

L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

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

È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

ALCUNE NOTE RIGUARDANTI LA FORMA E LE DIMENSIONI DEGLI ARCHI IN MURATURA A TRE CERNIERE

(Continuazione e fine)

IV. — Al variare dei carichi accidentali o della temperatura, l'arco si deforma; ci fermeremo soltanto ad esaminare alcune possibili deformazioni della fibra media, trascurando quelle dovute alle cause secondarie, come: differenze di temperatura nella massa dell'arco, sforzi dovuti al vento, piccoli spostamenti delle imposte, attrito alle cerniere, ecc.

Durante la costruzione dell'arco, le centine, per quanto robuste, si deformano sotto il carico crescente di esso; tali deformazioni possono rendersi minime accumulando il materiale sulle centine stesse e poi procedendo al muramento. Finchè però l'arco è sostenuto dalle centine, gli sforzi interni, o saranno nulli, o varieranno con legge ben diversa da quella che si avrà allorché l'arco si sorregge da sè; dal principio delle operazioni di disarmo fino al completo termine di esse gli sforzi varieranno e tenderanno ad assumere i valori necessari per l'equilibrio. Se è s la saetta dell'arco al momento in cui si inizia il disarmo, quale sarà il suo valore a disarmo compiuto e dopo che saranno ultimati i timpani e le altre parti della struttura? Se l'arco è stato progettato e costruito in modo che sotto i carichi permanenti le pressioni si mantengano costanti nei diversi punti delle sezioni trasversali, il valore unitario di tali sforzi sarà:

$$R = c^2 \left(\frac{\delta \alpha_1}{s} + \frac{\pi \alpha_2}{e} + \frac{\gamma h}{2es} \right)$$

e la lunghezza sviluppata di $\frac{1}{2}$ arco da $\int_0^s ds$ si ridurrà a:

$$\int_0^s \left(1 - \frac{R}{E} \right) ds,$$

dove E è il coefficiente d'elasticità del materiale. Se chiamiamo (fig. 28) con l la lunghezza della corda di $\frac{1}{2}$ arco prima della deformazione, l' la sua lunghezza dopo la deformazione, β e β' l'angolo di detta corda con l'orizzontale prima e dopo la deformazione, rammentando come l'assenza

di momento flettente in ogni parte dell'arco ci autorizza a ritenere che nessun elemento della fibra media abbia ruo-

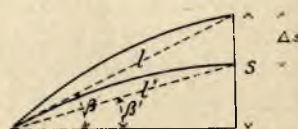


Fig. 28.

tato rispetto ai contigui, e che la distanza orizzontale tra due cerniere è assolutamente invariabile, si ha

$$l \cos \beta = l' \cos \beta', \quad l' = l \left(1 - \frac{R}{E} \right),$$

$$\cos \beta' = \frac{c}{\sqrt{c^2 + s^2} \left(1 - \frac{R}{E} \right)}.$$

Poi

$$s - \Delta s = c \tan \beta' = \sqrt{(c^2 + s^2) \left(1 - \frac{R}{E} \right)^2 - c^2},$$

e trascurando i termini in $\frac{R^2}{E^2}$, e rammentando che è $i = \frac{s}{c}$, si ha in valore assoluto:

$$\Delta s = c \left(i - \sqrt{i^2 - \frac{2R}{E} (1 + i^2)} \right).$$

E quindi

$$\text{per } \frac{R}{E} = \frac{0.50}{3000} = 0.000166 \text{ (granito)}$$

$$e \quad i = \begin{cases} 0.087 \\ 0.577 \end{cases}, \quad \text{si ha} \quad \Delta s = \begin{cases} 0.0015 c \\ 0.0005 c \end{cases}.$$

L'arco a tre cerniere è liberamente dilatabile, e pertanto ciascuno dei mezzi archi che lo forma resta simile a sè stesso al variare della temperatura. È facile pertanto vedere come il calcolo per le variazioni della saetta è identico a quello del caso precedente; sarà:

$$\cos \beta' = \frac{c}{\sqrt{c^2 + s^2 (1 \mp \alpha t)}} \quad \Delta s = c \left(i - \sqrt{i^2 \pm 2 \alpha t (1 + i^2)} \right)$$

dove α è il coefficiente di dilatazione termica e t la variazione della temperatura in gradi. Ponendo $\alpha = 0.000007$, $t = 50^\circ$, si ha $\Delta s = 0.004 c \div 0.0008 c$, secondo che sia $i = 0.087 \div 0.577$.

Come si vede, le variazioni della saetta non sono sempre quantità piccolissime. Per quelle dovute alla messa in ca-

rico dell'arco può facilmente provvedersi tenendone conto al momento della costruzione della centina e al momento in cui si fissano le cerniere. Non così per gli effetti dovuti alla temperatura ed ai carichi accidentali. In un arco di grande corda i primi però avranno sempre influenza molto maggiore dei secondi nelle variazioni delle saette.

