

# L'INGEGNERIA CIVILE

B

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI  
E DEGLI INDUSTRIALI  
TORINO

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

### L'ORNATO DEL FERRO.

Studi di F. MAZZANTI

Professore di Ornamentazione industriale nel R. Museo Industriale Italiano.

(Continuazione).

Il lavoro a freddo è meno artistico sovente di quello a caldo, e l'artigiano, piuttosto che l'artefice, vi si rivela; da altra parte economizzandovisi il fuoco, il lavoro riesce meno costoso, e perciò viene usato più comunemente nei lavori di poco prezzo ove l'economia sulla mano d'opera e sulla lavorazione è una delle prime e più essenziali condizioni. — Ma questa economia fu portata sovente a tale esagerazione che il lavoro rimase interamente sacrificato ad essa e ne sorsero opere dozzinali e di pessimo gusto, sovente eseguite malissimo; contemporaneamente, i perfezionamenti introdotti nella fusione della ghisa permettendo la sua applicazione su larga scala ad ornati d'ogni genere i quali venivano a costare pochissimo, tutto ciò fu causa che il pubblico preferì per molto tempo questi monotoni ornati dalle forme piatte, dai contorni languidi e smussati,

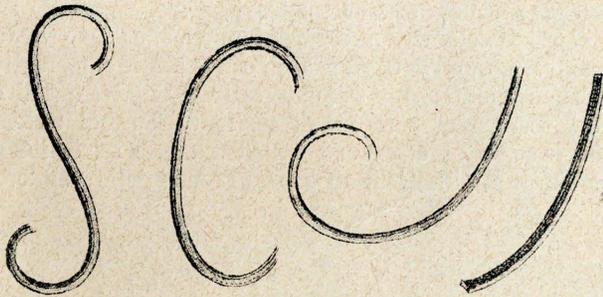


Fig. 63.

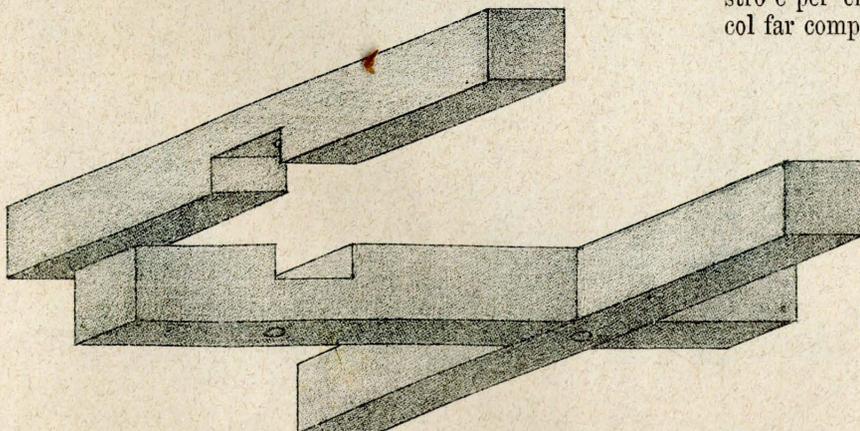


Fig. 64.

ed all'artefice altro compito non rimase che unire e consolidare alla meglio questi pezzi di ferraccio, lavoro meccanico ove il gusto artistico non aveva più nulla da vedere: il pubblico finì per non sapere più apprezzare un lavoro artistico, il fabbro a non saper più eseguirlo.

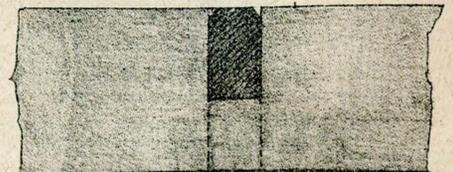
Fortunatamente oggi il buon gusto incomincia a farsi poco a poco strada presso le classi colte; si osservano, si lodano e qualche volta si acquistano lavori artistici: alcuni artefici abili ed intelligenti dedicandosi con passione e con amore all'arte loro, tentano con lodevoli sforzi di ricondurla all'antico splendore e dignità; possano i loro sforzi essere coronati da splendido successo.

Tornando ai metodi di lavorazione a freddo, uno dei più semplici e più comunemente usati, è quello che consiste nel piegare a tondo il ferro in sbarre di mediocre dimensione, battendolo attorno al corno della incudine od attorno ad una spina cilindrica che si tiene colla mano; in questo modo si formano dei C e delle spirali ed altre curve a piacere (fig. 63); per la piegatura ad S si adopera una forcina conficcata sul codolo nel foro dell'incudine e forzando il ferro attraverso le due sbarre della forcina esso prende la doppia incurvatura sopramentovata che richiama la forma della lettera S.

Quando il ferro ha poco spessore lo si può piegare anche ad angolo, acuto o retto; in ogni caso per facilitarne la piegatura sia a tondo come ad angolo è bene scaldarlo leggermente, soprattutto d'inverno quando la temperatura è molto bassa, in questo caso una esposizione di qualche ora al sole è sufficiente a togliergli quella crudezza che sarebbe causa della sua rottura.

Gli elementi di ornato poc'anzi descritti combinati insieme ed adattati in vari modi, possono formare dei motivi abbastanza eleganti; la loro facile esecuzione li ha resi comuni alla maggior parte dei lavori e si può dire a priori che essi caratterizzano meglio di altri motivi l'ornato del ferro.

Abbiamo veduto come si univano diversi pezzi di ferro a caldo per mezzo della bollitura, noi possiamo unirli anche a freddo, e la loro unione si fa in due modi: per incastro e per chiodatura. — L'unione ad incastro si ottiene col far compenetrare due parti fra loro formando in cia-



scuno dei pezzi per mezzo della lima un incastro dello spessore del pezzo che deve ricevere, si accostano i due pezzi e si fissano per mezzo di un chiodetto, quando il loro spessore sia tale che lo si possa fare senza comprometterne la solidità. Se per il poco spessore questo metodo non si potesse usare, allora si adoprerebbe un artificio abbastanza ingegnoso che consiste nel limare gli spigoli del pezzo dalla parte opposta a quella dove è stato fatto l'incastro ricavandovi due piccole smussature, quindi accostando i pezzi si batte leggermente sull'estremità dell'incastro sino a tanto che il ferro crescendo in larghezza vada ad occupare il vano prodotto dalla limatura e stringa e tenga a posto il pezzo, come si potrà facilmente comprendere osservando la figura 64.

Le unioni ad incastro non si possono usare quando le sbarre si incontrano sotto un angolo molto acuto perchè il lavoro riuscirebbe lungo e faticoso; si riservano perciò per quei lavori ove il disegno è ad angolo retto, e anche in questo caso se una necessità imperiosa non lo comanda si cerca di evitare questo genere di unione perchè abbastanza dispendiosa.

Le unioni per chiodatura si fanno per sovrapposizione bucando due pezzi e collocandoli uno sopra l'altro in modo che i due fori si corrispondano; attraverso a questi si inserisce un chiodo con capocchia che viene ribattuto dalla parte opposta formandovi un'altra capocchia la quale stringe e tiene uniti i due pezzi (fig. 65).

Il chiodo può essere a testa nascosta ossia incastrata nello spessore del ferro in una cavità conica formatavi appositamente, oppure può avere una testa sporgente; questa testa sarà irregolare, emisferica, conica o piramidale e potrà servire di elemento decorativo dando un aspetto di fierezza e di robustezza agli oggetti sui quali viene impiegata. Così i forzieri, le porte di sicurezza ornate di chiodi assumono un carattere più fiero e più robusto.

Tra la testa del chiodo ed il gambo può essere inserita una rosetta che sposterà sulla superficie dei ferri collegati formando un graziosissimo ornamento (fig. 66); la rosetta potrà essere ricavata colla forma a stampa oppure potrà essere fatta in lamiera intagliata; in questo caso due o più rosette di varie dimensioni potrebbero essere sovrapposte ad accrescere ricchezza a questo genere di ornato.

Queste rosette danno molto brio ai lavori sui quali vengono adoperate, accentuando con grazia i loro punti di collegamento, e siccome esse non sono che una conseguenza della costruzione stessa dell'oggetto, non potranno mai urtare il buon gusto come potrebbero farlo se fossero state messe giù a casaccio.

A volte si fanno le teste dei chiodi molto grosse, allora esse sono suscettibili di una certa ornamentazione potendo girarvi sagome dai profili eleganti e queste a loro volta potendo ricevere intagli ed incisioni diverse; queste teste prendono allora il nome di *borchie* o *borchioni* a seconda delle loro dimensioni e adoperansi agli stessi usi dei chiodi per oggetti di grandi dimensioni.

I pezzi che si uniscono per mezzo della chiodatura, a volte debbono essere mantenuti ad una certa distanza fra loro; per ottenere questo si inserisce nel gambo del chiodo e si interpone fra i due pezzi una perla di forma sferica od ovoide che manterrà questi alla distanza dipendente dalla lunghezza del suo asse: adoperansi moltissimo queste perle per rendere più leggero, più diradato e più elegante un dato disegno (fig. 67).

Però i lavori in ferro non raggiunsero la massima leggerezza ed eleganza se non quando in essi fu incominciata ad adoperare la lamiera; con questa si possono fare lavori di più sorta, ed il buon gusto deve decidere sulla scelta nelle varie applicazioni che se ne possono fare in lavori svariati. — La lamiera se è sottile può essere traforata intagliandola con lo scalpello ed anche con le cesoie; vi si ricavano per traforo ogni sorta di ornati che per questa ragione vengono distinti col nome di *ornati a traforo*. Il disegno di questi a volte è costituito dal traforo, e allora la lamiera è quella che rappresenta il fondo; quando invece è il fondo che viene traforato, allora l'ornato è pieno e costituito della lamiera; esso dovrà essere incorniciato e ben collegato acciocchè possa presentare una certa resistenza secondo l'uso cui sarà destinato.

Viceversa poi da un foglio di lamiera si possono ricavare ornati d'ogni sorta tagliandoveli con le cesoie e frastagliandoli più minutamente dopo staccati dal foglio: questi ornati possono aver forma di foglie, di fiori, di teste, di vasi, ecc., e si adoperano per adornare le estremità dei gambi di ramificazioni diverse ed i centri delle volute, fis-

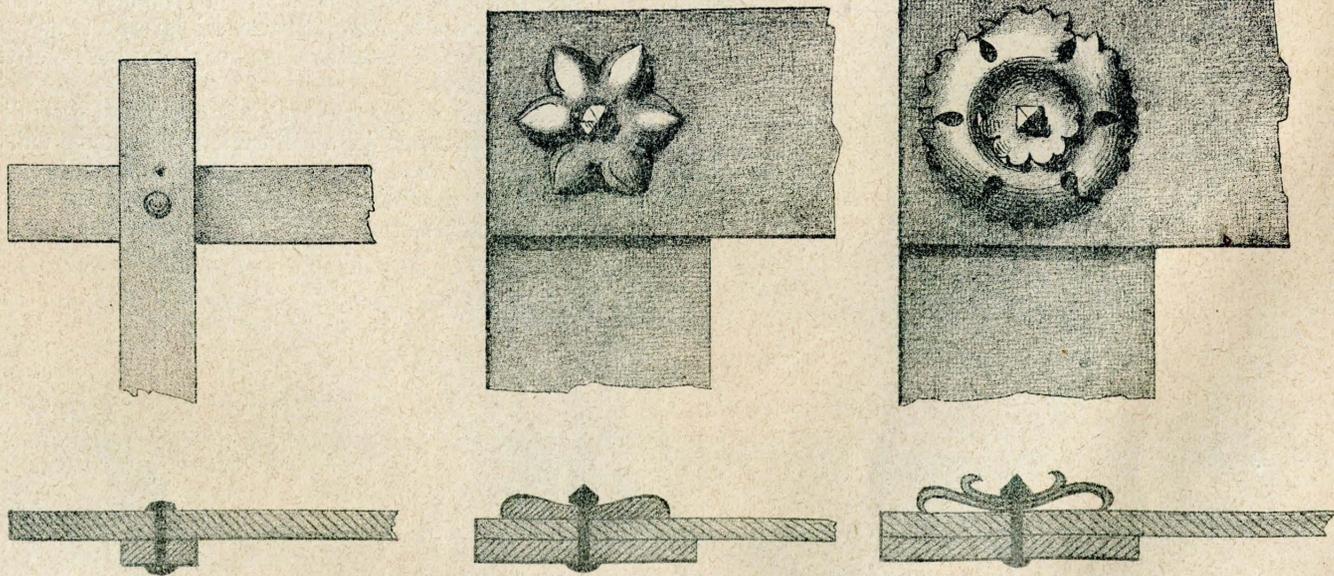


Fig. 65.

Fig. 66.

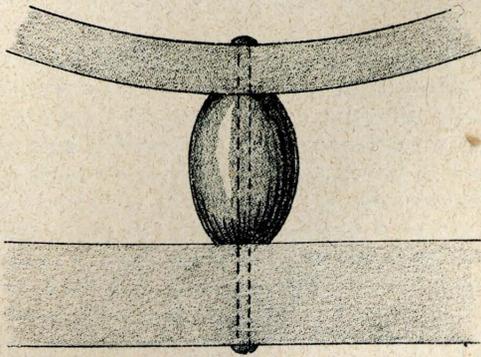


Fig. 67.

sandoveli con due chiodetti od anche con una bollitura. Essi danno molta ricchezza ai lavori ove vengono impiegati, e questa ricchezza prodotta da questi ornati piatti sarà aumentata se si darà loro rilievo e movimento nel rilavorarli a martello sopra l'incudine (fig. 68).

A volte questo rilievo si ottiene per mezzo dello sbalzo: consiste questo nel battere la lamiera per di dietro con appositi arnesi appoggiandola contro un corpo cedevole che permetta al metallo di sbalzare fuori sotto i ripetuti colpi di martello; questo genere di lavoro è stato usato quando un ornato, venendo collocato di piatto sopra un corpo piano, avrebbe avuto poco effetto, lo sbalzo serviva a dargli più spicco e movimento col farlo risaltare dal piano sul quale era applicato (fig. 69).

Si tagliano anche dalla lamiera dei petali per comporne dei fiori; prima si dà loro una piegatura ed una incur-

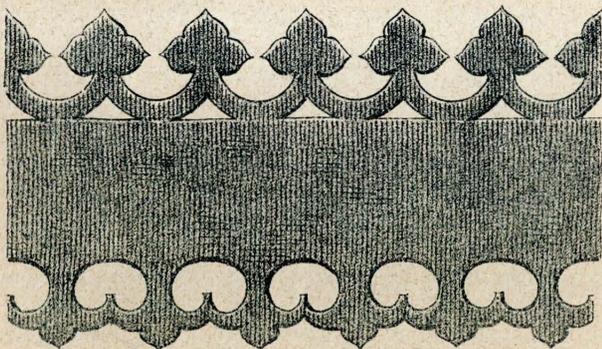


Fig. 68.

vatura conveniente, quindi si saldano attorno ad uno stelo che si prolunga per solito fuori del fiore con un lavoro a stampo che richiama il pistillo del fiore. Si formano in questo modo fiori d'ogni genere: gigli, rose, tulipani, iris e qualsiasi fiore che non presenti troppa difficoltà di esecuzione. Con lo stesso metodo si tagliano dalla lamiera foglie d'ogni sorta, le quali saldate al loro picciuolo, riunite convenientemente fra di loro, assestate con garbo ai fiori soprammentovati danno luogo ad un genere di or-

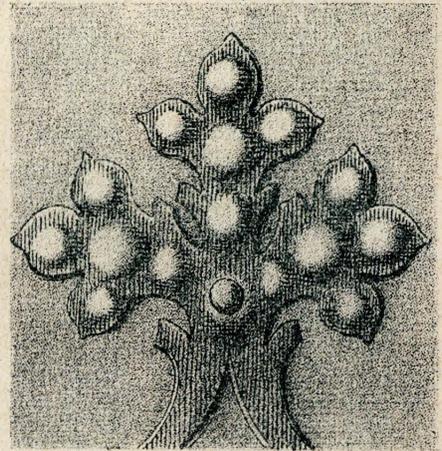


Fig. 69.

namentazione elegantissima ove tutta la flora potrebbe essere rappresentata nella sua infinita varietà e nella sua grazia negletta (fig. 70). Vedonsi simili lavori sopra candelabri, lumiere, ecc., e come finali di cancelli e di cantorie per chiese. La loro leggerezza obbliga a non usarli che negli ambienti chiusi e mai all'esterno.

Altro genere di lavoro a freddo è quello che riguarda la torsione del ferro ottenuta meccanicamente: colla torsione gli spigoli della sbarra si dispongono a linee elicoidali e l'effetto artistico del ferro ritorto sarà tanto più forte quanto maggiori irregolarità di angoli sporgenti e rientranti presenterà il disegno della sua sezione; perciò al-

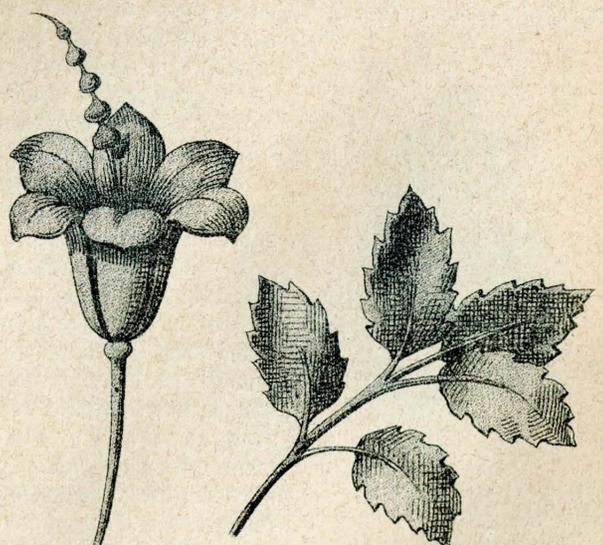


Fig. 70.

cuni ferri speciali fatti a croce, ad U, a stella, ecc., saranno meglio adatti per questo genere di lavoro.

