

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.
È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

COSTRUZIONI STRADALI

E

IDRAULICHE

IL PONTE AD ARCO IN MURATURA
di m. 70 di luce e m. 10 di saetta
SUL FIUME ADDA PRESSO MORBEGNO
PER LA FERROVIA COLICO-SONDRIO

(Veggansi le Tav. X e XI)

Motivi dell'opera. — La ferrovia della Valtellina da Colico a Sondrio, tra Morbegno e Ardenno corre sulla sponda sinistra dell'Adda, passando sul cono di deiezione del torrente Tartano, le cui piene danneggiano sempre e talvolta asportano e la strada ferrata e la strada provinciale. Per sottrarre la ferrovia Colico-Sondrio alle frequenti interruzioni, cui va soggetta, per le alluvioni del torrente Tartano, la Società per le Strade Ferrate Meridionali divisò di abbandonare (Tav. X, fig. 1) il tratto che corre lungo la sponda sinistra del fiume Adda, alla base del grande cono di deiezione di detto torrente, e di costruire conseguentemente in deviazione un nuovo tratto di ferrovia sulla sponda opposta dell'Adda, attraversando il fiume stesso mediante un nuovo ponte.

Le piene dell'Adda essendo in quel tronco rapide e copiose, così si ritenne che il detto ponte dovesse costruirsi ad una sola grande luce, in modo da non ingombrare l'alveo, e perciò erasi dapprima ideato di eseguire il nuovo attraversamento per mezzo di una travata metallica in una sola campata, che si progettò dell'ampiezza di m. 64.

In seguito però ad ulteriori studi si riconobbe che anche tale attraversamento, pur senza appoggi nell'alveo, poteva farsi con un ponte in muratura. Onde fu seguita la massima, costantemente adottata da tempo dalla Società per le Strade Ferrate Meridionali, di preferire, ove sempre sia possibile, i ponti in muratura ai ponti metallici.

Al che contribuirono le speciali condizioni nelle quali doveva effettuarsi l'attraversamento dell'Adda. La roccia che affiora sulla sponda destra ed il terreno solido alluvionale della sponda sinistra rassicuravano che il grande arco poteva impostarsi sulle due sponde senza pericolo di cedimenti. Inoltre la facilità di poter avere sul luogo del granito buono e dei legnami di poco prezzo, dava affidamento che il ponte

in muratura sarebbe riuscito abbastanza economico, così da poter rivaleggiare anche nei riguardi della spesa col ponte a travata metallica.

Descrizione del ponte. — Il piano del binario nei pressi del nuovo ponte fu disposto in orizzontale, alla quota di m. 262,76 sul livello del mare, per la lunghezza di m. 136; detto piano si raccordò colla livelletta esistente verso Colico, mediante rampa del 17 per 0100, della lunghezza di m. 477,61.

Il livello delle massime piene trovasi alla quota di metri 256,50, onde non si hanno che m. 6,26 d'altezza sulle massime piene per arrivare al binario.

La chiave dell'intradosso fu stabilita a m. 3,70 sopra al livello delle massime piene, e venne assegnata alla grande arcata una luce di m. 70 ed una saetta di m. 10.

L'intradosso del volto ha per direttrice una curva a tre centri (Tav. XI, fig. 1). La parte di mezzo è un arco di cerchio che ha 75 metri di raggio e $26^{\circ} 59' 12''$ di apertura. Le due parti laterali simmetriche sono archi di cerchio con raggio di m. 50,88 ed apertura di $21^{\circ} 46' 4''$.

La grossezza del volto alla chiave fu stabilita di m. 1,50, ed alle imposte di m. 2,20. Nella sezione in cui i due archi di cerchio si raccordano, la grossezza del volto è di m. 1,75. Per tal modo la curva delle pressioni corrispondenti al carico permanente trovasi abbracciata quasi simmetricamente dalle due curve d'intradosso e d'estradosso.

Il grande arco s'imposta, a sponda destra, direttamente sul tronco di roccia naturale (Tav. XI, fig. 1), ed a sponda sinistra su robusta spalla costruita in calcestruzzo di cemento e solidamente fondata, per la larghezza di m. 5 verso corrente, a circa m. 9,30 sotto il livello delle magre e per la rimanente larghezza di m. 15 con piano inclinato, a partire dalla quota di livello 242,70 fino alla quota 244,40 contro terra.

Sulle reni dell'arco, in luogo dei timpani, s'impostano le pile di scarico di archi secondari a pieno centro, della luce di m. 4,50 ciascuno.

Il grande arco del ponte fu costruito con conci di granito parallelepipedi, lavorati su tutte le faccie; si è invece adottato di fare con muratura grezza a paramento in filari regolari le pile degli archi secondari e le fronti, e con calcestruzzo di cemento la parte degli archi secondari compresa tra le armille di fronte.

In vicinanza delle imposte ed alla chiave della grande arcata venne adottato l'impiego di cerniere di ferro con

perni d'acciaio, delle quali si vede il particolare nelle fig. 6 e 7 della Tav. XI. Lo scopo di tali cerniere è di permettere al grande arco di rotare intorno ai perni, senza lesionarsi, in conseguenza degli inevitabili cedimenti all'atto del disarmo, obbligando così la curva delle pressioni a passare per la parte centrale della grande arcata, a cui fu quindi possibile assegnare minori grossezze di quelle che sarebbero state necessarie nell'ipotesi ordinaria dell'arco incastrato. Ma il funzionamento delle cerniere è limitato fino a che l'opera sia compiuta, compreso il riempimento sopra i rinfianchi, e le cerniere stesse verranno in seguito murate prima del transito dei treni sul ponte, allo scopo di dare all'arco la maggiore possibile rigidità, rendendolo, in definitivo, incastrato.

Temendosi però che, dopo ciò, i movimenti dovuti alle variazioni di temperatura possano disestare in qualche parte le murature, si è ritenuto necessario applicare un altro ordine di cerniere, da conservarsi permanentemente in funzione nell'arco secondario a pien centro, che sta sopra alla cerniera d'imposta del grand'arco, e ciò, ben inteso, tanto da una parte che dall'altra (Tav. XI, fig. 1).

Eppertanto, in relazione a quanto si è ora esposto, i calcoli di resistenza dell'arco furono stabiliti ammettendo il vólto articolato sotto il carico permanente ed incastrato sotto il carico mobile e sommando poscia i valori degli sforzi massimi unitari dovuti al carico permanente ed al carico mobile.

Nelle condizioni sovraespresse l'arco non sarà soggetto a tensione in alcuno de' suoi giunti; secondo i calcoli fatti dalla Direzione dei lavori in Ancona, la pressione massima è di circa 56 kg. per cmq., epperò inferiore alla decima parte del carico di rottura della muratura in granito, colla quale è stato costruito. Giusta gli esperimenti eseguiti nel laboratorio della Direzione dei lavori, il granito del quale si tratta offre una resistenza media di circa 1100 kg. per cmq.

I calcoli di resistenza a riguardo della spalla verso Colico, dimostrarono pure che la pressione massima della muratura del terreno di fondazione, dovuta al vólto completamente carico, è da ritenersi di circa 6 kg. per cmq.

La larghezza del ponte al piano delle rotaie venne stabilita di m. 5. Le fronti hanno l'inclinazione di m. 5 per ogni metro d'altezza, epperò la larghezza della generatrice del vólto, alla chiave dell'intradosso, è di m. 5,26, ed alle imposte di m. 6,26.

*

Particolari di costruzione. — Per l'armatura della grande arcata si è adottato il tipo di centina a più appoggi, quale risulta dalle fig. 1, 2 e 3 della Tav. XI, nell'intendimento di avere un sistema che presentasse la maggiore possibile rigidità.

Per la costruzione del vólto in conci di granito e malta di cemento, segnatamente per fare in modo che gli assettamenti avvenissero in tutta la massa con la maggiore possibile uniformità senza che si verificassero lesioni, si è stabilito di disporre i conci di granito in modo da comporre il vólto in tre strati successivi sovrapposti, caricando la centina in

modo graduale ed uniforme, e lasciando inoltre per l'intera grossezza del vólto tante serraglie quanti sono gli appoggi fissi delle centine in corrispondenza delle coppie di pali che ne costituiscono le stilate. Inoltre a metà di ogni campata, cioè a metà distanza tra due appoggi fissi consecutivi, si è riconosciuto opportuno mettere in opera i conci a secco e colare la malta di cemento soltanto prima di passare a costruire il corso di conci sovrapposto.

La malta per la costruzione del grand'arco, si è formata con cemento Portland di prima qualità superiore, nella proporzione di kg. 600 per ciascun metro cubo di sabbia.

La spalla verso Colico, gli archi secondari dei timpani ed i relativi rinfianchi si costruirono in calcestruzzo, formato con cemento Portland normale nelle proporzioni di kg. 200 nella spalla, e di kg. 300 negli archi, per mc. 0,50 di sabbia e mc. 0,85 di pietrisco.

Le altre murature sono formate con malta di calce idraulica.

I lavori di costruzione del ponte furono cominciati nel febbraio 1902. Approfittando delle più basse magre del fiume, le quali si verificano prima dello scioglimento delle nevi, s'intraprese nel marzo dell'anno passato la fondazione della spalla sinistra (verso Colico), raggiungendo verso fiume la profondità di m. 9,30 sotto le magre. Più tardi, nello stesso anno, si eseguì la fondazione delle prime cinque stilate verso Colico a sostegno della centinatura del vólto; la fondazione delle altre stilate verso Sondrio, a sponda destra contro cui si rivolge il filone della corrente e dove esiste un basso fondo dell'alveo, si eseguì invece nell'inverno del corrente anno, deviando le acque magre mediante la costruzione a sponda sinistra di un canale fagatore. Nello stesso inverno venne eseguita tutta l'armatura per il vólto.

La costruzione del grande arco incominciò il 23 febbraio di quest'anno e si è chiusa il 6 aprile; s'impiegarono cioè soli 32 giorni lavorativi, costruendosi in media 23 mc. di muratura al giorno.

Era necessità assoluta quella di chiudere l'arco prima che sopravvenisse qualche grande piena dell'Adda, la quale avrebbe potuto disestare le centine; ed a tale effetto tutti i conci del vólto furono provvisti durante l'inverno prima di cominciare le murature, numerandoli ed ordinandoli nel cantiere, concio per concio, come dovevano essere posti in opera.

Delle quali disposizioni la Direzione dei lavori, negli appunti che ci ha favorito, dà lode in particolar modo all'Impresa Bregani Carlo di Milano, ma non occorre aggiungere che altrettanta lode vuolsi per lo meno dare alla Direzione stessa dei lavori.

Alla centina erasi assegnata una maggiore freccia in chiave di 120 mm. Durante la costruzione del vólto la centina subì un abbassamento in chiave di 85 mm.

Il disarmo del vólto fu eseguito il 4 maggio, per modo che le murature vennero lasciate riposare sull'armatura (per la presa normale della malta in cemento) per un periodo di 28 giorni. E durante questo periodo si iniziò la costruzione dei muri frontali verso la chiave e delle pile di sostegno degli archi secondari alle reni.

Prevedendosi che al calare delle centine, insieme con gli abbassamenti dell'arco, sarebbero immancabilmente avvenute rotazioni attorno ai perni, oltre ai vari biffini disposti verticalmente sotto il ponte, se ne collocarono altri molto sensibili nei giunti delle cerniere in corrispondenza dell'estradosso e dell'intradosso, tra i conci d'imposta delle scafole di ferro.

Nel disarmo del ponte sull'Adda, la Direzione dei lavori volle rimettere in onore gli antichi sistemi di adoperare i cunei di quercia per il calo delle centine. Essa però v'introdusse il perfezionamento di disporre i due cunei di quercia tra due pezzi dello stesso legno fissati a due larghi dormienti, l'inferiore unito alla stilata ed il superiore alla centina, e di collocare nella superficie di contatto tra i pezzi fissi ed i cunei mobili, dei sottili cartoni spalmati di grasso.

In tal modo non solo si evitarono gli inconvenienti per i quali nei recenti ponti sembra che i cunei siano andati in disuso e che consistono nel fatto che i cunei stessi s'incastano nei dormienti ed è poi assai malagevole lo smuoverli; ma si è dovuto anzi procedere con molta cautela, mediante sbadacchi e grappe, per fare che le centine calassero gradatamente e non si verificasse un disarmo troppo rapido, che avrebbe potuto riuscire in qualche punto irregolare.

Subito che si levavano le grappe, il cuneo scivolava tra i due pezzi fissi, fino a che incontrava l'arresto di altri puntelli ed altre grappe.

Le operazioni del disarmo procedettero nel modo seguente: Dei dieci appoggi sui quali furono costruite le centine, si fecero calare dapprima quelli centrali circa di un centimetro per volta successivamente, abbassando contemporaneamente per ogni fase gli altri appoggi da una parte e dall'altra verso le imposte di quantità decrescenti, e ciò per fare in modo che il grande arco si liberasse dalle centine pressochè uniformemente in tutte le parti.

Dal momento in cui si cominciarono ad abbassare le centine e fino ad operazione finita, il calo massimo dell'arco è stato complessivamente di 41 mm. alla chiave, dove le cerniere rotarono, avvicinandosi sulla linea dell'estradosso, di mm. 3,7, ed allontanandosi sulla linea dell'intradosso di mm. 1,7.

Si ebbe a constatare che quando si liberò il vólto alle reni, i biffini sotto alla chiave segnarono repentinamente un alzamento di 2 mm., nel quale fatto la Direzione dei lavori vede la conferma del risultato delle note esperienze fatte dalla Società degli Ingegneri Austriaci, per le quali i vólti in muratura si comportano perfettamente come archi elastici.

Il disarmo si effettuò a vólto pressochè isolato, cioè con poche murature soprastanti. Essendosi però subito dopo elevati i piedritti per gli archi secondari sulle reni del grande arco, sembra che il loro peso abbia fatto alzare ulteriormente di qualche millimetro la chiave dell'arco medesimo, ciò che confermerebbe pure il risultato delle esperienze dianzi citate.

A produrre tale alzamento potrebbe però avere forse anche contribuito la più elevata temperatura per l'inoltrarsi della stagione.

Ad opera compiuta, la Direzione dei lavori pubblicherà

una Memoria completa coi particolari di studio e di esecuzione di quest'opera, destinata a prender posto fra le costruzioni più ardite di cui abbiasi esempio in Italia ed all'estero, e ad emulare lo storico ponte per strada ordinaria, dell'ampiezza di m. 72,25, che, costruito a Trezzo sull'Adda fra il 1370 ed il 1377, veniva distrutto nel 1416 per causa di guerra. Tuttavia abbiamo creduto di non dovere maggiormente ritardare ai lettori la comunicazione delle surriferite importanti notizie, che dobbiamo all'estrema cortesia della Direzione dei lavori, ed alla quale ripetiamo pertanto pubblicamente i nostri più vivi ringraziamenti.

*

Per facilitare la costruzione del ponte e per lo scarico delle materie di scavo della galleria prossima al ponte, le quali vennero impiegate nella formazione del terrapieno di accesso al ponte, sull'opposta sponda dell'Adda, venne impiantato attraverso l'Adda un trasporto funicolare aereo, di quelli molto adoperati negli Stati Uniti d'America, e chiamati *Blondin* dal nome dell'americano che attraversò il Niagara su di una fune d'acciaio.

L'impianto attraverso l'Adda venne eseguito dalla Ditta Cerretti e Tanfani, specialista del genere, per l'impresa Bregani assuntrice dei lavori.