*

Immaginiamo un arco a tre cerniere in una sua speciale condizione di equilibrio dipendente dalla natura dei carichi e dalla temperatura, tale che le fibre medie dei due mezzi archi (idealmente prolungate, se del caso) si incontrino al centro della cerniera in chiave ed ammettano in tal punto tangente comune ed orizzontale. Per una variazione qualunque Δs della saetta, i due mezzi archi ruoteranno attorno le cerniere d'imposte, e la cerniera di chiave (archi e carichi simmetrici) descriverà una retta verticale equidistante dalle prime due, mentre le tangenti al vertice delle due fibre medie dei due mezzi archi non coincideranno più tra loro e formeranno invece un angolo $180^\circ - 2\alpha$, ossia un angolo $90^\circ - \alpha$ con la verticale.

Si possono distinguere due casi tipici:

a) Che i due mezzi archi si appoggino l'uno all'altro e si trasmettano le pressioni mediante un solido intermedio (perno) a superficie d'appoggio cilindriche di raggio r a contatto con le sezioni terminali dei due mezzi archi preparate piane o concave (fig. 29 e 30);

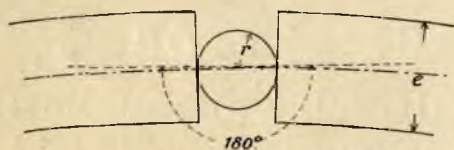


Fig. 29.

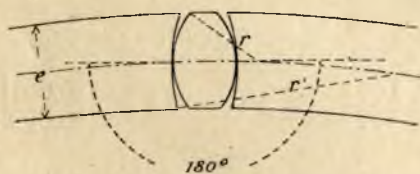


Fig. 30.

b) Che i due mezzi archi si appoggino l'uno all'altro direttamente e si trasmettano le pressioni senza l'intermediario di alcun altro solido, rendendo possibile il movimento, conformando opportunamente le sezioni terminali dei due mezzi archi (fig. 31 e 32).

In entrambi i casi, allorché le normali alle sezioni terminali dei due mezzi archi fanno con la verticale un angolo $90^\circ - \alpha$, il punto d'intersezione delle tangenti sarà generalmente diverso di prima e varierà con l'angolo α stesso, mentre i punti di contatto tra il perno della cerniera e le due sezioni terminali dei due archi, o i punti di contatto

delle superficie d'appoggio dei due archi non saranno più i punti di mezzo di esse sezioni.

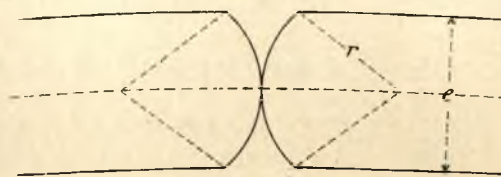


Fig. 31.

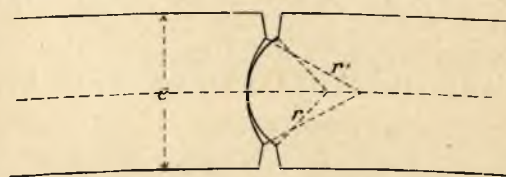


Fig. 32.

Se non teniamo conto dell'attrito, le sezioni terminali, allorché avranno rotato d'un angolo α (fig. 33 e 34), avranno rotolato della quantità σ ed il centro di pressione si sarà spostato della stessa quantità dal centro della sezione se il movimento alle cerniere avviene senza scorrimento.

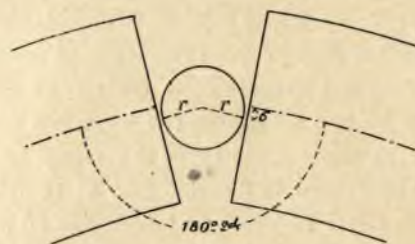


Fig. 33.

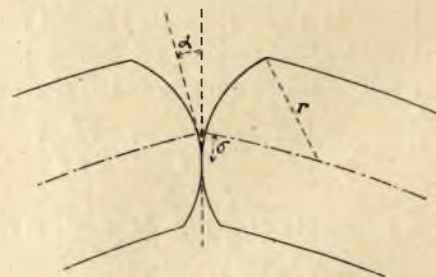


Fig. 34.

Ora, data la piccolezza dei movimenti, se ammettiamo la simmetria del sistema in modo che in ogni posizione per forme e carichi simmetrici siano eguali in direzione le reazioni nei due mezzi archi, scartando perciò le cerniere di cui alla fig. 32, data ancora la natura delle superficie di con-

tatto limitate in modo che il movimento sia sempre possibile, possiamo ammettere che non avremo scorrimento e che sia perciò $\sigma = \pi \frac{\alpha^0}{180^0} r$.

Si vede subito come *gli spostamenti dei centri di pressione sono tanto maggiori, quanto più grande è il raggio del perno o delle superficie d'appoggio*; esso dovrà pertanto essere il minore possibile.

Data la piccola entità dei valori di σ , possiamo ancora porre $\sigma = r \tan \alpha$, mentre è d'altro canto $\alpha = \beta - \beta'$, giacchè le sezioni trasversali estreme dell'arco verso la cerniera di chiave mantengono inalterato il loro angolo con la corda di ciascuno dei due mezzi archi.