Si può adornare la superficie del ferro con delle impressioni fattevi con appositi scalpelli che segneranno secondo la loro forma delle linee rette o curve, dei circoletti, ecc., e con queste impressioni si otterranno dei piccoli motivi di decorazione di un effetto semplice e severo (fig. 71).

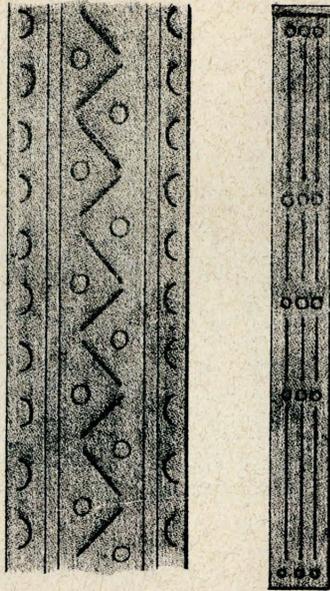


Fig. 71.

Adottasi questa decorazione in quei lavori ove per speciali condizioni si è dovuto adoperare un ferro di dimensioni più grande degli altri e che essendo molto in vista farebbe sfigurare tutto il lavoro; tale sarebbe, per esempio in un cancello la piastra che forma battente nel centro la quale deve ricuoprire le intelaiature dei due battenti.

Una decorazione più ricca si ottiene con l'incisione ad acqua forte praticata con lo stesso metodo che si usa per l'incisione in rame od in acciaio, spalmando cioè l'oggetto con della vernice e dopo aver riportato su questa il disegno si scuoprano col bulino tutte le parti che si vogliono far mordere dall'acido (fig. 72). Questo genere di lavoro non è

usato che nelle armi e sugli oggetti di gran lusso: si capisce agevolmente che trattandosi di incidere un campo libero, qualunque disegno, di ornato, di paese o di figura, potrà essere eseguito sul ferro con questo metodo.

Benchè sembri che io mi sia dilungato forse un po' troppo in tutti questi metodi diversi di lavorazione accennati poc'anzi, temo invece di aver sorvolato troppo sopra alcuni e di averne dimenticati molti altri che pur meritavano di essere accennati; ma si sarebbero oltrepassati i limiti imposti ad un articolo che deve parlare soltanto della parte

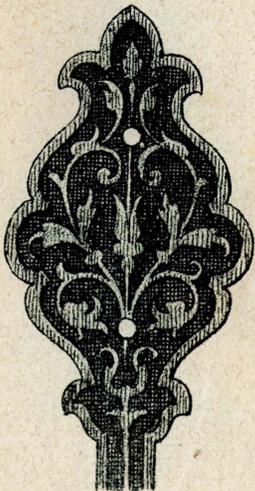


Fig. 72.

ornativa entrando forse troppo addentro nella tecnica del lavoro.

Tuttavia questa descrizione era necessaria per far conoscere all'ornatista quali siano i limiti che gli sono imposti dalle difficoltà della esecuzione, quali le risorse dell'arte; e conoscendo le une e le altre, egli schivando abilmente le prime saprà far servire e mettere in evidenza le seconde nel dar forma, eleganza ed espressione a qualsiasi oggetto. Ora queste tre cose essenziali dovranno fermare alquanto la nostra attenzione per vedere in che cosa esse consistono, prima di passare a descrivere in modo particolareggiato la forma caratteristica ed il tipo speciale di ciascun oggetto.

In qualsiasi oggetto la forma dovrà essere tale da soddisfare pienamente all'uso al quale esso è destinato; perciò nè il capriccio, nè la moda o altro dovranno imporre la forma ad un oggetto, ma soltanto l'utilità e la comodità potranno modificare a piacere questa forma sino a trovare il tipo più perfetto. Questa forma se è indovinata, dà all'oggetto quel carattere speciale che deve distinguerlo e farne conoscere a prima vista la destinazione. Qualunque ornato vi si introduca, questa forma dovrà essere sempre rigorosamente rispettata; altrimenti l'oggetto perderebbe il suo carattere e potrebbe a volte diventare anche incomodo perchè non più atto per le modificazioni introdottevi a soddisfare completamente all'uso cui era stato destinato.

Diremo adunque che è peccare contro il buon senso ed offendere il buon gusto alterare la forma di un oggetto per la mania di arricchirlo con ornati che non si adattano a questa forma o per il capriccio di fargli prendere un aspetto diverso da quello che doveva realmente avere, a solo intendimento di ingannare l'occhio sulla sua destinazione.

Trovata la forma più giusta da dare ad un oggetto, essa dovrà adunque essere rispettata sempre ed a qualunque costo; non è che negli oggetti di lusso i quali non hanno altra destinazione che una vana pompa, che usando di qualche maggior libertà sarà permesso prendersi qualche licenza, e tuttavia questa dovrà contenersi in certi dati limiti, perchè anche l'oggetto di lusso deve sempre avere una data forma che ne giustifichi, per così dire, l'esistenza. Sarà un vaso, una cornice, un candelabro, ecc., ma non potrà mai essere un oggetto qualunque che abbia l'aria di non servir proprio a niente ed al quale non sarà possibile affibbiare un nome qualunque.

La *eleganza* in un oggetto si può raggiungere col perfezionare ciascuna parte elementare che lo compone, riducendola a giusta armonia di proporzioni colle altre parti e col tutto, coll'alternare alla rigidità delle rette la grazia delle curve, coll'introdurre in esso ornati che si adattino alla sua forma e siano in carattere ed in armonia coll'uso al quale sarà stato destinato, cosicchè un oggetto potrà essere più semplice, più severo, più gentile e più o meno ricco. A volte però la troppa ricchezza nuoce all'eleganza, generando confusione e sazietà; perciò pochi ornati ben distribuiti e bene eseguiti con grazia e con accuratezza, saranno sempre da preferirsi ad una faraggine di roba qualunque messa su come si sia al solo scopo di riempire e di arricchire.

L'*espressione* in un oggetto si ottiene coll'alterare le dimensioni di alcune sue parti secondarie per modo che il tutto pur conservando sempre la forma caratteristica dell'oggetto, apparisca o più leggero o più pesante; un esempio servirà a far meglio comprendere la cosa. Prendiamo un oggetto qualunque, p. es., una inferriata; essa è una chiusura destinata a difendere un'apertura di fi-

nestra troppo bassa, impedendo ad un estraneo di poter introdursi nell'abitato, ma lasciando pure nello stesso tempo che la luce passi in maggior quantità che sia possibile. Date queste condizioni la forma che essa dovrà avere dipenderà prima di tutto da quella del vano di finestra che dovrà difendere; in secondo luogo essa dovrà essere traforata per lasciar passare la luce; noi la comporremo di tante sbarre poste a piacere ed in qualunque modo, osservando però che la distanza fra loro non sia tale da permettere ad una persona di passare attraverso gli spazi. Queste le condizioni generali, l'eleganza dipenderà dalla disposizione più o meno felice delle sbarre colle quali potremo formare qualsiasi disegno più o meno ornato. Per ciò che riguarda l'espressione, alterando leggermente la dimensione delle sbarre e la loro distanza, noi potremo ottenere un'espressione essenzialmente diversa, ora *truce*, ora *fiera*, ora *gentile*, secondo che vorremo con questa inferriata completare il recinto di un cimitero o custodire gelosamente la finestra di un carcere, garantire la finestra di un palazzo o proteggere quella d'un villino.

Nel primo caso per ottenere il nostro intento adopereremo delle sbarre molto grosse disposte a poca distanza fra loro, ammagliate e murate tutte con somma cura e precauzione; nel secondo caso useremo delle sbarre meno grosse che potremo disporre in vari modi sino a trovare un disegno che si adatti con la serietà dell'edificio che devono ornare; nel terzo caso poi cercheremo di esagerare la esilità adoperando del ferro piatto messo per costa che svolgeremo a curve eleganti entro una leggera intelaiatura fissata con poche grappe agli stipiti della finestra.

Vedesi da questo esempio che il carattere di un oggetto può essere accentuato più o meno ed assumere diverse espressioni senza che per questo ne venga alterata la forma generale la quale, come si disse, deve essere sempre rispettata, acciocchè l'oggetto conservi la caratteristica che deve distinguerlo dagli altri, indicando a primo aspetto l'uso a cui è destinato.

(Continua).

## MATERIALE DELLE TRAMVIE

### L'ARMAMENTO DELLE FERROVIE STRADALI IN GERMANIA.

(Continuazione e fine).

(Veggansi le Tavole X, XI, XII e XIII)

B) Sistemi d'armamento metallico colla guida *sorretta soltanto in singoli punti*. — Fra i tipi d'armamento in uso sulle ferrovie stradali germaniche vanno posti in questo gruppo quelli che hanno la rotaia o sopra traversine di ferro (sistema Vautherin), o sopra cassoni di ghisa (sistema Niemann e Geiger), o sopra cuscinetti di ghisa (sistema Böttcher e sistema Müller), o sopra ritagli di lungarina di ferro (sistema Rimbach e sistema de Féral), od infine sopra piastrelle di ferro (sistema Wimby e Levick).

Il sistema Vautherin, rappresentato nella tav. XII, figura 1, 2, e 3, trovò applicazione sopra un tratto della ferrovia stradale da Eistrup a Hoya nell'Annover (1). La guida Vignoles d'acciaio è alta 100 millimetri, larga alla base 90, nel fusto 9, nel fusto 48 millimetri e pesa chilogrammi 20,25 per metro lineare.

(1) Questo tronco è a scartamento normale, ha la lunghezza di 7 chilometri e fu posto in esercizio al 27 novembre 1881. — Mentre un tratto del binario è costruito secondo il sistema Vautherin, si armò il restante binario con rotaie Vignoles poggiati su traversine di pino iniettate col cloruro di zinco.

Per una rotaia di metri 7,5 di lunghezza adopransi 9 traverse di ferro, di forma trapezoidale, vuote internamente e chiuse alle estremità con lame pure di ferro. Una di queste traverse è lunga metri 2,16, pesa chilogrammi 33 e ad essa la rotaia viene fissata con due bulloni. — Ai giunti della rotaia, che sono sospesi, applicansi stecche e bulloni di forma ordinaria.

Il sistema Niemann e Geiger (tav. XII, fig. 4 e 5) non fu finora adottato che in via d'esperienza sopra un tronco della tramvia di Berlino, dove la strada è lastricata con dadi di pietra collocati a spina di pesce rispetto all'asse del binario.

La guida piatta a canale, larga 90, alta 35 millimetri e del peso di chilogrammi 17 per metro lineare, poggia sopra cassoni di ghisa vuoti, ai quali è fissata con cunei di ferro. I cassoni che vengono accuratamente riempiti di ghiaia minuta e sabbia pesano chilogrammi 15 ciascuno e trovansi collocati alla distanza di un metro l'uno dall'altro; un cuneo pesa chilogrammi 0,25. — Ai giunti della rotaia non vi sono nè stecche, nè piastrelle.

Il direttore della tramvia berlinese, il signor Fischer-Dick, dice che fra tutti gli altri sistemi d'armamento, questa costruzione ha il vantaggio incontestabile del suo ottimo collegamento col lastrico, ma che d'altronde ha poi il difetto che i cassoni di ghisa cedono facilmente, e che, non potendo riempirli di ghiaia per di sopra, bisogna smuovere il selciato onde eseguire per di sotto dei cassoni stessi tale riempimento. Questo inconveniente unito agli altri del gran deterioramento che subisce la superficie dei cassoni di ghisa esposta al roteggio dei veicoli, e dei costosi lavori di scalpellino necessari per la preparazione delle pietre del lastrico per la posa dell'armamento, fecero sì che il sistema Niemann e Geiger, così come venne sopra descritto, non trovò maggiore pratica applicazione.

Anche il sistema Böttcher, in Germania almeno, non ebbe migliore fortuna: per quanto mi consti non venne adottato che in via sperimentale dalla Bremer Pferdebahn sopra un breve tronco di strada.

In questo armamento — rappresentato dalla tav. XII, figura 6-9 — la guida d'acciaio col fungo internamente smusso e colla suola un poco più larga del fusto, alta 110 millimetri e pesante chilogrammi 18 per metro lineare, viene portata da cuscinetti di ghisa posti alla distanza di metri 1,5 l'uno dall'altro. — Il cuscinetto è alto 257 millimetri ed i lati della base misurano 250 e 450 millimetri. La rotaia viene congiunta al cuscinetto con un bullone. I giunti delle rotaie, collegati con stecche e bulloni, sono sospesi e distano metri 0,6 dal cuscinetto. — In senso trasversale al posto dove trovansi i cuscinetti, i due filari del binario sono congiunti per mezzo di tiranti di ferro. — Un metro lineare di binario completo pesa 65 chilogrammi circa.

Quanto si disse riguardo ai due precedenti tipi di armamento vale anche per il sistema Müller (tav. XII, figura 10), il quale non trovò finora applicazione che a titolo di prova sopra un breve tratto della tramvia di Magdeburgo. Questo sistema, non molto dissimile dall'armamento Böttcher, ha la guida Larsen d'acciaio bullonata sopra cuscinetti di ghisa, i quali vengono con tiranti di ferro fra loro collegati tanto diagonalmente, quanto trasversalmente.

Il sistema d'armamento Rimbach — vedi tav. XII, fig. 11 e 12 — in uso sulle ferrovie stradali a vapore di Dortmund e di Karlsruhe-Durlach, consiste in una rotaia a sella con scanalatura non simmetrica, fissata per mezzo di bulloni sopra ritagli di lungarina di ferro che hanno pure la forma di una sella o di un U rovescio. — La rotaia, lunga 8 metri, è d'acciaio e pesa chilogrammi 26,3 per metro lineare. I pezzi di lungarina che applicansi ai giunti della rotaia hanno la lunghezza di metri 0,8, gli intermedi, collocati alla distanza di metri 0,85 l'uno dall'altro, quella di metri 0,5. Dei tiranti di ferro, i quali vengono uniti ai pezzi di lungarina o piastrelle sagomate, se così chiamar si vogliono, congiungono poi i due filari del binario. Aggiungasi ancora che per ogni rotaia di 8 metri di lunghezza abbisognano circa 80 bulloni.

Le tramvie a cavalli di Colonia, Mannheim-Ludwigshafen e Metz, a scartamento normale, adottarono il *sistema d'armamento de Féral*, rappresentato nella tav. XII, fig. 13-17.

La rotaia del tipo Vignoles, col fungo internamente smusso, è d'acciaio, lunga 6,5 metri, larga alla base 68, nel fusto 10 e nel fungo 58 millimetri, alta 150 millim. e pesa chilogrammi 23 circa per metro lineare. Ai giunti ed in tre punti intermedi essa poggia sopra ritagli di lunghina o piastrine sagomate; i pezzi ai giunti hanno la base quadrata con 300 millimetri di lato, l'altezza importa 60 millimetri ed un pezzo pesa 9 chilogrammi; negli altri pezzi la lunghezza non è che di 200 millimetri, ed uno pesa quindi chilogrammi 6 soltanto.

Ai giunti le rotaie sono congiunte con stecche di 200 millimetri di lunghezza e 4 bulloni: un paio di stecche coi 4 bulloni pesano chilogrammi 3,1.

Il collegamento della rotaia agli appoggi avviene con bulloni e piastrelle; uno di questi bulloni colla relativa piastrella pesa chilogrammi 0,34 circa.

I due filari del binario infine sono poi congiunti con tiranti di ferro del peso di chilogrammi 2,1 ciascuno, dei quali se ne adoperano tre per la rotaia di 6,5 metri di lunghezza.

Un metro lineare di binario completo pesa chilogr. 57 circa.

Ciò vale per i rettilinei; nelle curve si armò la strada in un modo simile a quello in uso a Düsseldorf ed in parecchie ferrovie stradali del Belgio e dell'Olanda, dove venne adottato il *sistema Dufrane* (tav. X, fig. 2). Il filare interno del binario (tav. XII, fig. 16) è costituito da una guida piatta scanalata, di ferro, larga 102 millimetri, alta millimetri 30 dalla parte della superficie esposta al roteggio e millimetri 40 dalla parte dell'orlo, fissata con bulloni sopra un ferro a doppio T dell'altezza di 120 millimetri; il filare esterno ha una lama piatta pure di ferro, larga 102 e alta 30 millimetri, fissata nello stesso modo della rotaia interna. Questa pesa chilogrammi 20,2, quella chilogrammi 21,4 circa per metro lineare. — Ambedue queste rotaie sono lunghe 6 metri, poggiano sopra traversine di legno lunghe 2,3 metri, larghe 200 e alte 140 millimetri, e sono ad esse fissate coi soliti arpioni che pesano chilogrammi 0,3 circa l'uno. — Ai giunti queste rotaie sono munite di stecche e bulloni come nei rettilinei.

Resta per ultimo a discorrere del *sistema Wimby e Le-vick* (tav. XII, fig. 18 e 19), che fu adoperato nella costruzione della tramvia di Chemnitz in Sassonia, la quale ha lo scartamento di metri 0,915 (pari a 3 piedi inglesi).

La guida del tipo Vignoles ha il fungo accanalato, è d'acciaio, lunga metri 7,32, larga alla base 92, nel fusto 12 e nel fungo 67 millimetri, ed è alta 132 millimetri. Essa viene fissata con chivarde e cunei sopra piastrine di ferro, che sono larghe 292 e grosse 8 millimetri. — Ai giunti vi sono le solite stecche, lunghe 226 millimetri, e bulloni; i due filari del binario poi sono congiunti con tiranti di ferro, posti nei rettilinei alla distanza di 3 metri l'uno dall'altro, nelle curve in distanze minori.

In generale, i tipi d'armamento metallico colla rotaia appoggiata in singoli punti, non trovarono molti fautori in Germania, se si eccettua il sistema Vautherin, che fu applicato su larga scala anche da alcune ferrovie ordinarie. Gli altri sistemi, specialmente quelli con cuscinetti, presentano l'inconveniente che questi cedono con facilità o si scostano dalla loro positura normale e richiedono in conseguenza continue riparazioni del binario.

C) *Sistemi d'armamento metallico colla guida poggiate direttamente sull'inghiaia*. — Questo gruppo abbraccia i sistemi Hartwich, Demerbe, Haarmann (tipo nuovo) e Heusinger di Waldegg.

