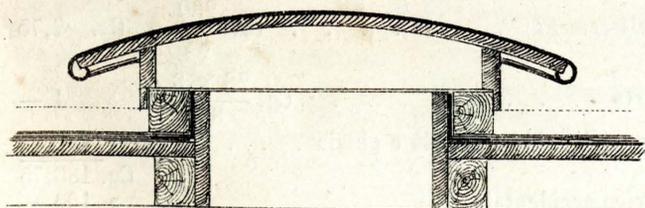


Fig. 156.

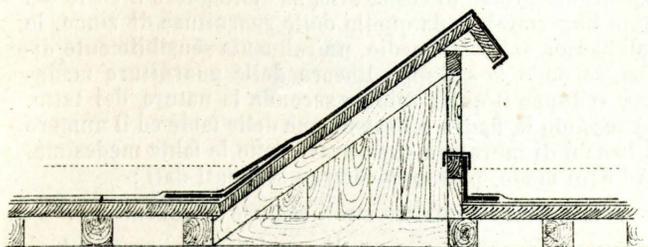


Fig. 157.

o meno sul piano delle falde e può anche trasformarsi in una specie di *garretta*, con portina aprentesi in una delle pareti.

La fig. 157 rappresenta il disegno di una bõtola con *garretta* in forma di abbaino.

Le porte che si aprono sui terrazzi possono avere qualunque forma, ma le loro soglie debbono essere alquanto rialzate sul piano del pavimento della terrazza per impedire l'entrata dell'acqua nei locali interni e l'unione della copertura impermeabile col muro nel quale è praticata l'apertura va fatta nei modi apparenti dalle fig. 158, 159 e 160 per ovviare ad ogni possibile infiltrazione d'acqua sotto la soglia dell'apertura.

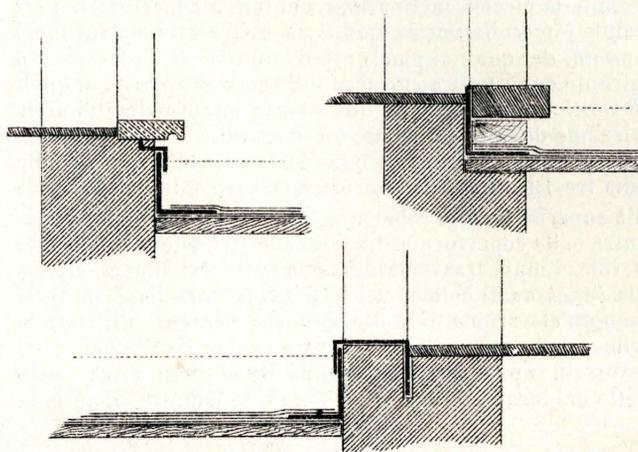


Fig. 158, 159, 160.

Se le condizioni speciali della costruzione non consentono la formazione d'uno scalino di alzata ordinaria, con pedata munita di gocciolatoio, allora la guarnitura di zinco si fa passare dietro la soglia come nella fig. 159, o si riveste la soglia con un canale di zinco avente sezione ad U rovesciato (fig. 160) ed in questo modo si può ridurre la differenza di livello, tra la soglia ed il pavimento del terrazzo, anche a soli due centimetri.

*Vantaggi dei tetti impermeabili.* — Da tutto quanto siamo venuti fin qui esponendo si rileva che le coperture impermeabili presentano, in confronto colle altre, vantaggi considerevolissimi.

La diffidenza colla quale i costruttori provetti hanno da principio accolto questo genere di copertura, in cui la carta rappresenta una parte tanto importante, va di giorno in giorno scemando, a misura che le applicazioni che se ne fanno pongono in luce la serietà del trovato e la durata della copertura. Il fatto che le coperture, eseguitesi fin dal 1839 con questo sistema, non ebbero mai mestieri di riparazione alcuna e che nei casi di demolizioni, richieste da riforme degli edifizii coperti con questo sistema, si è ritrovato il manto impermeabile assolutamente intatto, flessibile e fresco anche dopo parecchi anni, ha in gran parte dissipate quelle diffidenze rendendo possibili un gran numero di applicazioni nella Lombardia e nel Piemonte le quali riconfermarono i risultati ottenuti in Svizzera ed in Germania.

Naturalmente per conseguire i vantaggi che sono inerenti alla copertura impermeabile è necessario che la medesima sia mantenuta costantemente riparata col mezzo degli strati di sabbia, argilla e ghiaia, i quali, oltre al difendere il manto impermeabile, funzionando come strati coibenti, servono anche ai locali sottostanti di efficace riparo contro i rigori del clima e gli sbalzi di temperatura.

Pel fatto che si può camminare sopra lo strato di ghiaia, i tetti impermeabili si prestano ad usi industriali e domestici, funzionando come stenditoi, terrazzi o giardini. Stante la impermeabilità loro, questi tetti non presentano, in caso d'incendio, alimento allo svilupparsi delle fiamme come le

altre coperture, attraverso alle quali passa liberamente l'aria. Le scintille che si sprigionano da edifici contigui in preda alle fiamme e le fiamme stesse, che lambiscono la superficie di questi tetti, non hanno facile presa sui medesimi stante lo strato di ghiaia, di argilla e di sabbia che costituisce un eccellente isolatore, senza contare poi che nel caso in cui si manifesti un incendio in case finitime, questi tetti, appunto perchè praticabili, si prestano egregiamente alle occorrenti manovre di spegnimento.

Le oscillazioni ed i tremiti, che negli stabilimenti industriali provengono dalle trasmissioni e da certe macchine e che, per via dei sostegni, si propagano alla copertura, non hanno effetti dannosi su queste coperture, a cagione della pieghevolezza del manto.

Stante la piccola inclinazione dei tetti a copertura impermeabile è piccolissima la spinta da essi esercitata sui muri d'ambito, dei quali si può quindi ridurre lo spessore. In confronto con i tetti a copertura di tegole ordinarie, ai quali si è soliti a non assegnare una monta minore dei 2/5 della proiezione della falda, si ha un risparmio del 77 per 100, che raggiunge il 10 p. % quando la monta è uguale alla media tra 1/6 ed 1/8 della proiezione orizzontale della falda della superficie della copertura. È ancora da notarsi che, mentre colle coperture ordinarie, che richiedono una monta notevole, i muri trasversali debbono elevarsi sino all'altezza della *banchina* di colmo, nei tetti a copertura impermeabile hanno un'elevazione di molto minore; per cui, utilizzando altrimenti il risparmio di muratura che ne risulta nei muri trasversali, si può, quasi senza aumento di spesa, creare sotto il tetto dei locali abitabili (fig. 161) e se il muro di gronda

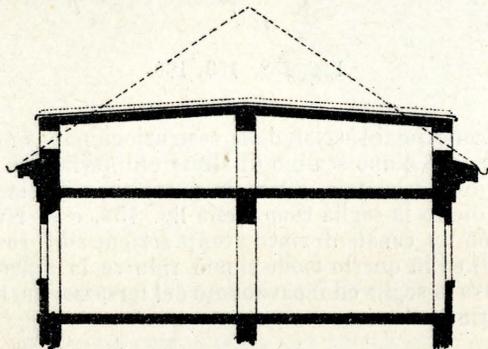


Fig. 161.

ha già raggiunta l'altezza massima consentita dai regolamenti edilizi, sarà sempre possibile utilizzare parte della copertura come un terrazzo ed, addietrandosi rispetto alla linea di gronda d'una quantità sufficiente, utilizzare la rimanente profondità del braccio di fabbrica, costruendo dei locali dai quali si può trarre partito per uso di abitazione (fig. 162).

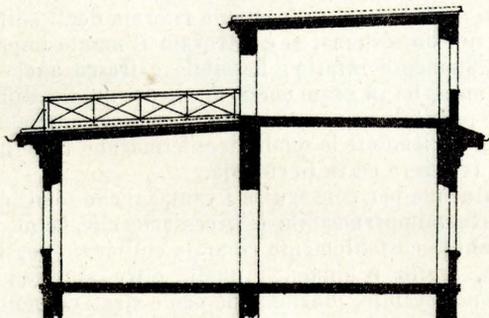


Fig. 162.