Sarà perciò:

$$\sigma = r c \frac{\Delta s}{c^2 + s(s - \Delta s)},$$

ed in valore assoluto approssimativamente:

$$\sigma = r c \frac{\Delta s}{c^2 + s^2}.$$

Il valore di r troverà due limiti: l'uno, il limite minimo, nella resistenza del materiale con cui il perno stesso è costruito; l'altro, il limite massimo, nella resistenza del materiale di cui l'arco è formato.

In quanto a quest'ultimo limite, lo sforzo eccentrico $R e$ applicato alla sezione di spessore e alla distanza σ dal centro di esso, produrrà gli sforzi:

$$R' = \frac{R e}{e} + \frac{6 R e \sigma}{e^2} = R \left(1 + \frac{6 \sigma}{e} \right).$$

Se poniamo che debba essere $R' \leq 1.05 R$, si ha:

$$r = \frac{0.05 e (c^2 + s^2)}{6 \Delta s \cdot c}$$

$$\text{per } \Delta s = 0.005 c \quad r = 1.66 e (1 + i^2).$$

Basterà perciò che il perno abbia raggio non maggiore del doppio dello spessore in chiave, o che le superficie d'appoggio abbiano raggio di curvatura non maggiore del doppio dello spessore, per essere sicuri che le pressioni non possono variare più di $\frac{1}{20}$ approssimativamente.

In quanto al limite minimo del raggio del perno, è noto che la forza totale F che può sopportare un rullo o un segmento cilindrico di raggio r e lunghezza l cementato tra due superficie qualunque può esprimersi con:

$$F = k r l (*),$$

dove k è un coefficiente dipendente dalla natura del materiale di cui è formato il rullo e dalla natura e dalla forma delle superficie di contatto.

(*) Ecco alcune formole pel calcolo dello sforzo massimo F che può sopportare un rullo di lunghezza uguale all'unità, di raggio r , formato di materiale di cui sia E il coefficiente di elasticità e C il carico di rottura a compressione, sollecitato

Si avrà perciò il raggio del rullo dalla formola:

$$r = e \frac{R}{k},$$

e, dovendo essere $r \leq 2 e$, dovrà il rullo essere formato da un materiale per cui potrà assumersi $k > \frac{R}{2}$.

Il coefficiente k deve volta per volta ricavarsi sperimentalmente con rulli posti in condizioni simili a quelli che nell'arco da costruire verranno realizzate.

Nel caso della fig. 29, se le superficie terminali dei due mezzi archi si proteggessero con placche o scatole metalliche ed il perno fosse pure metallico, potrebbe adottarsi $k = 0.80 \div 2.80$ Kg. per mmq., secondo che si adopera ferro, ghisa od acciaio duro; dati i valori ammissibili per R , si potrà sempre soddisfare la condizione $k > \frac{R}{2}$.

Il detto coefficiente può porsi, secondo il Galliot (*), sotto la forma $k = \frac{5.89}{n} \frac{C^2}{E} \frac{r'}{r' \pm r}$, allorchando i mate-

tra due superficie cilindriche di raggio r' formate di materiale di cui sia E' il coefficiente di elasticità:

$$\text{GALLIOT: } E = E' \quad F = 5.89 C^2 \frac{r}{E} \frac{r'}{r' \pm r};$$

$$\text{HERTZ: } F = 2.79 C^2 \frac{r}{E} \frac{r'}{E'} \frac{E + E'}{r' \pm r};$$

$$\text{RÉSAL: } E = E' \quad F = 2.66 C^2 \frac{r}{E^{\frac{3}{2}}} \left(\frac{r}{r' \pm r} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{BACH: } r' = \infty, E = E' \quad F = 1.89 C^2 \frac{r}{E^{\frac{3}{2}}};$$

$$\text{GRASHOF: } r' = \infty, a \text{ spessore delle lastre comprimenti} \\ F = 1.89 C^2 \frac{r}{E^{\frac{3}{2}}} \left(\frac{r E' + a E}{E'} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Come si vede le formole, quasi tutte teoriche, non sono fra loro concordanti; noi abbiamo eseguite talune esperienze nel Gabinetto di Costruzioni della R. Scuola d'Applicazione a Palermo, per gentile permesso del Direttore prof. Salemi-Pace.

I rulli erano formati con pietra di Melilli e di Comiso e vennero sperimentati tra i piatti di acciaio di spessore a 20 a 30 mm. di una macchina Mohr e Federhaff; i risultati furono i seguenti:

Provini	Diametro 2 r	Lun- ghezza	Carico di rottura C	F
	cm.	cm.	kg. per cmq.	
N. 4 (Melilli) . . .	10.00	7.47	244	2380
N. 5 (Melilli) . . .	9.97	7.41	286	2240
N. 3 (Comiso) . . .	9.95	7.53	658	6200
N. 4 (Comiso) . . .	10.11	7.40	517	5500

La rottura del rullo sotto lo sforzo totale F avveniva costantemente in modo istantaneo per separazione di due segmenti cilindrici che lasciavano sotto carico una fetta del rullo che rompevasi anche per flessione.

(*) M. GALLIOT, *Note sur le calcul des efforts dans les corps cylindriques en contact*. — « Annales des Ponts et Chaussées », 1892.