La tramvia a cavalli Deutz-Mühlheim presso Colonia, a scartamento normale, e la ferrovia stradale a vapore del Felda (*Feldbahn*) (1), nella Sassonia-Weimar collo scar-

tamento di un metro, servironsi per la costruzione del binario del *sistema Hartwich* in uso anche su alcune ferrovie ordinarie. Questo sistema consiste in una guida Vignoles, a base larga, poggiate direttamente sopra uno strato di ghiaia. La guida usata dalla ferrovia del Felda (tav. XIII, fig. 1 e 2), è d'acciaio Bessemer, lunga 7 metri, larga alla base 100, nel fusto 9 e nel fungo 40 millimetri, alta 130 millimetri e pesa chilogrammi 21,5 per metro lineare. I giunti delle rotaie sono collegati con stecche e bulloni come nell'armamento solito delle ferrovie ordinarie, i due filari del binario con tiranti di ferro, nei rettilinei uno ai giunti ed uno a metà rotaia, nelle curve in numero maggiore.

Nell'armamento Hartwich l'inghiaia richiede una cura speciale: come scorgesi dalla fig. 2 (tav. XIII), sotto la rotaia è scavato longitudinalmente un fossatello di 150 millimetri di larghezza e 150 millimetri d'altezza, che viene riempito di pietrame e ghiaia minuta. Altri fossatelli in senso trasversale che dai precedenti si dipartono, opportunamente disposti e costruiti allo stesso modo, servono poi a smaltire le acque che nei primi si raccolgono.

Anche le tramvie urbane a cavalli di Monaco e di Stoccarda ebbero a servirsi dell'armamento Hartwich, ma siccome nelle strade lastricate si otteneva un cattivo collegamento col selciato, così si pensò recentemente di modificarlo applicando alla guida Vignoles una lama di ferro formante l'incanalatura (tav. XIII, fig. 3), presso a poco come è in uso nell'armamento Haarmann (tipo vecchio) ad Anover (tav. XI, fig. 24).

In questo tipo così modificato, la guida Vignoles, che a Monaco è di ferro, ed a Stoccarda col fungo d'acciaio, è larga alla base 90, nel fusto 9, nel fungo 46 millimetri, è alta 185 millimetri, e pesa 26 chilogrammi per metro lineare. A metà altezza circa la rotaia è munita di sporgenze sulle quali poggia la lama formante la scanalatura. — Ai giunti della rotaia havvi esternamente una stecca di ferro, lunga 430, alta 150 e grossa 8 millimetri, la quale per mezzo di 8 bulloni è congiunta colla lama suddetta. — In senso trasversale i due filari del binario sono collegati da tiranti di ferro, aventi 16 millimetri di diametro e posti alla distanza di circa 2 metri l'uno dall'altro. — Un metro lineare di binario completo, come è adottato a Stoccarda, pesa circa 76 chilogrammi.

Fra i tipi d'armamento che negli ultimi tempi ebbero maggiore diffusione non solo in Germania, ma bensì anche nel Belgio ed in Olanda, va annoverato il *sistema Demerbe* (tav. XIII, fig. 4-8), il quale in realtà dovrebbe chiamarsi *sistema Scott*, perchè fu dallo Scott ideato, e da questi per la prima volta adottato a Edimburgo. — In Germania lo si trova sulle tramvie a cavalli d'Anover, Colonia, Francoforte, Ingolstadt e Norimberga, e su quelle a vapore di Mühlhausen, Rappoltsweiler e Strasburgo.

La guida in forma d'U rovescio, con scanalatura, è di acciaio e pesa circa 30 chilogrammi per metro lineare; la sua larghezza inferiore importa 138 millimetri e la sua altezza 128 millimetri. Nei curvilinei l'orlo della rotaia interna è più alto (fig. 6), la rotaia esterna (fig. 5) invece è senza scanalatura e colla superficie esposta al roteggio piana.

Ai giunti della rotaia havvi una robusta stecca di ferro della forma della rotaia e lunga 800 millimetri, alla quale le estremità di queste si fissano con bulloni.

Dei tiranti di ferro, lunghi 8 e alti 120 millimetri congiungono i due filari del binario; il modo come si fissano alla rotaia è chiaramente indicato dalla fig. 8, tav. XIII.

Il vuoto formato dai lati della rotaia viene riempito con ghiaia minuta.

Un metro lineare di binario di questo armamento metallico pesa 73 chilogrammi circa.

Il *sistema d'armamento Haarmann (tipo nuovo)*, (tavola XIII, fig. 9-14), è adottato dalla tramvia a cavalli di Geestemünde-Bremerhafen presso Brema, dalla tramvia pure a cavalli di Lipsia e sui nuovi tronchi di quella di Amburgo.

Monaco, ed ha la lunghezza di 44 chilometri. Per una lunghezza di 30 chilometri il binario trovasi collocato sopra uno dei fianchi della strada carrozzabile.

(1) Questo tronco, che va da Salzingen per Kaltennordheim a Dermbach, viene esercito dalla ditta Krauss e compagnia di

Ogni filare del binario è costituito da due guide del tipo Vignoles, col fungo non simmetrico, ma eguali fra di loro. Guida e controguida sono d'acciaio e pesano insieme chilogrammi 24 per metro lineare. Tanto l'una, quanto l'altra è lunga 8 metri, larga alla base 65, nel fusto 6,5 e nel fungo 40 millimetri, e alta 130 millimetri. Sono poste in modo che il giunto della rotaia, non combacia mai col giunto della controrotaia.

Dei ripieni di ghisa, collocati fra rotaia e controrotaia alla distanza di un metro l'uno dall'altro ed attraversati da un bollone, giovano a fissarle. I ripieni ai giunti sono lunghi 140 millimetri e pesano chilogrammi 1,8 circa l'uno; gli intermedi hanno la lunghezza di 62,5 millimetri soltanto e pesano chilogrammi 0,93 circa l'uno; il bollone ha un diametro di 19 millimetri.

Ad Amburgo, dove l'armamento in questione trovasi posto in strade lastricate, si riempì anche lo spazio esterno formato dal fungo e dalla suola della rotaia, con travicelli di rovere (come scorgesi nella fig. 9) e ciò allo scopo di ottenere un miglior collegamento col lastrico adiacente.

In distanze di 4 metri i due filari del binario sono congiunti per mezzo di tiranti di ferro a sezione rettangolare, grossi 10 ed alti 40 millimetri.

Il peso totale di un metro lineare di binario importa circa chilogrammi 53.

Resta infine a discorrere del sistema d'armamento *Heusinger di Waldegg* (tav. XIII, fig. 15-20), il quale trovò applicazione sulla ferrovia stradale a cavalli da Wülfel a Döhren, nell'Annover (1).

Anche in questo tipo d'armamento il filare del binario consiste di una guida e di una controguida, ambedue di forma speciale, formanti assieme superiormente la scanalatura ed assumendo inferiormente la forma di una lunghina. I due pezzi uniti hanno l'altezza di 125 millimetri, la larghezza inferiore di 120 millimetri e sono d'acciaio. La guida pesa circa chilogrammi 13,6, la controguida circa chilogrammi 11,3 per metro lineare. — Sono fra loro congiunte con bulloni, che pesano circa chilogrammi 0,3 l'uno.

Non facendo combaciare l'estremità della guida coll'estremità della controguida, si è resa inutile l'applicazione di stecche.

I tiranti di ferro di forma speciale che collegano i due filari del binario, sono posti alla distanza di 3 metri l'uno dall'altro, e vengono fissati alla rotaia con cunei pure di forma speciale, come è indicato nelle fig. 15, 16, 17, tavola XIII. Un tirante assieme a due cunei pesa chilogrammi 5,4 circa, ed un metro lineare di binario completo circa chilogrammi 52.

I tipi d'armamento metallico colla rotaia poggiate direttamente sull'inghiata, in uso finora in Germania, e che vennero qui descritti, sono d'applicazione troppo recente per potere sopra gli stessi dar oggi un giudizio attento alla pratica: noi ci accontentiamo col dire che fra questi il più semplice è il sistema Hartwich e che, secondo la nostra opinione, è quello il quale meglio dovrebbe convenire per l'armamento delle ferrovie stradali di campagna.

FELICE TASSINI.

## COSTRUZIONI METALLICHE

### DEL VALORE DEL COEFFICIENTE DI ELASTICITÀ

che corrisponde ai risultati effettivi  
delle prove di resistenza di alcune travature in ferro  
rettilinee ed a traliccio.

MEMORIA dell'Ing. G. B. BIADDEGO.

Ritorno colla presente Memoria su una questione di cui mi sono occupato in un volume edito recentemente (\*). Ci ritorno sopra per due ragioni: la prima per discuterla più ampiamente ed aggiungere nuovi dati a quelli ivi offerti; l'altra per correggere alcune inesattezze in cui sono incorso in quella prima trattazione.

(1) Questo tronco posto in esercizio nel gennaio 1882, ha lo scartamento di un metro e la lunghezza di chilometri 2,6.

(\*) *I ponti e viadotti in ferro della linea Udine-Pontebba*, per gli Ingegneri L. RICHARD e GIAMB. BIADDEGO. — Torino, 1882. Tip. e lit. Camilla e Bertolero (Vedi *Bibliografia* in fine del fascicolo).

La questione è certo importantissima, e non mi consta sia stata discussa ancora sotto questo punto di vista (\*). Quando una travata è costruita, la si suol sottoporre al carico di prova che non è altro se non che il sopraccarico che fu preso a base dei calcoli di resistenza nel progetto. In addietro si era soliti a considerare i risultati ottenuti come soddisfacenti quando la inflessione equivaleva o non era superiore ad una certa frazione della luce.

Questo criterio era evidentemente erroneo. Anche ammessa l'eguaglianza del coefficiente di resistenza di due travate, la loro inflessione però dipende praticamente da varie altre cause, ad esempio, dalla qualità della costruzione stessa, poichè è un fatto che se le parti secondarie (esempio, le travi trasversali) sono così bene collegate colle travi principali da contribuire colla loro resistenza ad opporsi alle deformazioni di tutto il sistema, in altre parole se la costruzione è così combinata che sotto l'azione degli sforzi venga impegnata la resistenza di tutto il sistema, è certo che questa circostanza influisce a rendere l'inflessione effettiva minore di quella che darebbe un'altra travata studiata e costruita diversamente.

Di più, ammessa anche la parità nel valore del coefficiente di resistenza di due travate, l'inflessione è minore se è maggiore l'altezza delle travi principali. E difatti se prendiamo un ponte di una sola luce in cui le travi principali sieno a sezione costante, abbiamo per l'inflessione la nota formola

$$f = \frac{5}{384} \frac{p l^4}{EI}$$

siccome

$$R = \frac{M v}{I}$$

ed

$$M = \frac{p l^2}{8}$$

si ha

$$R = \frac{p l^2}{8} \frac{v}{I}$$

E così

$$f = \frac{40}{384} \frac{R l^2}{E v}$$

Per cui il criterio di considerare che il valore di  $f$  non debba superare una certa porzione della luce è evidentemente erroneo; e lo ha notato tra gli altri da tempo il Cottrau in un noto e pregevole suo scritto *Sull'industria del ferro in Italia*.

Altro criterio è stato pure adottato, e questo consiste nel calcolare l'inflessione teorica che dovrebbe subire la travatura, e confrontarla poi colla effettiva; la quale ultima è ritenuta buona se corrisponde ad un valore del coefficiente di elasticità  $E$  variabile da 15 a 20 miliardi.

Ma è avvenuto in pratica di non trovare che assai raramente questa corrispondenza. In qualche raro caso il valore di  $E$  raggiungeva a stento i 18 miliardi, e in qualche caso è disceso perfino a 12 miliardi.

In uno di questi ultimi casi il Consiglio superiore dei Lavori Pubblici aveva deliberato che potevasi nei capitoli ammettere come dato per calcolare la saetta di flessione teorica delle travate, anche un valore di  $E$  inferiore a 14 miliardi.

Ora confesso il vero che m'è sempre rimasto un vivo desiderio di chiarire un po' la questione, e poichè, mentre costruivansi i ponti della linea Pontebba ho potuto raccogliere i risultati delle prove di molte travature in ferro sia in una che in più luci ed a travature continue, così mi sono proposto di ricercare su questi dati come stesse la cosa.

I.

#### FORMOLE GENERALI.

Le travature che si considerano sono tutte rettilinee e con parete verticale a traliccio. Per brevità si omettono

(\*) Il prof. Chicchi in un opuscolo stampato ultimamente (Padova, A. Draghi, 1882), come Appendice al suo *Corso teorico pratico dei ponti metallici*, espone un metodo razionale per fare le prove delle travate metalliche. Tale metodo è anche in vigore da tempo nell'Amministrazione delle Ferrovie dell'Alta Italia.

qui alcuni dati relativi alle medesime che potranno attingersi dal volume sopra citato.

Il sopracarico che si assume si suppone sempre uniformemente distribuito a metro lineare di travatura. Poichè questa è l'ipotesi che si assume generalmente. Tale carico corrisponde al massimo momento di flessione prodotto dal treno di prova. Detto  $M$  questo momento di flessione massimo ed  $l$  la luce della travatura, si deduce  $p$ , com'è noto, colla formola

$$p = \frac{8M}{l^2}$$

Il treno di prova si suppone composto di due locomotive di 5ª categoria (Sigl) in esercizio sulla rete delle Ferrovie dell'Alta Italia, unite testa a testa coi rispettivi tenders, ed a carico completo d'acqua e carbone, seguite da carri merci del peso lordo di 15 tonnellate ciascuno.

Il valore di  $E$  che si deduce è quello che corrisponde a tali condizioni di carico.

Il calcolo di  $E$  viene fatto in due modi.

Nel primo si assume l'ordinaria espressione di  $f$ , nella quale ammettessi costante il valore del momento d'inerzia  $I$ ; in questa espressione non si tiene conto della deformazione dovuta agli sforzi di taglio.

Nel secondo metodo di calcolo invece si assumono le formole sviluppate dall'ing. A. Castigliano nella sua recente opera intitolata: *Théorie des systèmes élastiques*. — Turin, 1881 (\*).

E in questo si tien conto non solo della deformazione dovuta agli sforzi di taglio, ma anche della variabilità della sezione resistente.

Ciò premesso ecco le formole generali.

A. FORMOLE APPROSSIMATE.

1º caso. — Ponti ad una luce.

$$f = \frac{5}{384} \frac{pl^3}{EI}$$

2º caso. — Ponti a più luci ed a travature continue. Travata n-esima (intermedia).

$$f = \frac{l^3}{8EI} \left\{ A - \frac{Bl}{2} + \frac{7}{48} pl^2 \right\}$$

dove si ha:

$A = m_n$  ossia uguale al momento di flessione sull'appoggio di sinistra, e

$$B = \frac{1}{2} pl + \frac{m_n - m_{n+1}}{l}$$

essendo  $m_{n+1}$  il momento di flessione sull'appoggio di destra della travata n-esima.

B. FORMOLE RIGOROSE.

1º Caso. — Ponti in una sola luce.

a) Flessione nel punto di mezzo dovuta agli sforzi di flessione:

$$f' = \frac{p}{2E} \left\{ \begin{aligned} & \frac{l}{3} \left[ \frac{a_1^3}{I_1} + \frac{a_2^3 - a_1^3}{I_2} + \dots + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3 - a_{n-1}^3}{I_n} \right] + \\ & - \frac{1}{4} \left[ \frac{a_1^4}{I_1} + \frac{a_2^4 - a_1^4}{I_2} + \dots + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^4 - a_{n-1}^4}{I_n} \right] \end{aligned} \right\}$$

b) Flessione id. dovuta agli sforzi di taglio:

$$f'' = \frac{p}{2E_1} \left\{ \begin{aligned} & l \left[ \frac{A_1}{\omega_1} b_1 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2 - b_1) + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} \left(\frac{l}{2} - b_n\right) \right] + \\ & - \left[ \frac{A_1}{\omega_1} b_1^2 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2 - b_1) + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} \left(\frac{l^2}{4} - b_n^2\right) \right] \end{aligned} \right\}$$

(\*) Il prof. Chicchi nello scritto sopra citato dice che non ha adottato ne' suoi calcoli le formole del Castigliano perchè non sono ancora entrate nell'uso comune. E si augura che vi entrino. Ma a dir vero sembrami che sia debito di coloro che sono convinti dell'esattezza e del rigore di questa teoria, di adottarle, se no è certo che nell'uso e nella pratica comune non vi entreranno mai.

Nelle quali formole indicano:

$a_1, (a_2 - a_1), (a_3 - a_2), \dots, (a_n - a_{n-1})$  le lunghezze delle tratte nelle quali sono costanti rispettivamente i valori di  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ , essendo  $a_n = \frac{l}{2}$ . Le distanze  $a_1, a_2, \dots$  si contano a partire dall'appoggio di sinistra;

$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  sono i momenti d'inerzia delle diverse sezioni della travatura prese in ordine progressivo a partire dal suddetto appoggio di sinistra;

$E$  è il coefficiente d'elasticità longitudinale del materiale di cui la trave trovasi composta, ed  $E_1$  il coefficiente d'elasticità longitudinale della materia componente le barre del traliccio;

$b_1, (b_2 - b_1), (b_3 - b_2), \dots$  sono i diversi tronchi nei quali sono rispettivamente costanti i valori di  $I_1, I_2, \dots$  ed  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$ ; essendo  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$  le aree delle sezioni dei singoli ferri del traliccio. Tali aree devono evidentemente raddoppiarsi nel caso di traliccio a doppia parete;

$A_1, A_2, \dots$  sono i valori di

$$A = \frac{G}{I} d\sqrt{2}$$

corrispondenti alle diverse sezioni delle travi essendo

$$G = \frac{1}{8} [ab^2 - (a_1 b_1^2 + a_2 b_2^2 + \dots)]$$

dove  $a$  e  $b$  hanno i soliti valori delle basi ed altezze rispettive come nelle formole che danno i momenti d'inerzia delle sezioni a doppio T.