La pulitura dei canali di gronda e la spazzatura meccanica dei camini si eseguisce con incomparabile maggiore facilità. Le sezioni dei canali di gronda diventano suscettibili di una riduzione notevole, perchè, a causa della poca inclina-

zione delle falde e dell'ostacolo che frappongono gli strati di ghiaia, di argilla e di sabbia, l'acqua di pioggia, anche nel caso di forti acquazzoni, affluisce ai canali lentamente. Nell'estate poi, l'evaporazione dell'acqua, trattenuta dalla ghiaia e dall'argilla, produce un abbassamento di temperatura che torna vantaggioso ai locali sottoposti, che, colle attuali coperture, risentono tutti gli inconvenienti delle temperature estreme. Così nell'inverno non si verifica, nei locali posti immediatamente sotto il tetto, la dispersione di calore che si constata nelle ben note *soffitte*, tanto comuni in Torino.

Mentre poi colle coperture ordinarie a notevole pendenza è necessario ricorrere ai così detti *paraneve*, per impedire che la neve sdruciolli nella via, questi non sono punto necessari nelle coperture impermeabili.

Per quanto concerne la speditezza dell'esecuzione, che in certi casi può essere un pregio del sistema, basti notare che se si tratta di un tetto a falde estese e non interrotte da banchi di muratura, da abbaini, lucernari o bòtole, una squadra di tre operai può compiere 300 mq. di copertura al giorno.

Una volta che gli esposti vantaggi siano venuti a conoscenza dei costruttori e dei proprietari di fabbriche, non può essere dubbio che i tetti impermeabili riceveranno numerose ed importanti applicazioni, come già nella Germania e nella Svizzera, dove questo genere di copertura è diventato comunissimo e dove gli architetti hanno saputo trarne profitto per sostituire agli antichi e costosi finimenti delle fabbriche, le *gronde* alla toscana, di tanto gentile eleganza e finora così poco praticate da noi, specialmente a cagione della soverchia pendenza delle falde dei nostri tetti. Crediamo pertanto utile segnalare ai costruttori la marca di fabbrica (fig. 163), colla quale il signor C. S.



Fig. 163.

Haeusler contrassegna ogni fusto di *holz-cement*, affinché possano guarentirsi dai contrafattori, che non mancano mai tutta volta che un prodotto qualunque incontra il favore del pubblico.

*Dati pratici e costo.* — Il bitume designato coll'appellativo di *holz-cement* si trova in commercio in fusti del peso lordo di Cg. 250, equivalenti al peso netto di circa 230 Cg.

La carta di Germania che si impiega per la formazione del manto impermeabile è posta in commercio in rotoli di 100 m. alti m. 1,55, del peso di Cg. 28 circa.

Con un fusto di *holz-cement* e tre rotoli di carta si coprono 28 mq. di tetto a quattro strati sovrapposti.

Per conseguenza il peso di un metro quadrato di copertura risulta dai seguenti elementi:

<i>Holz-cement</i> . . . . .	Cg. $\frac{230}{84}$ =	Cg. 2,75
Carta . . . . .	Cg. $\frac{28 \times 3}{84}$ =	» 1 —
Strato di sabbia, argilla e ghiaia . . . . .		» 180 —
		Cg. 183,75
Carico accidentale . . . . .		» 166 —
		Cg. 349,75
Totale . . . . .		Cg. 349,75

Quanto al prezzo di costo, bisogna distinguere il costo del manto impermeabile da quello delle guarniture di zinco, le quali hanno, sul costo medio, un'influenza sensibilmente diversa, secondo lo sviluppo lineare delle guarniture medesime, sviluppo il quale cambia secondo la natura del tetto, cioè secondo la figura e l'estensione delle falde ed il numero dei banchi di muratura che attraversano le falde medesime.

Ad ogni modo, potranno valere i seguenti dati:

1. Copertura a quattro strati escluse le guarniture:

Per tetti di superficie minore di	mq <sup>2</sup> 100	per mq <sup>2</sup> L. 4 —
»	» tra mq <sup>2</sup> 100 e » 400	» » » 3,80
»	» superiore a » 400	» » » 3,40



dei Consigli Provinciale e Comunale di Cremona. Essi riuscirono a risolvere ogni difficoltà.

L'Ufficio del Genio Civile di Cremona, all'uopo incaricato, presentava nel febbraio 1886 il progetto del ponte a doppio uso, la cui ubicazione veniva da quella del primo progetto ad avvicinarsi di 500 metri verso il ponte di chiatte, situato circa 400 metri più a valle dell'asse definitivo prescelto per il ponte promiscuo.

Oltre ad un minore sviluppo dei tratti di raccordo coi due argini stradali esistenti, risultava dall'abbinamento delle due opere un vantaggio pecuniario rilevantissimo, quale appariva dalle seguenti cifre:

Ponte per servizio esclusivo della viabilità ordinaria . . . . .	L. 4,500,000
Ponte per la ferrovia . . . . .	» 3,700,000
<b>Totale per i due ponti . . . . .</b>	<b>L. 8,200,000</b>
Ponte a doppio uso . . . . .	» 6,300,000
<b>Economia coi ponti riuniti . . . . .</b>	<b>L. 1,900,000</b>

Risolta fra le due Provincie la vertenza della loro quota rispettiva di concorso, e affidata l'esecuzione del ponte promiscuo al Governo, questi indisse colla maggiore possibile sollecitudine gli appalti, ai quali si diè termine colla definitiva aggiudicazione il 29 ottobre 1886.

L'appalto di tutti i lavori era stato dato per l'ammontare complessivo di L. 5,972,000 ripartite nel seguente modo:

Per la strada provinciale:

Movimenti di terra . . . . .	L. 562,720
Murature . . . . .	» 621,325
Lavori in metallo . . . . .	» 2,857,260
Vari . . . . .	» 65,695
<b>Totale L. 4,107,000</b>	

Per la strada ferrata:

Murature . . . . .	L. 245,652
Lavori in metallo . . . . .	» 1,419,259
Varie . . . . .	» 202,689
<b>Totale L. 1,867,000</b>	

Avevano concorso tre Ditte italiane e due estere, e rimaneva deliberataria, col notevolissimo ribasso del 32,62 per cento, la Società Nazionale delle officine di Savigliano, la quale allora stava ultimando l'altro grandioso ponte sul Po, a Casalmaggiore (1), per la ferrovia Parma-Brescia-Iseo.

La consegna dei lavori all'Impresa ebbe luogo subito dopo, cioè il 17 novembre, nè andò perduta la propizia stagione dell'imminente invernata per i lavori di approvvigionamento e di cantiere.

L'Impresa stabilì i suoi cantieri presso Cremona, sulla sponda sinistra del fiume, erigendovi officine ben fornite di macchine per le fondazioni ad aria compressa e per la lavorazione sul luogo del ferro per le travate.

Nel maggio 1887 l'Impresa iniziò i lavori del ponte di servizio, impiegandovi ben 5500 mc. di legname. Il ponte definitivo doveva essere aperto all'esercizio dopo 48 mesi naturali continui dalla data della consegna dei lavori, ossia il 28 novembre 1890, ma non poté essere inaugurato che il 20 settembre 1892.

Avvennero ritardi nell'approvazione dei tipi esecutivi, cagionati da varianti riconosciute necessarie od utili, nonché da modificazioni avvenute nel regime del fiume durante il periodo di preparazione dei lavori, siccome tra poco diremo.

Il progetto del ponte è opera dell'ing. R. Beduzzi dell'Ufficio del Genio Civile di Cremona, incaricato della direzione dei lavori per conto dello Stato. Lo coadiuvarono gli ingegneri Debenedetti e Soldati. Però lo studio di dettaglio e di esecuzione della travata carrettiera, delle varianti introdotte al progetto primitivo dopo l'aggiudicazione, ed essenzialmente quello della travata ferroviaria, furono eseguiti dalla stessa Società assuntrice.

*Dati principali del ponte.* — La sua lunghezza, non comprese le testate, è di m. 957,425; la distanza fra vivo e vivo delle testate stesse, m. 985,265. Essa è suddivisa da 11 pile intermedie in 12 luci, la prima delle quali, verso Piacenza, di m. 65, le 10 successive di m. 81, e l'ultima, verso Cremona, di m. 79,32. Si ha una luce libera totale di quasi m. 920. Dapprima era stabilito che le dieci campate intermedie formassero travata continua; solo le due estreme dovevano tenersi separate per ragioni di difesa militare.

Trovandosi la piattaforma delle due strade, provinciale e ferroviaria, allo stesso livello, vennero adottate due travate metalliche distinte, collocate l'una di fianco all'altra sugli stessi piedritti alla distanza di 25 centimetri (V. tav. IX, fig. 4).