Due piedritti in legno e controventati per mezzo di quattro corde d'acciaio trovansi alla distanza di m. 250 e reggono a catenaria un cavo di fili d'acciaio del diametro di 30 mm. e della resistenza di 145 kg. per mmq., destinato a sostenere il carrello scorrevole e per mezzo di sopporti, a rulli spostabili, le funi di trazione orizzontale del carrello e quella per il movimento di alzata e discesa in senso verticale del carico. Le due funi di trazione e quella di sollevamento hanno ognuna il diametro di 10 mm. e sono sostenute in sette punti. Le funi di trazione e di sollevamento passano sopra i piedritti su puleggie di rinvio e riescono ad un verricello a due tamburi sui quali si avvolgono, e che sono comandati da una locomobile occorrendo una forza di 6 a 8 cavalli.

Le cariche che si possono trasportare sono ordinariamente di 350 kg., la velocità di spostamento orizzontale è di m. 2,50, quella di sollevamento verticale di m. 0,80 per secondo. Il materiale di scavo della galleria è caricato in speciali cassoni che dall'interno della galleria sono portati su speciali vagonetti al trasporto aereo, e quivi agganciati vengono sollevati e portati dal carrello sull'opposta sponda dell'Adda ove si scaricano.

Il carrello venne anche fatto servire al trasporto di conci di pietra del peso fino a 800 kg. per la costruzione del ponte. In tal caso la velocità di sollevamento è di m. 0,33 e quella di traslazione è di 1 m. Il verricello venne provvisto di speciale disposizione per realizzare le due velocità.

L'impianto ha funzionato giorno e notte e può trasportare 200 tonn. in 24 ore. Il trasporto del materiale può ritenersi venga a costare L. 0,10 per tonnellata. L'impianto completo senza il motore costò L. 11.000. Nel periodico « Il Politecnico » (maggio 1903), sono esposti con numerose tavole i particolari di questo trasporto aereo, ed ivi abbiamo attinte le notizie al medesimo relative. G. SACHERI.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

I.

SULLO STATO ATTUALE DELLE COSTRUZIONI IN BÉTON ARMATO

**Conferenza alla Società degli Ingegneri ed Architetti
in Roma**

tenuta il 26 marzo 1903 dall'Ing. Prof. Camillo Guidi

Le costruzioni in *béton* armato si sono ormai diffuse per tutto il mondo, e si sono affermate con tali caratteri d'imponenza, di solidità, di arditezza, sì nel campo delle costruzioni civili, che in quello più vasto dei lavori pubblici, che sarebbe ozioso tornare ora a farne una descrizione, enumerandone i rilevanti vantaggi rispetto agli altri generi di costruzione. Tanto meno il breve tempo concessomi per questa conferenza mi permetterebbe di sbizzarrirmi in indagini storiche per appurare se debba veramente riguardarsi come padre di questo genere di costruzione il giardiniere *Monier* con i suoi brevetti del 1868, o piuttosto debba essere riservata la priorità dell'invenzione, tuttochè non seguita da pratiche applicazioni, al sig. *Lambot* che nel 1855 prese un brevetto per lastre, travi e pilastri armati con bacchette di ferro e fin dal 1849 aveva applicato il suo sistema ad una barca che figurò all'Esposizione di Parigi del 1855 e naviga tuttora, in perfetto stato, nel lago Miraval di proprietà dell'inventore.

Quel che è certo è che il sistema *Monier* si diffuse principalmente nella Germania e nell'Austria, e trovò le più svariate applicazioni per opera della *Actien Gesellschaft für Beton und Monierbau* di Berlino che ne acquistò il brevetto nel 1880, mentre per l'umile inventore è aperta oggi una sottoscrizione internazionale per venire in aiuto della sua vecchiaia che si trascina fra le più gravi ristrettezze finanziarie!

Al sistema *Monier* si aggiunsero nella Germania altri sistemi molto apprezzati come il *Möller* ed il *Melan*.

Ma la Francia si rimise di nuovo alla testa del movimento verso questo nuovo genere di costruzioni, per opera specialmente dell'*Hennebique*, il quale gli dette un impulso veramente straordinario col suo sistema brevettato nel 1892, e da lui praticato in varia guisa già da più che dieci anni prima, in modo che al primo apparire di questi brevetti l'invenzione potè essere convenientemente apprezzata per il risultato pratico già ottenuto in varie costruzioni eseguite.

È interessante gettare uno sguardo sui diagrammi che rappresentano lo sviluppo che ha avuto quest'ultimo sistema di costruzione nei diversi paesi, e sul diagramma riassuntivo, che vedete disegnato sulla lavagna. Esso scostandosi dall'asse delle ascisse su cui sono portati gli anni di esercizio, s'innalza rapidamente nel senso dell'asse delle ordinate sul quale è portato il corrispondente numero delle costruzioni eseguite.

In cifre abbiamo i seguenti risultati:

Anni di esercizio:											
1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	
Costruzioni eseguite:											
6	41	62	127	290	473	827	1129	1229	1341	1500	
Somme progressive:											
—	47	109	236	526	999	1826	2955	4184	5525	7025	

In dieci anni di lavoro più di 7000 costruzioni del valore complessivo di 120 milioni!

Nel Piemonte fin dal 1895 il rappresentante di *Hennebique* per l'Alta Italia, l'ing. *Porcheddu*, mio antico allievo, cominciò ad eseguire costruzioni in questo sistema, e più volte ebbe ad invitarmi a visitare i lavori, specialmente quelli in costruzione a Torino, nè io mancai all'appello; ma debbo confessarvi che sul principio osservavo quelle costruzioni con occhio scettico, e per quella ritrosia che ho sempre avuto di trattare dalla cattedra delle novità *troppo recenti*, passò qualche tempo prima che mi decidessi a parlarne per disteso ai miei allievi, limitandomi sul principio a darne soltanto qualche cenno.

Ma quando questo sistema andava affermandosi con innumerevoli costruzioni di svariatissimo genere; dalle fondazioni al tetto degli edifici, comprendendo muri, solai, vólte, pilastri, scale, balconi, terrazze, ecc.; dalle fondazioni più semplici a quelle più difficili per opere pubbliche; dai piccoli tombini di scolo ai ponti di un'arditezza paragonabile a quella raggiunta nelle costruzioni metalliche; dai recipienti più limitati ai più vasti serbatoi d'acqua potabile; dalle tubazioni più usuali ai grandi condotti di più metri di diametro, sotto pressione di qualche atmosfera; quando lo si vide applicato a gallerie, muri di sostegno, paratie, calate, vasche natatorie, fosse per le campane del gas, lavatoi, cisterne, pozzi neri, serbatoi per petrolio, recipienti per vino, silos per grano e per carbone, pali per condutture elettriche, garitte trasportabili, barche, ecc.; quando nel 1900 questo sistema di costruzioni si era affermato in Francia, anche presso il pubblico, per mezzo delle costruzioni eseguite in occasione di quella grandiosa mostra internazionale; quando in Italia cominciavano a moltiplicarsi gli stabilimenti industriali costruiti in questo sistema e sorgevano a Genova la semoleria italiana (1), il mercato orientale, quei grandiosi silos da grano (2) e tante altre fabbriche; quando professori eminenti avevano tracciato già delle norme razionali di calcolo statico, ed abilissimi sperimentatori avevano indagato le proprietà ela-

(1) Questo fabbricato, della Ditta Ravano, Bozzano e C., poggia, si può dire esclusivamente, su pilastri di sezione quadrata di cm. 50 di lato, distanti m. 4,40 da asse ad asse, e ricopre un'area di m² 2350.

(2) Il volume utile totale, capace di tonn. 27 570 di grano, è costituito da 204 celle di m. 4×3×15 ed altre 14 minori, portate da pilastri di cm. 90×90 riposanti su di un solaio che funziona da platea generale, formata da una soletta di cm. 15, rinforzata da nervature principali di cm. 90×60 di stanti m. 1,50, e da nervature secondarie distanti m. 8. Lo spessore massimo delle pareti delle celle è di cm. 20 e va decrescendo verso l'alto. L'area totale occupata dai silos è di m² 7800. Altezza fabbricati silos m. 22,50. Altezza fabbricato macchine m. 33,50.

stiche e resistenti del nuovo materiale, credetti doveroso intrattenere più a lungo i miei allievi su queste geniali costruzioni, e tenni nel maggio 1900 alcune conferenze su tale argomento. In esse (1) narrai la genesi di queste costruzioni, parlai della natura e delle proprietà elastiche e resistenti dei materiali che le compongono, trattai del modo di eseguirne i calcoli statici, ed illustrai con i disegni che vedete appesi alle pareti di questa sala i vari metodi di costruzione ed una serie delle migliori opere eseguite in questo sistema.

I noti vantaggi delle costruzioni in *béton* armato, che possono riassumersi nella rapidità ed economia dei lavori, nella loro resistenza veramente rimarchevole, nella sicurezza contro gl'incendi, nella protezione assoluta del ferro dalla ruggine, nell'impiego del ferro sotto la forma più razionale senza che venga indebolito da chiodature od altre unioni, questi vantaggi, dico, trovarono una continua conferma nelle molte opere già eseguite. Piacemi ricordare a questo riguardo qualche dato.

A proposito della rapidità ed economia del sistema di costruzione rammenterò che in 80 giorni venne gettato in Francia nel 1900 il grandioso ponte di Châtellerault a tre arcate di m. 40, 50, 40 di luce ribassate di 1/10, ponte largo m. 8, lungo m. 145, con una spesa di lire 175 000.

In meno di tre mesi venne ricostruito l'anno scorso in *béton* armato, sotto forma di un'arditissima arcata (2) di m. 51 di corda ribassata di 1/10 l'antico ponte in muratura di Millesimo sulla Bormida, rovinato da una piena del 1900. In 54 giorni di lavoro si compirono nel nuovo ponte sulla Dora a Torino, collaudato lo scorso agosto, 2000 m² di armature, e circa 600 m³ di getto.

Riguardo alla rigidità delle costruzioni in *béton* armato rispetto alle sollecitazioni dinamiche, giova ricordare le interessantissime prove comparative all'urto istituite a Parigi dagli ingegneri della Società della ferrovia Parigi-Orléans su un solaio in *béton* armato nella stazione di Austerlitz ed un solaio in ferro con voltine in mattoni, pressochè della stessa portata, appartenente alla stazione del Quay d'Orsay, calcolato per il medesimo carico accidentale (3).

Si lasciò cadere sul solaio in *béton* un peso di kg. 100 da m. 4 di altezza: esso produsse delle vibrazioni di mm. 1,2 d'ampiezza massima le quali si estinsero in 5/7 di secondo; mentre per il solaio in ferro un peso di kg. 50 cadente da un'altezza di m. 2 produsse vibrazioni di mm. 7,8 che si estinsero in 2 secondi. Il peso per m² del solaio in *béton* era di kg. 300, e quello del solaio in ferro era di kg. 480. Dal che si conchiude che l'urto prodotto da un corpo possedente una forza viva di 400 kg. ha prodotto nel so-

laio in *béton* una freccia inferiore ad 1/5 di quella generata nel solaio in ferro dall'urto di un corpo avente soltanto la forza viva di 100 kg., non ostante che questo secondo solaio fosse più pesante.

Anche le prove statiche, e più ancora quelle all'urto eseguite sui solai del *Palais du costume* dell'Esposizione di Parigi del 1900, in occasione della sua demolizione, hanno sempre più confermato la rigidità di queste costruzioni, dovute essenzialmente alla solidarietà ed al concatenamento delle diverse parti da cui risultano. Mi limiterò a ricordare come un carico di kg. 147 lasciato cadere dall'altezza di m. 13 su di una trave di m. 8,32 di portata producesse una freccia non maggiore di mm. 4.

Voglio ancora citare a questo riguardo le prove dinamiche eseguite sul ponte di Châtellerault. Si disposero prima sulla carreggiata alcuni legni alti cm. 5 distanziati di m. 2, e si fece passare poi sul ponte una fila di carri di 8 tonn. ciascuno: si constatò che le vibrazioni prodotte da ogni urto si estinguevano rapidamente e l'ampiezza massima non sorpassò mm. 4,6 al vertice dell'arcata centrale di m. 50 di corda. In appresso si fece passare al passo ginnastico una truppa di fanteria di 250 uomini, il che produsse vibrazioni di mm. 2,6 di ampiezza al massimo. Questa seconda prova, molto severa per un ponte, fu anche eseguita per il ponte metallico *Lépine* situato a *La Villette* a Parigi, sopra la ferrovia del Nord, ma venne effettuata soltanto con 16 uomini, mentre la luce di questo ponte è solo di m. 45 e la sua larghezza è pressochè doppia dell'altro ponte: eppure l'ampiezza massima delle vibrazioni arrivò a mm. 3,2.

E del resto numerosissimi sono al giorno d'oggi gli stabilimenti industriali che possono attestare della resistenza delle costruzioni in *béton* armato alle vibrazioni. Un'altra inchiesta positiva a questo riguardo la troviamo nella *Revue du Génie militaire* (maggio 1901) nel qual giornale si legge che alla Raffineria parigina a *St. Ouen* una soletta di solaio di cm. 7 di spessore soltanto, sopportante numerose trasmissioni, utilizzanti non meno di 50 cav. di forza, ed esposta da 7 anni a continue vibrazioni, non presentava alcuna traccia di disgregazione, nè di fessure.

Le esperienze eseguite al Cairo, a Gand, a Parigi hanno poi dimostrato la resistenza delle costruzioni in *béton* armato all'azione del fuoco. Una relazione ufficiale sulle esperienze di Gand così si esprime:

« Le costruzioni provate rimasero esposte a temperature » da 700 a 1200° e si constatò che soltanto l'intonaco » aveva un poco sofferto, mentre la resistenza e l'elasticità » dei solai non erano rimaste modificate ».

Una circostanza che merita di essere rimarcata si è che nel colmo dell'incendio interno si poteva tenere ancora la mano contro la parete esterna dei muri, i quali avevano soltanto lo spessore di cm. 12. Il che dimostra che la trasmissione delle variazioni di temperatura attraverso il *béton* è così lenta, che non entra in giuoco la diversa *conducibilità* del ferro e del *béton*, che, altrimenti, non ostante l'eguaglianza dei coefficienti di dilatazione di questi

(1) Pubblicate nell'« Ingegneria Civile », Anno 1900, con 5 Tavole e 45 figure nel testo.

(2) Cfr. « Ingegneria Civile », Anno 1903, fasc. 2°, Tav. II.

(3) Cfr. G. FLAMENT. — « Constructions en *béton* armé ». — Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. — Août 1900.

due materiali sarebbe causa di disgregazione della costruzione.

A proposito della preservazione del ferro dalla ruggine, quando esso rimanga completamente immerso nel *béton*, che oramai tutti ammettono, venne fatta un'inchiesta ufficiale a Grenoble nel 1901. Vennero esaminati due tubi di una condotta d'acqua costruita nel 1886 col sistema Monier, nella quale l'acqua circolava sotto un carico di 25 m. Non ostante il piccolo spessore dell'involuppo, e che non fosse stata mai eseguita alcuna riparazione, si trovarono i detti tubi in perfetto stato di conservazione; i ferri non presentavano alcuna traccia di ossidazione e l'aderenza fra il metallo ed il cemento era considerevole.

Si afferma ancora che la ruggine, che talvolta ricopre già il ferro prima del suo impiego, se quest'ultimo rimanga per un certo tempo immerso nel *béton* di cemento, che è alcalino, si trasforma in un composto biancastro, *ferrito di calce*, mentre il ferro riprende l'aspetto primitivo; per modo che non sarebbe da preoccuparsi se durante l'esecuzione dei lavori i ferri, per essere rimasti esposti alle intemperie, presentino già qualche inizio di ossidazione.