2º Caso. — Ponti a più luci ed a travatura continua.

a) Travate intermedie. — Queste travate sono tutte simmetriche, e si ha:

$$f' = - \left( \frac{M_0 + M_1}{4E} \right) \left[ \frac{a_1^2}{I_1} + \frac{a_2^2 - a_1^2}{I_2} + \dots + \frac{\frac{l^2}{4} - a_{n-1}^2}{I_n} \right] + \frac{pl}{6E} \left[ \frac{a_1^3}{I_1} + \frac{a_2^3 - a_1^3}{I_2} + \dots + \frac{\frac{l^3}{8} - a_{n-1}^3}{I_n} \right] + \frac{p}{8E} \left[ \frac{a_1^4}{I_1} + \frac{a_2^4 - a_1^4}{I_2} + \dots + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^4 - a_{n-1}^4}{I_n} \right]$$

dove  $M_0$  ed  $M_1$  sono rispettivamente i valori dei momenti di flessione sugli appoggi di sinistra e di destra della travata che si considera

$$f'' = \frac{p}{2E_1} \left\{ \begin{aligned} & l \left[ \frac{A_1}{\omega_1} b_1 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2 - b_1) + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} \left(\frac{l}{2} - b_{n-1}\right) \right] + \\ & - \left[ \frac{A_1}{\omega_1} b_1^2 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2^2 - b_1^2) + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} \left(\frac{l^2}{4} - b_{n-1}^2\right) \right] \end{aligned} \right\}$$

b) Travate estreme. — Queste travate non sono simmetriche; si ha

$$f' = \left( -\frac{M_1}{6l} + \frac{pl}{12} \right) \frac{1}{E} \left[ \frac{a_1^2}{I_1} + \frac{a_2^2 - a_1^2}{I_2} + \dots + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2 - a_{\gamma+1}^2}{I_{\gamma+1}} \right] + \left( -\frac{M_1}{4} + \frac{pl^2}{8} \right) \frac{1}{E} \left[ \frac{a_1^3}{I_{\gamma+1}} + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3 - a_{\gamma+1}^3}{I_{\gamma+1}} + \dots + \frac{l^2 - a_{n-1}^2}{I_n} \right] + \left( \frac{M_1}{6l} - \frac{pl}{6} \right) \frac{1}{E} \left[ \frac{a_1^3}{I_{\gamma+1}} + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^3 - a_{\gamma+1}^3}{I_{\gamma+1}} + \dots + \frac{l^3 - a_{n-1}^3}{I_n} \right] + \frac{p}{16E} \left[ \frac{a_1^4}{I_1} + \frac{a_2^4 - a_1^4}{I_2} + \dots + \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^4 - a_{\gamma}^4}{I_{\gamma+1}} \right] + \frac{p}{16E} \left[ \frac{a_1^{\gamma+1} - \left(\frac{l}{2}\right)^{\gamma+1}}{I_{\gamma+1}} + \dots + \frac{l^4 - a_{n-1}^4}{I_n} \right]$$

e per  $f''$

$$f'' = \frac{1}{E} \left( \frac{pl}{4} - \frac{M'}{2l} \right) \left\{ \frac{A_1}{\omega_1} b_1 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2 - b_1) + \dots + \frac{A_{\nu+1}}{\omega_{\nu+1}} \left( \frac{l}{2} - b_\nu \right) \right\} +$$

$$- \frac{1}{E} \left( \frac{pl}{4} - \frac{M'}{2l} \right) \left\{ \frac{A_{\nu+1}}{\omega_{\nu+1}} \left( b_{\nu+1} - \frac{l}{2} \right) + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} (l - b_{n-1}) \right\} +$$

$$- \frac{p}{4E} \left\{ \frac{A_1}{\omega_1} b_1^2 + \frac{A_2}{\omega_2} (b_2^2 - b_1^2) + \dots + \frac{A_{\nu+1}}{\omega_{\nu+1}} \left( \frac{l^2}{4} - b_\nu^2 \right) \right\} +$$

$$+ \frac{p}{4E} \left\{ \frac{A_{\nu+1}}{\omega_{\nu+1}} \left[ b_{\nu+1}^2 - \left( \frac{l}{2} \right)^2 \right] + \dots + \frac{A_n}{\omega_n} (l^2 - b_{n-1}^2) \right\}$$

dove le lettere hanno il medesimo significato come nelle precedenti formole.

## II.

### APPLICAZIONI.

Per ciascuna delle travate sotto indicate si riporta innanzi tutto il calcolo approssimato di E, poi quello più esatto instituito in base alle formole del Castigliano.

Per rendere la ricerca più completa nel caso delle travate continue a più luci si è esteso il calcolo anche al caso delle travate estreme o di riva.

Nel caso del ponte sul Fella a Ponteperaria lo si è fatto per tutte le 5 luci.

#### Calcolo approssimativo di E.

##### A. Ponti in una sola luce.

1. — Ponte in una travata sul Rio Gridezzo.

Si ha

$$l = 15.00 \text{ m.} \quad I = 0.015 \ 200 \text{ (valor medio)}$$

$$p = 2200 \text{ Ch.} \quad f = 0.006 \text{ m.}$$

quindi

$$E = 16.20 \times 10^9.$$

2. — Ponte in una travata sul Rio Tagliezzo.

Si ha

$$l = 25.20 \text{ m.} \quad I = 0.058$$

$$p = 1800 \text{ Ch.} \quad f = 0.010 \text{ m.}$$

quindi

$$E = 16.30 \times 10^9.$$

3. — Ponte in una travata sul Rio Lavaz.

Si ha

$$l = 21.60 \text{ m.} \quad p = 2750 \text{ Ch.}$$

$$I = 0.035 \ 100 \quad f = 0.0135 \text{ m.}$$

quindi

$$E = 15.10 \times 10^9.$$

4. — Ponte ad una travata sul Rio Patoco.

Si ha

$$l = 42.40 \text{ m.} \quad I = 0.294 \ 000 \text{ (valor medio)}$$

$$p = 1800 \text{ Ch. (sopracarico)} \quad f = 0.016 \text{ m.}$$

onde

$$E = 16.10 \times 10^9.$$

5. — Ponte ad una travata sul Rio Osvaldo.

Si ha

$$l = 40.20 \text{ m.} \quad I = 0.248 \ 370 \text{ (valor medio)}$$

$$p = 1750 \text{ Ch.} \quad f = 0.0145 \text{ m.}$$

onde

$$E = 16.53 \times 10^9.$$

6. — Ponte sul fiume Fella a Pontedimuro.

Si ha

$$l = 70.40 \text{ m.} \quad I = 1.154 \ 000 \text{ (valor medio)}$$

$$p = 2000 \text{ Ch.} \quad f = 0.030 \text{ m.}$$

onde

$$E = 15.40 \times 10^9.$$

#### B. Ponti a più luci ed a travature continue.

1. — Ponte a 3 luci sui Rivoli Misigulis e Pissanda. — Travata centrale.

Si hanno i dati seguenti

$$p = 2100 \text{ Ch.} \quad l_1 = l_3 = 18.95 \text{ m.} \quad l_2 = 22.90 \text{ m.}$$

$$m_2 = m_3 = 58.500 \text{ Ch. (ipotesi del sopracarico sulla travata centrale)}$$

$$A = 58 \ 500 \text{ Ch.} \quad I = 0.029 \text{ (valor medio)}$$

$$B = 24 \ 045 \text{ »} \quad f = 0.011 \text{ m.}$$

e quindi

$$E = \frac{3.664 \ .000}{0.029 \times 0.011} = 11.40 \times 10^9.$$

2. — Ponte a 3 luci sul fiume Resia — Travata centrale.

Si ha

$$l_1 = l_3 = 17.03 \text{ m.} \quad l_2 = 20.74 \text{ m.}$$

$$p = 2100 \text{ Ch.} \quad m_2 = m_3 = 47.370 \text{ Ch.}$$

$$I = 0.018 \ 100 \quad f = 0.008.25 \text{ m.}$$

e quindi

$$E = \frac{2.512 \ .000}{0.018 \ 100 \times 0.008.25} = 15.4 \times 10^9.$$

3. — Ponte a 5 travate sul fiume Fella a Ponteperaria — Travata centrale.

Si ha

$$l_1 = l_5 = 28.70 \text{ m.} \quad l_2 = l_3 = l_4 = 34.80 \text{ m.}$$

$$p = 2600 \text{ Ch.}$$

$$x = 17.40 \text{ m. (centro teorico)}$$

$$I = 0.099 \text{ (valor medio)}$$

$$f = 0.0185 \text{ m.}$$

quindi

$$E = 13.70 \times 10^9.$$

Ponte a 2 travate sul fiume Fella a Chiusaforte.

Si ha

$$l_1 = l_2 = 75 \text{ m.} \quad p = 2000 \text{ Ch.}$$

$$I = 0.978 \ 305 \text{ (valore medio)}$$

$$x = 30.804 \text{ m. (centro teorico)} \quad f = 0.032 \text{ m.}$$

quindi

$$E = 17.70 \times 10^9.$$

4. — Ponte a 4 luci sul torrente Dogna.

NB. Il ponte è in curva, e quindi le travate verso il centro (a valle) hanno luci minori di quelle verso l'esterno (a monte).

Travata a valle

$$l_1 = l_4 = 37.45 \text{ m.} \quad l_2 = l_3 = 45.00 \text{ m.}$$

Travata a monte

$$l_1 = l_4 = 37.95 \text{ m.} \quad l_2 = l_3 = 45.60 \text{ m.}$$

Il calcolo si fa per le travate intermedie.

Si ha

Trave a monte

$$p = 2450 \text{ Ch.} \quad f = 0.0250$$

$$I = 0.192 \text{ (valore medio)} \quad E = 14.08$$

Trave a valle

$$p = 2450 \text{ Ch.} \quad f = 0.0235$$

$$I = 0.192 \text{ (valore medio)} \quad E = 14.17$$

## Calcolo rigoroso del valore di E.

Segue ora il calcolo più esatto fatto colle sopra riportate formole del Castigliano.

Cominciamo anche qui colle travature ad una sola luce:

## A. Ponti in una sola luce.

## 1. — Ponte in una travata sul Rio Gridezzo.

a) Valore di  $\Delta_1 E$ 

$$\begin{aligned} l &= 15.00 \text{ m.} & p &= 2200 \text{ Ch.} \\ a_1 &= 2.10 \text{ »} & I_1 &= 0.010 \ 200 \\ a_2 &= 3.60 \text{ »} & I_2 &= 0.014 \ 200 \\ a_3 &= \frac{l}{2} = 7.50 \text{ m.} & I_3 &= 0.018 \ 300 \\ f &= 0.006 \text{ m.} \end{aligned}$$

si ha

$$E = \frac{2200 \times 76200}{2 \times 0.006} = 13.97 \times 10^9.$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$ 

$$\begin{aligned} b_1 &= 1.52 \text{ m.} & \omega_1 &= 0.00 \ 2016 \text{ m. q.} \\ b_2 &= 4.28 \text{ »} & \omega_2 &= 0.00 \ 1500 \text{ »} \\ b_3 &= \frac{l}{2} = 7.50 \text{ m.} & \omega_3 &= 0.00 \ 0896 \text{ »} \\ G_1 &= 0.00 \ 56 & I_1 &= 0.01 \ 02 \\ G_2 &= 0.00 \ 76 & I_2 &= 0.01 \ 42 \\ G_3 &= 0.00 \ 96 & I_3 &= 0.01 \ 83 \\ d &= 0.92 \text{ m.} \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_2 E = \frac{29 \ 714 \ 300}{0.006} = 4.95 \times 10^9$$

onde

$$E = 13.97 + 4.95 = 18.92 \times 10^9.$$

## 2. — Ponte in una travata sul Rio Tagliezzo.

a) Valore di  $\Delta_1 E$ 

$$\begin{aligned} l &= 25.20 \text{ m.} & p &= 1800 \text{ Ch. (sopracarico)} \\ a_1 &= 3.50 \text{ »} & I_1 &= 0.039 \\ a_2 &= 6.00 \text{ »} & I_2 &= 0.055 \\ a_3 &= \frac{l}{2} = 12.60 \text{ m.} & I_3 &= 0.074 \\ f &= 0.010 \text{ m.} \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_1 E = \frac{1800 \times 156450}{2 \times 0.010} = 14.08 \times 10^9.$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$ 

$$\begin{aligned} b_1 &= 3.40 \text{ m.} & \omega_1 &= 0.00 \ 2016 \text{ mq.} \\ b_2 &= 7.72 \text{ »} & \omega_2 &= 0.00 \ 1500 \text{ »} \\ b_3 &= \frac{l}{2} = 12.60 \text{ m.} & \omega_3 &= 0.00 \ 0896 \text{ »} \\ d &= 1.08 \text{ m.} \\ G_1 &= 0.01 \ 30 \ 70 & I_1 &= 0.039 \\ G_2 &= 0.01 \ 80 \ 80 & I_2 &= 0.055 \\ G_3 &= 0.02 \ 31 \ 20 & I_3 &= 0.074 \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_2 E = \frac{1800 \times 51876}{2 \times 0.010} = 4.67 \times 10^9$$

onde

$$E = 14.08 + 4.67 = 18.75 \times 10^9.$$

## 3. — Ponte in una sola luce sul Rio Patoco.

a) Valore di  $\Delta_1 E$ 

$$\begin{aligned} l &= 42.40 \text{ m.} & p &= 1800 \text{ Ch.} \\ a_1 &= 5.80 \text{ »} & I_1 &= 0.203 \ 000 \\ a_2 &= 9.20 \text{ »} & I_2 &= 0.251 \ 000 \\ a_3 &= 11.70 \text{ »} & I_3 &= 0.310 \ 000 \\ a_4 &= \frac{l}{2} = 21.20 \text{ m.} & I_4 &= 0.368 \ 000 \\ f &= 0.01575 \text{ m. (valor medio)} \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_1 E = \frac{1800 \times 248 \ 800}{2 \times 0.01575} = 14.22 \times 10^9.$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$ 

$$\begin{aligned} b_1 &= 5.90 \text{ m.} & \omega_1 &= 0.00 \ 41 \ 31 \text{ m. q.} \\ b_2 &= 14.90 \text{ »} & \omega_2 &= 0.00 \ 28 \ 84 \text{ »} \\ b_3 &= \frac{l}{2} = 21.20 \text{ m.} & \omega_3 &= 0.00 \ 15 \ 00 \text{ »} \\ d &= 1.80 \text{ m.} \\ G_1 &= 0.043 & I_1 &= 0.203 \\ G_2 &= 0.052 & I_2 &= 0.250 \\ G_3 &= 0.075 & I_3 &= 0.360 \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_2 E = \frac{139 \ 887 \ 000}{2 \times 0.01575} = 4.44 \times 10^9$$

onde

$$E = 14 \ 22 + 4.44 = 18.66 \times 10^9.$$

## 4. — Ponte in una travata sul Rio Lavaz.

a) Valore di  $\Delta_1 E$ 

$$\begin{aligned} l &= 21.60 \text{ m.} & p &= 2750 \text{ Ch. (sopracarico)} \\ f &= 0.0135 \text{ m.} \\ a_1 &= 3.40 \text{ m.} & I_1 &= 0.024 \ 400 \\ a_2 &= 4.80 \text{ »} & I_2 &= 0.030 \ 900 \\ a_3 &= 6.80 \text{ »} & I_3 &= 0.037 \ 500 \\ a_4 &= \frac{l}{2} = 10.80 \text{ m.} & I_4 &= 0.044 \ 200 \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_1 E = \frac{2750 \times 141200}{2 \times 0.00135} = 14.46 \times 10^9$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$ 

$$\begin{aligned} b_1 &= 3.07 \text{ m.} & \omega_1 &= 0.00 \ 20 \ 16 \\ b_2 &= 6.91 \text{ »} & \omega_2 &= 0.00 \ 15 \ 00 \\ \frac{l}{2} &= b_3 = 10.80 \text{ m.} & \omega_3 &= 0.00 \ 08 \ 96 \\ d &= 0.96 \text{ m.} \\ G_1 &= 0.01 \ 09 \ 05 & I_1 &= 0.024 \ 400 \\ G_2 &= 0.01 \ 36 \ 01 & I_2 &= 0.030 \ 900 \\ G_3 &= 0.01 \ 90 \ 13 & I_3 &= 0.044 \ 200 \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_2 E = \frac{62 \ 631 \ 250}{0.0135} = 4.64 \times 10^9$$

onde

$$E = 14.46 + 4.64 = 19.10 \times 10^9.$$

## 5. — Ponte in una travata sul Rio Osvaldo.

a) Valore di  $\Delta_1 E$ 

$$\begin{aligned} l &= 40.20 \text{ m.} & p &= 1750 \text{ Ch. (sopracarico)} \\ a_1 &= 7.10 \text{ m.} & I_1 &= 0.174 \ 000 \\ a_2 &= 9.50 \text{ »} & I_2 &= 0.223 \ 300 \\ a_3 &= 14.00 \text{ »} & I_3 &= 0.278 \ 000 \\ a_4 &= \frac{l}{2} = 20.10 \text{ m.} & I_4 &= 0.332 \ 000 \\ f &= 0.0145 \text{ m.} \end{aligned}$$

onde

$$\Delta_1 E = \frac{1750 \times 234 \ 560}{2 \times 0.0145} = 14.16 \times 10^9.$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$ 

$$\begin{aligned} b_1 &= 5.10 \text{ m.} & \omega_1 &= 0.00 \ 36 \ 75 \text{ mq.} \\ b_2 &= 11.10 \text{ »} & \omega_2 &= 0.00 \ 24 \ 31 \text{ »} \\ b_3 &= \frac{l}{2} = 20.10 \text{ m.} & \omega_3 &= 0.00 \ 15 \ 00 \text{ »} \\ G_1 &= 0.040 \ 505 & I_1 &= 0.174 \ 000 \\ G_2 &= 0.051 \ 391 & I_2 &= 0.223 \ 300 \\ G_3 &= 0.075 \ 175 & I_3 &= 0.305 \ 000 \end{aligned}$$

si ha

$$\Delta_2 E = \frac{1750 \times 81120}{2 \times 0.0145} = 4.90 \times 10^9$$

onde

$$E = 14.16 + 4.90 = 19.06 \times 10^9$$

6. — Ponte in una travata sul fiume Fella a Pontedimuro.

a) Valore di  $\Delta_1 E$

$$l = 70.40 \text{ m.} \quad p = 2000 \text{ Ch. (sopracarico)}$$

$$a_1 = 9.80 \text{ m.} \quad I_1 = 0.760$$

$$a_2 = 16.50 \text{ »} \quad I_2 = 0.996$$

$$a_3 = 23.20 \text{ »} \quad I_3 = 1.250$$

$$a_4 = \frac{l}{2} = 35.20 \text{ m.} \quad I_4 = 1.510$$

$$f = 0.030 \text{ m.}$$

si ha

$$\Delta_1 E = \frac{2000 \times 477 \ 837}{2 \times 0.030} = 15.93 \times 10^9$$

b) Valore di  $\Delta_2 E$

$$b_1 = 5.20 \text{ m.} \quad \omega_1 = 0.00 \ 67 \ 50$$

$$b_2 = 14.80 \text{ »} \quad \omega_2 = 0.00 \ 53 \ 82$$

$$b_3 = 24.40 \text{ »} \quad \omega_3 = 0.00 \ 40 \ 32$$

$$\frac{l}{2} = b_4 = 35.20 \text{ m.} \quad \omega_4 = 0.00 \ 34 \ 00$$

$$d = 2.40 \text{ m.}$$

$$G_1 = 0.17 \ 33 \ 00 \quad I_1 = 0.760$$

$$G_2 = 0.20 \ 58 \ 50 \quad I_2 = 0.996$$

$$G_3 = 0.24 \ 12 \ 21 \quad I_3 = 1.250$$

$$G_4 = 0.27 \ 67 \ 00 \quad I_4 = 1.510$$

si ha

$$\Delta_1 E = \frac{172 \ 200 \ 000}{0.030} = 5.74 \times 10^9$$

onde

$$E = 15.93 + 5.74 = 21.67 \times 10^9$$

(Continua).