In quella per la strada provinciale che è a valle dell'altra, la larghezza libera interna è di m. 7,20, l'altezza libera fra il colmo della massicciata e la faccia inferiore delle travi trasversali superiori di m. 5,34. La massicciata di terra e ghiaia è sostenuta da ferri Zorés; l'armamento per la linea tramviaria Piacenza-Cremona è a rotaie ea controrotaie, così che quando le travate sono libere dai treni, è disponibile per i veicoli ordinari tutta la larghezza della strada (V. tav. X, fig. 3 e 4).

Due cunette in cemento compresso sono poste ai due lati della carreggiata per la raccolta e smaltimento dell'acqua piovana mediante apposite bocche di scarico in ghisa.

Esternamente alla travata, lungo la trave principale a valle, corre un ballatoio della larghezza libera di m. 1.20, il quale offre ai pedoni un passaggio al riparo dei veicoli (V. tav. X, fig. 1 e 2).

Le travate del ponte ferroviario sono, per forma e disposizione, simili a quelle del ponte per la provinciale; ne variano solo le dimensioni particolari della membratura in relazione ai diversi sforzi cui sono soggette. La loro larghezza libera interna è la regolamentare di m. 4,50. L'altezza è la stessa della travata contigua. L'armamento riposa su lungheroni di larice d'America (V. tav. X, fig. 7).

Le pile e le spalle furono fondate coll'aria compressa. La profondità delle fondazioni sotto la massima magra del fiume è di metri 24 a 27. L'altezza delle pile, dalla risega di fondazione alla sommità, è di m. 8.

I piedritti del ponte sono in muratura di mattoni e calce idraulica. I rivestimenti dei rostri delle pile e delle testate sono in calcare di Rezzato; come pure la cornice, tranne le parti di questa che sopportano la travata, le quali sono di granito delle cave d'Alzo. Sulle testate sonvi parapetti a pilastri bene lavorati ed un lungo diaframma parte di ferro e parte di muratura divide per 300 metri circa fuori delle testate la strada provinciale dalla ferrovia per Borgo San Donnino, la quale prosegue in linea retta (V. tav. IX, fig. 5).

I materiali impiegati ed il quantitativo dei lavori risultano approssimativamente come segue:

Mattoni . . . . .	milioni	10
Pietra di Rezzato . . . . .	mc.	1,430
Granito d'Alzo . . . . .	»	200
Calce di Palazzolo . . . . .	quint.	32,000
Scavi ad aria compressa . . . . .	mc.	27,000
Muratura mattoni . . . . .	»	33,000
Calcestruzzo . . . . .	»	3,500
Ferro per cassoni e travate . . . . .	chgr.	10,540

Il ferro fu somministrato dalla ferriera Tardy e Benech di Savona. La sua lavorazione, nelle officine a Cremona, incominciò nel novembre 1888; la montatura delle travate nell'aprile 1889.

S'impiegarono giornalmente in media nelle fondazioni ed opere murarie 300 operai; nell'officina 130; sul ponte di servizio per la montatura 300. Si ebbero a deplorare tre casi di morte, dovuti per altro a casi accidentali non imputabili a deficienza di mezzi od a mancanza di sorveglianza.

I rilevati d'accesso al ponte hanno la lunghezza di m. 4200 quello di destra, e di m. 470 quello di sinistra, ed importano 100 mila mc. di movimento di terra.

Il costo dell'opera, compresi i rilevati d'accesso della strada provinciale, è salito a circa 6 milioni di lire.

*Condizioni generali del manufatto rispetto alla località.*

— Le condizioni altimetriche del ponte si presentavano buone; il piano inferiore delle travi maestre poté essere stabilito a

(1) Vedasi l'Ingegneria Civile, anno 1888, pag. 129, tav. IX-X.

m. 2,50 al dissopra della massima piena del 24 ottobre 1857 che ha la quota di m. 39,662 sul livello del mare, mentre quella della minima magra (5 aprile 1874) è a m. 31,412. Ma lo stesso non può dirsi delle condizioni planimetriche. Fin dall'atto di consegna, ebbero a rilevarsi notevoli differenze tra i dati di fatto e quelli di progetto per le continue mutazioni del regime idraulico del fiume in quella località.

La testata sinistra del ponte, dovendo stabilirsi sopra un isolotto, obbligava a chiudere un ramo di fiume, che, sebbene di minore importanza, pure mantenevasi attivo anche nelle magre, di qui la necessità di proteggere contro le piene il rilevato stradale nel tratto compreso tra la testata del ponte e l'arginatura maestra del fiume.

Successivamente la corrosione della sponda destra, lungo la quale dapprima scorreva il filone, rendeva necessario lo spostamento di tutto il ponte da sinistra a destra e la difesa della sponda con buzzoni di ciottoli e pietrame per la lunghezza di circa un chilometro, che importò la spesa di L. 240,000.

Successivamente, le condizioni del rilevato stradale di sinistra, di già aggravate dallo spostamento di tutto il ponte, vennero grandemente a peggiorare, avendo il filone incominciato a portarsi verso la testata sinistra, fino a minacciare di incanalarsi nel ramo secondario su ricordato; per cui fu d'uopo proteggere per circa 1800 metri la sponda, con buzzoni di ciottoli e scegliere di pietrame, e colla spesa di ben 650 mila lire, allo scopo di arrestare le corrosioni.

Anche la difesa stabile dei rilevati d'accesso contro le acque di rigurgito diede luogo a lavori di munimento, che raggiunsero complessivamente, fra i due accessi, la cifra di L. 250 mila.

**Fondazioni.** — Le fondazioni col mezzo dell'aria compressa riuscirono piuttosto difficili, specialmente per le due pile più vicine alle spalle, che si dovettero costruire sotto una colonna d'acqua velocissima, alta da 16 a 18 metri.

Ai cassoni di ferro per le pile fu assegnata per sezione orizzontale un rettangolo di m. 14,30 di lunghezza e m. 4,50 di larghezza, terminato ai lati minori da semicerchio di metri 2,25 di raggio.

Al cassone di ferro per la spalla destra fu assegnata per sezione orizzontale un rettangolo di m. 17,85 per m. 3,80. — Quello della spalla sinistra venne prudentemente ampliato per potervi all'occorrenza elevare una pila, a vece della spalla; gli fu quindi assegnata la sezione di un rettangolo di m. 18,80 per m. 4,50.

Per i muri di retrospalla erano state dapprima progettate fondazioni ordinarie; ma nel corso dei lavori si riconobbe la convenienza di fondarli essi pure ad aria compressa essendosi previsto di dover arrivare coll'affondamento a m. 10 sotto le massime magre; epperò si fecero cassoni di ferro, colla sezione orizzontale di un rettangolo di m. 12,40 per 3.

Il capitolato, per tutte queste fondazioni, limitavasi a stabilire l'impiego di muratura laterizia con malta idraulica sopra la camera di lavoro, e di calcestruzzo pure con malta idraulica per il compimento delle camere e dei camini; mentre per quanto si riferisce alle camere stesse e relativi anelli del cassone, lasciava intera libertà, fissata solo la sezione della fondazione, di appigliarsi a quelle disposizioni, e dimensioni, che l'Impresa avesse creduto convenienti alla buona riuscita dei lavori e di suo interesse, nulla garantendo l'Amministrazione circa la natura dei terreni da attraversarsi.

L'Impresa adottò per le camere di lavoro in tutti i cassoni un'altezza di m. 2 dal labbro del coltello al soffitto; mensole a traliccio per il cielo con traversi a parete piena distanti mediamente m. 1,10; due pareti, una verticale esterna ed una obliqua interna aderente ai puntoni delle mensole, col vano fra esse compreso, riempito di calcestruzzo prima dell'affondamento.

Fra i traversi, voltine laterizie costruite su letto di calcestruzzo, a sua volta sostenuto dalle lamie del soffitto.

Per le alzate si adottarono lamie di m. 2,5 di spessore, rinforzate ad ogni metro di altezza da nervature orizzontali di mm. 50 × 50 × 6; ma per i primi due metri sopra le camere di lavoro la spessore degli anelli fu di mm. 4.

I due camini metallici di comunicazione tra la camera di equilibrio e quella di lavoro si ricuperavano a fondazione ultimata, fatta eccezione per i due tronchi inferiori, il primo di m. 1 ed il secondo di tre metri.

Il peso del ferro impiegato per ogni metro cubo di fondazione è stato di Chg. 26.