La formula dell'HERTZ darebbe risultati quasi eguali.

riali a contatto sono della stessa natura, ed è r' il raggio di curvatura delle superficie che premono il rullo (fig. 29, 30 e 31); il segno — si riferisce al caso che le superficie abbiano curvatura nello stesso senso del rullo (fig. 30), il segno + al caso contrario (fig. 31); C è il coefficiente di rottura a compressione, $\frac{1}{n}$ un coefficiente di sicurezza.

Studiamo pertanto se può costruirsi un arco a cerniera senza ricorrere alle cerniere metalliche nè all'adozione di materiali diversi da quelli che formano l'arco. Chiamiamo $\frac{1}{m}$ il coefficiente di sicurezza adottato pel materiale nella costruzione dell'arco; sarà $C = mR$, e quindi, dovendo rispettare la disuguaglianza $k > \frac{R}{2}$, bisogna che sia:

$$5.89 \frac{C}{E} \frac{m}{n} R \frac{r'}{r' \pm r} > \frac{R}{2},$$

cioè:

$$11.78 \frac{C}{E} \frac{r'}{r' \pm r} > \frac{n}{m}.$$

La cerniera venendo sempre costrutta con materiali scelti, potremo porre $\frac{n}{m} \leq 1$.

Esaminiamo ora due casi, che potremo riguardare come casi limiti per pietre molto resistenti, cioè:

$$\frac{C}{E} = \frac{1}{400} \quad \text{e} \quad \frac{C}{E} = \frac{1}{150} \quad (*),$$

avremo rispettivamente:

$$0.03 \frac{r'}{r' \pm r} > \frac{n}{m}$$

$$0.08 \frac{r'}{r' \pm r} > \frac{n}{m}.$$

È facile vedere che se fosse $r' = \infty$ il problema si presenterebbe irresolubile in pratica, giacchè dovrebbe essere $0.03 > \frac{n}{m}$, o $0.08 > \frac{n}{m}$, ed ammesso anche per m il valore troppo forte di 20 (coefficiente di sicurezza $\frac{1}{20}$), dovrebbe essere:

$$n = 0.6, \quad \left(\frac{1}{n} = 1.66 \right) \quad \text{o} \quad n = 1.60, \quad \left(\frac{1}{n} = 0.60 \right),$$

valori inammissibili.

Peggio ancora se le superficie a contatto avessero curvature in senso opposto, giacchè allora sarebbe $\frac{r'}{r' + r} < 1$; ci resta solo ad esaminare il caso in cui le superficie a contatto abbiano curvatura nello stesso senso.

(*) M. GRECO, *Esperienze sull'elasticità di taluni calcari*. — « L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali », 1903.

Calcarea di Boccadifalco $\epsilon = \frac{\sigma^{0.935}}{480\,000} \quad c = 2200 \quad \frac{c}{E} = \frac{1}{360}.$

M. BACH, *Elasticität und Festigkeit*, 1898.

Granito $\epsilon = \frac{\sigma^{1.169}}{340\,000} \quad c = 1000 \quad \frac{c}{E} = \frac{1}{160}.$

Ora il minor valore che può darsi al rapporto $\frac{n}{m}$ è: $\frac{3}{20}$,

$$\left(\frac{1}{n} = \frac{1}{3}, \quad \frac{1}{m} = \frac{1}{20} \right);$$

sarà allora:

$$\frac{r'}{r' - r} > 5 \quad \text{o} \quad \frac{r'}{r' - r} > 1.90,$$

e quindi:

$$r' < \frac{4}{5} r \quad \text{o} \quad r' < \frac{1.90}{0.90} r.$$

Queste relazioni dimostrano la possibilità di costruire cerniere con lo stesso materiale di cui la volta è composta,

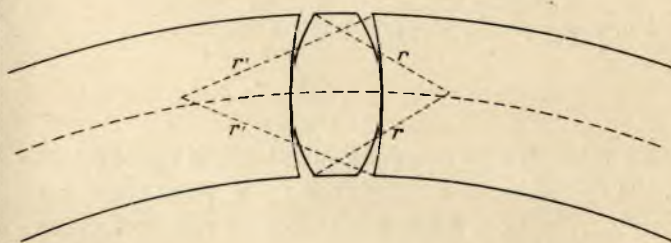


Fig. 35.

la forma da adottare in tal caso sarebbe quella segnata nella fig. 35.

Le difficoltà però per costruire le due superficie d'appoggio negli archi di corda eccezionale sono relevantissime, e pertanto, se ciò può praticarsi in archi il cui spessore arriva a m. 1,00, od anche a m. 1,50, non può dirsi lo stesso per archi maggiori, pei quali sarà più semplice adottare la cerniera metallica, interponendo fra il perno e le sezioni terminali delle lastre o delle scatole atte a ripartire le pressioni. Possono studiarsi buonissimi sistemi col cemento armato, in modo che l'arco murale trovi un graduale passaggio all'appoggio sul perno in metallo (*).

Conchiudendo, diremo che sembra desiderabile in un arco murale introdurre cerniere formate con materiali litoidi, scartando quelle metalliche. Le cerniere dovrebbero restar libere anche dopo il completamento dell'opera d'arte, giacchè abbiamo visto come nelle opere di grande mole le variazioni di temperatura producono effetti maggiori dei carichi mobili ed alcune volte paragonabili a quelle del carico permanente (**).