NOTIZIE

**Ponti in legno.** — Per la ferrovia Napier-Manawatu in New-Seeland furono costruiti tre ponti in legno secondo il principio del *Trestle-work* e nello stesso sistema dei ponti americani di servizio: i dati principali dei medesimi si possono riassumere come segue:

DESIGNAZIONE DEI PONTI	Altezza in metri	Lunghezza in metri	Superficie prospettica occupata dalla costruzione in m. q.	COSTO IN LIRE DEI PONTI			
				Totale	Per metro lineare	Per metro quad. di superficie prospettica occupata	Per metro quad. di superficie coperta
Manawatu . . .	27,00	148,00	1923	144975	979,56	75,39	58,20
Mangarangiora	26,00	185,00	3307	210300	1136,75	63,59	70,85
Makatoko . . .	23,20	68,00	985	76225	1120,95	77,39	77,12

I legni impiegati sono i seguenti:

	Peso per metro cubo Chilogr.	Q	K per cmq.
Podocarpus totara . . .	506	242	678
Id. spicata . . .	661	345	966
Olea apetacea . . . . .	1172	570	1596
Legno ferreo d'Australia	1150	512	1434

Q rappresenta il carico in chilog. occorrente per rompere un'asta di lunghezza  $l = 30,5 \text{ cm}$  avente una superficie  $F = 2,54 \text{ cm}^2$  appoggiata agli estremi. Il valore di K è calcolato mediante la formola

$$K = \frac{3}{2} Q \sqrt[3]{F}$$

e rappresenta lo sforzo dell'asta al momento della rottura. I ponti sono costruiti per un sol binario avente uno scartamento di metri 1,067 e per un carico di 3250 chilogrammi per metro lineare.

Il periodico *Nouvelles Annales de la Construction* (1881, pagina 149 a 152) contiene le figure dei ponti suddetti e stabilisce un paragone con quelli americani dello stesso sistema della ferrovia Cincinnati-Sothorn i quali vennero a costare molto meno dei ponti d'Australia, vale a dire da 18 a 34 lire con una media di 29 lire per metro quadrato di superficie prospettica occupata, e ciò in causa della mano d'opera.

Per farci un criterio dei prezzi suddetti giova paragonarli con quelli dei ponti costruiti da noi; così per esempio quello in legno a Rio di Muro costruito provvisoriamente per l'attraversamento del fiume Fella sulla linea Udine-Pontebba è appunto dello stesso sistema dei precedenti ed ha una lunghezza di metri 72; l'altezza nel mezzo è di 40m, ai lati di metri 37,5 e 31,0 rispettivamente. Le spese ammontarono a 847 lire per metro lineare ed a lire 33,75 per metro quadrato di superficie prospettica occupata, e finalmente a 16 lire per metro quadrato di superficie coperta.

**Delle pile in pietra per i ponti a travature metalliche.** — Il prof. Steiner dà il resoconto di un lungo articolo dell'Ing. F. J. Weiss sul numero e sulle principali dimensioni da assegnarsi alle pile in pietra dei ponti a travature metalliche, dal punto di vista il più favorevole e il più economico. Da esso togliamo le regole seguenti, le quali sono applicabili per luci di 25 a 120 metri e per un'altezza totale di 30 metri circa, comprese le fondazioni.

L'altezza alla quale la travata deve appoggiare sulle pile è data dalle condizioni generali del tracciato, le quali sovente dipendono dalle condizioni fluviali; la profondità a cui devono arrivare le fondazioni delle pile è pure data dagli assaggi che precedono sempre il progetto di un manufatto così importante; per cui si avrà in ogni ponte l'altezza totale H di una qualunque delle pile da costruirsi. Il numero n più conveniente dal punto di vista economico delle pile intermedie, si determinerà mediante le formole qui appresso; cioè, per un ponte a doppio binario:

$$n_2 = 0,063 L \sqrt{\frac{L - 10 \psi H}{\psi HL}} - 1,$$

e per un ponte a semplice binario

$$n_1 = 0,045 L \sqrt{\frac{L - 10 \psi H}{\psi HL}} - 1.$$

Giova però distinguere i casi seguenti:

1° Quando la posizione delle pile intermedie è affatto arbitraria e può scegliersi comunque;

a) Se la profondità delle fondazioni è approssimativamente costante su tutta la lunghezza del ponte, s'intenderà per L la lunghezza intera del ponte fra i prospetti delle due spalle;

b) Se la profondità delle fondazioni variando in diversi punti, si mantiene su lunghi tratti pressochè costante, si considererà ciascuno dei medesimi come un ponte speciale e s'introdurranno per L ed H le lunghezze di questi tratti e le altezze corrispondenti;

c) Quando il terreno è talmente accidentato e roccioso che la profondità delle fondazioni cambia da un punto all'altro in

modo considerevole, come avviene nelle gole delle montagne, le formole suddette non sono più applicabili.

2° Se la posizione di alcune pile intermedie non è arbitraria ma determinata dalle condizioni locali, come p. e. dalla posizione della corrente ecc., allora si tratteranno i singoli tratti in cui il ponte viene diviso come si è detto al numero 1°.

Il coefficiente  $\psi$  rappresenta il rapporto fra il costo di un metro cubo di muratura e quello di una tonnellata di ferro; ei conviene d'introdurre nel calcolo un valore massimo di  $\psi$ , indi un valore minimo, e calcolare così diversi valori per  $n$  dei quali si prenderà la media.

Una volta noto  $n$  si troverà facilmente la luce  $l$  delle singole aperture mediante la formola

$$l = \frac{L}{n+1}$$

Designando con  $h$  l'altezza della pila al disopra dello zoccolo inferiore, e dandole una scarpa di  $0,025h$  si calcherà la superficie della sua base, nel caso di un doppio binario colla espressione

$$F_2 = \frac{14+0,76l}{1-0,012h}$$

e nel caso di un binario semplice con:

$$F_1 = \frac{14+0,38l}{1-0,012h}$$

Qualora si assegni alle pile la forma icnografica di un rettangolo terminato da due semicerchii, per cui abbiasi la lunghezza totale  $B$  e la larghezza  $S$ , si potrà scegliere

$$\frac{B_2}{S_2} = 4 \quad \text{e} \quad \frac{B_1}{S_1} = 2,60$$

e allora si otterrà

$$S_2 = \sqrt{\frac{F_2}{3,80}} \quad \text{e rispettivamente} \quad S_1 = \sqrt{\frac{F_1}{2,40}}$$

Gli indici  $2$  ed  $1$  indicano per un doppio o per un semplice binario.

Assegnando invece alla sezione orizzontale delle pile la forma di due cerchi di diametro  $D$ , distanti  $M$  da centro a centro, si avrà

$$D_2 = 0,8 \sqrt{F_2} \quad M_2 = \frac{3D_2}{2} + 0,6m$$

e rispettivamente

$$D_1 = 0,8 \sqrt{F_1} \quad M_1 = \frac{3D_1}{2} - 0,9m$$

Lo spessore al ciglio delle pile si farà tanto per un binario quanto per due

$$s = 1 + 0,03l$$

quando  $l \leq 50$  metri e

$$s = 2 + 0,01l$$

quando  $l > 50$  metri.

Il peso della travatura per metro lineare di binario lo si calcherà colla nota formola di Winkler.

$$G = \frac{800+18l}{1-0,0035l}$$

GAETANO CRUGNOLA.

**Il cemento Portland bagnato con acqua di mare.** — In molti casi per i lavori marittimi manca la necessaria quantità d'acqua dolce per la formazione delle malte a base di cemento. E sono perciò sempre interessanti i risultati di esperienze eseguitesi impiegando l'acqua marina.

Fra i diversi esperimenti già fatti meritano particolare menzione quelli ottenuti dal sig. Enrico Faija, e dal medesimo comunicati alla *Società degl'Ingegneri civili di Londra* (Vedi vol. LXVII, anno 1881-82).

Ben 360 mattonelle furono preparate e sperimentate; e si fecero sei diverse prove; cioè:

Mattonelle preparate:

- 1<sup>a</sup> con acqua di mare ed immerse in acqua di mare
- 2<sup>a</sup> » » » » acqua dolce
- 3<sup>a</sup> » acqua dolce » » acqua di mare
- 4<sup>a</sup> » » » » acqua dolce
- 5<sup>a</sup> » acqua di mare ed esposte all'aria
- 6<sup>a</sup> » acqua dolce » » »

Sessanta mattonelle per ognuna delle suriferite prove sono state preparate, e poi sottoposte alla rottura per estensione in serie di 10 cadauna, e dopo un certo intervallo di tempo per ogni serie, cioè dopo sette giorni la prima, dopo 28 giorni la seconda, e successivamente dopo tre, sei, nove e dodici mesi, dalla data di loro preparazione.

Non occorre dire che la quantità d'acqua impiegata e tutte le altre condizioni della fabbricazione furono mantenute accuratamente uguali per tutti gli esperimenti. La forma delle mattonelle era quella qui contro. La sezione di rottura per ogni saggio era di 6,451 cent. quad. L'acqua di mare occorrente segnata al loro impasto era stata presa a Brighton e trasportata al laboratorio in barili di legno. L'acqua dei bacini in cui le mattonelle venivano immerse venne rinnovata ogni quindici giorni. Il cemento adoperato era di quelli che si trovano comunemente nel commercio, ma di buona fabbricazione. Esso era di colore grigio chiaro e così caratterizzato, cioè:



Peso per ettolitro pigiato . . . . .	Chg. 142,80
Peso specifico . . . . .	» 2,97
Tempo necessario alla presa nell'acqua dolce	Minuti 25
» » nell'acqua di mare	» 120

Per l'impasto venne impiegata 17,24 per cento d'acqua di mare o d'acqua dolce, e le mattonelle non erano tolte dalla forma ed immerse nei rispettivi bacini se non 24 ore dopo della loro fabbricazione.

Riportiamo nel quadro che segue i risultati delle prove, i quali sono la media di 10 saggi per ogni prova.

Per paragonare questi risultati tra loro si riferirono i diversi risultati alle prove del n° 4, che è ciò che si fa ordinariamente, cioè al caso dell'impasto con acqua dolce, e dell'immersione in acqua dolce. I risultati delle prove n° 5 e n° 6 devono essere particolarmente paragonati fra loro: inquantochè dimostrano che se l'impiego dell'acqua marina nell'impasto sembra ritardare la presa o l'indurimento di un cemento, codest'acqua può eventualmente dargli una resistenza maggiore che non l'acqua dolce, semprechè i due saggi sieno abbandonati all'aria libera.

Riferendosi ad ogni modo al n° 4 preso come unità di paragone, vediamo che le mattonelle fatte coll'acqua di mare e poi immerse sia nell'acqua di mare, sia in acqua dolce, accusano una diminuzione di resistenza alla trazione, mentre i medesimi saggi fabbricati con acqua dolce presentano un aumento di resistenza bene pronunciato, anche quando sono immersi nell'acqua di mare.

La conclusione pratica sarebbe: di impiegare pei lavori marittimi l'acqua di mare nella fabbricazione dei cementi necessari alle murature per la parte che è al di fuori delle acque più elevate, e di ricorrere invece all'acqua dolce per le parti che devono rimanere sott'acqua.

È certamente desiderabile che tali esperienze sebben fatte con tanta diligenza, ed in modo tanto completo per ogni rapporto, abbiano a ricevere nuove conferme.

Natura della prova	Resistenza alla trazione in chilogr. sul cent. quadr.	Numero proporzionale prendendo la prova n° 4 per unità	Aumento per cento della resistenza dalla data della prova precedente	Aumento totale per cento nei sette giorni
Dopo sette giorni:				
1	33.04	0.918		
2	29.88	0.830		
3	44.57	1.239		
4	<b>36.00</b>	<b>1.000</b>		
5	29.39	0.816		
6	36.98	1.027		
Dopo ventotto giorni:				
1	48.31	1.110	46.170	46.170
2	37.47	0.861	25.412	25.412
3	53.08	1.220	19.085	19.085
4	<b>43.39</b>	<b>1.000</b>	<b>20.898</b>	<b>20.898</b>
5	45.77	1.052	55.742	55.742
6	45.91	1.055	24.144	24.144
Dopo tre mesi:				
1	57.65	1.235	19.360	74.468
2	52.40	1.122	39.756	75.294
3	62.01	1.328	16.821	39.117
4	<b>46.68</b>	<b>1.000</b>	<b>7.270</b>	<b>29.687</b>
5	61.45	1.316	34.255	109.090
6	47.88	1.025	4.288	29.468
Dopo sei mesi:				
1	59.59	0.999	3.354	80.319
2	53.78	0.902	2.685	80.000
3	66.72	1.119	7.596	49.684
4	<b>59.62</b>	<b>1.000</b>	<b>27.711</b>	<b>65.625</b>
5	65.53	1.099	6.636	122.966
6	58.92	0.988	23.054	59.315
Dopo nove mesi:				
1	59.55	1.005	— 0.598	80.213
2	52.66	0.888	— 2.093	76.235
3	69.82	1.177	4.636	56.625
4	<b>59.27</b>	<b>1.000</b>	<b>0.589</b>	<b>64.648</b>
5	75.23	1.269	14.807	155.965
6	73.12	1.234	24.105	97.719
Dopo un anno:				
1	58.71	0.992	— 1.417	77.660
2	53.71	0.910	9.003	72.765
3	74.81	1.260	7.150	67.823
4	<b>59.06</b>	<b>1.000</b>	<b>0.356</b>	<b>64.062</b>
5	78.75	1.300	4.673	165.550
6	74.53	1.262	1.923	101.521

#### Spese di esercizio delle tramvie ad aria compressa di Nantes.

— Il premio Fournayron di lire 1000, che l'Accademia delle scienze di Parigi volle quest'anno deferito al signor Mekarski, ricorda naturalmente agli ingegneri i numerosi tentativi coronati infine da buon successo, che il Mekarski ha fatto per applicare l'aria compressa alla trazione delle vetture da tramvia. S'era pur fatto qualche tentativo di esercizio a Parigi con tale sistema, ma è specialmente a Nantes che il sistema Mekarski mostrò tutti i servigi che esso può rendere.

Le tramvie ad aria compressa incominciarono a funzionare a Nantes il 13 febbraio 1879 su di una lunghezza di 4100 metri. Successivamente tale lunghezza fu portata a 4850 metri e poi a 6100 metri. Le linee sono generalmente a doppio binario, e le massime pendenze arrivano a 28 millimetri per metro. La velocità media è di 12 chilometri all'ora.

L'esercizio si fa per mezzo di carrozze automotrici, di cui daremo altra volta i particolari, le quali sono molto lodate per ogni rispetto dagli ingegneri incaricati della sorveglianza.

Crediamo utile qui registrare i risultati delle spese di eser-

cizio per gli anni 1880 e 1881; quanto al 1879 la rete d'esercizio non era ancora abbastanza completa; tant'è che le vetture non percorsero complessivamente in tale annata che 199610 chilometri; nel 1880 invece si sono percorsi 361886 chilometri e nel 1881 401934 chilometri.

Nel 1880 è d'uopo per altro distinguere ancora due periodi, essendochè dal 1° gennaio al 30 aprile la rete era ancora incompleta. In questo primo periodo la spesa di percorso per chilometro si elevò a fr. 0,741. Invece dal 1° maggio al 31 dicembre essa risultò di fr. 0,8730. Nel 1881 tale spesa sarebbe per altro ridotta a fr. 0,7232 per chilometro di percorso.

Potrà interessare il confronto colle spese d'esercizio delle tre grandi società della città di Parigi nel 1880.

Omnibus di Parigi chilom.	8237562	spesa chilom <sup>3</sup>	fr. 1,029
Tramvie del Nord »	3284600	» »	1,212
Tramvie del Sud »	3600450	» »	1,168
Tramvie di Nantes »	361886	» »	0,837

E paragonando le sole spese di trazione:  
 Omnibus di Parigi fr. 0,7079.  
 Tramvie del Nord » 0,5520.  
 Tramvie del Sud » 0,5752.  
 Tramvie di Nantes » 0,3762.