I lavori di fondazione vennero intrapresi dalla testata destra il 24 aprile 1888 e furono ultimati colla undicesima pila il 10 aprile 1891. Ma ove tengasi conto delle interruzioni varie, il lavoro delle fondazioni risulterebbe eseguito in 630 giorni di effettivo lavoro.

Come mezzo di illuminazione nelle camere di equilibrio e di lavoro fu pressochè costantemente adoperata la luce elettrica con lampade ad incandescenza.

In tutte le fondazioni si tentò di raggiungere la profondità di m. 24 sotto il livello della massima magra del fiume, ma non sempre si poté arrivarvi, talvolta invece si dovette andar più basso.

Nella spalla destra l'affondamento fu dovuto sospendere a m. 21,50 perchè ad ogni discesa anche minima, il masso spostavasi parallelamente a sè stesso verso Piacenza.

Alla quinta pila si sospese alla profondità di m. 22,50 per un distacco verificatosi nella muratura appena al disopra della camera d'escavo.

Alla pila ottava ed alla testata sinistra si dovette per la stessa causa sospendere ogni ulteriore discesa quando colla prima erasi raggiunta la profondità di metri 21,25 e colla seconda di m. 19,70.

La pila undecima, cioè la prima verso Cremona, dovette essere fondata sino a m. 26,50 sotto il livello delle massime magre, essendosi riscontrato che i fondali del fiume in corrispondenza a quella pila raggiungevano in magra metri 17 sotto il detto livello.

Dagli scavi praticati la natura del terreno è risultata presso a poco la stessa per tutte le pile, ove si eccettuino la prima e seconda di destra le cui fondazioni non raggiunsero lo strato naturale vergine di corrosioni.

Per tutte le altre si incontrò:

<i>Sabbia e ghiaia</i>	per la spessorezza media di m. 13	—
<i>Torba compatta</i>	» » »	1 —
<i>Argilla</i>	» » »	5,50
<i>Sabbia e ghiaia</i> fin sotto il piano di fondazione.		

La presenza di strati compatti di torba e di argilla scura e di argilla cenerina friabile fu causa di difficoltà non già per il lavoro di scavo e di estrazione, ma per rilevanti frane del terreno contiguo ad ogni fondazione, per cui avvenivano dissesti ai ponti di servizio, e difficoltà nel mantenere alle fondazioni la voluta posizione e la verticalità.

**Piedritti.** — Le pile sopra fondazioni hanno la larghezza in base di m. 3,55, e di m. 3,30 al piano della cornice. L'altezza complessiva risultò di m. 7,65 compresi m. 1,10 per la cornice.

La struttura interna è di mattoni delle migliori fornaci locali; il rivestimento dei rostri è fatto con bugne di pietra calcare delle cave di Rezzato; e così pure la cornice, ad eccezione delle parti che sopportano la travata, le quali sono di granito delle cave d'Alzo. Alcuni pezzi di questo materiale, come i cuscinetti d'angolo delle spalle, cubano m. 2,50 e quindi pesano circa 5 tonnellate.

Sulle pile, per appoggiarvi le travate metalliche, si disposero quattro apparecchi a cerniera, di acciaio, fissi a cuscinetti di granito per quegli appoggi nei quali dovevasi fissare la trave e per le spalle; scorrevoli su quattro rulli d'acciaio per gli appoggi che devono permettere la libera dilatazione e contrazione (V. tav. X, fig. 5).

**Travate metalliche.** — Tanto per il ponte della ferrovia, quanto per quello della strada ordinaria, venne adottato lo stesso tipo cioè: travi maestre con doppia parete a traliccio senza montanti; collegate inferiormente dai traversoni a parete piena che sorreggono la piattaforma stradale e da controventi; superiormente, da traverse a traliccio e da controventi. In corrispondenza delle pile, il traliccio di ogni trave maestra è sostituito da una doppia parete piena (V. tav. IX).

Oltre alle due campate di estremità che per ragioni di difesa militare dovevano farsi, come già si disse, staccate, si credette prudente di interrompere in due punti la troppo lunga travata continua abbracciante le dieci luci di 81 metri caduna, e ciò per ovviare agli inconvenienti e danni provenienti sia da leggieri differenze di livello degli appoggi, sia da differenze di temperatura segnatamente in estate quando le briglie superiori trovansi colpite dal sole mentre le inferiori sono in ombra e verso acqua.

Come appare dalla sezione trasversale (V. tav. IX, fig. 4) la distanza minima definitiva fra le due travate è solo di 23 cent. Ma per mettere insieme ciascuna travata e per ribadire i chiodi essendo le due travate a pareti doppie occorre almeno lo spazio intermedio di un metro.

Epperò la travata per la ferrovia del peso di 4200 Chg. circa per metro corrente fu dovuta montare e ribadire, a m. 1,50 dalla sua posizione definitiva, sul ponte di servizio convenientemente allargato.

Il varamento trasversale per portarla al suo posto definitivo s'è dovuto eseguire montandola su rulli d'acciaio e ottenendone lo spostamento coll'aiuto di tenditori a vite e di leve.

Questa operazione delicata e nuova per travate di tanta mole venne accollata all'impresa per la somma à forfait di L. 245,000. E per tutte cinque le travate, di cui la centrale a quattro luci del peso di oltre 1200 tonnellate, essa ebbe esito felicissimo e venne pure compiuta in breve tempo.

*Limiti di carico e di resistenza adottati nei calcoli.* — Si suppose che il carico accidentale massimo per la strada rotabile corrispondesse ad un carico uniformemente distribuito di chg. 4600 per metro lineare di ponte; e per la strada ferrata a chg. 4560.

Per fare i calcoli delle membrature si adottarono i seguenti limiti di resistenza riferiti al millimetro quadrato di sezione resistente d'ogni membratura:

- Chg. 6 nelle briglie delle travi maestre e altre parti soggette alla flessione;
- » 5 nelle sbarre del traliccio, tutte costituite da profili a nervature, tanto alla trazione che alla compressione;
  - » 4 nei chiodi ribaditi, per la resistenza agli sforzi di taglio, e nelle parti sottoposte a schiacciamento sugli appoggi;
  - » 3 nei pezzi di ghisa degli apparecchi di appoggio, resistenti a flessione.

*Prove statiche e dinamiche.* — I lavori furono ultimati nello scorso luglio. Le prove di stabilità prescritte dal capitolato incominciarono il 24 agosto e durarono fino al 4 settembre per il ponte della strada provinciale con servizio di tramvia; ebbero luogo nei giorni 6 e 7 settembre per il ponte della ferrovia.

Tali prove sono state fatte alla presenza della Commissione governativa di collaudo composta dei signori: prof. Antonio Ferrucci, ispettore del Genio Civile, presidente; ing. Gabriele Bussi, ispettore del Genio Civile ed ing. Stefano De Casa, R. ispettore-capo delle strade ferrate del Circolo di Milano.

Le prove di stabilità vennero eseguite dall'ingegnere-capo del Genio Civile per la provincia di Cremona Francesco Cesaroni, incaricato della direzione dei lavori; dall'ing. Rinaldo Beduzzi, autore del progetto del ponte e che ne sorvegliò dappresso la costruzione. Per la travata della ferrovia prese pure parte al collaudo una rappresentanza della Società delle Ferrovie Meridionali composta degli ingegneri Eugenio Randich e Riccardo Gioppo.

Le prove statiche delle travate per la strada provinciale si eseguirono caricando la parte destinata al carreggio ordinario, della larghezza di m. 4,25 con uno strato di ghiaia di altezza equivalente ad un peso morto di chg. 400 per metro quadrato; la parte destinata alla tramvia con un treno tramviario composto di una locomotiva in servizio e di 15 vagoni carichi di ghiaia, e corrispondente ad un carico di 1700 chg. per metro lineare di binario; ed il ballatoio esterno desti-

nato al passaggio dei pedoni fu sottoposto ad un carico di 400 chg. per metro quadrato mediante carrelli sostenuti da binario provvisorio opportunamente caricati e disposti sopra ognuna delle mensole di sostegno del ballatoio.

Le prove si eseguirono per travate isolate, poi caricando due a due quelle contigue.

La constatazione delle frecce elastiche sulla mezzeria delle due travi di caduna campata, venne fatta coll'impiego di tubi piezometrici per le prime tre luci di sinistra cadenti in acqua, e con biffini a *coulisses* per le rimanenti, fissandoli per la trave a valle su pali infitti nell'alveo del fiume e per quella a monte, servendosi della attigua travata ferroviaria.

Ogni travata venne lasciata sovracaricata per una durata minima di 4 ore, e per alcune travate, la durata fu di 16 ore.