Ma non ostante tutti questi vantaggi, che al giorno d'oggi vengono riconosciuti universalmente, le costruzioni in *béton* armato hanno ancora esse la loro storia patologica, dovuta principalmente all'inosservanza delle delicate cure che esigono tali costruzioni nel periodo di esecuzione, alla baldanza acquistata da alcuni costruttori in seguito ai buoni risultati precedentemente ottenuti, ed alla furia con cui talvolta si costruisce al giorno d'oggi. La dotta perizia dei signori Geisser, Ritter e Schüle a proposito del disastro di Basilea avvenuto nell'agosto 1901 (1) viene in appoggio di tale asserzione. Sebbene dai detti periti fosse riconosciuto che la causa essenziale di quel disastro non risiedeva nel sistema di costruzione, pure essi ritennero che a quella causa essenziale si dovessero aggiungere cause concomitanti, le quali spiegherebbero meglio la rapidità e l'estensione di quella rovina, e sono: « Insufficienza di alcune dimensioni; difettosa qualità dei materiali, difettosa esecuzione dei lavori, mancanza di dati sperimentali riguardo al *béton* impiegato, disordine nelle attribuzioni del personale, precipitazione nell'esecuzione dei lavori, irrazionalità sul modo di procedere per il disarmo ». Tali difetti pur troppo si sono lamentati e sono da temersi in altre costruzioni consimili, ed è perciò che la città di Basilea, sotto l'impressione di quel disastro, fece un'inchiesta presso le principali città della Svizzera e della Germania per sapere se e sotto quali condizioni venissero permesse costruzioni in *béton* armato. Alla quale domanda alcune delle città interpellate come Dresda, Düsseldorf, Francoforte, Amburgo, Karlsruhe, ecc., risposero mandando copia dei propri regolamenti già in vigore (2),

(1) « Expertenbericht betreffend den Gebäude-Einsturz in der Aeschenvorstadt Basel am 28 August 1901 ». — Zurich, 1901.

(2) Cfr. « Baupolizeiliche Vorschriften über Ausführung von Bauarbeiten in armiertem Beton ». — Basel, 1902.

e la stessa liberale Svizzera, per opera di una Commissione nominata in seno alla Società degli Ingegneri ed Architetti ed alla Società dei fabbricanti di cementi e calci, sta presentemente lavorando, sia nel campo sperimentale che in quello della teoria onde provvedere al modo migliore di disciplinare tali costruzioni (1).

Ed infatti è irrazionale che, mentre per le opere pubbliche in ferro od in muratura esistono prescrizioni tassative e rigorose circa la qualità dei materiali, le modalità di progetto e di esecuzione, e riguardo alle prove di collaudo, per costruzioni in *béton* armato invece, sia di carattere pubblico o privato, ci si affidi completamente alle Ditte costruttrici, limitandoci soltanto a verificare qualche freccia d'incurvamento in occasione delle prove di collaudo, le quali non possono avere che un'importanza relativa.

E questa cieca fiducia diviene ogni giorno più condannabile, in quanto che in questo genere di costruzioni, che esige cure tutt'affatto speciali nel periodo dell'esecuzione, mentre nei primi tempi era praticato da poche Ditte rispettabili e coscienziose, va naturalmente sempre più divulgandosi, e non mancano già costruttori audaci, od incapaci, od avidi di speculazioni che lo sfruttano screditando il sistema, danneggiando costruttori onesti, ponendo a repentaglio la stabilità stessa degli edifici.

È per tali considerazioni che nell'estate scorsa richiamai l'attenzione del Municipio di Torino sulla opportunità che anche da quel Comune, nel quale queste costruzioni hanno raggiunto un notevole sviluppo, si preparasse qualche norma regolamentare, giovandosi del diritto che viene conferito dalla legge comunale e provinciale (2). È per lo stesso motivo che nello scorso novembre feci alla Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino una lettura: « Sulla opportunità di una vigilanza del Municipio sulle costruzioni in *béton* armato e modo di esercitarla ».

In essa io dicevo:

« Non si pretende mica che con le invocate prescrizioni l'Autorità edilizia urbana prenda su di sé la responsabilità intera del buon esito di una costruzione in *béton* armato: si vuole soltanto che essa, col controllo del progetto, colla sorveglianza dell'esecuzione, colle prove di collaudo ponga il veto alle costruzioni proposte soltanto dall'audacia di costruttori incapaci od avidi di speculazioni, e rassicuri il pubblico sul conto di quelle altre costruzioni che sono progettate ed eseguite secondo le buone regole d'arte: restando tuttavia ancora al costruttore la responsabilità della riuscita completa dell'opera.

« Così intesa, una tale ingerenza non può che incontrare il beneplacito, oltrechè della popolazione, anche degli stessi

(1) Cfr. « Gutachten über Betoneisenkonstruktionen und Deckenkonstruktionen (Geiser, Ritter, Schüle) ». — Basel, 1902.

Anche in Francia si è costituita una Commissione per lo studio delle costruzioni in *béton* armato.

(2) *Regolamento di polizia urbana* (19 settembre 1899) per l'esecuzione della *Legge comunale e provinciale*. Art. 62, capoverso 6.

fornitori e costruttori coscienziosi; giacchè questo nuovo sistema di costruzione, applicato che sia colle dovute regole, innanzi tutto con buoni materiali e poi con accurati procedimenti di esecuzione, e liberato dall'audace speculazione di pochi costruttori disonesti, non potrà a meno di accaparrarsi la fiducia del pubblico e procedere vittorioso nella via del progresso, che per molti titoli gli appartiene. Il che è sommamente a desiderarsi che avvenga nel nostro Paese, dove questo genere di costruzioni, in grazia delle ottime fabbriche nazionali di cemento, può esplicarsi completamente, senza renderci tributarii dell'estero ».

Le difficoltà per formulare ed applicare tale regolamento saranno certamente non lievi, nè converrebbe, a quanto sembra, emanare d'un colpo un regolamento obbligatorio per le costruzioni anche dei privati. Sarebbe preferibile procedere per gradi, studiando dapprima un regolamento provvisorio, che potrebbe il Comune cominciare a sperimentare per le opere di sua pertinenza; frattanto tali norme costruttive gioverebbero anche ai terzi come codice di ben costruire e sarebbero forse citate ed applicate spontaneamente dai privati nei loro contratti.

Appunto con tale intendimento l'Ufficio Tecnico Municipale di Torino, dopo il mio richiamo, compilò un progetto di regolamento per le costruzioni sue proprie. La Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino, udita la mia conferenza, affidò ad una Commissione di esaminare se ed in qual modo convenisse introdurre nei regolamenti di polizia urbana edilizia qualche prescrizione riguardo alle costruzioni in *béton* armato, e di convalidare i suoi giudizi con prove sperimentali da eseguirsi su larga scala e su campioni di dimensioni paragonabili a quelle delle costruzioni pratiche.

La Commissione, riservandosi di procedere al più presto possibile alle dette prove sperimentali, per le quali bisogna superare difficoltà non lievi di vario genere, ha frattanto esaminato e modificato il progetto di Regolamento compilato dall'Ufficio Tecnico Municipale; esso fu proprio in questi giorni approvato dall'Assemblea della Società e venne già preso in considerazione dalla Giunta Municipale. Questo documento è ancora incompleto, perchè manca delle norme di calcolo, le quali si desidera che vengano suffragate da ulteriori risultati sperimentali, ma ad ogni modo esso contiene già delle disposizioni di una certa importanza per assicurare la buona esecuzione dei lavori.

Spero che potrà interessarvi di conoscere le disposizioni di questo regolamento; ma prima permettetemi di riassumere in breve i difetti che più comunemente possono riscontrarsi nelle costruzioni in *béton* armato, ed ai quali appunto si tratta di provvedere con norme regolamentari.

Innanzitutto i materiali impiegati sono talvolta di non buona qualità. È notorio che viene impiegato per queste costruzioni il cemento a lenta presa, uso Portland, di prima od anche di seconda qualità; ma non sempre esso corrisponde ai requisiti che deve presentare, o non è conservato in luoghi adatti.

La sabbia e la ghiaietta non sempre sono della qualità migliore, od i loro elementi non hanno le dimensioni più convenienti; spesso si ha poco riguardo che esse siano totalmente prive di sostanze ferrose o vegetali, e torna opportuno ricordare che queste sostanze estranee, anche in proporzioni minime, possono impedire l'aderenza e la presa del cemento.

Non sempre le proporzioni dell'impasto sono ben stabilite in relazione allo stato granulometrico della sabbia e della ghiaietta, per modo che esso risulti compatto.

Viene spesso trascurata la manipolazione dell'impasto. Il ferro non è sempre della qualità voluta.

Nella posa in opera di questi materiali non si ha sempre scrupoloso riguardo che i ferri abbiano l'esatta posizione loro assegnata nel progetto, o questa viene alterata durante la pilonatura del *béton* per cedimento delle armature di legname, ed è noto che spostamenti di pochi millimetri possono produrre variazioni notevoli negli sforzi interni della costruzione.

Non sempre la pilonatura del *béton* è spinta al grado voluto, specialmente dove più ingombranti sono i ferri, nei quali punti, ancorchè s'impieghi talvolta il *béton* colato, che del resto è meno resistente di quello pionato, si raggiunge con difficoltà la necessaria compattezza.

Per la fretta con cui si costruisce talvolta al giorno d'oggi, sia per combattere la concorrenza, sia per avidità di guadagno, difficilmente si osservano quelle delicate cure di cui ha bisogno questo genere di costruzioni: si trascurano le dovute cautele contro le intemperie e specialmente contro il gelo; non si hanno i riguardi necessari nelle riprese di lavoro, delicatissime in questo genere di costruzioni; non sempre si attende a disarmare quando il *béton* abbia raggiunto la dovuta maturazione.

Si aggiungano poi i possibili errori di progetto e di calcolo. Divulgandosi ogni giorno più questo genere di costruzioni, vengono talvolta cangiate da nuovi costruttori, allo scopo di rendersi indipendenti da private ancora in vigore, o per ragioni di economia, quelle disposizioni che avevano ormai acquistata la sanzione della pratica. Si è poi accentuata la tendenza generale a cimentare i materiali ad un maggiore sforzo. In molte costruzioni si sottopone ora il ferro ad uno sforzo da 10 a 15 kg./mm², mentre in buona regola non dovrebbe mai oltrepassarsi il più basso di questi due limiti, perchè è bene ricordare che appena nel ferro si producono deformazioni permanenti sensibili, appena, cioè, venga oltrepassato il periodo elastico, la stabilità di una costruzione in *béton* armato è seriamente compromessa.

Quest'audacia nel sottoporre il ferro a sforzi eccessivi è un effetto della concorrenza fra le costruzioni in *béton* armato e quelle esclusivamente metalliche. In questa pratica hanno cominciato i costruttori in *béton* armato, scusandosi col dire che il ferro in queste costruzioni, e per la forma in cui viene impiegato, e per non essere indebolito da chiodature od altre unioni, e liberato dai cosiddetti *sforzi secondari*, si trova in migliori condizioni di resi-

stenza. Ne è derivato che i costruttori dell'altro sistema, per far fronte alla concorrenza, hanno innalzato anch'essi il carico di sicurezza, e si parla di *poutrelles* da solai sottoposte a sforzo eccessivo e calcolate per di più come incastrate. A questo proposito è opportuno l'osservare che se conviene provvedere con norme regolamentari alla buona esecuzione delle costruzioni in *béton* armato, sarebbe giusto che le autorità competenti provvedessero anche alle buone norme costruttive per le costruzioni metalliche.

Finalmente nelle costruzioni in *béton* armato si procede generalmente in modo erroneo nel calcolo dei pilastri, sia nel valutare la parte di resistenza offerta dal *béton* e quella offerta dal ferro, sia trascurando il cosiddetto carico di punta e non tenendo nel debito conto le possibili eccentricità dello sforzo.

Ad ovviare ai sovraccennati difetti dovrebbe appunto servire il regolamento edilizio (1).

Nel chiudere questa mia povera e disadorna conferenza permettetemi di esprimere un voto, che, cioè, questo primo impulso dato a tal genere di ricerche, per trovar modo di disciplinare le costruzioni in *béton* armato, incontri benevola accoglienza presso la vostra Società, la quale voglia perciò interessarsi di studiare più a fondo e con maggiore autorità l'argomento, dando in pari tempo tutto l'appoggio, anzi tutta la spinta possibile, perchè simultaneamente progrediscono le ricerche teoriche e soprattutto quelle sperimentali su questo geniale sistema di costruzione, per modo che anche nella nostra Italia possa farsi qualcosa di paragonabile a quanto si è già fatto all'estero, e specialmente dalla benemerita *Gewölbe Ausschuss* austriaca. E se, per raggiungere più facilmente lo scopo, questa proposta potesse servire a fare un primo passo verso la formazione di una Confederazione unica degli ingegneri e degli architetti italiani, la quale, affiatando meglio tutti i colleghi sparsi per il Regno, rinsanguasse certe Società attuali troppo anemiche, e col sistema della *Presidenza circolante*, ad imitazione di quanto già fa l'Associazione Elettrotecnica, eliminasse le possibili giuste suscettibilità delle attuali Associazioni più fiorenti, dovrei doppiamente esser grato a voi di avermi offerto una sì bella occasione per contribuire anch'io, benchè in minima parte, al conseguimento di sì nobile scopo.

II.

PRESCRIZIONI SPECIALI

PER LE OPERE DI SMALTO CEMENTIZIO ARMATO

da eseguirsi per conto della città di Torino

proposte dalla "Commissione",

nominata dalla Società degli Ingegneri ed Architetti in Torino

ed approvate dalla Società stessa.

1° Di ogni opera di smalto cementizio armato, da eseguirsi per conto della città di Torino, dovrà presentarsi il progetto completo esecutivo, dal quale risultino tutte le singole dimen-

(1) Veggasi più sotto il sopraccitato progetto di Regolamento da adottarsi dal Municipio di Torino per le opere di sua pertinenza.

sioni e disposizioni del ferro e dello smalto; tale progetto dovrà essere firmato da un ingegnere, che dichiarerà inoltre esplicitamente di aver istituito gli opportuni calcoli statici per stabilire le varie dimensioni proposte, uniformandosi in tutto a queste prescrizioni.

Si intende che detto ingegnere, pel solo fatto di aver formulato la predetta dichiarazione ed apposto la firma, assume intiera la responsabilità del progetto; quando poi l'Ingegnere progettante sia anche l'imprenditore dei lavori, egli avrà ancora la responsabilità completa dell'esecuzione;

2° Allorchè l'autore del progetto non è egli stesso l'esecutore delle opere, i lavori potranno soltanto affidarsi ad imprenditori specialisti in materia, che presentino un certificato di idoneità, rilasciato da un Prefetto o Sotto-Prefetto, oppure dal Sindaco di Torino; dal quale certificato risulti, indipendentemente da qualsiasi brevetto di privativa, che essi hanno eseguito o diretto, per conto di Ditte favorevolmente conosciute, lavori pubblici o privati d'importanza, dando prova di perizia e di sufficiente pratica nell'esecuzione di detti lavori; ed in questo caso l'imprenditore assume la responsabilità dell'esecuzione dei lavori affidatigli;

3° Il progetto presentato deve fornire indicazioni precise sulle qualità, provenienza e proprietà dei materiali da impiegarsi, sulla dosatura dello smalto cementizio proposto, sulle modalità d'esecuzione, sull'armatura di sostegno e sul tempo del disarmo e delle prove di collaudo;

4° Il cemento da impiegarsi dovrà essere esclusivamente a lenta presa, di prima o di seconda qualità, a volume invariabile ed in tutto rispondente alle norme per l'accettazione vigenti presso il Municipio di Torino; esso assai prima dell'impiego dovrà essere provvisto in adatti magazzini e potrà in ogni tempo il Municipio sottoporlo a quelli esperimenti che crederà del caso (1);

5° La sabbia sarà di grani medi, scricchiolante alla mano, e non lascerà traccia di sporco, sarà esente da ogni materia terrosa, vegetale, melmosa o polverulenta. In caso contrario sarà lavata all'acqua corrente.