(*) Il ponte sul Tagliamento a Pinzano fu costruito interamente con cemento armato. Le armature metalliche servirono pure pel sostegno delle centine (Vedi « Monitore Tecnico », 30 dicembre 1903). — Così pure il ponte sul Fosso Rosso presso Sinigaglia (Vedi « Giornale del Genio Civile », 1903).

(**) Il ponte sull'Adda presso Morbegno, di m. 70 di luce, in granito, fu costruito con tre cerniere metalliche, che vennero poi murate (Vedi « L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali », Vol. 29, Fasc. 11).

In quanto alla possibilità di costruire di tali cerniere, da quanto abbiamo esposto pare che le difficoltà debbano solo essere di ordine pratico, giacchè è da ritenere che usando materiali scelti e la disposizione da noi innanzi accennata, ciò non riuscirà impossibile. È da desiderare però che numerose esperienze e calcoli più esatti permettano di ritrovare una formola che, meglio di quella da noi adoperata, risponda al caso di solidi cilindrici compressi da superficie qualunque (*).

Palermo, 15 gennaio 1904.

Ing. LORENZO CARACCILO.

COSTRUZIONI IN SMALTO DI CEMENTO, ARMATO

PONTE OBLIQUO A TRE ARCHI
PER FERROVIA E STRADA ORDINARIA
costruito a Soissons, sull'Aisne

(Veggansi le Tavole III, IV e V)

Fra le svariate applicazioni del cemento armato non poteva tardare a distinguersi anche quella della costruzione dei ponti obliqui, potendosi così risparmiare gli studi e le noie dell'esecuzione di un qualsiasi sistema di apparecchio per volte oblique ed ottenere ad un tempo maggiore solidità e considerevole risparmio di spesa.

Ed invero, col semplice impiego di alcuni arconi paralleli estradossati orizzontalmente all'altezza della chiave, spostati l'uno rispetto all'altro per secondare l'obliquità della linea d'imposta, e riuniti superiormente tra loro da una soletta, viensi a costituire nel modo più semplice e più facile, la base della piattaforma stradale.

Il ponte a tre archi, — di 24 metri circa di luce caduno, ribassati ad 1/10, — della larghezza tra i parapetti di ben 14 metri, e della obliquità di 30°, costruitosi a Soissons, sull'Aisne, su progetto dell'Hennebique, ci offre appunto uno splendido esempio di tale applicazione, ed è perciò che ci proponiamo di descriverlo nel suo insieme e nei suoi particolari più essenziali, riassumendo per sommi capi un'assai importante Memoria pubblicata nelle *Annales des ponts et chaussées* (1903, 3° e 4° trimestre) dall'ing. Ribout, il quale ne pubblicò pure un'estesa Relazione nel *Genie Civil*, 1904, n. 15.

Generalità. — Il ponte doveva servire ad un tempo al passaggio della ferrovia secondaria da Soissons a Rethel, e della strada ordinaria che dapprima era servita da una semplice passerella, di proprietà della città di Soissons. La poca altezza del piano stradale pareva dapprima suggerire la scelta di un ponte a travata metallica; ma il desiderio di fare un'opera che riuscisse esteticamente di qualche decoro alla città, e d'altronde la grande obliquità dell'asse

congiunta alla larghezza del ponte che volevasi di ben 14 metri, rendevano l'impiego dell'acciaio meno economico e consigliarono di ricorrere al cemento armato. Onde fu incaricato l'Hennebique di dare il progetto, la cui esecuzione venne poi affidata al signor Frappié, concessionario dei brevetti dell'Hennebique.

Come facilmente appare dalla planimetria generale (figura 36 nel testo), l'obliquità del ponte era obbligata dal tracciato stesso della ferrovia da Soissons a Rethel e dall'andamento delle case nel sobborgo industriale di Saint-Waast.

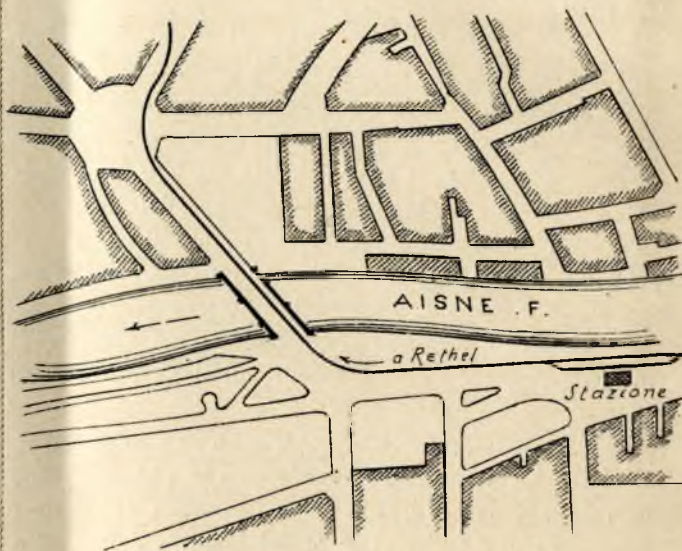


Fig. 36. — Planimetria generale del Ponte di Soissons.