Le frecce elastiche riscontrate variarono da un minimo di 9 mm. ad un massimo di 24,5, mentre quelle teoriche state previste col calcolo, assumendo per coefficiente di elasticità longitudinale del ferro 18 miliardi per metro quadrato, e per momenti d'inerzia le medie geometriche dei valori corrispondenti alle diverse sezioni, erano da un minimo di mm. 16,8 ad un massimo di mm. 32,8.

Anche sugli appoggi vennero applicati i biffini a *coulisses*, ma non diedero alcun cenno di abbassamento.

Scaricate tutte le luci del sovracarico di prova, le travate ripresero esattamente la loro primitiva posizione senza alcun indizio di freccia permanente.

Il giorno 3 settembre si eseguirono le prove dinamiche della travata per la strada provinciale.

Esse consistettero nel far transitare contemporaneamente su ogni travata:

a) Nella parte destinata al carreggio ordinario un numero di carri ad uno e a due assi, del peso di chg. 5000 per asse, sufficiente per occupare coll'attiraglio, tutta un'intera luce di 81 metri;

b) Per la parte destinata al tram, si fece passare il treno di cui sopra, alla velocità di 32 chilometri all'ora;

c) Sul passaggio pedonale esterno, i carrelli di servizio, sovracaricati pure come è indicato precedentemente.

Le frecce riscontrate in detta prova dinamica variarono da un minimo di 2 mm. ad un massimo di 14 mm. Le oscillazioni orizzontali semplici, prese ben inteso nel mezzo delle travi maestre non furono che di mm. 1,75. Ebbesi quindi un risultato soddisfacentissimo.

Vennero contemporaneamente applicati i biffini ad un traversone inferiore di caduna travata per constatarne la flessione.

La freccia massima ottenuta, fu di mm. 1 1/2 in confronto di mm. 3 data dal calcolo.

Le prove statiche della travata ferroviaria vennero eseguite nei giorni 6 e 7 corrente coll'intervento della prefata Commissione, e di Rappresentanti la Società delle Ferrovie Meridionali.

Il sovracarico per la prova statica, venne formato da un treno composto di tre locomotive del gruppo 450 bis della Rete Adriatica pesanti col tender tonnellate 79 e da quattro carri del peso di 18 tonnellate ognuno, il cui effetto corrisponde ad un carico di 4560 chg. per m. lineare di binario.

Ogni campata venne sottoposta a tale sovracarico per circa mezz'ora per ogni esperimento.

Vennero constatate le frecce elastiche sulla mezzeria di caduna trave, mediante l'applicazione di biffini a *coulisses* e di tubi piezometrici, colle stesse modalità seguite per la travata carrettiera.

Le varie campate vennero sottoposte a prova dapprima isolatamente, poi a due a due accoppiate e poi a due a due alternate.

Le frecce elastiche riscontrate variano da mm. 22 a mm. 40, mentre quelle teoriche calcolate anteriormente risultano rispettivamente da mm. 24,5 a mm. 55,2.

Anche in queste prove gli appoggi segnarono cedimenti minimi di nessuna importanza.

La prova dinamica consistette nel far successivamente transitare il treno di cui sopra, sulla travata, successivamente colla velocità di 6, 19, 20 e 40 chilometri all'ora.

Le frecce elastiche verticali constatate in detta prova va-

riarono da un massimo di mm. 38 1/2 ad un minimo di mm. 31.

Anche per la travata ferroviaria vennero constatate, coi biffini, le flessioni dei traversoni, le quali concordarono colle frecce teoriche, essendo risultate di un millimetro.

Infine vennero fatte osservazioni durante la prova dinamica delle vibrazioni della travata, mediante strumenti a cannocchiale, biffini a *coulisses* orizzontali e coll'impiego di 6 apparecchi a rotazione isocrona del prof. Chicchi della Scuola degli Ingegneri di Padova, attaccati alle briglie inferiori delle travate, muniti caduno di matita scorrevole sopra un rullo girevole, questo rivestito di carta.

I risultati ottenutisi colle varie osservazioni e coi diagrammi segnalati dai predetti apparecchi, furono assai uniformi, indicando tutti una vibrazione semplice massima di millimetri 3 e minima di millimetri 0,75 in confronto di millimetri 8 ammessi dal Capitolato.

Mediante alcuni micrometri moltiplicatori del Castigliano vennero pure rilevati gli sforzi effettivi dovuti al sovracarico in alcune sbarre del traliccio, nonché in un traversone ed in un longarone; e se ne ottennero risultati costantemente inferiori a quelli dati dai calcoli di stabilità.

*Inaugurazione dell'opera.* — Esaurite con esito così soddisfacente tutte le prove prescritte dal contratto, ebbe luogo il 9 settembre la visita di ricognizione, alla quale si volle pur dare un carattere di solennità locale, invitando oltre alle persone tecniche anche le autorità politiche ed amministrative di Cremona e di Piacenza.

Per ultimo l'opera grandiosa veniva solennemente inaugurata il 20 settembre, alla presenza del Ministro dei Lavori Pubblici, on. Genala, che fu sempre propugnatore costante della grand'opera, il quale vi pronunziò un discorso mirabile di forma e di concetti, rilevando l'alta importanza del magnifico Ponte, e tributando vivi elogi agli iniziatori ed all'impresa costruttrice.

Anche il Re, con un telegramma al Ministro, intervenne a rendere più solenne la circostanza, manifestando alti sentimenti di viva compiacenza e soddisfazione per codest'opera grandiosa, compiuta con tanto successo e che segna un trionfo dell'industria nazionale.

G. SACHERI.

## MECCANICA APPLICATA

### SULLA INVERSIONE DEGLI SFORZI NEGLI ORGANI IN MOVIMENTO.

Si sa che nelle macchine il movimento uniforme non è che una astrazione; esso non si realizza mai in modo assoluto. Perchè una macchina possa agire contro certe resistenze non occorre nemmeno che il lavoro motore sia superiore al lavoro resistente in tutti gli istanti del moto, il che è molto raro nella pratica, ma basta che il lavoro motore totale corrispondente a un certo periodo, sia superiore o uguale al lavoro resistente durante quel periodo stesso; in altri termini, come dice il Kretz (1), « se il lavoro motore che corrisponde a un periodo è superiore al lavoro resistente da vincersi durante lo stesso periodo, esiste almeno una posizione per la macchina, a partir dalla quale il movimento comincerà e continuerà qualunque siano poi le variazioni o le intermittenze dei lavori a ciascun istante ». — Questo teorema si dimostra facilmente considerando le aree della curva del lavoro.

Ma se questa condizione è sufficiente per il funzionamento delle mac-

chine, essa non è punto sufficiente per il loro funzionamento migliore, giacchè il Léauté ha mostrato (1) che per ottenere il miglior funzionamento occorre ancora che non si avverino mai dei cambiamenti di direzione negli sforzi che i diversi legami rigidi o flessibili si trasmettono, cambiamenti che si tramuterebbero in urti e tremiti alle giunture e che non avverrebbero se il lavoro motore fosse sempre superiore al lavoro resistente. — Ma questo, come abbiamo detto, si dà rarissime volte.

Il Léauté per evitare gli effetti di queste inversioni trova che bisogna soddisfare a quest'altra condizione, che cioè nei periodi di movimento ritardato ciascuna particella dell'insieme della macchina prenda un'accelerazione superiore a quella della porzione che la precede e inferiore a quella che segue, considerando la direzione dallo sforzo resistente allo sforzo motore. Tale condizione il Léauté la esprime anche analiticamente basandosi sulla *caratteristica cinematica* dei meccanismi in azione.

Nei singoli organi è interessante quindi studiare queste inversioni degli sforzi da cui dipende il loro funzionamento regolare. Ora simili inversioni possono benissimo dipendere da diminuzione nello sforzo motore o da aumenti nel resistente, ma possono provenire anche da disposizioni particolari del meccanismo dietro l'influenza di forze passive e indipendentemente dalla grandezza degli sforzi sia motori che resistenti.