La ghiaietta sarà ben pura e scevra da qualunque sostanza estranea; in caso contrario sarà lavata all'acqua corrente. Dovrà passare al crivello di 3 cm. di maglia.

La dosatura del cemento per le costruzioni civili correnti sarà almeno di kg. 300 per metro cubo d'impasto in opera. La misura della sabbia sarà fatta escludendo qualsiasi compressione. L'acqua da usarsi negli impasti sarà ben limpida e pura;

(1) La Commissione propone per l'accettazione del cemento le seguenti condizioni:

a) Densità assoluta minima = 3,05;

b) Residuo massimo al setaccio di $\left\{ \begin{array}{l} 900 \text{ maglie} = 6\% ; \\ 4900 \text{ } \gg \quad = 30\% ; \end{array} \right.$

c) La presa, alla temperatura di $15^{\circ} \div 18^{\circ}$, non deve cominciare prima di 30', nè terminare prima di 3 ore, o dopo 12 ore;

d) La prova a caldo sull'invariabilità di volume non deve dare un aumento di distanza fra le punte delle lancette maggiore di mm. 10. Essa serve per l'accettazione immediata del cemento, non per il rifiuto per il quale dovranno concorrere le prove e.

Quando non occorra un giudizio immediato sull'accettabilità del cemento, si procederà anche alle:

e) Prove a freddo sull'invariabilità di volume per mezzo dell'apparecchio *Bauschinger*, o colla semplice preparazione di focacce e pallottole;

f) Prove di resistenza su saggi di malta normale 1:3, confezionati a macchina, le quali dovranno dare almeno i seguenti risultati:

	Dopo 7 giorni	Dopo 28 giorni
Saggi a $\left\{ \begin{array}{l} \text{tensione} \dots \end{array} \right.$	Kg./cm ² 12	Kg./cm ² 16
$\left\{ \begin{array}{l} \text{pressione} \dots \end{array} \right.$	\gg 100	\gg 150.

6° Nei calcoli di stabilità non si terrà alcun conto della resistenza dello smalto alla tensione ed al taglio, ma sarà da ritenersi che queste resistenze siano unicamente offerte dai ferri delle armature. Si ammetterà quindi che lo smalto resista unicamente agli sforzi di compressione.

Lo sforzo unitario massimo di compressione sopportato dallo smalto in opera, calcolato colle formole adottate dal Municipio, non dovrà mai eccedere la quinta parte del carico di schiacciamento a 28 giorni di maturazione.

Al fine di controllare la resistenza dello smalto allo schiacciamento, all'inizio dell'esecuzione dell'opera la Direzione dei lavori potrà obbligare l'autore od imprenditore a formare in contraddittorio almeno quattro provini di smalto di cm. 14 di lato, prelevandoli dai primi impasti già allestiti per il lavoro di cui si tratta; questi provini saranno consegnati all'Ufficio, il quale li conserverà in luogo adatto e dopo 28 giorni li presenterà al Direttore del Laboratorio Sperimentale dei materiali da costruzione della R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri di Torino per le opportune prove, da eseguirsi a spese dell'imprenditore.

Se il carico medio di schiacciamento sarà inferiore del 10% allo sforzo cinque volte maggiore di quello sopportato dallo smalto in opera, calcolato come sopra si è detto, l'opera sarà dichiarata sospetta, e l'Amministrazione Comunale si riserva la piena libertà di ordinare in questi casi le opere di rinforzo che crederà opportune, non escludendo in casi gravi la demolizione del lavoro fatto, a suo esclusivo giudizio;

7° Il ferro da impiegarsi nelle armature interne dello smalto sarà preferibilmente il cosiddetto ferro omogeneo o ferro colato (purché si evitino le saldature, o si controlli la riuscita delle medesime con qualche prova di resistenza), sarà liscio alla superficie, privo di gobbe o soffiature, di screpolature agli spigoli e di altre soluzioni di continuità. La resistenza del detto ferro alla rottura per tensione, misurata su provette preparate esclusivamente a freddo e conformi ai tipi normali adottati dal Laboratorio Sperimentale sopra indicato, non dovrà risultare inferiore a kg. 37 per millimetro quadrato; l'allungamento dopo rottura non sarà minore del 20%. Lo sforzo unitario massimo sopportato dal ferro in opera, calcolato colle formole adottate dal Municipio, non sarà mai maggiore di 1000 chilogrammi per centimetro quadrato quando si tratti di tensione e chilogrammi 800 quando si tratti di taglio.

Qualora s'impieghi il *ferro agglomerato*, esso sarà compatto, malleabile a caldo ed a freddo, saldabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature longitudinali e marginali, non dovrà presentare bruciature, saldature aperte ed altre soluzioni di continuità.

La resistenza alla rottura per tensione non sarà minore di kg. 34 per millimetro quadrato; l'allungamento dopo rottura sarà almeno del 10%.

Il carico di sicurezza alla tensione e quello al taglio saranno soltanto i quattro quinti di quelli concessi per il ferro omogeneo.

Oltre alle prove a rottura per tensione potranno richiedersi le seguenti prove al piegamento:

Prova al piegamento per il ferro omogeneo. — Un pezzo di ferro tondo o quadro od una barretta riscaldata al color rosso chiaro ed immersa nell'acqua a 28° dovrà potersi ripiegare col martello su sè stessa in modo da formare un cappio, il cui occhio abbia un diametro eguale alla grossezza del ferro, senza che si producano fenditure.

Prova al piegamento per il ferro agglomerato. — Un pezzo di ferro tondo o quadro od una barretta dovrà potersi piegare a freddo col martello, ad angolo retto, attorno ad un cilindro, il cui diametro sia sei volte la grossezza del ferro.

Per tutte le prove suddette si potranno sperimentare per

ogni 100 pezzi tre saggi, ricavati, se è possibile, dai ritagli di estremità. Se uno di essi non soddisfa alle prove prescritte, si prenderanno dalla relativa fornitura altri due saggi; se, di nuovo, uno di questi ultimi non vi soddisfa, il materiale verrà rifiutato.

I ferri delle armature interne dovranno essere disposti nella esecuzione dei lavori secondo le precise posizioni segnate in progetto;

8° Quando le costruzioni di smalto armato siano soggette ad azioni dinamiche e quindi ad oscillazioni, si dovrà nei calcoli di stabilità assumere per sovraccarico quello effettivo aumentato del 25%, od anche più in casi eccezionali;

9° Nel calcolo dei solidi inflessi si terrà conto dell'evenienza che venga a mancare completamente la resistenza dello smalto alla tensione, ed in tal caso lo sforzo unitario massimo di tensione nel ferro e quello massimo di compressione nello smalto, calcolati colle formole adottate dal Municipio, non dovranno superare i limiti sopra indicati.

La resistenza per compressione dei muri, pilastri e colonne di smalto armato dovrà calcolarsi, tenendo conto del carico di punta. A causa poi delle differenti elasticità dello smalto e del ferro si dovrà ritenere che il ferro nello smalto armato non presenti una resistenza utile per compressione superiore in cifra tonda al decuplo di quella ammessa per lo smalto.

Peraltro se l'armatura metallica è sufficiente e ben progettata per modo da garantire l'azione di fasciatura sullo smalto dei pilastri, potrà l'Amministrazione concedere per quest'ultimo uno sforzo unitario massimo maggiore di quello ammesso per i solidi inflessi, nella misura che essa, caso per caso, riterrà opportuna, non mai però maggiore del 30%.

Quando per i detti solidi l'eccentricità della sollecitazione a compressione fosse apprezzabile, si dovrà nei calcoli statici considerarli *come lunghi prismi compressi parallelamente al loro asse geometrico*;

10° Per accertare l'uniformità nella composizione e resistenza dello smalto cementizio, la Direzione dei lavori, anche durante l'esecuzione delle opere, potrà fare spesso prelevi di smalto, formando con esso cubi di assaggio di 14 centimetri di lato, che custodirà in luogo adatto per presentarli poi dopo 28 giorni al Direttore del Laboratorio Sperimentale già indicato al n. 6, per essere, a spese dell'imprenditore, sottoposti alle prove di resistenza per compressione.

Quando i risultati di queste prove fossero anche soltanto parzialmente deficienti, avrà effetto la riserva di cui all'ultimo alinea dell'art. 6 di queste Prescrizioni;

11° Mano a mano che una parte di un'opera di smalto cementizio armato sarà ultimata, dovrà essere protetta da una disseccazione rapida col mezzo di ripari e di convenienti inaffiamenti, come pure dalle intemperie.

È assolutamente vietato di mettere in opera lo smalto cementizio a temperatura inferiore a 0 gradi, salvo che si adottino provvedimenti speciali da approvarsi dalla Direzione dei lavori;

12° Nelle opere di smalto cementizio di grande superficie e specialmente nei tetti piani, si raccomanda di lasciare, ogni qualvolta sia possibile, giunti liberi a distanza non maggiore di 8 metri, da distribuirsi in punti nei quali non rimanga compromessa la stabilità della costruzione, onde ovviare agli inconvenienti che proverebbero da impedito dilatazioni termiche;

13° Una costruzione di smalto armato non potrà ricevere alcun carico, nè essere disarmata prima che lo smalto sia sufficientemente indurito, ed in ogni caso per semplici solette, come pure per solai non eccedenti la portata di m. 6, devesi riguardare come limite inferiore 14 giorni; le nervature di maggiori portate rimarranno armate per più tempo, occorrendo, fino a 28 giorni. Se in un edificio esistessero parti

di eccezionale importanza statica, come grandi piattabande, pilastri assai caricati, ecc., occorrendo, si manterranno armate anche fino a due mesi. In presenza di stagioni eccezionalmente contrarie alla buona maturazione dello smalto, i suddetti limiti verranno convenientemente spostati;

14° La prova di collaudo di un'opera di smalto cementizio armato non avrà luogo prima di 60 giorni dalla sua ultimazione e si farà sottoponendo la costruzione ad un sovraccarico eguale a 3/2 di quello effettivo, stabilito in contratto. Sotto tale sovraccarico non si dovranno manifestare deformazioni permanenti maggiori del 30 % delle deformazioni totali. Le frecce d'incurvamento per una costruzione a solaio non dovranno risultare mai superiori ad 1/1000 della portata;

15° Oltre all'osservare tutte queste disposizioni, l'imprenditore dovrà di sua iniziativa adottare ed impiegare tutti i mezzi d'opera ed usare tutte le precauzioni per ottenere una perfetta esecuzione del lavoro, e dovrà inoltre uniformarsi a tutte le altre istruzioni che potranno essere fornite dalla Direzione; e sarà pure ad esclusivo carico e responsabilità dell'imprenditore l'assicurarsi che le armature provvisorie in legname, che serviranno per il getto dello smalto, abbiano conveniente stabilità.

L'imprenditore dovrà inoltre curare la posa di *ligati* o *cuscinetti* di pietra concia e la costruzione di travi di cemento armato che fossero necessarie per procurare un buon appoggio alle travi orizzontali ed alle centine di smalto armato.

Nessuna costruzione in smalto armato potrà entrare in servizio, sia pure transitorio, prima delle prove di collaudo; l'uso che eventualmente ne facesse il costruttore è a tutto suo rischio e pericolo.

Seguirà, a suo tempo, la pubblicazione di esempi di calcolo di costruzioni in smalto di cemento armato.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

LE INDUSTRIE ELETTRICHE NAZIONALI

Nel giugno del 1883 a Milano, per ardita iniziativa della « Società Generale Italiana di Eletticità sistema Edison », sorse la prima stazione centrale di elettricità di Europa, dopo quella impiantata a New York dalla « Edison Electric Illuminating C. », con lo scopo di illuminare una limitata zona di quella città nei pressi del Duomo.

Prima di quest'epoca, gli impianti elettrici per illuminazione e forza motrice erano costituiti con una o più dinamo, alimentanti direttamente le lampade ed i motori, e di essi quei pochi che raggiungevano la potenzialità di qualche centinaio di cavalli erano allora considerati come i più grandi.

Dal 1883 fino ad oggi sono decorsi 20 anni, e tuttavia in questo breve lasso di tempo quale gigantesco passo ha fatto l'elettrotecnica! Quante meraviglie ci ha procurato la corrente elettrica! Venti anni fa non sarebbe certamente stato creduto chi avesse detto che la corrente alternata, ad esempio, avrebbe trionfato sulla corrente continua; che si sarebbe potuto da una sola stazione centrale distribuire l'energia elettrica per l'illuminazione di intere città e per animare quanti si vogliano opifici industriali; che, mediante la corrente alternata, sarebbe stata possibile la trasmissione, con estrema facilità ed in condizioni affatto economiche, di migliaia di cavalli anche a centinaia di chilometri di distanza; che la trazione animale nelle città avrebbe dovuto cedere a quella elettrica, e che la trazione a vapore sulle ferrovie si sarebbe potuto sostituire con quella elettrica.

Eppure, queste applicazioni, che 20 anni fa si sarebbero ritenute impossibili, oggi ci è permesso di constatarle non solo, ma di vederle anche con attività vertiginosa dall'industria ogni giorno estendere, facendoci strabiliare ed affascinandoci col miraggio di tante altre applicazioni riservate al prossimo avvenire.

Nè occorre indagarne la causa, poichè esse non rappresentano che lo svolgimento naturale di tutta la potenzialità racchiusa nei trovati scientifici fatti in quest'ultimo ventennio, tuttochè la corrente elettrica si mantenga ancora impenetrabile al nostro sguardo indagatore nei suoi segreti.

*

A questo movimento industriale, che tanti capitali ha messo in giuoco, tante energie e tante intelligenze, l'Italia ha contribuito anch'essa, specialmente per quanto riguarda le distribuzioni di energia dalle stazioni centrali, i grandi trasporti elettrici a distanza, la trazione elettrica sulle tramvie e ferrovie.

Ed invero, dopo l'impianto a corrente continua citato di Milano e gli altri che su questo tipo presto sorsero in varie altre città, come a Terni ed a Palermo, non appena si constatò la possibilità economica della trasformazione delle correnti alternate ad alta tensione in correnti a bassa tensione, mediante i generatori secondari o trasformatori elettrici Gaulard e Gibbs, cominciarono a svilupparsi anche gli impianti a corrente alternata semplice.

I trasformatori elettrici sono precisamente apparecchi di induzione elettromagnetica, capaci di variare i due fattori elettrici dell'energia, la forza elettromotrice, cioè, e l'intensità della corrente, capaci, in altri termini, di fornire una corrente alternata contemporaneamente ad un'altra che li attraversa, ma sotto forma più maneggevole, meno pericolosa per le applicazioni. Essi non potevano non promuovere il maggiore impiego della corrente alternata, poichè permettono di aumentare il raggio d'azione della corrente elettrica, dipendendo la sezione da assegnarsi ai conduttori soltanto dalla intensità della corrente e non dalla forza elettromotrice.

Tuttavia, al loro primo apparire, non incontrarono il favore degli elettricisti, i quali li ritenevano di basso rendimento industriale; e, se non indugiarono ad entrare nelle applicazioni e a ritardare lo sviluppo della tecnica delle correnti alternate ad alto potenziale, devesi esclusivamente al nostro Galileo Ferraris, che nel 1885 ne dimostrò in modo affatto esauriente le singolari proprietà, e fra queste, soprattutto, l'elevato rendimento.

La prima applicazione dei trasformatori Gaulard si ebbe appunto in tale anno nell'impianto per l'illuminazione delle strade di Tivoli. Quest'impianto, oltremodo modesto, fu subito seguito da quello dei « Cerchi » presso Roma con trasformatori del tipo Ganz a 1800 volt, veramente ardito per quell'epoca in cui la corrente alternata ad alta tensione era una incognita per tutti, e negli anni successivi dagli impianti di Palermo, Treviso, Terni, Livorno, Venezia, Torino, Pordenone, Siracusa, Cuneo e di altre città d'Italia.