L'asse longitudinale del ponte forma quindi un angolo di 60° colla direzione della corrente.

La lunghezza totale del ponte, presa parallelamente alle fronti, fra il vivo delle due spalle, è di metri 75,98, ed è divisa in tre arcate, pressochè uguali, di metri 24,25 di corda obliqua le due laterali, e di m. 24,48 quella centrale, oltre a due pile, dello spessore di m. 1,50 caduna alle imposte degli archi (1).

Ogni arcata consta essenzialmente di sette arconi in smalto armato, estradossati orizzontalmente e che direttamente sostengono una soletta che tutti li riunisce e costituisce la piattaforma del ponte. I sette arconi hanno la saetta di m. 2,40 per le arcate laterali, e di m. 2,50 per l'arcata centrale. Essi adunque non hanno che la monta di 1/10. Ma i timpani sono pieni, o per essere più esatti, non vi sono timpani, ed è l'arcone che occupa tutto quanto lo spazio compreso fra la curva dell'intradosso e la soletta superiore o piattaforma orizzontale, onde l'altezza verti-

(1) Per meglio disimpegnare gli accessi della strada d'alaggio, la parete della spalla sinistra non venne tracciata parallelamente all'asse longitudinale delle pile; ma con deviazione di 2°28' dalla parallela, e l'apertura per l'arcata di sinistra varia perciò da m. 23,90 (a valle) a m. 24,60 (a monte).

(*) C. BACH, *Esperienze su conci di granito per cerniere da ponte*. — A. W. Schade, Berlino, 1903.

cale degli arconi varia da m. 0,30 alla chiave fino a 2,52 all'imposta sulle spalle e 2,75 all'imposta sulle pile.

La larghezza totale del ponte è di 14 metri, così ripartita:

Per la sede della ferrovia indipendente, lato a monte m. 4,90
 Per la carreggiata della strada ordinaria » 6,00
 Per i due marciapiedi laterali » 3,10

La distanza degli arconi fra loro non è sempre la stessa, ma come risulta dalla fig. 7 della Tav. III, essa è regolata dalla distribuzione del sovraccarico, e varia quindi da metri 1,30 da asse ad asse per i due arconi al disotto dei regoli della ferrovia, a m. 3,00 per quelli al disotto della strada ordinaria.

Le spalle, contro cui appoggiano gli arconi, sono costituite (fig. 2, Tav. III) da una specie di cassone diviso in 6 compartimenti da cinque tramezze longitudinali, le quali altro non sono che il prolungamento degli arconi, cui esse fanno da contrafforti, e sono collegate tra loro trasversalmente da tramezze parallele alla direzione della corrente. Tutti i vani che ne risultano furono riempiti di terra.

Le pile, superiormente alla linea d'imposta, portano anch'esse, come le spalle, altrettante tramezze quante gli arconi di cui costituiscono i prolungamenti, ma gl'intervalli tra le tramezze medesime sono riempiti di calcestruzzo magro.

La piattaforma o tavolato superiore è una soletta generale di 12 a 16 centimetri di spessore, che posa sull'estradosso degli arconi, ricopre l'orifizio dei cassoni delle pile e si prolunga di 3 metri al di là della parete delle spalle. Nel senso trasversale questa soletta è profilata per modo (fig. 7 della Tav. III) da costituire la piattaforma per la ferrovia e per la strada ordinaria, nonchè per i due marciapiedi adiacenti di m. 1,55 di larghezza; essa termina alle fronti del ponte con un profilo sagomato in forma di cornice.

Sul ponte corrono tre ringhiere metalliche, due alle estremità ed una intermedia che serve di separazione della via ferrata dalla strada ordinaria.

Tutto il ponte è costruito in smalto di cemento con armature di tondini d'acciaio e di staffe secondo il sistema dell'Hennebique, eccettuati i massicci delle fondazioni per le pile e spalle che non hanno armature.

Vediamone i diversi particolari.

*

Fondazioni delle pile e spalle. — Per far luogo alla fondazione di ciascuna pila vennero infissi 46 pali e 84 palanche, di cemento armato, distribuiti come risulta dalla fig. 5 della Tav. III. Ogni palo ha sezione quadrata di 30 cm. di lato, ed è armato da 4 tondini mantenuti a distanza da legature di filo di ferro di 20 mm. di diametro (fig. 37 nel testo); la lunghezza di ogni palo è di m. 5,45. Ogni palanca ha la sezione di cm. 35×15 , armata da 6 tondini di 15 mm. di diametro, e la lunghezza di m. 5,00.

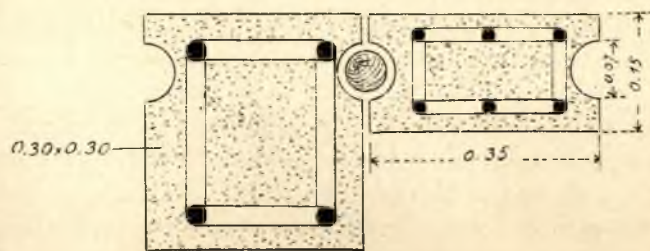


Fig. 37. — Sezione di un palo di smalto armato e di una palanca.