Consideriamo infatti il *manovellismo* di spinta rotativa (troppo noto per doverlo qui descrivere) e studiamo quello che avviene in simile meccanismo quando si trova sollecitato da forze motrici e resistenti. L'Hermann nel suo elegante trattato *Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe* ha dato un metodo semplicissimo per studiare graficamente l'influenza delle resistenze passive negli organi delle macchine e noi lo applicheremo. Immaginiamo quindi che lo sforzo motore P agisca lungo la retta OX nel senso indicato dalla figura 164 e nella direzione Q agisca lo sforzo resistente; se in un dato istante non entrano in gioco le forze vive dei pezzi in movimento, lo sforzo P dovrà far equilibrio alla resistenza Q che consideriamo come resistenza utile, e alle varie resistenze passive che si sviluppano nel movimento degli organi. Queste resistenze passive si compongono: 1°) di una reazione della guida AA inclinata sulla normale dell'angolo di attrito che indicheremo con  $R_1$ ; 2°) delle reazioni che si sviluppano nei perni C e D, le quali hanno per effetto di spostare tangenzialmente ai piccoli cerchietti in C e D la direzione dello sforzo motore lungo la biella; il quale, se si potesse fare astrazione dall'attrito, agirebbe sempre secondo l'asse della biella stessa, cioè secondo la congiungente i centri C e D. Quei piccoli cerchietti furono detti dall'Hermann *cerchi d'attrito* e il valore del loro raggio è dato dalla formula:  $\rho = r \sin \phi$ , essendo ( $r$ ) raggio del perno e ( $\phi$ ) l'angolo d'attrito delle sostanze in contatto; 3°) della reazione del perno O spostata anch'essa tangenzialmente al cerchio d'attrito in O che deve essere la risultante dello sforzo Q e dello sforzo lungo la biella. Se tutte queste resistenze passive devono essere in equilibrio con P e Q, evidentemente, data

(1) H. LEAUTÉ, *Sur une condition de bon fonctionnement des installations mécaniques* (Journ. de l'Ecole Polyt., 1889).

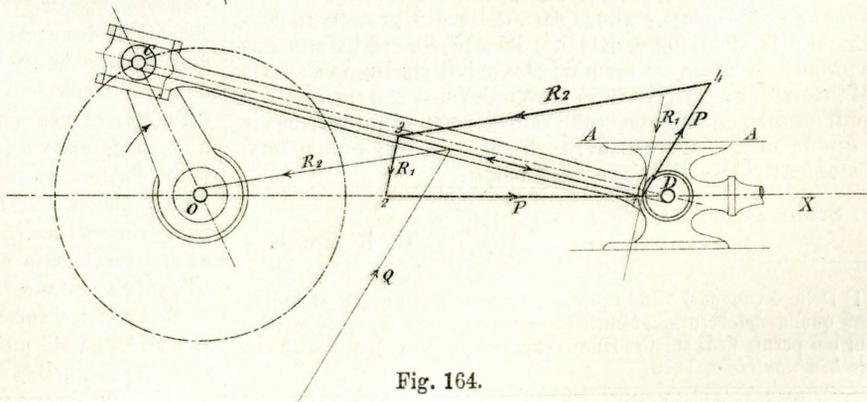


Fig. 164.

(1) J. V. PONCELET, *Cours de mécanique appliquée aux machines*. Publié par M. X. Kretz (Note), 1874.

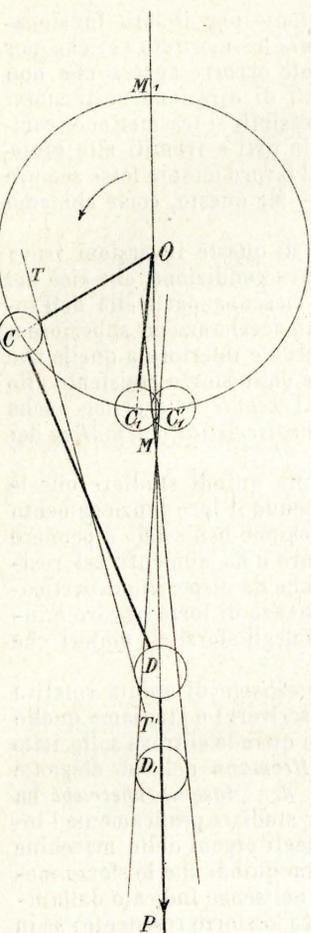


Fig. 165.

in grandezza P, costruendo il poligono delle forze 1234, la grandezza di tutte le altre sarà pure determinata.

Ma quello che più interessa per noi si è di vedere quali conseguenze derivino dallo spostamento dello sforzo motore lungo la biella. Sia quindi nella figura 165 rappresentato schematicamente il meccanismo di spinta rotativa in O C D P. Lo sforzo motore lungo la biella che dovrebbe agire lungo CD, in causa dell'attrito nei perni si trova spostato nella direzione T T' tangenzialmente ai cerchi d'attrito in C e D che noi, per comodità di figura, abbiamo esagerato (1). Esisterà allora certamente una posizione C<sub>1</sub> D<sub>1</sub> della biella, per la quale l'asse della manovella O C<sub>1</sub> risulterà parallelo alla direzione dello sforzo motore spostato. In questa posizione evidentemente, che si potrà determinare con esattezza, sarà nullo lo sforzo tangenziale al bottone della manovella e questo ha luogo senza che contemporaneamente avvenga l'annullamento dello sforzo motore. La posizione C<sub>1</sub> non potrà perciò dirsi un punto morto, ma piuttosto un punto di trazione, risolvendosi in questo caso lo sforzo motore in una

trazione sulla biella e sulla manovella. Varcato il punto C<sub>1</sub>, lo sforzo motore prima di annullarsi (il che avverrà al punto morto M) percorrerà ancora lo spazietto C<sub>1</sub> M per tutti i punti del quale, come è chiaro, lo sforzo lungo la biella agirà in senso contrario al movimento, riuscendo di direzione opposta al medesimo la componente tangenziale. L'intervallo C<sub>1</sub> M sarà quindi un intervallo di inversione. Se ora continuiamo ad accompagnare il meccanismo nel suo movimento al di là del punto morto, troveremo un risultato analogo; lo spazio C<sub>1</sub>' M sarà anch'esso un intervallo di inversione e il punto C<sub>1</sub>' un punto di pressione. E così si potranno estendere i risultati al punto M<sub>1</sub>.

Ecco quindi come indipendentemente dalla grandezza degli sforzi si possano realizzare delle inversioni nei medesimi, in causa di forze passive e di disposizioni speciali negli organi che li trasmettono. Simili inversioni sono trascurabilissime nel meccanismo di spinta rotativa; ma questo dipende unicamente dal fatto che esse avvengono in vicinanza dei punti morti, dove lo sforzo motore è pressochè nullo e poco quindi influisce anche se la sua azione è invertita. In altri meccanismi però potrà darsi benissimo che tali inversioni avvengano altrimenti e allora sarà della più grande importanza che la condizione data dal Léauté sia soddisfatta opportunamente per quei membri che primi risentono l'effetto dell'inversione; giacchè in generale dev'essere a questi fatti i rapidi guasti che si osservano talora nelle giunture, specie in quelle che, per considerevole attrito, cagionano forti spostamenti nella direzione degli sforzi.

Schio, settembre 1892.

G. B. FOLCO.

(1) Delle 4 tangenti ai due cerchi di attrito in (C) e (D) si indicherà quella del vero spostamento, considerando il senso delle rotazioni nei perni. Vedi su ciò l'HERMANN, *Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe*, 1879.

## BIBLIOGRAFIA

### I.

500 Meccanismi scelti fra i più importanti e recenti da Henry T. Brown. — Traduzione italiana compilata sulla 16<sup>a</sup> edizione inglese dall'ing. FEDELE CERRUTI. — (Manuale Hoepli) di pag. 176. — Milano, 1893. — Prezzo L. 2,50.

Il vivo bisogno di una raccolta sistematica di disegni e descrizioni dei vari meccanismi, sentito già da lungo tempo da artigiani, inventori, e in generale da tutti coloro che si occupano di arti meccaniche, aveva indotto il signor Henry T. Brown a riunire in una pubblicazione speciale le descrizioni dei meccanismi che erano apparse saltuariamente nell'importante periodico tecnico *The American Artisan*, e la cui apparizione era stata accolta con grande favore.

I meccanismi descritti erano stati tolti in gran parte dalle opere inglesi di Johnson, Wilcock, Wilson e Denison; ma una quarta parte di tali meccanismi risultavano di origine prettamente americana, o almeno come tali erano creduti.

La classificazione dei meccanismi non riuscì tuttavia quale si sarebbe desiderato per la maggior utilità del libro. Ed invero nella prefazione all'opera americana si legge come la pubblicazione si facesse di mano in mano che gli stampi delle figure venivano finiti (!) e quindi senza ordine alcuno prestabilito.