I resoconti delle tramvie di Nantes per il 1881 contengono alcuni dati importanti, e così per es.: la spesa di manutenzione delle vie e dei fabbricati in fr. 30147,90 ossia di fr. 0,749 per chilometro, e la spesa di trazione (macchinisti, combustibile, olio, acqua, illuminazione, ecc.) in fr. 123274, ossia di fr. 0,3066 per chilometro.

Aggiungansi le spese di manutenzione e rinnovamento del materiale in fr. 33628,55, ossia in fr. 0,0836 per chilometro percorso, e si potrà concludere che la trazione ad aria compressa costa in tutto fr. 0,39 per chilometro percorso, la quale cifra è certamente molto piccola. Vuolsi però soggiungere che l'armamento delle tramvie di Nantes è quasi tutto del sistema Marsillon, e presenta condizioni di rigidità che non si riscontrano sulle tramvie di Parigi; nè si deve tacere che la causa principale dell'insuccesso della trazione a vapore nella capitale della Francia vuolsi ripetere dal cattivo stato delle strade che rende inevitabili gli sviamenti delle macchine.

Gli *Annali* dell'Oppermann, da cui abbiamo dedotti codesti documenti, pubblicarono successivamente le spese di esercizio nel 1881 di due linee di tramvie a vapore. Sulla linea da Courbevoie all'Etoile, della Compagnia delle tramvie del Nord, le spese di esercizio sommano nel 1881 a fr. 318487, ed essendovi 3903 giornate di vettura e 316078 chilometri di percorso, si ha un quoziente di fr. 81,60 per giornata di vettura, e di fr. 1,007 per chilometro percorso.

Così pure dal resoconto della Compagnia delle tramvie di Rouen risulta che la spesa totale della trazione a vapore, senza tener conto della manutenzione delle macchine, fu di fr. 184925,14 per il 1880 e di 138115,14 per il 1881. Nel 1881 si ebbero 2871 giornate di vettura e si sono percorsi 284305 chilometri. La spesa totale di trazione e manutenzione risultò di fr. 68,20 per giornata della macchina, e di fr. 0,7172 per chilometro percorso.

## BIBLIOGRAFIA

### I.

**I ponti e viadotti in ferro della linea Udine-Pontebba. Loro descrizione e calcoli di resistenza con un cenno sull'applicazione della nuova legge di Wöhler, per gli ingegneri L. RICHARD e G. B. BIADEGO. — Op. in-8° grande, di pag. 130 con 10 tavole incise. Torino, 1882. — Prezzo L. 10.**

Il libro ha per oggetto speciale le travate metalliche di ben 42 tra ponti e viadotti in ferro costruiti sulla linea Udine-Pontebba, e tra cui ve n'ha alcuna di speciale importanza; tale il Pontedimuro di una sola luce di m. 70, ed il ponte sul fiume

Fella a Chiusaforte in due campate di 75 metri di luce ciascuna. Ma tutte indistintamente le travate metalliche, anche quelle aventi solo pochi metri di luce, acquistano nel libro la stessa capitale importanza per il punto di vista dal quale esse sono studiate. Ed in vero le diverse travature vengono anzitutto classificate in 12 tipi distinti, accennando per ognuno di essi ai vantaggi pratici nei diversi casi ed agli inconvenienti; e così in poche pagine si trova la sintesi di un lungo e paziente studio pratico, talmente che data la luce del ponte, si vede tosto quale tipo di travatura meglio convenga dal punto di vista economico nel senso più generale della parola. Ma tuttocì non costituisce che il 1° capitolo (dati preliminari) del libro.

In sette successivi capitoli gli egregi autori presentano in tutti i loro particolari le travature di maggiore importanza, ossia di luce superiore a 15 metri, dando i necessari particolari di costruzione, e segnatamente i risultati effettivamente ottenuti nelle prove di resistenza, ed il valore del coefficiente di elasticità che corrisponderebbe alla inflessione massima verificata.

Nel capitolo IX sono registrati i risultati degli esperimenti di rottura dei ferri sagomati, lamiere e chiodi adoperati nella costruzione delle travate, quali esperimenti eseguironsi nelle diverse officine di costruzione per ottemperare alle disposizioni dei capitoli d'onori, ed il capitolo X contiene uno schema di *capitolato d'onori* per la costruzione di codeste travature metalliche.

I due ultimi capitoli sono i più importanti dal lato scientifico. Nel primo di essi si riprende per le travature il calcolo del coefficiente di elasticità corrispondentemente alla massima inflessione trovata nelle prove di resistenza, ma tenendo conto della variazione del momento d'inerzia nelle diverse sezioni di una stessa travata. Fummo dei primi a chiamare l'attenzione degli ingegneri sulla necessità di tenere conto di tale variazione nel calcolo delle saette di inflessione (Vedi atti della Società degli Ingegneri di Torino, anno 1873).

Il libro dell'ingegnere Castigliano (*Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques*, Turin, 1879) guidò gli egregi Richard e Biadego su questa via.

La memoria che l'ingegnere Biadego ci ha inviato per il nostro periodico e di cui è incominciata la pubblicazione in questo stesso fascicolo, ci dispensa dall'insistere sull'importanza pratica di tali ricerche.

E di somma importanza pratica è pure il capitolo XII, il quale espone le formole ultimamente proposte per determinare il coefficiente di resistenza ammissibile nelle costruzioni di ferro o di acciaio, in base a risultati delle esperienze di Wöhler. La legge di Wöhler non è ancora entrata nella pratica delle costruzioni. Ma dobbiamo rallegrarci che gli egregi autori abbiano incominciato a tenerne conto, ed a richiamare su di esse, con suffragio di prove evidentissime, l'attenzione dei pratici.

Le dieci tavole di grande formato che sono annesse al libro riproducono le principali travature metalliche sperimentate in ogni loro più minuto particolare. E pari all'accuratezza dei disegni è la nitidezza delle incisioni, lavoro egregio degli editori di questo periodico, i signori Camilla e Bertolero, che nulla tralasciano per rendersi benemeriti della ingegneria italiana.

G. SACHERI.

## II.

**Procedimenti per le prove di stabilità delle travate metalliche, e nuovo strumento per la misura delle frecce effettive. Sua applicazione al collaudo del Ponte a tre campate di Casalsarugo, per l'ingegnere Pio dott. Chicchi, prof. di Ponti e strade nella R. Scuola di applicazione di Padova. — Op. in 4° di pag. 50 con una tavola. — Prezzo L. 3,50. — Padova, 1882.**

Da qualche tempo si incomincia a dare maggiore importanza alla prova di stabilità dei ponti metallici, e si cercano di trarre dai dati sperimentali che si ottengono più razionali criterii per giudicare della bontà del progetto, e della bontà di lavorazione delle travate metalliche.

Il prof. Chicchi, ben noto già ai lettori dell'*Ingegneria civile*, riuniti in un opuscolo tutte le norme pratiche, e le formole finali, le quali occorrono per tali prove, spiegandosi nel modo il più chiaro ed ordinato per mezzo di esempi numerici. E dappoi scopo precipuo e diretto delle prove di stabilità è quello di poter *misurare le frecce reali* tanto elastiche che permanenti dalle travi assunte sotto l'azione del carico di prova; e d'altra parte *il calcolo rigoroso delle frecce teoriche* da farsi tenendo conto della variazione dei momenti di inerzia, venne di già sviluppato nel pregievole trattato dell'ing. A. Castigliano (*Teoria dell'equilibrio dei sistemi elastici*), ed i valori del coefficiente di elasticità ad assumersi per i diversi sistemi di travature metalliche hanno già formato oggetto dell'opera pregevolissima degli In-

gegneri Richard e Biadego, di cui abbiamo tenuto più sopra parola; così il prof. Chicchi pensò di portare anche lui il proprio sassolino, studiando, provando e perfezionando un apposito strumento, da lui denominato *flessimetro* che alla semplicità dell'apparecchio unisce pure i vantaggi della comodità nell'applicazione e del poco costo, mentre le esperienze già fatte, e dal prof. Chicchi pubblicate insieme alla descrizione del flessimetro, ne provano la pratica utilità.

Il flessimetro consiste in un cilindretto metallico pieno, e però alquanto pesante, il quale scorre verticalmente entro apposita custodia cilindrica, la quale è fessurata nel senso delle generatrici e porta le graduazioni. Al cilindretto mobile è invece applicato uno o più speroni o bottoncini, i quali scorrendo nelle fessure su citate alzano od abbassano due anelli che abbracciano la custodia delle graduazioni, e vi rimangono aderenti ad indicare il limite delle frecce positive e negative. Lo strumento è munito di vite di richiamo per collocare prima dell'esperimento gli indici a zero. La custodia fissa colle graduazioni posa sulla testa di un palo fissamente piantato nell'alveo. Il cilindretto mobile è sospeso e raccomandato alla travata metallica superiore per mezzo di una catena di asticciuole di legno aventi la sezione di 3x5 centimetri circa. Lo strumento serve egualmente bene sia nel caso di prove statiche sia in quello di prove dinamiche, e può anche essere applicato alla misura delle oscillazioni orizzontali.

I risultati delle prove eseguite al ponte di Casalsarugo mediante sei flessimetri dimostrarono la utilità pratica dell'istrumento, e quanto sia riprovevole la pratica di stabilire nei capitoli un rapporto fisso delle frecce alle portate delle rispettive travate; mentre è indispensabile valutare ogni volta le frecce teoriche se vuoi avere un termine di confronto abbastanza sicuro. Senonché nella valutazione delle frecce teoriche ameremmo vedere il prof. Chicchi un po' più risolutamente disposto ad adottare esclusivamente il metodo razionale, lasciando le medie empiriche.

G. S.

## III.

**Conferenze sulla Esposizione Nazionale del 1881, tenute per incarico di S. E. il Ministro d'agricoltura, industria e commercio. — Milano, 1881. Op. in 8°, di pag. 339.**

8ª CONFERENZA. — *Sui grandi manufatti eseguiti in Italia negli ultimi anni* (prof. Celeste Clericetti). — L'egregio professore scelse a preferenza di trattare dei *Ponti* metallici e di muratura, come quelli che più d'ogni altro genere di costruzioni civili, affermano il progresso compiuto dalla scienza e dall'arte dell'Ingegnere, nell'assidua lotta contro gli ostacoli della natura.

Abbandonato l'ideale della grande solidità e della eterna durata, per cui si distinguevano le opere dei Romani, e che ora viene incompatibile colle esigenze della società moderna, che vede moltiplicarsi a dismisura le fonti di spesa, e ne crea ad ogni istante di nuove, l'Ingegnere dovette studiare i modi di costruire più rapidamente, e col minor dispendio conciliabile con una sufficiente stabilità; e da questo nuovo obbiettivo è sorta la scienza delle costruzioni che basandosi per una parte sulle leggi della meccanica razionale, e per l'altra sui risultati dell'esperienza, determina le dimensioni strettamente necessarie ad una determinata struttura, e suggerisce la forma più economica, e conseguentemente più ardua da darsi alle costruzioni. Le quali pertanto appaiono pienamente giustificate nel loro ordinamento e grandi, anche senza l'imponenza della massa.

Nel tratto del Po dalle vicinanze di Pavia al mare, *quattro grandi ponti metallici* sono stati eretti in quest'ultimo ventennio, impresa non mai tentata prima, quantunque i Romani dovessero varcare le centinaia di volte, coi loro immensi eserciti, quel massimo dei nostri fiumi.

Il *Ponte di Piacenza*, il primo in ordine di data, fu inaugurato nel 1865, lungo 577<sup>m</sup>,80 in 8 campate di cui le intermedie hanno la luce di 76<sup>m</sup>,60 e le estreme di 62<sup>m</sup>,10. Segue il *Ponte di Mezzanacorte* lungo 762<sup>m</sup>,65 con dieci travate uguali di 72<sup>m</sup>,53. Poi tenne dietro quello di *Pontelagoscuro* lungo 427<sup>m</sup>,75 colle travate maggiori di 70<sup>m</sup>,60; e infine il *Ponte di Borgoforte* compiuto nel 1874, lungo 400<sup>m</sup>,15 in 7 travate, di cui le intermedie hanno l'ampiezza di 61<sup>m</sup>,80.

L'applicazione dell'aria compressa, che ha tanto semplificate le opere di fondazione e vinti ostacoli naturali creduti prima insuperabili, accoppiata all'uso del ferro per la composizione della travatura, sono le innovazioni che resero possibile l'attraversare con manufatti stabili l'ampio e profondamente mobile letto del Po e di altri maggiori fiumi.

Le pile di questi ponti, alte sino a 28 metri dal fondo solido su cui sono erette, presentano alla sommità uno spessore che non oltrepassa i 3 metri. E in questo è appunto il vantaggio prin-

cipale che risultò dalla introduzione del ferro nella composizione dei ponti; alle enormi pile ed ai manufatti di un tempo che sfidano i secoli, inceppando la navigazione, producendo rigurgiti, specialmente durante le piene, e cagionando danni pur essi secolari, vediamo sostituite le pile ridotte a piccolo spessore, e le grandi travate che attraversando il fiume su pochi appoggi, lo lasciano libero in ogni stadio del suo regime.

I grandi ponti metallici eretti sul Po furono assunti in appalto e costrutti per opera di ditte estere; ma da qualche anno possiamo dire di esserci emancipati, se non per la materia prima, il ferro, almeno per quanto si riferisce alla loro costruzione effettiva.

La società italiana di costruzioni metalliche, che ha sede in Napoli, tiene un posto distinto nella pacifica lotta per la emancipazione economica che ferisce nel paese nostro. Meritano di essere particolarmente accennati i viadotti di S. Stefano, di Palagianello e di Castellana che sorpassano valli profonde all'altezza di 50 e 70 metri dal fondo e con campate centrali fino a 56 metri di luce. Sveltissime stilate a colonne di ghisa riunite da un graticcio di ferro sostengono le travature reticolari e l'insieme presenta un aspetto di straordinaria leggerezza ed ardimento.

Pure assai importante è il Ponte sul Fella eretto di recente a Rio di Muro dalla stessa società sulla ferrovia Pontebbana, e che comprende una travata metallica dell'ampiezza di 72 metri. Ed è degno di nota che il ponte provvisorio di legno costruito onde aprire la linea all'esercizio, con stilate all'altezza di 40 metri, e di cui fu inviato un bel modello al 1°20 all'Esposizione, promise che fosse fatta la montatura della travata metallica sul medesimo senza interrompere l'esercizio della linea.

Un altro ponte di ferro sul Fella per la stessa ferrovia è quello di Chiusaforte in due campate della luce di 75 metri ciascuna, riposanti sopra di una pila di muratura, costruito dalla ditta milanese Miani e Venturi.

Altro manufatto di prim'ordine sarà il Ponte di Sesto-Calende della ferrovia Novara-Pino, assunto in appalto dall'Impresa di Napoli sullodata, lungo 265 metri in tre campate, di cui la centrale di ben 100 metri sarà la maggiore di quelle finora costruite in Italia. Codesto ponte dev'essere a due piani, l'inferiore per un doppio binario, e il superiore per una strada provinciale larga 8 metri.

Infine vuol essere notato il viadotto che deve sorgere sull'Olonza per la ferrovia Saronno-Malnate-Varese, di cui l'Impresa italiana aveva inviato a Milano un gran modello in ferro nella scala di 1:10, lungo 190 metri, in tre campate; quella di mezzo misura 75 metri fra gli assi delle due stilate metalliche che reggono il ponte a 38 metri di altezza, compresa la base in muratura. Le colonne di sostegno delle medesime invece di essere fuse in ghisa, come tutte quelle delle palate metalliche finora costruite in Italia, saranno formate con ferri speciali, come si usa da tempo in America, dove il tipo delle colonne Phoenix ha tante e così svariate applicazioni.

Anche i grandi archi metallici hanno avuto in Italia qualche importante applicazione, e la più notevole nel Ponte sul torrente Celina a Montereale, nel Friuli, del quale la ditta costruttrice Galopin-Sue, di Savona, mandò un bel modello alla Esposizione nella scala di 1 a 20. Questo ponte, progettato dai valenti Ingegneri Richard e Biadego, eretto nel 1878, e che è pure acquedotto, perchè trasporta l'acqua potabile dalle sorgenti al comune di Montereale, presenta la più ampia arcata sinora costruita in Italia, avendo la corda di 83 metri e la saetta di metri 10,82. È un ponte di straordinaria leggerezza eseguito a spese del Comune col sussidio del Governo e della Provincia, e che deve solamente servire pel passaggio di carri di montagna del peso massimo di 3 tonnellate.

E finalmente non vuol essere dimenticato il modello di una svelta arcata di ferro della corda di 52 metri fra due archi di muro per il passaggio dell'Adda a Trezzo in vicinanza ai ruderi dell'antico castello, col piano stradale a 37 metri sul pelo d'acqua.

Quanto alla ghisa essa è bandita oramai dai ponti come materiale precipuo; la sua natura ne rende troppo pericoloso l'impiego, e d'altra parte le decorazioni architettoniche, a cui essa si presterebbe, non hanno più importanza nei ponti moderni. Oggi devesi raggiungere il bello coll'espressione dell'ardimento, colle buone proporzioni e la massima semplicità.

Il calcolo di codeste strutture ardite è tuttavia basato su determinate condizioni d'equilibrio, che non possono realizzarsi completamente in opera. Di qui il desiderio di constatare sperimentalmente la vera intensità degli sforzi in tutti i membri delle strutture. La pratica antica di giudicare dal suono un tirante di ferro colpito dal martello, applicata al caso in parola

dall'astronomo Airy, inglese, non corrispose al desiderio, come sembra non abbiano corrisposto pienamente gli apparecchi del Göbbel e dello Steiner in Germania, basati sul principio di determinare l'intensità di uno sforzo istantaneo dalla misura delle vibrazioni di un filo di ferro applicato alla sbarra cementata.

Soddisfano meglio invece gli strumenti che determinano lo sforzo mediante la diretta misura dell'allungamento o dell'accorciamento della barra, rilevato con una leva ed un indice moltiplicatore, applicato alla medesima. Tali sono gli apparecchi del Dupuit e del Manet in Francia; e tale è pure il micrometro moltiplicatore, stato recentemente ideato dall'Ingegnere Alberto Castigliano delle Ferrovie dell'Alta Italia, e presentato all'Esposizione di Milano.