Un altro passo notevole fece la tecnica delle correnti alternate semplici ad alto potenziale, quando si pensò di utilizzare per la produzione dell'energia elettrica le forze idrauliche esistenti anche a grandi distanze dal punto dove potevano essere utilizzate. Fu merito esclusivo della « Società Anglo-Romana per l'illuminazione di Roma » di aver dato nel 1891 il primo esempio, in tutto il mondo, di trasporto di una rilevante energia elettrica a notevole distanza, per distribuzione di luce e di forza motrice ad una grande città, con la trasmissione elettrica a Roma, mediante corrente alternata semplice a 5000 volt, di 2000 cavalli ricavati da una delle cascate di Tivoli. L'impianto idro-elettrico di Tivoli servi di modello per

quelli che successivamente si stabilirono in altre città d'Europa e d'Italia.

Nel frattempo, anche la corrente continua non perdeva terreno, imperocchè, oltre a permettere l'uso degli accumulatori elettrici, tanto utili in alcune applicazioni, non presenta nessuna difficoltà per l'alimentazione dei motori elettrici. Si ebbero così in Italia diversi impianti a corrente continua, dei quali alcuni veramente importanti per potenzialità e per l'alta tensione raggiunta. Rammento soltanto l'impianto di Napoli con potenti sottostazioni di accumulatori, cominciato a funzionare nel 1890, e l'impianto idro-elettrico ad alto potenziale con distribuzione in serie di motori, stabilito nel marzo 1889 dalla « Società degli Acquedotti De Ferrari Galliera di Genova » e terminato nel 1892.

Ma la corrente alternata era continuamente oggetto di studi degli elettrotecnici, poichè su di questa si prevedeva essere fondato tutto lo sviluppo della elettrotecnica industriale. Gli elettrotecnici avevano avuto ampio modo di constatare che la corrente alternata semplice, se permette di raggiungere potenziali elevati e di effettuare trasporti di energia elettrica a grandi distanze, incomparabilmente maggiori di quelle che si possa con la corrente continua, a parità di spesa di rame, non permette invece, come questa, la costruzione di motori dotati di perfetta stabilità e capaci di avviarsi sotto carico. Fortemente preoccupati di ciò, gli elettrotecnici avevano rivolto il loro studio sulle correnti alternate polifasi che, come le monofasi, possono prodursi con semplici generatori in qualsiasi misura e sotto quella tensione che si voglia.

Galileo Ferraris, appassionato cultore di queste correnti, nel 1885, mandando in due spirali immobili ed incrociate due correnti alternative semplici, spostate fra loro per modo che nell'istante in cui l'una raggiunge il valore massimo l'altra si trova nel punto di passaggio dei valori positivi ai valori negativi, constatò, conformemente alle sue previsioni, che nello spazio compreso tra le spirali si genera un campo magnetico rotante, capace di far girare un cilindro di rame che fosse stato posto entro di esso. Il principio, su cui s'informa tale scoperta, si rende accessibile anche al profano in elettrotecnica, se si ricorda l'azione combinata delle aste degli stantuffi di una macchina a vapore a due cilindri. Come in questa macchina l'albero motore si pone in rotazione regolare e continua, perchè le manovelle, disposte ortogonalmente, sono mosse dalle aste degli stantuffi, contro i quali agisce la forza del vapore in modo alternativo ed in fase diversa, così nell'esperimento del Ferraris il cilindro di rame, trovandosi sollecitato, in grazia delle correnti circolanti nelle due spirali, da forze alternative opportunamente accoppiate tanto in direzione che in fase, può ruotare in modo regolare e continuo e porsi in moto senza ricorrere ad artifici, vincendo anche delle resistenze d'avviamento.

Questa scoperta, che la modestia del Ferraris fece conoscere al pubblico soltanto qualche anno dopo, permise la costruzione di quei motori polifasi, noti col nome di motori a *campo rotante* od a *campo Ferraris*, che così utili si sono resi nella distribuzione dell'energia elettrica a distanza per forza motrice, riassumendo in modo affatto armonico le proprietà inerenti sia ai motori a corrente continua, sia a quelli a corrente alternata semplice. La dimostrazione esauriente del valore pratico dei sistemi polifasi e della possibilità di elevare con tutta sicurezza fino a 15000 volt la differenza di potenziale fra i conduttori di linea, e di trasmettere, per conseguenza, considerevoli quantità di energia elettrica a distanze ancora maggiori di quelle raggiunte con le correnti alternate semplici, fu data dall'interessantissimo trasporto di energia elettrica da Lauffen a Francfort nel 1891, che attirò l'attenzione di tutti gli elettrotecnici.

Dopo questa prova, gli impianti polifasi in Italia, e spe-

cialmente quelli trifasici, si moltiplicarono con rapidità e si preferirono anche nei casi in cui la corrente monofase poteva del pari utilmente essere impiegata. Tra quelli più notevoli meritano particolare menzione l'impianto trifasico di Paderno di 15120 cavalli, intrapreso nel 1896 dalla « Società Generale Italiana Edison di Eletticità », l'impianto di Vizzola-Ticino di 20000 cavalli, creato dalla « Società Lombarda per distribuzione di energia elettrica » e recentemente compiuto, gli impianti di Bussoleno, di Castellamonte e di Lanzo della « Società di Eletticità Alta Italia », l'impianto della « Ditta Frascini e Porta » di Brescia, l'impianto della « Società Napoletana per imprese elettriche », ecc.

Questa enorme quantità di energia elettrica che quotidianamente è prodotta nelle nostre centrali idro-elettriche e mediante semplici fili di rame è trasmessa a notevoli distanze nei centri popolati, è oggi tutta utilizzata per dare luce, animare officine, far muovere centinaia di carrozze tramviarie; in alcune località, come nella industriosa Lombardia, è persino insufficiente a soddisfare le continue richieste degli industriali. Soltanto qualche centrale idro-elettrica ha avuto presso di noi poca fortuna, perchè limitò la sua azione sul sito stesso per fornire l'energia elettrica a qualche fabbrica elettro-chimica od elettro-metallurgica, di cui il bisogno non si sentiva ancora imperioso, od i mezzi di produzione erano ancora imperfettamente studiati. Cito, ad esempio, la fabbricazione del carburo di calcio, di cui la sovrapproduzione è stata tale da ridurre il prezzo di vendita ad un valore troppo basso e poco remunerativo.

Il crescente sviluppo degli impianti idro-elettrici trifasici ha arrecato, tra i tanti benefici, anche quello non lieve di ridurre la somma che annualmente esce d'Italia per l'importazione del carbone. Questo agente produttore di energia meccanica, che è attualmente scomparso da numerosi opifici industriali, occupa però ancora un importante posto nelle nostre centrali idro-elettriche. Il vapore, che con esso possiamo produrre, nello stato attuale della tecnica elettrica, è spesso un alleato indispensabile dell'energia idro-elettrica, imperocchè le macchine a vapore suppliscono felicemente all'insufficienza delle turbine nei periodi di magra durante l'estate, o nel caso di eventuali guasti nelle canalizzazioni elettriche, colleganti le stazioni centrali alle sottostazioni trasformatrici e di distribuzione.

Mentre gli impianti idro-elettrici di diversa potenzialità venivano man mano creandosi in diversi punti d'Italia, altri impianti elettrici si costituivano nelle provincie povere di forze idrauliche, impiegandosi per la produzione dell'energia elettrica le motrici a vapore ed i motori a gas. Parecchi poi di quelli eseguiti in epoche anteriori furono modificati in parte o totalmente, per modo da renderli meglio corrispondenti ai progressi conseguiti nella tecnica.

Gli impianti idro-elettrici trifasici citati non sono pertanto gli unici più notevoli che l'Italia possederà. Altri grandiosi trasporti elettrici, sebbene non compiuti, sono già in funzione, altri se ne stanno costruendo ed altri sono in corso di studio, imperocchè in Italia si hanno ancora potenti salti idraulici, che possono utilmente utilizzarsi per la produzione dell'energia elettrica. Fra i primi mi limito a ricordare l'impianto a 30000 volt della « Società delle forze idrauliche del Moncenisio »: e quello della « Società delle forze idrauliche dell'Alto Po »; tra i secondi gli impianti del Cellina, del Caffaro, del Brembo.

Nelle applicazioni della elettricità alla trazione su tramvie e su grandi linee ferroviarie, l'Italia tiene pure un primario posto. In quasi tutte le nostre principali città si hanno oramai ricche reti di tramvie elettriche ed altre linee importanti si stanno costruendo. L'arduo problema delle ferrovie elettriche fu, d'altra parte, coraggiosamente affrontato dalle nostre due grandi Società ferroviarie, l'Adriatica e la Mediterranea. La

prima ha applicata la trazione elettrica alle linee Valtellinesi Lecco-Colico-Sondrio-Chiavenna per un percorso di oltre 106 km., adottando il sistema trifase ad alto potenziale, la seconda al gruppo di linee che partendo da Milano si dirama da Gallarate su Arona, Laveno, Porto Ceresio, adottando il sistema a corrente continua con la cosiddetta *terza rotaia*, ma limitandolo pel momento alla sola linea Milano-Gallarate-Varese e al solo movimento dei viaggiatori.

I grandiosi nostri impianti trifasici per distribuzione d'energia elettrica e per la trazione sulle ferrovie, notevoli per le ingenti opere idrauliche che hanno richiesto, per la potenzialità delle stazioni centrali, per gli alternatori installati e per le elevate tensioni raggiunte, giustamente formano oggetto di ammirazione e di studio da parte del mondo intero.

*

Ma l'attività italiana si è pure esplicata nella costruzione del macchinario elettrico, non però così diffusamente come in Germania e soprattutto in America.

Non appena l'industria elettrica incominciò ad affermarsi all'estero, il « Tecnomasio italiano », primo in Italia, intraprese la costruzione delle dinamo secondo i primitivi modelli Gramme, e nel 1884 costruì le dinamo del tipo *superiore*, che venne subito imitato da altri costruttori: il Siemens, il Gramme stesso, il Kapp. Nella stessa epoca la « Ditta ing. Guzzi e Ravizza » di Milano aveva pure iniziata la costruzione delle macchine elettriche in unione con la « Ditta ing. C. Rivolta ». Fra i diversi impianti allora eseguiti da questa Ditta, quello fatto nel 1887 per l'illuminazione pubblica e del teatro di Lonato Bresciano merita particolare menzione per la dinamo bipolare a corrente alternata autoeccitatrice a due circuiti indotti e per la disposizione di trasformatori in serie di tipo speciale, derivato con notevoli perfezionamenti da quello del Gaulard.

Posteriormente, si sono costituite per la fabbricazione delle macchine elettriche diverse altre Case costruttrici, come la « Ditta Ercole Marelli e C. » di Milano (1891), la « Ditta Emilio Belloni » di Milano (1891), la « Società Nazionale delle Officine di Savigliano » di Torino (1893), l'« Officina elettrotecnica ing. Morelli, Franco e Bonamico » di Torino » (1893), la « Ditta ing. Einstein, Garrone e C. » di Pavia (1894), la « Ditta Brioschi e Finzi e C. » di Milano (1896), la « Ditta ing. Caramagna e C. » Torino (1896), la « Società Esercizio Baccini » di Genova (1898), lo « Stabilimento elettrotecnico Ansaldo e C. » di Cornigliano Ligure (1900), la « Ditta Stucchi » di Milano (1902). Alcune di queste Case costruttrici hanno, dopo pochi anni, guadagnato la confidenza degli industriali e dei capitalisti, si sono ampliate, trasformate ed hanno cambiato denominazione; qualcheduna ha dovuto smettere ogni lavorazione ed altre si sono in questi ultimi anni riunite per modo da costituire una Ditta unica.

Non tutte, in verità, hanno avuto buona fortuna, imperocchè oltre a dover lottare fra di loro per trovarsi nello stesso paese e per di più troppo vicine, hanno dovuto sostenere la concorrenza delle potenti Case costruttrici estere, le quali, forti per capitali ed in possesso dei principali elementi di vittoria, come l'esperienza professionale, il personale ben indirizzato, la mano d'opera e le materie prime a buon mercato, erano già in grado di offrire con maggiori garanzie alle Società di esercizio un completo macchinario elettrico. Anzi, non appena presso di noi hanno visto la luce le prime applicazioni della corrente elettrica, tali Case hanno istituito in diversi punti d'Italia delle Società filiali per la vendita del loro materiale.

Se in quell'epoca, quando cioè i nostri concorrenti esteri cercavano di guadagnare la fiducia dei nostri industriali, avessimo compreso la grande opportunità di riunire gli sparsi capitali, che oggi si trovano impiegati nell'industria elettromeccanica, per modo da costituire nel nostro paese una sola, ma grande officina elettromeccanica, del tipo di quelle che si

ammirano in Germania ed in America specialmente, forse potremmo vantare uno sviluppo più glorioso della costruzione delle nostre macchine elettriche ed opporci con maggior forza alla concorrenza straniera, che invece ha continuamente limitato e limita tuttora il regolare progresso della nostra industria.

Tuttavia, se si riflette che, oltre alla insufficienza e al discentramento del capitale e alla concorrenza straniera, l'industria elettromeccanica nazionale incontrò altre serie difficoltà, dobbiamo chiamarci contenti di quanto ora ci è permesso di constatare a tale riguardo.

Una preoccupazione non lieve per le nostre Ditte costruttrici è stata la scelta del personale tecnico. Occorrevano direttori tecnici, bene approfonditi nello studio dei fenomeni elettromagnetici, edotti dei progressi realizzati nelle costruzioni elettromeccaniche estere e capaci di progettare nuovi tipi di macchine elettriche, o per lo meno di eseguire buone riproduzioni o copie di quelli di Case straniere. Gli ingegneri prescelti, in grazia degli insegnamenti ricevuti nelle nostre scuole con la massima generalità e larghezza di vedute, e per naturale tendenza alle costruzioni meccaniche o per disposizione determinatasi durante gli studi o durante la permanenza in officine elettromeccaniche straniere, a poco a poco si sono formati quel fondo solido di cognizioni che ha permesso loro, se non di comporre tipi sempre originali di macchine, di ben eseguire però imitazioni o copie di quelli altrui. Non bisogna dimenticare che in fatto di costruzioni meccaniche in genere, ed in quelle elettromeccaniche in ispecie, non è un demerito copiare una macchina qualsiasi, imperocchè non sempre, pur disponendosi di modelli completi, se ne sanno riprodurre copie fedeli e ben rispondenti allo scopo.

Altra difficoltà per le nostre Ditte è stata la formazione del personale operaio, che da principio fu fatto venire dall'estero. In seguito, gli operai delle nostre officine meccaniche, addetti alle costruzioni elettromeccaniche, si sono formati anch'essi. Presto divenuti abili nelle lavorazioni di ordinaria meccanica che le nuove costruzioni richiedevano fatte con maggiore precisione; hanno invece indugiato alquanto ad impraticarsi nelle altre lavorazioni speciali, come, ad esempio, in quella degli avvolgimenti. Oggi, in grazia delle cure assidue e degli insegnamenti impartiti dai nostri direttori tecnici, si può dire che si dispone già di una esperta e disciplinata maestranza in tale ramo di costruzioni. E non è raro il caso di trovare, ad esempio, fra i nostri operai elettricisti alcuni capaci di provare da soli il macchinario anche ad alta tensione e di grande potenza.