Vero è che al difetto di tale sistema di compilazione, si è poi rimediato per mezzo di un indice nel quale si trovano sotto lo stesso titolo indicati i paragrafi del libro nei quali si parla di meccanismi simili, al titolo corrispondenti.

Questa pubblicazione ebbe un gran successo in America, sua patria, in Germania, nel Belgio, paesi tutti nei quali i cultori della meccanica pratica sono numerosi, valenti e stimati.

L'edizione italiana, che qui annunziamo, riproduce naturalmente l'opera utilissima in tutto il suo disordine di compilazione all'americana.

La Casa editrice Hoepli volle arricchire la già grande collezione di piccoli Manuali riproducendo i 500 meccanismi di Henry T. Brown. E ne affidava la traduzione all'onorevole professore Giuseppe Colombo dell'Istituto tecnico superiore di Milano, il quale aveva dato principio al lavoro, poco tempo prima di essere stato assunto a Ministro delle finanze.

A proseguire l'interrotto lavoro l'Hoepli incaricava pertanto l'ingegnere Fedele Cerruti, distinto industriale del Biellese, nome non del tutto ignoto ai lettori di questo periodico, che bene disimpegnò il non facile compito.

Come ottimamente dice l'ingegnere Cerruti nella sua prefazione all'edizione italiana, nell'operetta di cui parliamo troveranno principalmente aiuto gli operai intelligenti, che vanno alla ricerca di nuovi meccanismi o s'occupano della composizione di nuove macchine, poichè essa loro farà risparmiare tempo e lavoro, che altrimenti consumerebbero inutilmente nella ricerca di cose già conosciute. G. S.

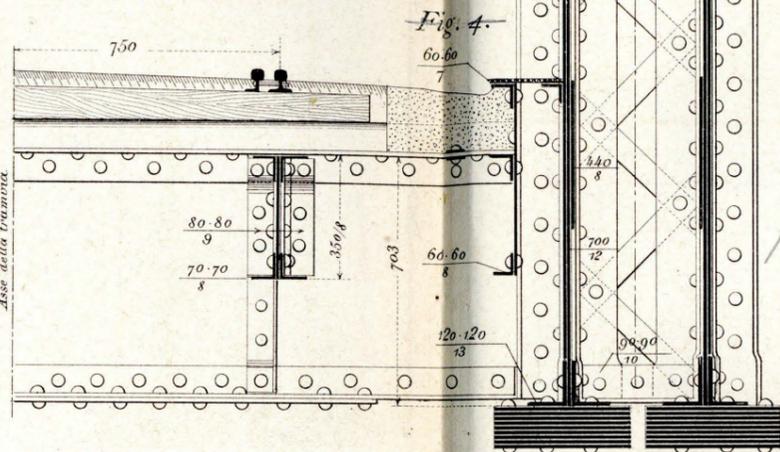
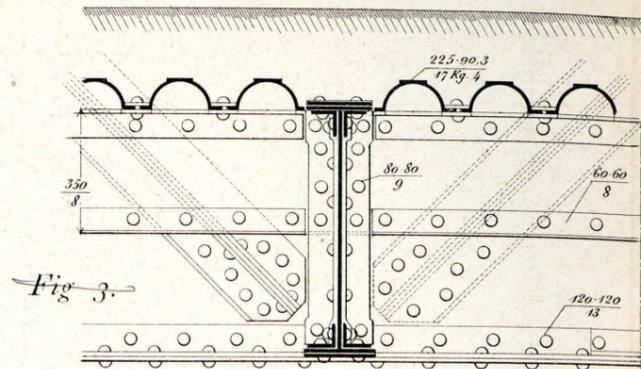
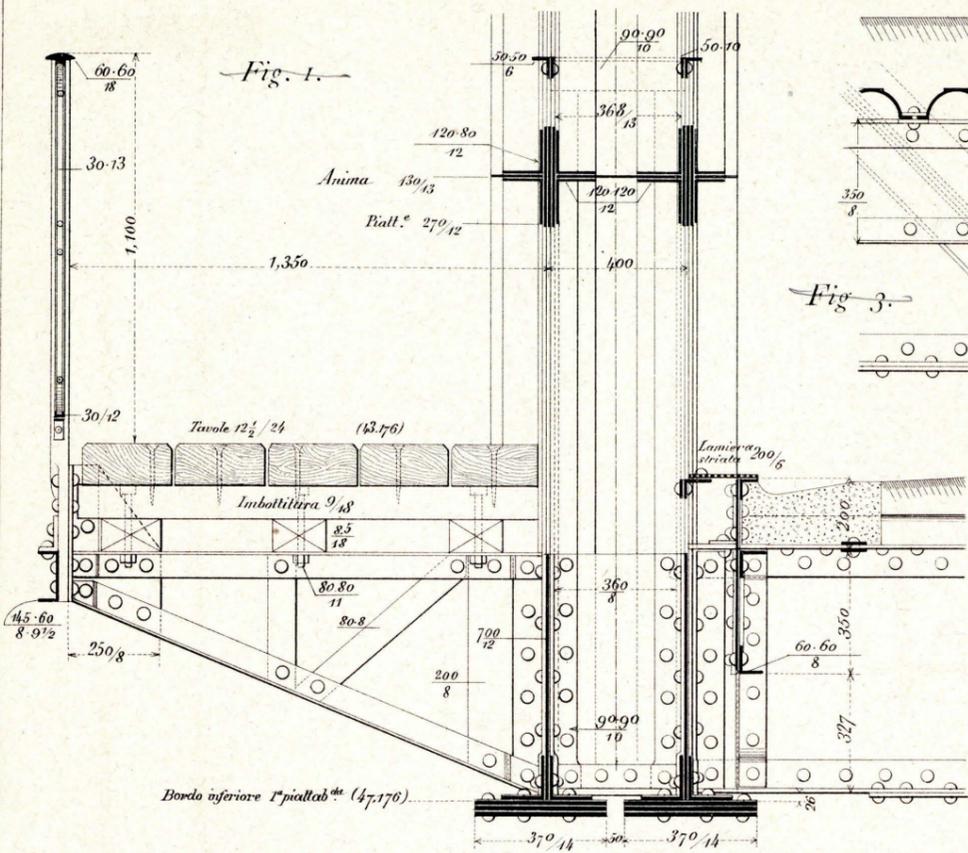
### II.

Sulla genesi delle coniche con applicazione al tracciamento delle policentriche. — Memoria dell'ing. EMERICO LO PRESTI-AVERSA. — Op. in-8° di pagine 24, con sei figure ed una tavola. — Torino, 1892.

In questa breve Memoria, che l'autore ci manda da Messina, si prendono le mosse dal teorema che il luogo geometrico dei punti equidistanti da due circonferenze di cerchio è una conica, ossia un'ellisse, finchè la distanza dei due centri è minore della differenza dei raggi; un'iperbole, quando la distanza dei due cerchi è maggiore della somma dei raggi; ed una parabola, quando uno dei cerchi ha raggio infinito. Supponendo poi nei tre casi che l'altro cerchio riducasi ad un punto, l'autore conclude che il luogo geometrico dei punti egualmente distanti da una circonferenza e da un punto dato è una ellisse, se il punto è interno alla circonferenza; una iperbole, se il punto è esterno; ed una parabola, se al posto della circonferenza abbiamo una retta.

L'autore ricorre poi a tale proprietà dell'ellisse per segnare graficamente i centri di curvatura di un'ellisse, di cui siano dati i due semiassi, ed è a questo problema che egli ha dato il titolo di « Applicazione alla costruzione delle policentriche ellittiche ». G. S.

Particolari relativi al ponte della strada provinciale.



Particolari relativi al ponte ferroviario.