Le esperienze fatte sinora, specialmente coll'apparecchio Dupuit proverebbero, che in complesso gli sforzi massimi effettivi non superano quelli calcolati, e che si può a questo riguardo rimanere tranquilli.

Altra causa di dubbio sulla stabilità dei ponti in ferro proviene dalla corrosione per ossidazione del metallo. Ma dalle osservazioni di Mallet sarebbe provato che lo spessore della ruggine sopra di un pezzo di un ferro esposto non raggiunge che 0,87 di millimetro in un secolo, cosicché sarebbe necessario più di 700 anni a togliere per ossidazione 6 millimetri di spessore. Il ponte tubulare di Conway in Inghilterra, dovuto al genio di Stephenson, fu oggetto di continuo esame per 20 anni consecutivi, e ne risultò che dopo quel tempo era tuttavia in condizioni così buone che sarebbero occorsi oltre 1200 anni perchè la ruggine corrodese 12 mm. di spessore. D'altra parte la verniciatura che si applica e che si ha cura di rinnovare periodicamente a tutte le parti metalliche dei ponti, è preservativo assai efficace contro la ruggine. Dunque se i grandi manufatti di ferro non dureranno eternamente, dureranno assai a lungo ed abbastanza per il loro scopo.

Dai grandi manufatti di ferro il prof. Clericetti passa a dire brevemente di quelli in muratura. Innumerevoli sono i ponti ed i viadotti in muratura che sorsero nel nostro paese nell'ultimo ventennio pel rapido sviluppo delle ferrovie e delle strade ordinarie. Carattere generale che distingue i ponti di muro recenti dagli antichi è la tendenza a quella maggior leggerezza comune in generale a tutte le opere moderne, frutto sempre dell'imperioso bisogno dell'economia.

Nei ponti romani il rapporto fra lo spessore delle pile e l'ampiezza delle arcate varia fra 0,23 e 0,50, e la media generale è di 0,33 ossia 1/3. Nelle opere moderne si è già scesi a 1/4 poi a 1/5 e anche 1/6; e nei viadotti perfino a 1/7.

Lo stesso accade del rapporto fra lo spessore della volta alla chiave e l'ampiezza. La media di dieci ponti romani dà 0,086; mentre ora si scese a 0,04 e perfino a 0,031.

Così il rapporto tra il vuoto e il pieno è cresciuto da 1,426 a 2,18; ed il risultato generale è questo, che noi impieghiamo nei ponti un terzo meno di muratura che gli antichi.

Fra i ponti monumentali di muratura eretti di recente in Italia il professor Clericetti accenna al Ponte Annibale, costruito sul Volturno nel 1870 e al Ponte del Diavolo sul Sele al Barizzo, eretto il successivo anno, entrambi nelle provincie napoletane.

Il primo presenta una magnifica arcata ovale della corda di 55 metri, e della saetta di 14 metri, collo spessore in chiave di 2 metri, fiancheggiata a destra e a sinistra da un'apertura anulare praticata nelle spalle e del diametro di 9 m,25.

Il ponte del Diavolo presenta la stessa luce di 55 metri colla saetta di 13 m,55, e lo spessore in chiave pure di 2 metri. Sono queste le maggiori arcate di muro che esistono attualmente in Italia ed all'estero, fatta eccezione del ponte di Chester in Inghilterra che ha la corda di 61 metri, e di quello eretto recentemente sul canale di Washington nell'America del Nord, che presenta la luce netta di 67 metri.

A meglio caratterizzare il progresso moderno conviene ancora aggiungere che il ponte del Diavolo fu costruito interamente in un anno, e quello sul Volturno in dieci soli mesi di lavoro.

Viene subito dopo per importanza delle dimensioni il ponte costruito nel 1874-75 sul torrente Fegana ai bagni di Lucca sotto la direzione dell'ing. G. Marzocchi, capo del Genio Civile di Lucca, il quale presenta un'arcata di 47 m,828 di corda colla saetta di 7 m,128, costruita come le precedenti a due anelli sovrapposti di mattoni, l'anello inferiore avente lo spessore di 2 metri all'imposta e di 1 m,30 in chiave, e quello superiore 1 m alla base e 0 m,50 alla sommità.

E finalmente un altro manufatto importantissimo è il ponte Viadotto eretto sull'Oglio nel 1877 per la Ferrovia Treviglio-Rovato, in 7 archi dei quali il centrale che attraversa il fiume ha la corda di 42 metri colla saetta di 11 m,90. Lo spessore in chiave è di 1 m,40, e all'imposta di 2 m38. Lavoro eseguito in

soli 11 mesi di tempo, sotto la direzione dell'ingegnere Cesare Bermiani.

I mattoni di cui si è fatto uso mostrano quanto sia progredito questo ramo di industria da noi. Mentre la resistenza media dei buoni laterizi impiegati nelle fabbriche, si calcolava 20 anni sono di chilogrammi 120 per centimetro quadrato, quelli adoperati per il ponte di Rovato, presentarono la resistenza media di chilogrammi 335, e qualche pezzo ebbe a dare 450 e fino 600 chilogrammi per centimetro quadrato.

Questi risultati, e tante altre esperienze eseguite dal professore Clericetti, proverebbero adunque che la resistenza dei mattoni può raggiungere quella delle buone pietre calcari.

Se si confrontano sotto il rapporto della spesa i quattro grandi manufatti citati, costruiti quasi completamente in mattoni, con alcuni ponti di pietra pure di notevoli dimensioni, troviamo a favore dei primi una rilevantissima economia. Il ponte di Chester coll'arco di 61 metri costò lire 2079 al metro quadrato di via, e il ponte Mosca di Torino colla luce di 45 metri circa, lire 2636 pure al metro quadrato di via. Invece il ponte del Diavolo costò solamente lire 857, e il ponte Annibale, lire 529. E notisi che le opere in muratura sono più durevoli di quelle in pietra ciò che era ammesso anche dai Romani.

Il prof. Clericetti termina la sua conferenza ricordando che all'Esposizione di Vienna del 1873 nella sezione francese figurava il progetto di un viadotto attraverso la valle della Saona, dell'ing. J. Belin con un arco circolare di 131<sup>m</sup>.60 di corda, ed il piano stradale all'altezza di 62<sup>m</sup>.30 dal fondo; e che il celebre Perronet fino dagli ultimi anni dello scorso secolo ammetteva la possibilità di un'arcata di 160 metri d'apertura di cui diede il progetto. Per cui ora che si conoscono i cementi idraulici, preziosa scoperta del nostro secolo, ora che la fabbricazione dei laterizi ha di tanto progredito, e che le nozioni teoriche sull'equilibrio delle volte non sono più allo stato di incertezza, noi dobbiamo desiderare che le proporzioni del ponte di Trezzo sieno oltrepassate, e che sorga un arco di 100 metri almeno di luce, il quale sia l'espressione più ardita del razionale indirizzo moderno in fatto di costruzioni, e completi lo sviluppo di un genere di manufatti che è una vetustissima gloria italiana.

Sono pure pervenute alla Direzione le seguenti pubblicazioni dai loro Autori od Editori:

Manuale di Metrologia, ossia misure, pesi e monete in uso, attualmente e anticamente presso tutti i popoli, di Angelo Martini (Vedi *Ingegneria Civile*, anno 1881, pag. 143). È uscito il fasc. VII.

Relazione sul viaggio di istruzione compiuto nel giugno 1881 dagli Allievi della R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Napoli. Op. in-4° di pag. 41 con 8 tavole.

Sulla costruzione del Teatro Massimo Vittorio Emanuele (in Palermo). Lettera I dell'Architetto G. B. F. Basile, Autore del progetto e direttore dei lavori. Op. in-8° di pag. 31. — Palermo, 1882.

Municipio di Torino — Ufficio d'Arte — Riassunto della spesa di manutenzione delle strade e dei viali per l'anno 1881. Op. in-4° di pag. 12.

Piana e Ballotta. — Progetto premiato al concorso del nuovo ospedale di Lugo in Romagna. Op. in-8° di pag. 140, con 4 tavole. — Bologna, 1882.

Dott. A. Paschetto ed Ing. G. Personali. — Le risaie sull'agro Biellese. Lettura fatta in occasione del XV Congresso degli Alpinisti Italiani. Op. in-8° di pag. 53 con 3 tav. — Biella, 1882.

Progetto d'impianto di una grande stazione ferroviaria e spostamento delle linee di Genova e del Porto nella città di Sampierdarena, compilato dagli Ingegneri Bruno Salvatore e Mignacco Luigi. Op. in-8° di pag. 12 con 2 tavole. — Sampierdarena, 1882.

## ESPOSIZIONE GENERALE ITALIANA IN TORINO - 1884

Il Comitato esecutivo ha pubblicato in apposito volume in-8° di pagine 160 i programmi redatti da apposite Commissioni speciali, incaricate di studiare il modo col quale devono essere ordinati e classificati nella Esposizione generale italiana del 1884 i vari prodotti dell'ingegno e dell'attività nazionale.

Riserbandoci di entrare in maggiori particolari per quelle classi le quali interessano da vicino i lettori dell'*Ingegneria Civile*, ci affrettiamo a comunicare loro che la grande rassegna dovrà distribuirsi in OTTO GRANDI DIVISIONI, siccome appunto risulta dal seguente prospetto:

	DIVISIONE I.
	<i>Belle Arti.</i>
SEZIONE	I. — Storia dell'arte.
»	II. — Arte contemporanea.
»	III. — Arte musicale.
	DIVISIONE II.
	<i>Didattica.</i>
SEZIONE	IV. — Costruzioni, edifizii, strumenti, attrezzi.
»	V. — Metodi di insegnamento letterario e di cultura generale.
»	VI. — Metodi di insegnamento generale di scienze positive e sperimentali.
»	VII. — Istruzione industriale e speciale.
»	VIII. — Libri e biblioteche.
	DIVISIONE III.
	<i>Produzioni scientifiche e letterarie.</i>
SEZIONE	IX. — Documenti per la Storia del risorgimento civile e politico d'Italia dall'anno 1820 al 1870.
»	X. — Produzioni letterarie e scientifiche.
	DIVISIONE IV.
	<i>Previdenza ed assistenza pubblica.</i>
SEZIONE	XI. — Previdenza sotto l'aspetto sanitario.
»	XII. — Previdenza sotto l'aspetto economico e morale.
»	XIII. — Assistenza pubblica sotto l'aspetto sanitario.
»	XIV. — Assistenza pubblica sotto l'aspetto economico e morale.
	DIVISIONE V.
	<i>Industrie estrattive e chimiche.</i>
SEZIONE	XV. — Industrie estrattive.
»	XVI. — Arti chimiche.
	DIVISIONE VI.
	<i>Industrie meccaniche.</i>
SEZIONE	XVII. — Meccanica generale.
»	XVIII. — Meccanica industriale.
»	XIX. — Meccanica di locomozione e navigazione.
»	XX. — Guerra e marina militare.
»	XXI. — Meccanica agraria.
»	XXII. — Meccanica di precisione e applicata alle scienze.
	DIVISIONE VII.
	<i>Industrie manifatturiere.</i>
SEZIONE	XXIII. — Prodotti delle industrie manifatturiere.
»	XXIV. — Galleria del lavoro.
	DIVISIONE VIII.
	<i>Economia rurale, orticola, forestale e zootecnica</i>
SEZIONE	XXV. — Industria agricola.
»	XXVI. — Materie alimentari.
»	XXVII. — Industrie forestali.
»	XXVIII. — Industrie affini.
»	XXIX. — Zootecnica.

Publicando i programmi dell'Esposizione Generale di Torino, il Comitato esecutivo giustamente osserva che la diligenza spiegata dalle Commissioni speciali nello studio e nella preparazione dei programmi è arca sicura che l'ordinamento della Esposizione procederà con pari esattezza e si conformerà in modo rigoroso alle prescrizioni tanto concordemente stabilite. Epperò si rivolge egualmente fiduciosa alle Giunte distrettuali e locali le quali entrano ora nel periodo più vivo della loro attività e della loro influenza; — a cui spetta di far pervenire tali programmi al gabinetto dello scienziato, allo studio dell'artista, all'officina dell'industriale; — a cui spetta di consigliare, eccitare, scuotere ed insistere perchè la Esposizione Generale italiana sia degna di noi, e sia fedele rivelatrice di quanto possa e valga questa Italia che fu già un giorno maestra delle più nobili arti, e tenne il dominio dei commerci e delle industrie mondiali; — a cui infine spetta di iniziare e proseguire quel lavoro di direzione, di vigilanza, di assistenza che solo può assicurare il degno compimento della grande impresa nazionale.

### ERRATA-CORRIGE.

Nell'elenco dei membri componenti la Commissione incaricata di giudicare i progetti presentati a concorso per un nuovo edificio da stabilirvi il R. Ospizio di Carità in Torino, e pubblicato nel fascicolo di agosto dell'*Ingegneria Civile*, fu, per svista tipografica, ommesso il nome dei signori Dott. Comm. G. B. Pannizzardi ed Ing. Costanzo Antonelli.

Sistema Vaultherin

Fig. 2.

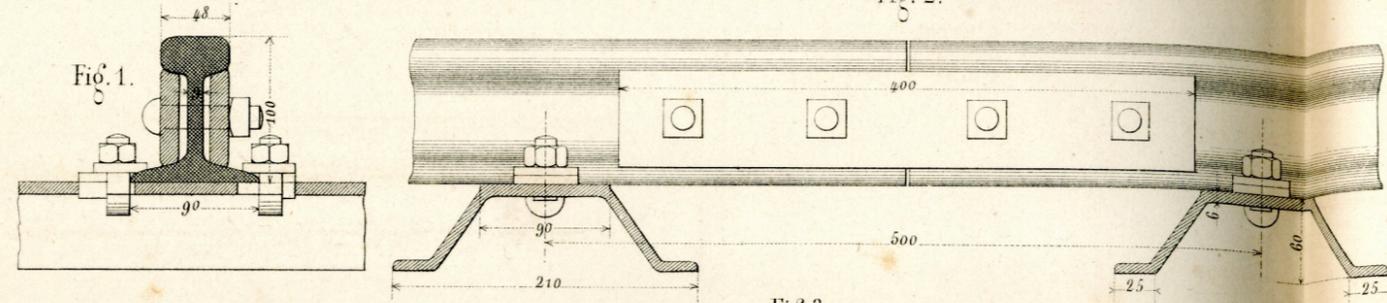


Fig. 4. Sistema Niemann e Geiger

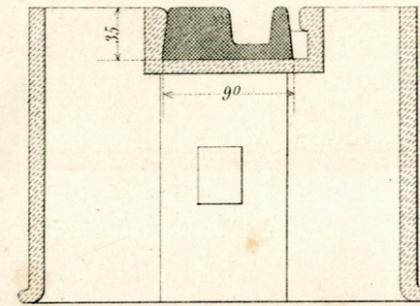


Fig. 5.

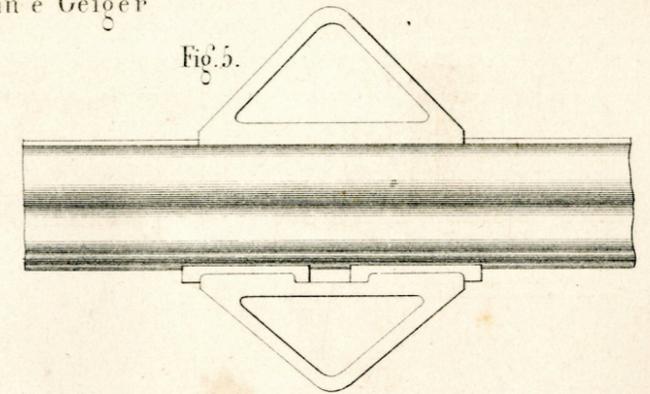


Fig. 11. Sistema Rimbach

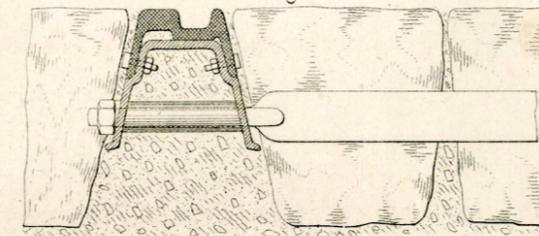
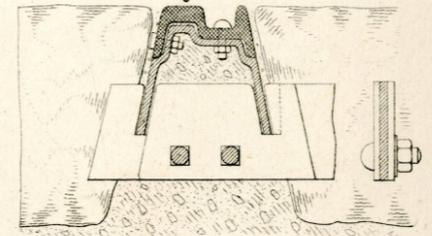


Fig. 12.



Sistema Böltcher (Fig. 6-9)

Fig. 6.

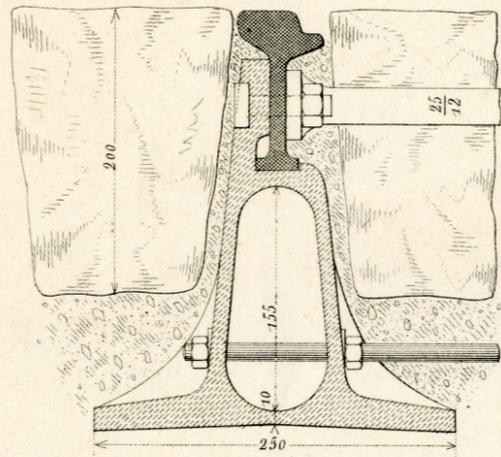


Fig. 7.