La scelta del personale tecnico ed il miglioramento della maestranza sono state, senza dubbio, le maggiori difficoltà di indole tecnica incontrate dalle nostre Case costruttrici elettromeccaniche. L'attività dimostrata per eliminarle rivela chiaramente come esse ben comprendessero che, senza uno scelto personale d'ufficio ed una stabile, esperta e disciplinata maestranza, era vano sperare l'eccellenza ed il miglioramento della produzione, ed era del pari vano sperare la conquista di quella reputazione industriale, la quale possa mantenersi, imperturbata, dinanzi all'incessante progresso degli altri.

Certo il compito sarebbe stato alquanto semplificato e meglio risolto se, fin da quando cominciarono le prime applicazioni della corrente elettrica nel nostro paese, si fosse provveduto con adatte scuole elettrotecniche all'istruzione degli operai. L'utilità di tali scuole non si è compresa che molto più tardi; e, solo quando il bisogno era meno imperioso, se ne sono create alcune. Tuttavia esse, sebbene con ritardo istituite, non sono oggi inopportune, poichè se per l'industria elettromeccanica non si sente la necessità di nuovi operai, non solo perchè una maestranza conveniente già esiste, ma anche perchè la costruzione delle macchine elettriche risente per diversi mo-

tivi più gravosa la concorrenza straniera, altre industrie elettriche e soprattutto le numerose nostre centrali elettriche reclamano operai intelligenti e capaci. Auguriamoci adunque, che queste scuole, meglio sussidiate e sempre meglio dirette, possano non essere seconde alle scuole professionali delle nazioni estere, che tanto hanno contribuito al meraviglioso sviluppo delle industrie elettriche in quelle regioni.

Le nostre Case costruttrici hanno rivolto anche particolare cura alla creazione delle proprie officine, poichè ben presto si sono convinte che un'officina elettromeccanica, se deve presentare i requisiti generali di un qualunque stabilimento meccanico, deve pure soddisfare a speciali condizioni per la complessa struttura del macchinario elettrico da costruire. Tali officine, molto imperfette dappprincipio, hanno a poco a poco finito coll'assumere una fisionomia tutta propria, e fra le diverse, alcune attualmente non lasciano nulla a desiderare. Ampie, ben illuminate e ventilate, sufficientemente scaldate d'inverno, razionalmente disposte e suddivise, sono soprattutto notevoli per la trasmissione elettrica della forza motrice e pel corredo completo di macchine utensili delle migliori Case costruttrici italiane ed estere, e di laboratori speciali per le prove delle macchine costrutte e dei diversi materiali di cui queste sono costituite.

A misura che le difficoltà incontrate dalle nostre Ditte elettromeccaniche si venivano man mano superando, la costruzione delle macchine elettriche si affermava sempre di più in Italia.

Agl'inizi i nostri costruttori elettromeccanici, per la timidità delle prime applicazioni della corrente elettrica, seguendo l'esempio di quelli stranieri, hanno costruito macchine generatrici e motrici elettriche di debole potenza motrice, rotanti con velocità considerevoli. Ma progressivamente, con lo sviluppo delle applicazioni stesse, hanno trovato largo impiego pure le macchine generatrici e motrici di elevata potenza funzionanti con velocità moderate. Oggi, la serie di queste macchine si può dire estesa nei due sensi, dalle potenze motrici di frazione di chilowatt a quelle di migliaia di chilowatt. L'esperienza e la teoria hanno mostrato che non esiste nessuna difficoltà per costruirle: per le macchine di grandissima potenza, soltanto il peso o il volume possono stabilire un limite costruttivo. per quelle di piccola potenza invece è unicamente il limite d'*amorçage*, realizzabile in pratica con la maggior perfezione dei circuiti magnetici, che ne può determinare il limite inferiore.

La costruzione delle prime pertanto, specie per quanto si riferisce alla corrente alternata, non ha avuto in Italia uno sviluppo notevole. All'estero il rapido sviluppo delle stazioni centrali di elettricità ha fatto progressivamente sempre più aumentare la potenza delle generatrici elettriche, allo scopo di migliorarne il rendimento e di evitare il gran numero di macchine in servizio. Fino a pochi anni fa si potevano, ad esempio, appena contare in Europa gli alternatori di 1000 kilowatt; oggi, invece, in molte centrali elettriche europee si riscontrano alternatori di 4000 kilowatt, ed in alcune americane gruppi elettrogeni persino di 5000 kilowatt.

Nè questi limiti di potenza motrice per tali gruppi saranno gli ultimi conseguibili. Abbiamo, non è guari, letto in alcuni periodici esteri, ad esempio, che per l'officina elettrica Rheno-Westphaliense ad Essen, fra breve, un alternatore di 5000 kilowatt a 5000 volt ed una dinamo a corrente continua di 1500 kilowatt a 600 volt saranno direttamente comandate da una potente turbina a vapore di circa 10 000 cavalli, costrutta dalla « Società Brown, Boveri e C. » di Baden.

Oltre a ciò, col crescere della potenza motrice degli alternatori, se ne è anche accresciuta la tensione che in alcuni casi ha raggiunto persino i 20000 volt, rendendo possibile la soppressione delle sottostazioni di trasformazione nelle stesse sta-

zioni centrali. Gli alternatori, ad esempio, della « Ditta Schukert e C. » di Norimberga, che sono in servizio nella stazione centrale di Morbegno, producono appunto la corrente sotto questa tensione elevata di 20000 volt.

Anche la potenza e la tensione dei motori trifasi hanno raggiunto valori sempre più elevati. Ricordo soltanto i motori della « Società Siemens e Halske » per le locomotive elettriche a grande velocità, che funzionano direttamente sotto una tensione di 10000 volt.

Presso di noi però, questi limiti di potenza e di tensione, sia per gli alternatori, sia per i motori trifasi, non sono stati conseguiti. Gli alternatori costrutti finora in Italia hanno al massimo raggiunto la potenza di 1500 kilowatt e la tensione di 6000 volt, ed i motori la potenza di 500 kilowatt e la tensione di 4000 volt. Mi consta tuttavia che attualmente la « Ditta Gadda, Brioschi, Finzi e C. » di Milano ha in costruzione gli alternatori di 2000 kilowatt per l'impianto del Brembo. Ma qui è opportuno osservare che per le nostre centrali elettriche non si è sentito ancora il bisogno di alternatori di potenza superiore ai 2000 kilowatt. Non si può peraltro nascondere che gli alternatori di questa potenza, in funzione nelle dette centrali, sono di solito di provenienza estera.

Le macchine elettriche di piccolissima potenza, d'altra parte, non hanno guari avuto presso di noi maggiore fortuna. L'impiego dei motorini elettrici di potenza motrice di piccolissime frazioni di cavallo, occupanti un volume di pochi centimetri cubici, non ha ancora quello sviluppo che ha invece altrove, come in America, ad esempio, dove la sostituzione delle macchine alla mano d'opera è spinta fino ai limiti più lontani. Da noi ancora si ha una certa riservatezza sull'idea che l'elettricità possa sostituirsi nel modo più semplice a tutte le forme di energia, qualunque esse siano; l'elettricità, che trionfa nell'officina, non ha trovato posto nella nostra vita domestica. Questi piccoli motori sono appena stati impiegati per azionare gli agitatori d'aria, i ventilatori e le macchine da cucire.

Hanno invece avuta ed hanno tuttora grande diffusione le macchine generatrici e motrici a corrente alternata e continua di media potenza e tensione, e soprattutto i motori elettrici di potenza compresa tra i 0,5 e i 10 kilowatt. Infatti, essi si ritrovano in gran numero a bordo delle nostre navi, nelle miniere, nelle applicazioni svariate della tecnologia meccanica, e specialmente per trasmettere la forza motrice alle macchine delle officine meccaniche e degli stabilimenti industriali in genere.

L'applicazione della trasmissione elettrica della forza motrice non fu da principio vista con favore, come in Germania ed in America, dai nostri industriali, che la ritenevano costosissima e di problematico vantaggio. È soltanto da pochi anni che tale sistema si è cominciato ad adottare nelle nuove officine ed opifici ed a sostituire alle trasmissioni a cinghie negli opifici antichi.

La distribuzione dell'energia elettrica per forza motrice ha dato buoni risultati tecnici in molti casi, ad esempio, nelle officine e negli opifici, dove si verificano l'intermittenza del funzionamento e la variabilità del carico. È da augurarsi che incontri ancora di più la simpatia dei consumatori, poichè è logico ritenere che possa determinare non solo un perfezionamento degli antichi metodi di lavorazione, ma anche un radicale cambiamento dei metodi stessi e forse dell'organizzazione medesima di alcune industrie.

Pertanto, ciò che a tale riguardo si può con sicurezza affermare è che la trasmissione elettrica della forza motrice procura alle Società fornitrici della corrente elettrica precipuamente questi due notevoli vantaggi:

a) di concentrare la potenza necessaria alle diverse macchine comunque distribuite negli stabilimenti industriali, e comunque questi siano fra loro distanti, in una sola stazione

generatrice, posta nella località più conveniente, come ad esempio, là dove si ha un salto d'acqua disponibile;

b) di combinare il servizio di distribuzione dell'energia elettrica per forza motrice insieme con quello d'illuminazione, in modo da farne un servizio unico ed economico.

Ai consumatori, d'altra parte, la trasmissione elettrica della forza motrice permette:

c) di adottare disposizioni semplici e vantaggiose pel macchinario, senza pericolo di doverle modificare o sostituire per l'estendersi delle proprie officine in qualunque senso;

d) di dare alle macchine, per mezzo di dispositivi molto più semplici, la velocità che meglio s'adice al lavoro da farsi, con la possibilità di poterla mantenere costante e di variarla a piacimento, qualunque sia il carico dell'officina;

e) di sopprimere i lunghi alberi di trasmissione e le trasmissioni per cinghie, che danno luogo a scorrimenti, a perdite d'energia talvolta superiori anche al 50 per cento, ad infortuni sul lavoro, ecc.

È stato molto discusso in qual modo e fino a qual grado di suddivisione dovesse essere realizzata tale trasmissione elettrica della forza motrice, e, precisamente, se dovesse preferirsi il comando per gruppo di più macchine mediante un solo motore azionante una trasmissione comune, od il comando di ciascuna macchina mediante un particolare motore. A me sembra che il primo sistema, se oggi è di solito preferito al secondo pel costo ancora elevato dell'energia elettrica, debba considerarsi come una disposizione transitoria, destinata ad essere sostituita col tempo di preferenza dal secondo sistema, che riassume tutti i vantaggi della trasmissione elettrica. Il primo sistema forse potrà continuare ad essere adottato unicamente per quelle officine effettuanti la lavorazione di serie, nelle quali le macchine utensili di debole potenza lavorano pezzi di piccolo peso, non necessitano speciale manutenzione meccanica e sono pressochè tutte utilizzate simultaneamente.

Si è del pari molto discusso se dovesse essere preferita la corrente continua o quella alternata polifase, non facendosi più questione sulla corrente alternata monofase, oramai abbandonata. La discussione fatta è servita a confermare che entrambe le forme di corrente possono utilmente essere impiegate nella pratica, sussistendo per i motori polifasi gli stessi vantaggi offerti dai motori a corrente continua. La preferenza all'una o all'altra corrente non può essere giustificata che dal prezzo col quale la si può avere, ed in ogni caso dalle condizioni particolari di ciascuna installazione. Tuttavia, la tendenza attuale è più marcata per l'impiego della corrente polifase, e soprattutto di quella trifase.

Non solo i motori trifasi di debole potenza, ma anche quelli di maggiore potenza sono attualmente dai nostri industriali di solito adoperati invece dei motori a corrente continua. Anche gli alternatori si sogliono preferire alle dinamo, spesso pure quando entrambi si presentano convenienti. Non fu però così all'inizio delle applicazioni dell'elettricità, imperocchè delle due forme di correnti elettriche fu preferita quella continua, sebbene si conoscesse che anche l'alternata era suscettibile di pratica applicazione. Tale preferenza per le dinamo a corrente continua deve essenzialmente attribuire al progresso notevole che poté raggiungere la costruzione di esse con la scoperta dell'armatura chiusa del nostro Pacinotti.

Posteriormente, cominciò la corrente alternata ad essere impiegata nelle applicazioni, ed a poco a poco è riuscita a trionfare sulla corrente continua. Fra le circostanze che maggiormente hanno contribuito a diffondere l'impiego della corrente alternata sono da notare: la costruzione facile delle macchine generatrici e motrici di elevata potenza e potenziale, che permise di estendere il raggio d'azione della corrente elettrica, nonchè l'invenzione dei trasformatori elettrici e dei

motori polifasi, entrambi apparecchi di costruzione poco laboriosa e di funzionamento semplice e regolare.

Ma l'importanza presa dalle correnti alternate non ha fatto pertanto abbandonare la corrente continua, la quale trova tuttora anche le sue applicazioni, specialmente negli impianti esclusivi per illuminazione, in quelli con batterie di accumulatori, nella trazione elettrica, nella galvanoplastica, ecc. Spesso si utilizzano ambedue le correnti in uno stesso impianto, come nel caso della trazione elettrica. Infatti, alcune volte, quando si dispone di una caduta d'acqua, molto lontana dal sito di utilizzazione, si effettua un trasporto di energia con corrente trifase ad alta tensione, che si trasforma poi in corrente continua al sito stesso di utilizzazione. Una tale trasformazione ha dato anzi luogo alle macchine note sotto il nome di *commutatrici*, di cui però la costruzione in Italia è appena all'inizio, mentre è molto sviluppata ed assai progredita quella dei trasformatori elettrici.

Nello stato attuale dell'elettromeccanica, le nostre macchine elettriche, in genere, sia a corrente continua, sia a corrente alternata, non sono, a parità di condizioni, per peso, volume e rendimento inferiori a quelle delle migliori Case straniere più accreditate; razionalmente costrutte e sempre meglio rispondenti alle svariate esigenze delle applicazioni industriali della corrente elettrica, hanno guadagnata la simpatia d'una buona parte dei nostri industriali ed opposto un po' di freno alla concorrenza straniera.

Questi risultati, se trovano la loro principale ragione nella migliore scelta ed utilizzazione del materiale che le costituiscono, rese possibili per la conoscenza oggi più approfondita dei circuiti magnetici ed in genere dei fenomeni elettromagnetici e per la facile calcolazione dei diversi organi costituenti le macchine stesse, non solo dal punto di vista meccanico, ma anche da quello elettromagnetico, trovano eziandio la loro spiegazione nella perseveranza ed amore che animano i nostri costruttori di svincolare la nostra industria dalla soggezione straniera.

*

Anche gli accumulatori elettrici hanno trovato presso di noi appassionati costruttori, poichè ben presto si sono conosciute le pregevoli proprietà che questi apparecchi hanno per rendersi utili nelle applicazioni. Per non avere alcun dubbio su questo punto, basta ricordare che l'accumulatore elettrico è un apparecchio elettrochimico, il quale trasforma ed accumula l'energia per mezzo di lavori chimici fatti da una corrente elettrica costante, per restituirla, mediante la corrente secondaria, in un tempo anche molto lontano dal momento in cui la prima ha cessato di attraversarlo.

Che l'industria costruttiva nazionale degli accumulatori abbia avuto uno sviluppo rigoglioso è luminosamente dimostrato dalle molteplici batterie installate per i nostri impianti di luce, tramvie, funicolari elettriche e per altri scopi. Basta ricordare per tutte, le batterie di accumulatori negli impianti della « Società Anglo-Romana » di Roma, della « Società Generale per l'Illuminazione di Napoli », della « Società Generale Edison » di Milano. La batteria di accumulatori di quest'ultima Società, nella stazione trasformatrice di « Porta Volta », è forse la più colossale del genere che esista in Europa.