Il peso dei pali fuori acqua era in media di 1150 kg. caduno e la loro infissione al posto preciso non mancava di presentare difficoltà, tanto più che i pali erano stati fabbricati soltanto da un mese e mezzo, e per quanto la loro testa fosse protetta da cuffia metallica ed i colpi di maglio fossero ammortiti da una falsa testa di legno e da sabbia interposta (fig. 38 nel testo), pure si fendevano ai primi

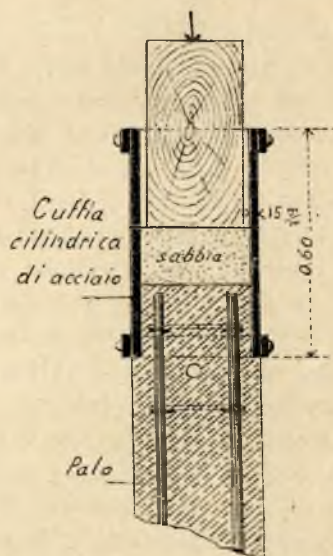


Fig. 38. — Cuffia di protezione della testa dei pali per la loro infissione.

colpi. Per cui si fece ricorso al sistema di infissione per mezzo d'iniezione d'acqua in pressione.

A precisare la posizione ed a guidare la discesa dei pali fu costruita una gabbia, di cui vedesi una porzione nella fig. 39, fatta di pali verticali *p* bene appuntati all'estremità inferiore e controventati a tre punti differenti di loro altezza da grosse traverse *ttt*, le quali portavano appendici formanti scanalature, quali appaiono sulla sezione orizzontale della fig. 39, atte a ricevere i pali da affondare ed a guidarli nella loro discesa. Così l'infissione dei pali e delle palanche si ottenne facendo giungere sotto alla punta del palo l'acqua in pressione per modo da dissaggregare il terreno di sabbia compatta frammista a ciottoli e da ottenere l'infissione del palo per mezzo di pochi colpi sulla testa superiore. A meglio guidare pali e pa-

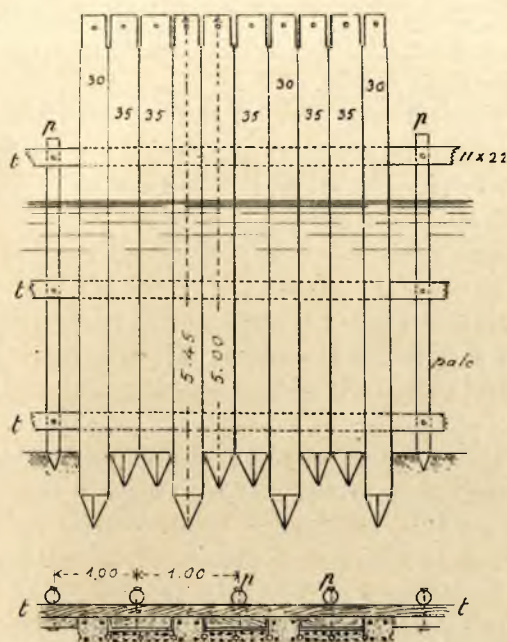


Fig. 39. — Porzione della gabbia di ritegno e di guida dei pali pronti alla intissione.

lanche erasi pure pensato ad una guida cilindrica di legno che rimaneva compresa fra scanalature lasciate di getto nelle superficie laterali dei pali (fig. 37), ma all'atto pratico e stante la facilità dell'infissione coll'acqua in pressione, non si ritenne più necessaria codesta precauzione.

L'Impresa si servì di una pompa a vapore ad azione diretta e a doppio effetto, nella quale il cilindro a vapore aveva 130 mm. di diametro e quello della pompa 80 mm., la corsa comune degli stantuffi essendo di 220 mm.; essi davano da 80 a 120 colpi doppi per minuto. Una caldaia installata sulla riva del fiume somministrava il vapore alla pressione normale di 5 a 6 kg. Il tubo premente dell'acqua si prolungava in un tubo di *caoutchouc* armato da spira metallica, e terminava in una lancia di ferro di 35 mm. di diametro e di 7 metri circa di lunghezza. L'operazione richiedeva in tutto 6 uomini, di cui 2 per sorreggere e guidare il tubo di *caoutchouc*, 1 per manovrare la lancia, 2 per scuotere e tenere a posto o battere il palo, ed un macchinista alla caldaia ed alla pompa.

Il risultato finale deve dirsi abbastanza soddisfacente, poichè bastarono tredici giorni all'infissione per la profondità media di m. 2,50 nel terreno di ben 260 tra pali e palanche occorrenti alla fondazione delle due pile, non compresa però la posa in opera e la rimozione della gabbia (1).

(1) Questo procedimento d'intissione dei pali deve ritenersi senza dubbio più speditivo che non ricorrendo al battipalo. Esso venne successivamente impiegato per l'infissione di 84 pali di 30x40 cm., destinati alla fondazione di un muraglione di sponda. Una squadra di quattro uomini riesciva ad infiggere in media 10 pali al giorno per una profondità di metri 2 circa.