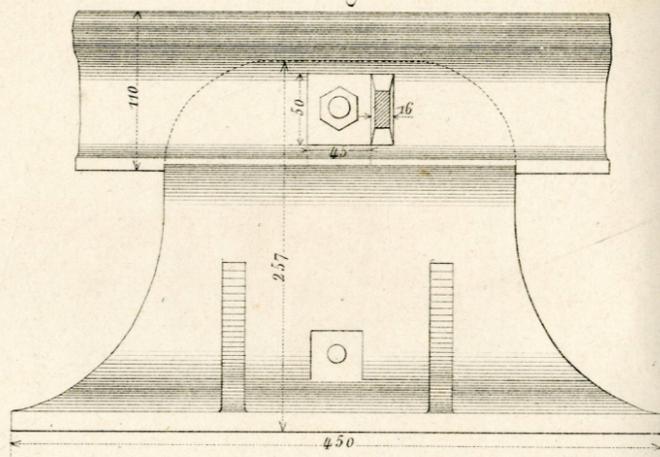


Fig. 8.

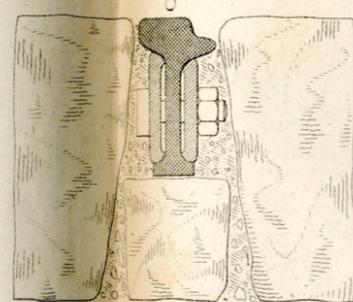


Fig. 9.

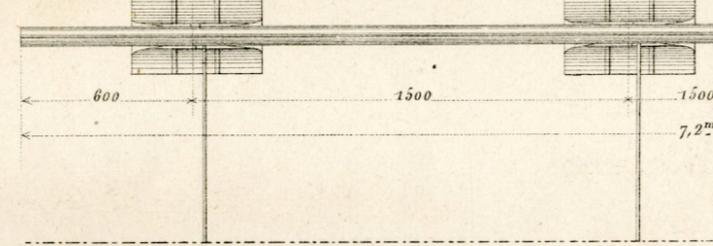
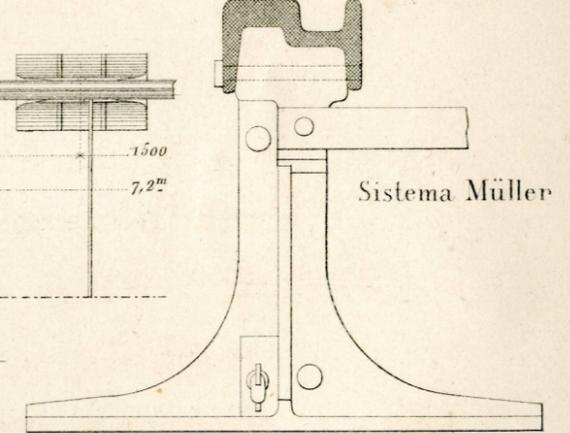


Fig. 10.



Sistema de Féral (Fig. 13-17)

Fig. 13.

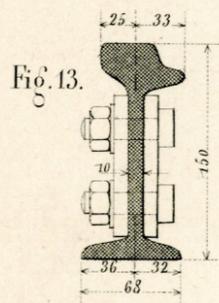


Fig. 14.

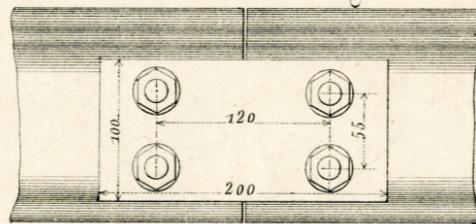


Fig. 15.

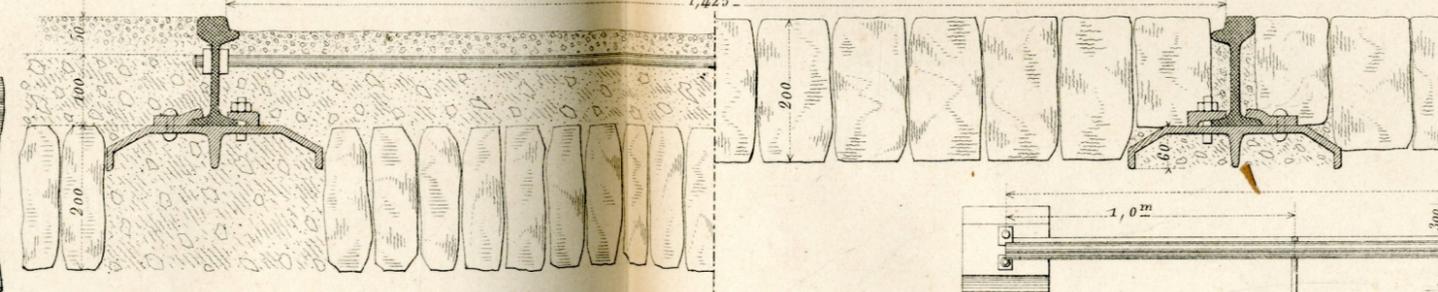


Fig. 17.

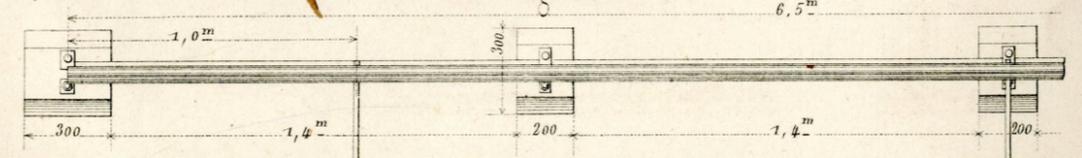
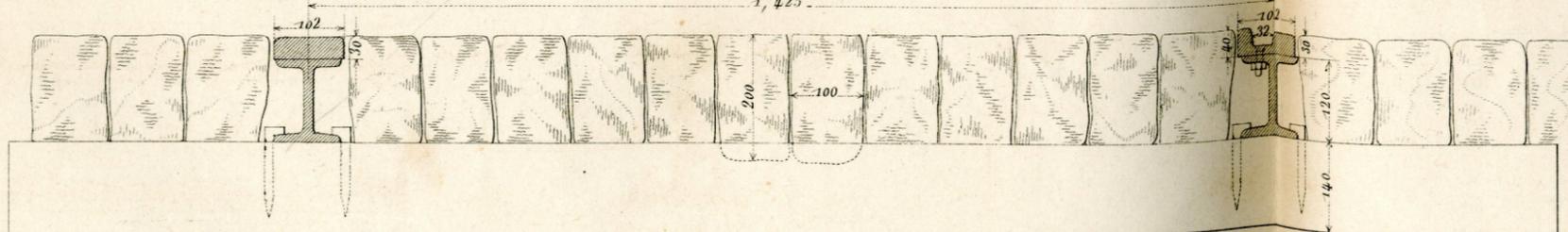


Fig. 16.



Sistema Wimby e Levick

Fig. 18.

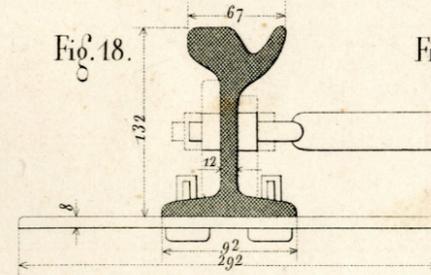
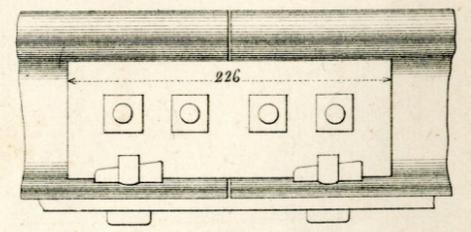
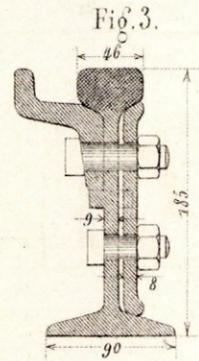
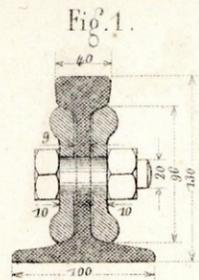


Fig. 19.

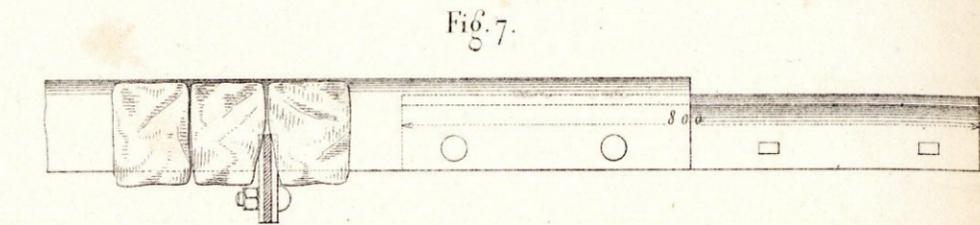
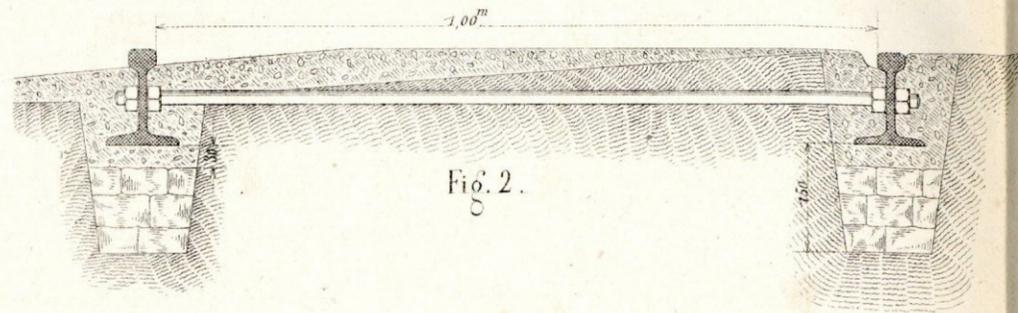


Scala di 1:5 per le Fig. 1, 2, 4-8, 10-14, 18 e 19 - 1:10 per le Fig. 3, 15 e 16 - 1:25 per le Fig. 9 e 17

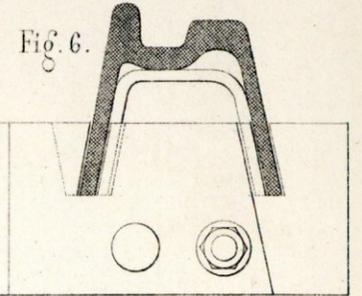
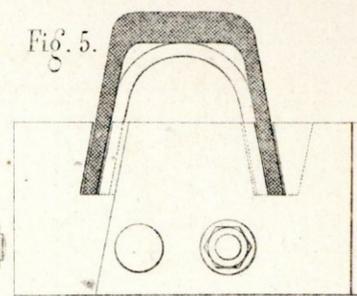
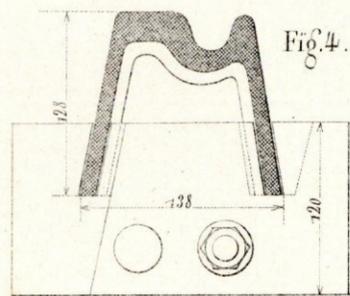
Sistema Hartwich (Ferrovia del Felda)



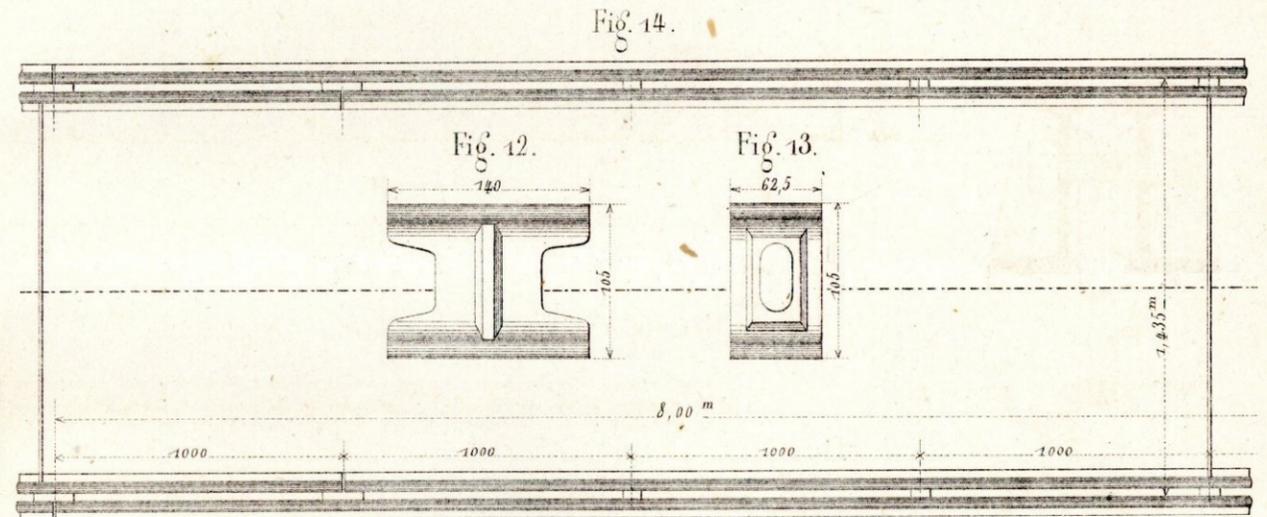
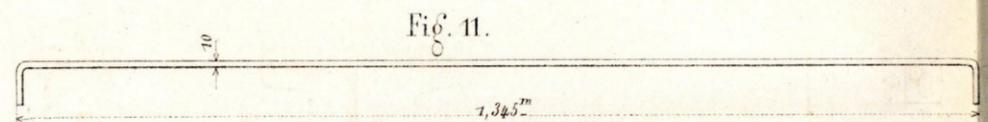
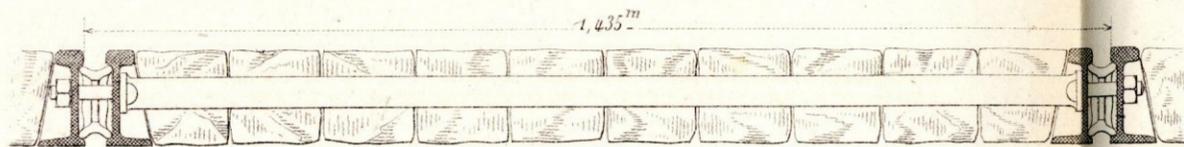
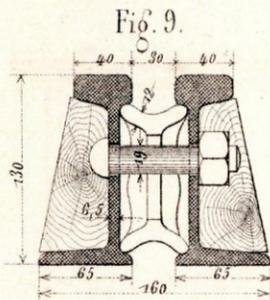
Sistema Hartwich modificato



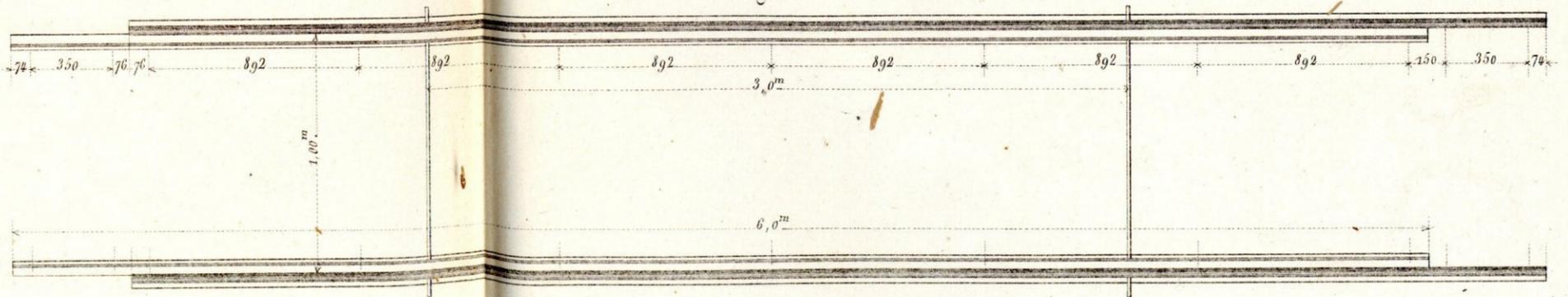
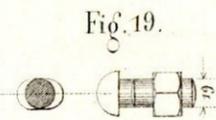
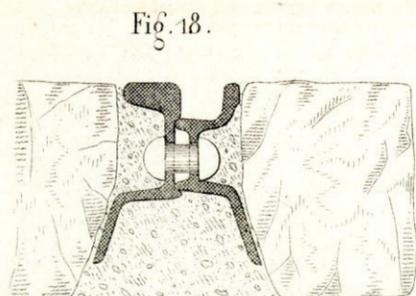
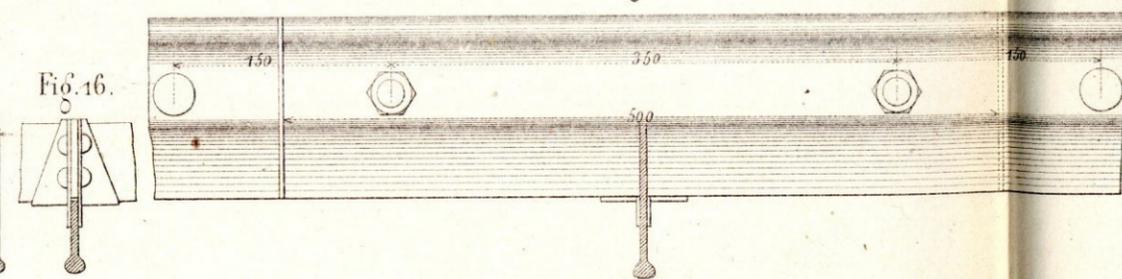
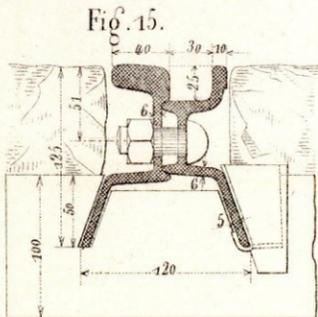
Sistema Demerbe (Fig. 4-8)



Sistema Haarmann (tipo nuovo) (Fig. 9-14)



Sistema Heusinger di Waldegg (Fig. 15-20)



Scala di 1:6 per le Fig. 1, 3-6, 9, 12, 13, 15-19 — di 1:10 per le Fig. 2, 7, 8, 10 e 11 — di 1:25 per le Fig. 14 e 20.