Per farsi un'idea approssimativa della grandezza di questa batteria, basta por mente che occupa tre piani sovrapposti della superficie di 1800 metri quadrati complessivamente; che ciascun elemento pesa quasi tre tonnellate ed ha il volume superiore ad un metro cubo e che le connessioni fra le varie serie degli elementi sono formate da quattro sbarre di rame a sezione rettangolare di 3000 millimetri quadrati in totale, avendo ogni sbarra le dimensioni di 6×125 millimetri.

Attualmente però, la costruzione degli accumulatori è alquanto diminuita per la debole richiesta da parte degli indu-

triali. Ciò, non è guari, ha provocata anzi la chiusura di qualche Casa italiana costruttrice di questi apparecchi. Non si può nascondere che in questi ultimi anni si è venuto formando un certo discredito sul conto di questi apparecchi, in seguito ai risultati poco soddisfacenti di alcune batterie installate. Se è innegabile che tali risultati in alcuni casi derivarono dalla scelta di tipi di accumulatori poco appropriati, o da fabbricazione scadente, o formazione completa delle lastre, in molti altri furono invece la naturale conseguenza di un improprio impiego delle batterie medesime o di un cattivo loro governo, od anche di un irregolare funzionamento.

E qui giova ricordare che gli accumulatori sono apparecchi delicatissimi, che richiedono una continua ed accurata sorveglianza, molto maggiore di quella che a prima vista apparisce, e che trovano razionale impiego soltanto in date applicazioni, mentre sono assolutamente inadatti in altre, dove con leggerezza si vollero impiegare.

Inoltre, è d'uopo convincersi che è tuttora un problema da risolvere quello della costruzione di accumulatori, soddisfacenti agli svariati desideri dei costruttori e dei clienti, fra cui principali: la formazione relativamente breve delle lastre, la elevata capacità per unità di peso, la lunga durata ed il costo limitato.

*

Fra le più importanti industrie secondarie sorte con l'estendersi delle applicazioni dell'elettricità devonsi annoverare: quella della fabbricazione dei conduttori elettrici isolati, quella delle lampade elettriche e quella degli apparecchi elettrici di misura. Mi limiterò perciò a dare qualche rapido cenno delle medesime.

I progressi fatti nel corso di pochi anni dalla prima industria sono stati così notevoli che all'epoca attuale noi non solo non ricorriamo più alla produzione straniera per quanto si riferisce ai conduttori isolati, ma siamo anche divenuti esportatori. Il merito di tutto ciò spetta alle due Ditte nazionali Pirelli di Milano e Tedeschi di Torino, le quali, con tenace costanza e perfezione sempre crescente dei propri prodotti, in poco tempo sono riuscite a guadagnare la simpatia ed il credito degli industriali italiani e stranieri. E veramente si può essere orgogliosi di un tale risultato, se si pensa che fino al 1886 l'industria dei fili e cavi elettrici isolati e quella dei cavi telegrafici sottomarini erano state esclusivamente monopolio di grandi Società inglesi.

Anche fiorente, sebbene oggi alquanto ostacolata dalla concorrenza straniera, è stata l'industria delle lampade elettriche ad incandescenza; non così può dirsi di quella delle lampade ad arco.

Le più antiche lampade ad arco furono costruite dal « Tecnomasio italiano » che in Italia fece il primo esperimento di illuminazione pubblica con lampade di tale natura, illuminando la piazza del Duomo di Milano. Questo esperimento, se pure non li ha preceduti, fu di certo contemporaneo agli altri eseguiti in Europa.

In tutti gli impianti elettrici d'illuminazione fatti fino al 1883 le lampade ad arco furono sempre disposte in una serie unica. In quell'anno dal Tecnomasio stesso fu studiata l'applicazione delle resistenze addizionali che resero possibile il regolare funzionamento delle lampade ad arco derivate sullo stesso circuito in numero di una o più, e fu adottata nell'impianto d'illuminazione misto con lampade ad incandescenza e lampade ad arco a bordo del piroscalo « Regina Margherita » dell' « Impresa di Navigazione Piaggio ». Contemporaneamente i signori Beggi e Meroni usarono lo stesso sistema per l'impianto d'illuminazione elettrica con lampade ad arco del palco scenico della « Scala » di Milano.

Attualmente il Tecnomasio fabbrica ancora lampade ad

arco, ma in misura molto limitata; del pari modesta è la produzione di qualche altra Casa, come la « Ditta Locarni e C. » di Gallarate, che ha, molti anni dopo, intrapresa analoga fabbricazione. Sarebbe desiderabile che questa fosse presa in più seria considerazione dai nostri costruttori, inquantochè non mancherebbe di essere fruttifera per le numerose richieste del nostro mercato, tuttora per tali apparecchi troppo soggetto alle Case straniere.

Più sviluppata è invece la fabbricazione delle lampade elettriche ad incandescenza. La prima lampada italiana di tale natura fu pure costruita dal Tecnomasio italiano nel 1877 in base al concetto del compianto professore Brusotti dell'Università di Pavia, di suddividere la luce col disporre le lampade in parallelo su di uno stesso circuito, impiegando quali conduttori dei fili sottili, e quindi molto resistenti, di ferro-platino-carbone. La data del brevetto sta ad attestare come anche il principio su cui si fonda il sistema d'illuminazione con lampade elettriche ad incandescenza, ora in uso, abbia avuto modestamente le sue origini in Italia.

Varie sono le Case che attualmente fabbricano lampade elettriche ad incandescenza: la « Società Edison per la fabbricazione delle lampade, ingegnere C. Clerici e C. » di Milano, la « Ditta Volpi e Malignani » di Udine, e la « Società Italiana di Elettricità già Cruto », che è la più antica fabbrica la quale abbia impresso a costruire lampade elettriche ad incandescenza, dopo il Tecnomasio.

La produzione industriale degli apparecchi elettrici di misura non è certamente così fiorente come all'estero; è però abbastanza progredita per assicurare che, se fosse presa in seria considerazione dai capitalisti, come sembra debba verificarsi, potrebbe soddisfare completamente alle esigenze del nostro mercato, eliminando la concorrenza straniera. Del pari, sarebbe conveniente promuovere in Italia la costruzione degli svariati apparecchi accessori dei quadri di distribuzione, per gran parte dei quali si è ancora tributari all'estero. Salvo qualche eccezione, alcuni di questi apparecchi di misura ed accessori si sogliono, dirò così, in via accidentale, quando cioè se ne presenta l'occasione, costruire da Ditte, le quali precipuamente attendono ad altre produzioni. A quanti errori ciò conduca è facile immaginare.

L'occuparsi saltuariamente di cose diverse, oltre a deporre della mancanza di unità d'indirizzo e di scopo, dimostra la mancata conoscenza dell'indole dei tempi moderni. I progressi, che quotidianamente si fanno in tutte le branche dell'attività umana, rendono affatto impossibile, se si vuol primeggiare, l'attendere nello stesso tempo a molteplici lavori, ed anche nelle singole specialità, non ostante la limitazione del campo di osservazione, per l'indirizzo eminentemente analitico dominante, s'impone uno studio continuo, serio, ponderato, nonchè un lavoro calmo, paziente ed esatto. Limitandosi alla costruzione di dati apparecchi o di date macchine, il costruttore ha sempre modo di svolgere tutta la sua attività ed apportare il suo valido contributo all'incremento dell'industria nazionale, il che non potrebbe in altro modo conseguire.

D'altra parte, le Case, nelle quali quest'inconveniente si verifica, mal fanno i propri interessi, imperocchè ben presto si trovano di fronte a Case costruttrici specialiste, le quali possono fornire prodotti migliori, dare maggiori garanzie e forse anche maggiori vantaggi economici, ed allora devono per necessità soccombere.

*

Anche dai rapidi cenni da me fatti emerge chiaro che nelle industrie elettriche l'attività italiana appare notevole. I maravigliosi impianti idro-elettrici oggi esistenti, in ispecie nella Lombardia e nel Piemonte, ed i numerosi altri, che vedranno

fra breve la luce, mostrano in modo luminoso come l'Italia, oltre ad avere additata la via da seguire per la grande produzione e trasmissione dell'energia elettrica a distanza, l'ha battuta con costanza e coraggio, affrontando i più ardui problemi e risolvendoli in modo esauriente, in rapporto alle condizioni scientifiche e tecniche odierne. Le centrali idro-elettriche di elevata potenza e le sottostazioni di trasformazione presentano tutte particolarità che interessano il tecnico e lo scienziato nello stesso tempo pel macchinario motore e generatore, per i quadri di distribuzione, per le manovre che si debbono fare, per le norme di sicurezza che devono essere osservate.

Tuttavia, un vivo sentimento di sconforto ci colpisce, visitando queste centrali, se si considera che il macchinario elettrico, che vi fa così bella mostra, è di solito di provenienza straniera. Certo non può non essere motivo di dolorosa impressione il fatto di vedervi le potenti e perfette motrici del nostro Tosi, di Legnano, e le non meno imponenti e ben regolate turbine del Riva e Monneret di Milano, mirabilmente accoppiate con gli alternatori giganteschi delle Case costruttrici estere, la Schuckert, la Brown Boveri, la Thompson Houston, e via dicendo, nonchè quei maestosi quadri di distribuzione, tempestati di apparecchi di misura e di controllo ed accessori pure di produzione straniera. E questo sentimento di sconforto si accresce, se si riflette che un tal fatto può al profano o allo straniero far nascere il dubbio della nostra incapacità a costruire macchinario elettrico di elevata potenza e tensione con uguali garanzie di rendimento e di funzionamento ed apparecchi elettrici parimenti precisi ed efficaci.

Ma chi ben esamina la questione, non tarderà a convincersi che, non alla nostra incapacità, si può far risalire un tal fatto, chè in diverse circostanze abbiamo noi pur dimostrato di possedere in sommo grado tutti quei requisiti che si richiedono per costruire meccanicamente bene, ma si deve piuttosto attribuire ad altre cause dolorose, come la soverchia suddivisione del nostro capitale, le forti tasse governative, il rilevante costo delle materie prime, la incompleta fiducia nei prodotti nazionali e soprattutto — ed è questa la causa prevalente — la concorrenza estera, oggi divenuta più che mai viva e più pericolosa per la crisi che da qualche tempo si è venuta insinuando nelle fabbriche straniere e dove vi si è fortemente sviluppata.

La nostra opera di emancipazione dall'estero per tutte quelle produzioni elettriche, per le quali siamo ancora ad esso tributari, iniziata da vari anni con tanto ardore dai nostri costruttori, è oggi un gran dovere che c'incombe, in omaggio al quale occorre spendere, riunite, tutte le nostre forze: del tecnico, affinché vi apporti i frutti del suo illuminato sapere e dell'esperienza acquisita; dell'operaio, affinché offra con amore la cosciente e ben disciplinata sua mano; del capitalista, affinché ponga a disposizione il suo capitale infruttifero o malamente impiegato in altre imprese, e del Governo, soprattutto, affinché meglio si curi della protezione dell'industria nazionale ed emani quelle sagge ed opportune disposizioni atte a provvedere con urgenza ad una più razionale ed equa perequazione doganale, già da tempo domandata.

Così affratellando tutte le nostre forze, sarà possibile compiere quest'opera di completa emancipazione, che dobbiamo desiderare non per lo scopo di divenire esportatori, ma per provvedere noi stessi ai nostri bisogni e per non vedere specialmente, le nostre industrie elettromeccaniche, che tante speranze hanno destato al loro apparire, tanti sforzi e sacrifici hanno finora domandati, lentamente estinguere in questa nostra Italia, dove per opera dei suoi figli si realizzarono i primi concetti sul macchinario elettrico, ed alla quale è forse riserbato un grande avvenire industriale.

Ing. I. VERROTTI.

NOTIZIE

L'avantreno elettrico Cantono. — Riunire in poco spazio e in un insieme organico quanto è necessario per trainare elettricamente una vettura qualsiasi, è stato il problema proposto dal capitano E. Cantono, e risolto con l'*avantreno elettrico*. Tolto ad una vettura ordinaria a quattro ruote — coupé, milord, landau, break — tutto l'avantreno con lo sterzo, si sostituisce a questo un avantreno che comprende la batteria di accumulatori, i motori, gli organi di direzione. Così gran parte del peso si porta sulle ruote anteriori.

Per facilità di costruzione e di sostituzione, la sala con le ruote di questo avantreno non differisce da una sala ordinaria di avantreno; quando si vuol sterzare debbesi spostare tutto il peso dell'avantreno, che gravita esclusivamente sulle ruote di esso. Or bene, questa difficoltà da vincere ha conferito al sistema Cantono la più bella delle sue prerogative: la facilità di sterzo, in grazia dello *sterzo elettrico*, che è una cosa estremamente geniale.

Ogni ruota dell'avantreno è comandata da un motore compound; le due accitazioni shunt sono collegate fra loro in serie permanentemente, cosicchè, essendo la batteria a 80 volt, ciascun avvolgimento della derivazione è fatto per prendere normalmente 40 volt.

La batteria è sempre disposta con tutti i suoi elementi in serie.

Il punto comune agli avvolgimenti shunt dei due motori è collegato al punto di mezzo della batteria, ma può venire spostato a dritta o a sinistra in modo da far crescere l'eccitazione di un motore e diminuire quella dell'altro. Ciò produce il rallentamento del primo motore e l'acceleramento del secondo: la vettura *sterza* per effetto della differenza di velocità che si stabilisce fra i due motori.

Ma se l'avantreno fosse libero di obbedire alle variazioni di velocità dei due motori, la direzione sarebbe tutt'altro che sicura.

Ad ottenere questa sicurezza, per governare la vettura, si fa uso di un sistema meccanico irreversibile, con vite senza fine e ruota elicoidale, ma nella trasmissione sono lasciati a bella posta dei giochi, per modo che prima di trasmettere il movimento deve avvenire uno spostamento relativo degli organi che trasmettono il movimento.

È questo spostamento relativo che viene utilizzato per comandare un piccolo commutatore che trasporta il punto di attacco comune alle due eccitazioni dal mezzo della batteria ad un altro punto più in su o più in giù.

Così comincia la vettura a sterzare e lo sterzo elettrico non fa che *precedere* lo sterzo meccanico, che rimane *dolcissimo*; con due dita un ragazzo governa ottimamente una vettura che, senza la disposizione elettrica, un uomo robusto difficilmente riesce a far girare.

Giova notare che con questa disposizione si realizza una correzione automatica della velocità dei motori, perchè se per un caso qualunque (per correre, per esempio, una ruota su breccia, un'altra su pavimento ottimo) tende un motore a rallentare, per effetto del gioco che vi è nella trasmissione del movimento meccanico, gli organi di esso assumono quella tal posizione relativa per la quale si diminuisce la eccitazione del motore che rallenta, ciò che provoca un aumento di velocità. Per effetto dunque del gioco lasciato nella trasmissione meccanica, lo sterzo elettrico esplica tutti i suoi pregi: la vettura ordinaria ridotta elettrica con un avantreno riesce ad avere un andamento *dolcissimo* e regolare come non si ha forse nelle vetture elettriche di altro sistema, anche le meglio studiate.

L'avantreno elettrico può sterzare quanto l'ordinario di una vettura a cavalli, perciò le vetture girano con un raggio di evoluzione strettissimo, sia andando avanti che andando indietro.

Per l'applicazione di una vettura ordinaria richiedonsi pochi adattamenti, che non impediscono mai di poter in pochi minuti far ridiventare a cavalli la vettura trasformata.

Si è provato che in dieci minuti una vettura ad avantreno elettrico ridiventa vettura a cavalli, e in quindici torna a diventare elettrica. Così è possibile di avere un solo avantreno elettrico adattabile alle diverse vetture di una rimessa, e servirsi d'inverno della vettura chiusa, d'estate di quella aperta, per le visite del coupé, per la passeggiata del carrozino guidato dallo stesso padrone.