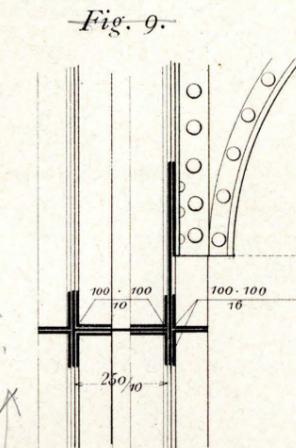
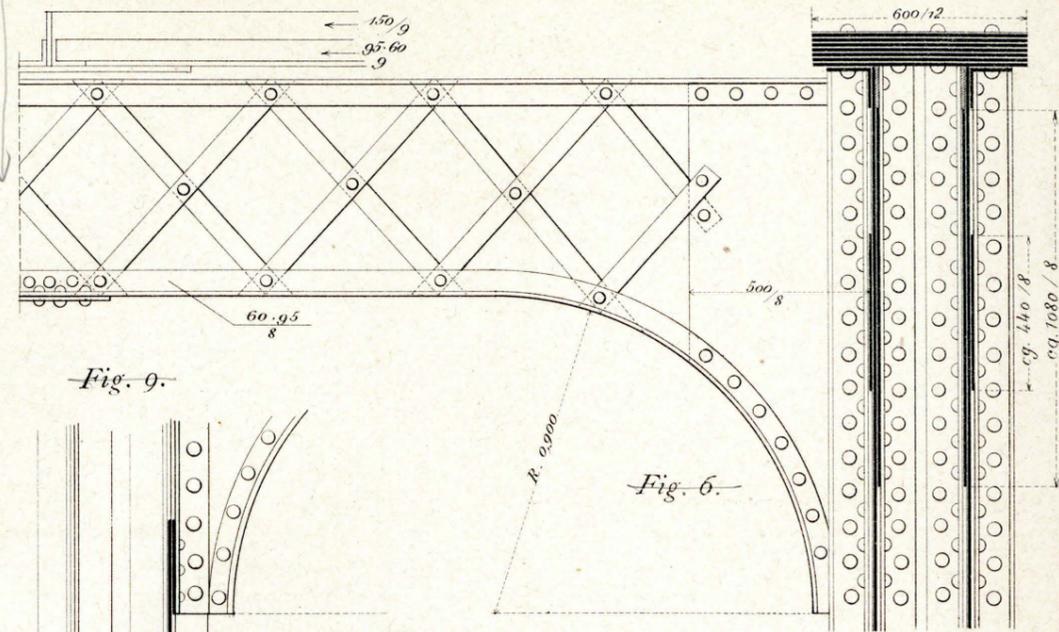


Fig. 2.

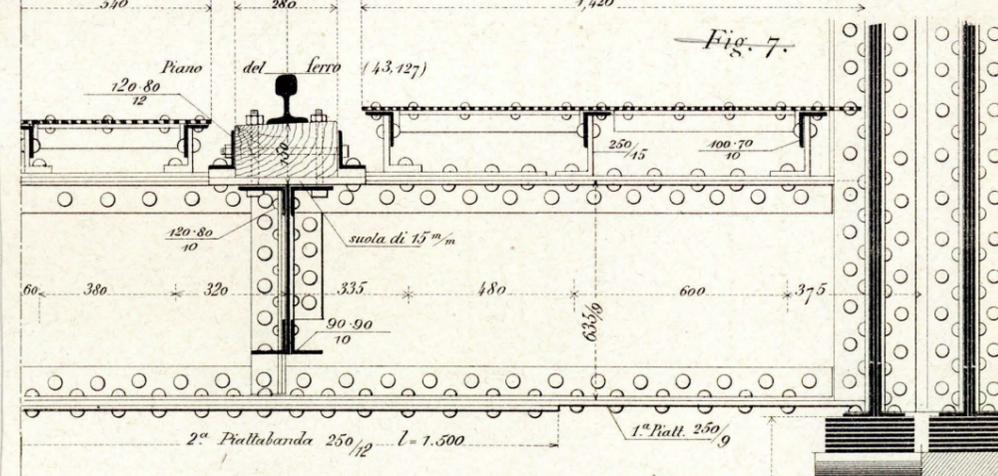
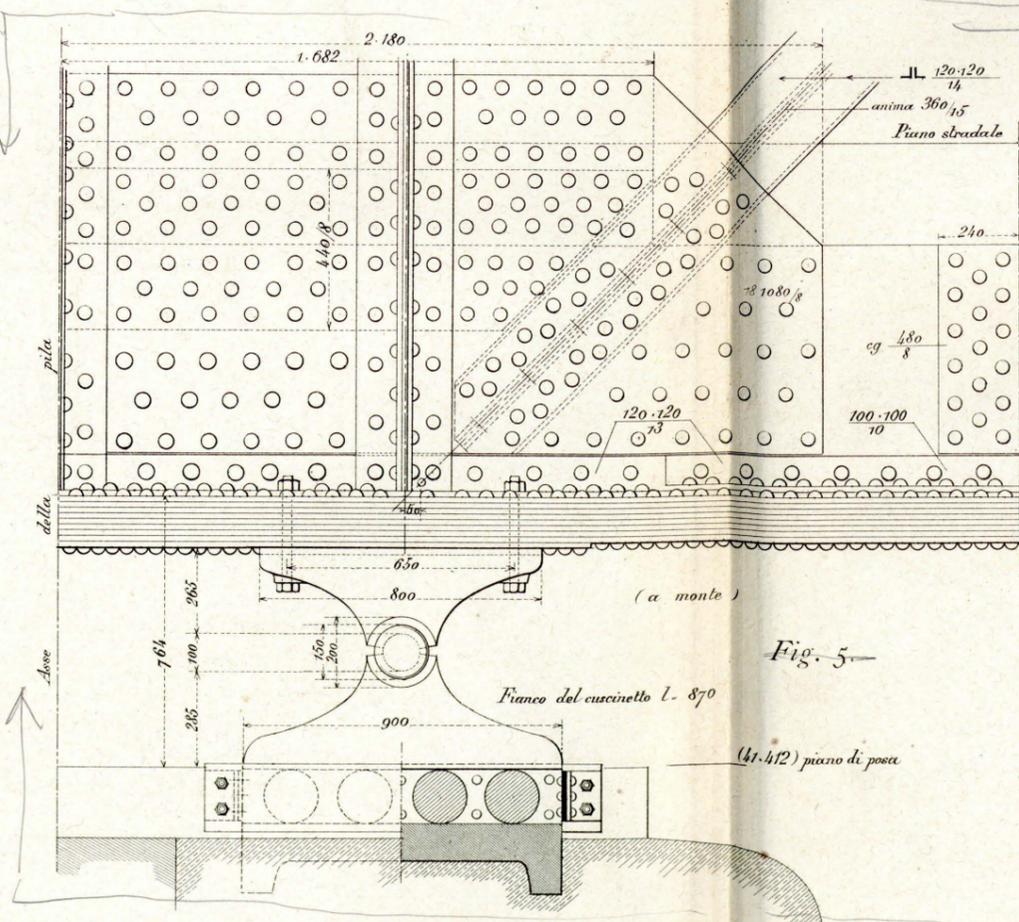
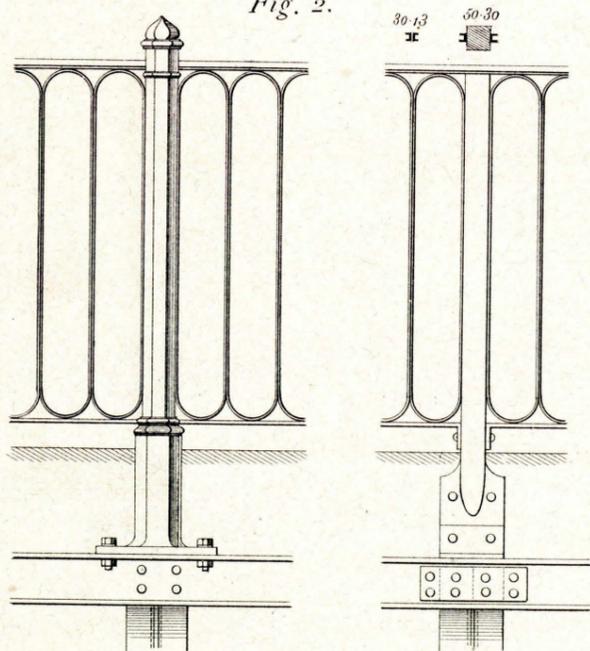


Fig. 1. Parte di sezione trasversale in una campata intermedia e corsia esterna per i pedoni.  
 Fig. 2. Parapetto. Colonna in ghisa e montante intermedio in ferro.  
 Fig. 3. Ferri « Zorès » per sostegno della massicciata.  
 Fig. 4. Parte di sezione trasversale nella travata continua su di una pila.

Fig. 5. Apparecchio di dilatazione sopra una pila.  
 Fig. 6. Metà sezione trasversale della parte superiore su di una pila.  
 Fig. 7. Metà sezione trasversale della parte inferiore su di una pila.  
 Fianco e sezione del cuscinetto.  
 Fig. 8. Coprigiunti mediani.  
 Fig. 9. Frammento di sezione trasversale sul mezzo di una campata.

Per tutte le figure Scala di 1 a 20.