Il modello normale di avantreno pesa circa 500 kg., e può portare 44 elementi di 150 amp-ora, pesanti circa altrettanto; ha due motori, ciascuno sviluppante un carico di due cavalli a 1100 giri, ma capaci di dare fino a 3 1/2 cavalli per un tempo abbastanza lungo. Si hanno sei velocità divise in due gruppi di tre caduno; il primo gruppo coi due motori fra loro in serie, ossia funzionamento a circa 40 volt; il secondo gruppo coi due motori fra loro in parallelo, ossia funzionamento a circa 80 volt.

In ciascun gruppo, nella prima velocità, si ha una resistenza inserita; nella seconda si ha l'eccitazione in derivazione forzata; nella terza si ha l'eccitazione in derivazione ridotta.

Le velocità 2 e 5 sono adatte per le salite; la 2 permette in discesa il ricupero a una velocità assai moderata.

Negli ultimi tipi si notano molti particolari di indole meccanica assai studiati; tra gli altri un organo per frenare automaticamente, in un *sol senso*, la vettura, se per caso si arresta in salita.

(R. RICCARDI nell'*Elettricista*).

Fig. 1. — Planimetria generale nella Scala di 1:10000.

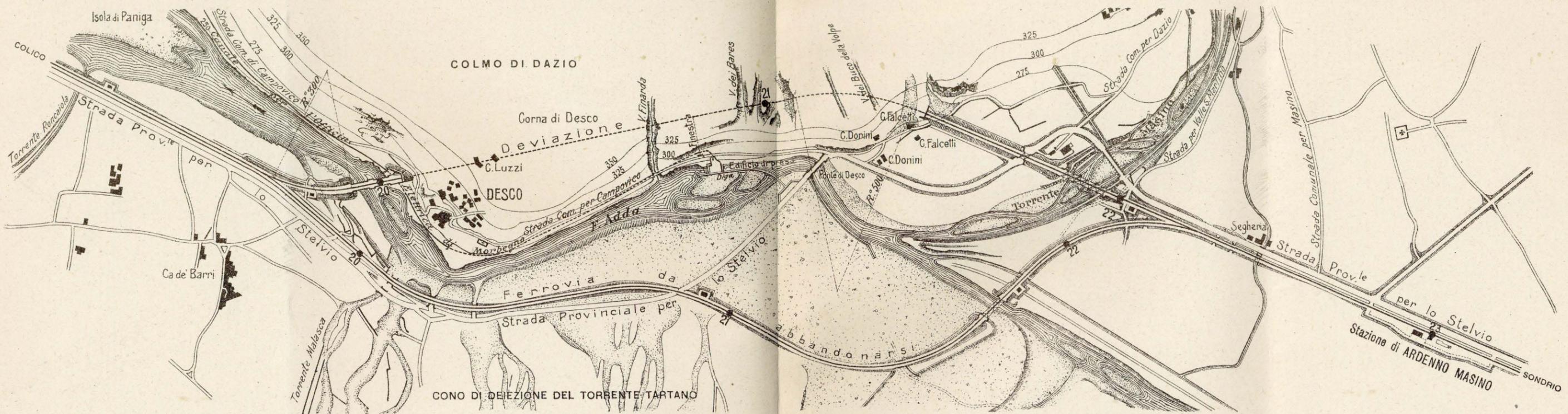


Fig. 2. — Elevazione a monte.

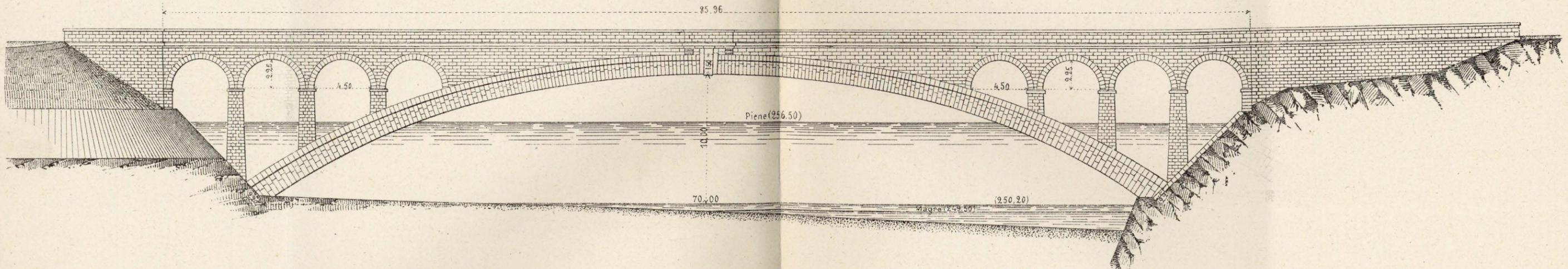


Fig. 3. — Metà pianta al piano degli archi.

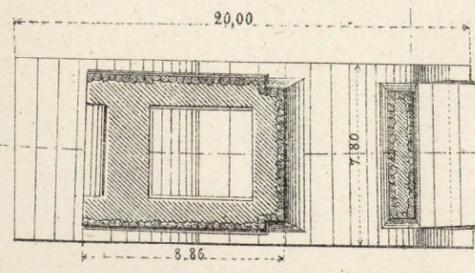


Fig. 4. — Metà proiezione delle murature scoperte.

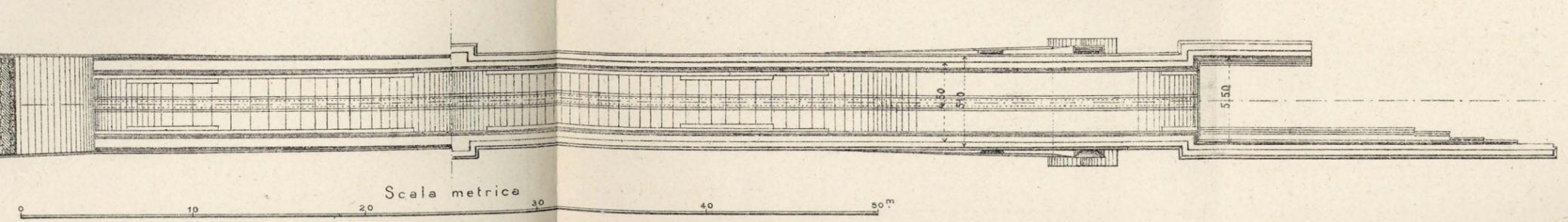


Fig. 1. — Sezione longitudinale del ponte e prospetto della centina nella Scala di 1:250.

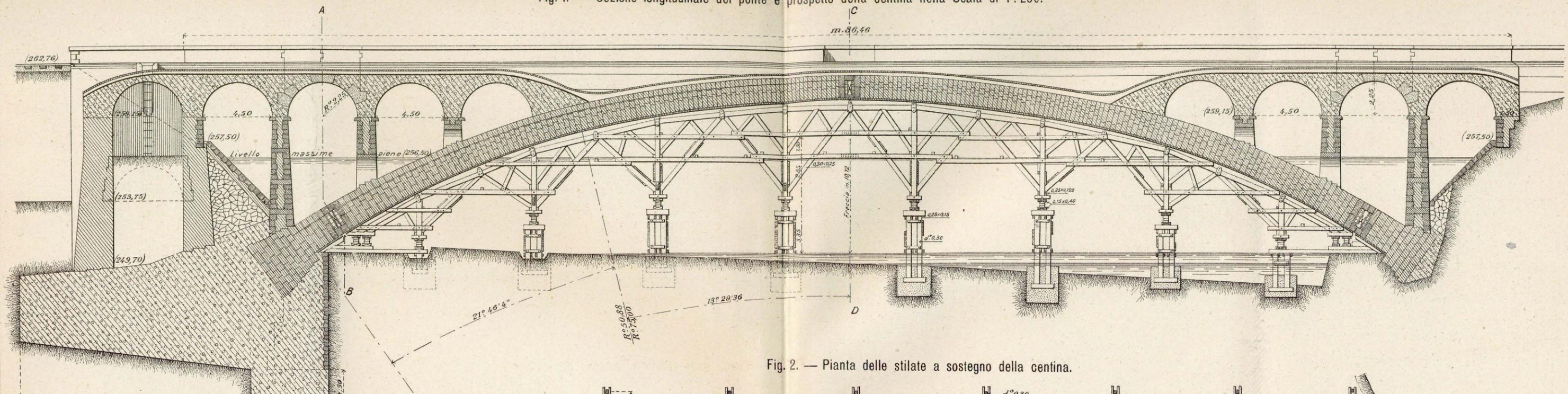


Fig. 2. — Pianta delle stilate a sostegno della centina.

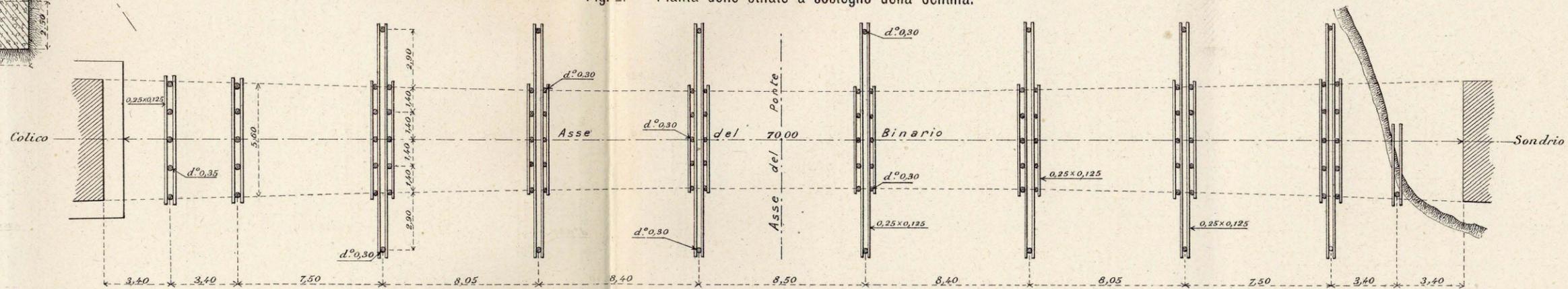


Fig. 3. Sezione trasversale della centinatura.

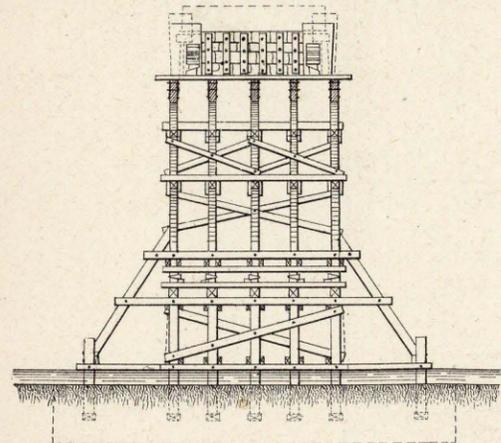
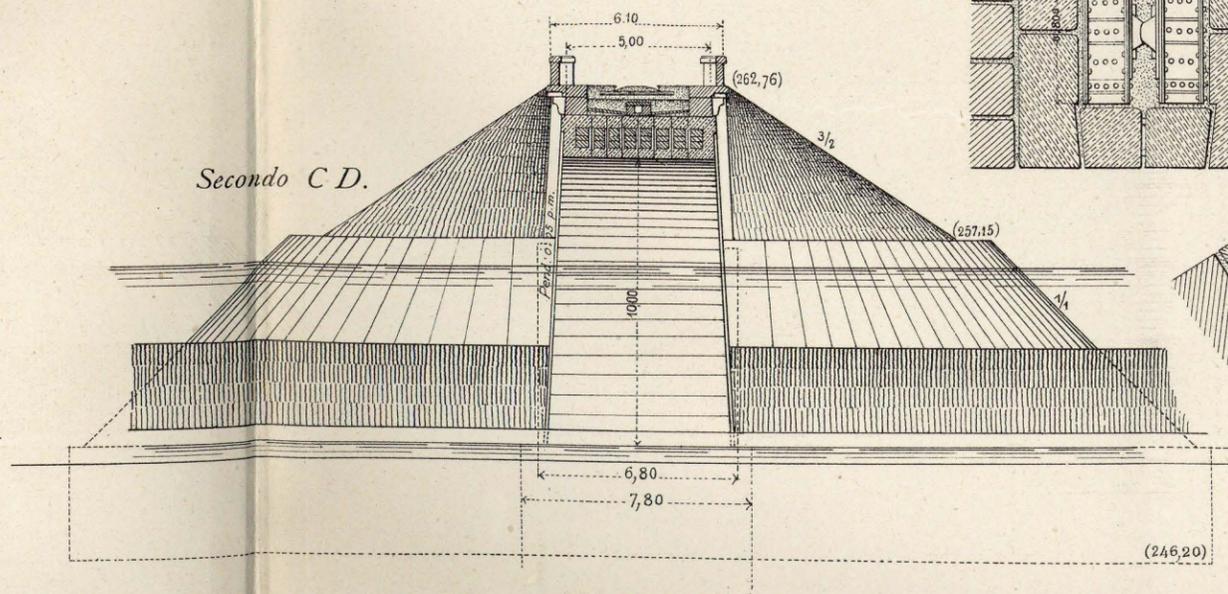
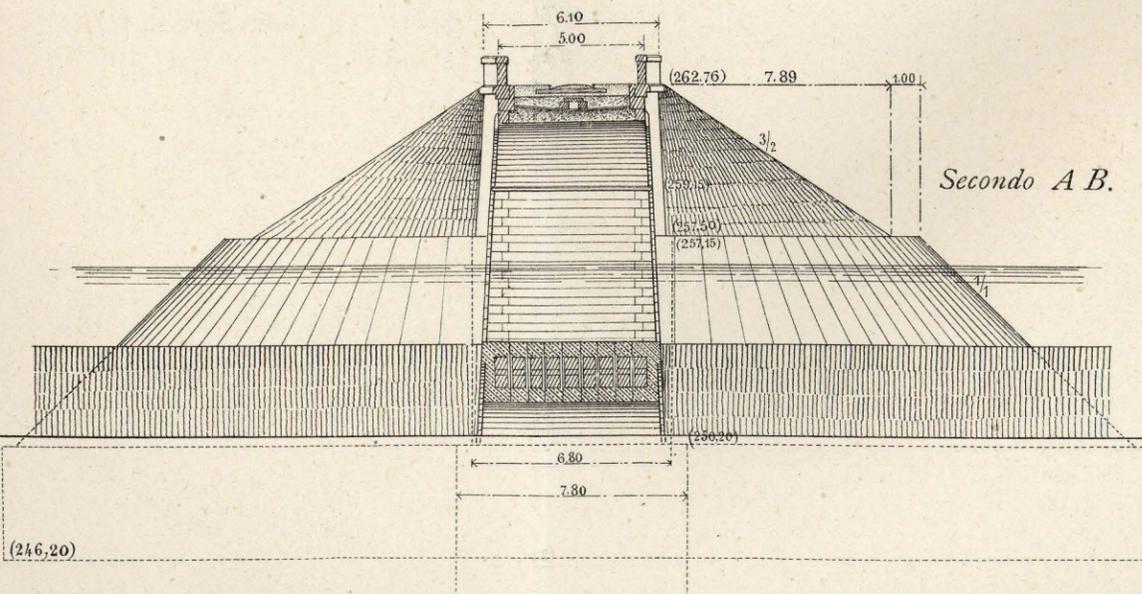


Fig. 4 e 5. — Sezioni trasversali del ponte.



Alla chiave

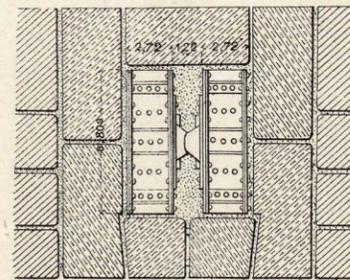


Fig. 6 e 7. — Particolari delle cerniere nella Scala di 1:40.