Per la fondazione delle spalle s'impiegarono pure pali di cemento armato, di sezione quadrata, ma di soli 25 cm. di lato, a vece di 30; essi vennero infissi ad una certa distanza gli uni dagli altri, e vedonsi punteggiati sulle fig. 1 e 2 della Tav. III; se ne infissero 20 soltanto per ogni spalla, impiegando da 6 a 7 giorni per caduna.

*

Soprastruttura delle pile. — L'interno del cassone formato dai pali e dalle palanche venne riempito con un massiccio di calcestruzzo colato sott'acqua e spianato alla quota di m. 38,95, ed in questo massiccio si fece penetrare per la profondità di 50 cm. il fascione delle armature metalliche formanti l'ossatura della pila (fig. 6, Tav. III). Lo scopo di questa disposizione, che era di meglio assicurare l'incastro, non può dirsi davvero completamente raggiunto colla sola profondità di 50 cm. Ma il fatto venne attribuito ad una svista sul disegno, a cui non si è potuto che incompletamente riparare all'atto di esecuzione, mentre non gli si è poi dato praticamente grande importanza.

Alla stessa quota di m. 38,95 vennero troncati i pali e le palanche del cassero di fondazione, mettendone a nudo le armature metalliche, le quali si ripiegarono o si rilegarono ad altre barre ripiegate verso l'interno della pila (fig. 40

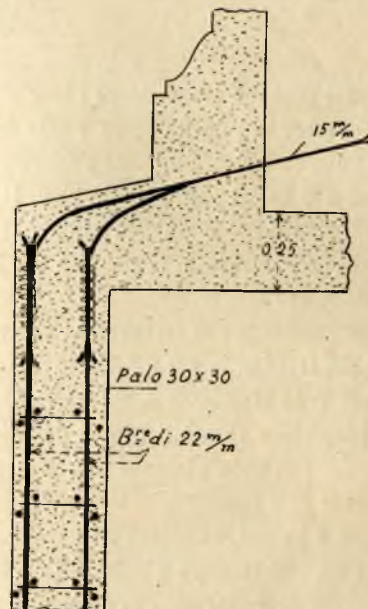


Fig. 40 — Collegamento delle teste dei pali del cassero al basamento della pila.

del testo), mentre venne disteso, come primo strato di base della pila, del calcestruzzo fino per l'altezza di 25 cm. sopra una reticella metallica di piccoli tondini, orizzontale.

Le quattro barre di ogni palo, e tre sole delle sei barre di ogni palanca furono così ripiegate quasi orizzontalmente per ottenere il collegamento della pila colla sua fondazione; ma verso le estremità ne risultava tale una confusione di barre da rendere difficile il riempimento dei vani e l'impasto omogeneo e perfetto del calcestruzzo.

I tubi verticali (fig. 4, 5 e 6 della Tav. III), in numero di 6 per ogni pila, del diametro di 50 cm., sono altrettanti pozzi da mine lasciati per far saltare in aria il ponte in caso di guerra.

La pila propriamente detta è costituita da una scorza esteriore di 20 cm. di spessore, fatta di smalto fino, rinforzata in corrispondenza degli arconi da altrettante tramezze quanti sono gli arconi e d'eguale grossezza (60 cm.) degli arconi stessi di cui sono come il prolungamento. Gli interspazi fra queste tramezze di contrafforte sono riempiti di grosso smalto (fig. 41 e 42).

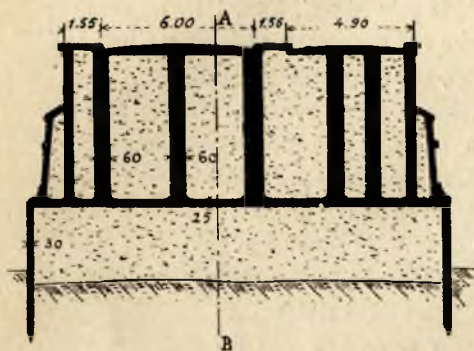


Fig. 41. — Sezione long. di una pila, proiettata su di un piano normale all'asse del ponte.

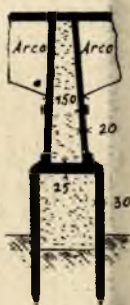


Fig. 42. — Sezione trasv. di una pila, secondo A B.

E perchè gli arconi possano trasmettere i loro sforzi dall'uno all'altro attraverso la pila, le barre tonde dell'armatura di due archi adiacenti si prolungano attraverso la pila e si ricoprono di 4 a 6 metri (fig. 6 della Tav. III), penetrando così coll'estremità nel massiccio dell'arco seguente. Ond'è completamente assicurata la continuità fra le armature degli arconi delle tre arcate.

Queste medesime tramezze che formano la continuazione degli arconi, sono poi irradiate nel massiccio di fondazione della pila per mezzo d'un fasciame di 24 barre di 24 mm. di diametro e di lunghezze variabili (fig. 6 della Tav. III) per modo da presentare orizzontalmente una sezione totale decrescente dalla base alla sommità.

Fra una tramezza e l'altra, la scorza di paramento della pila è pure armata da una leggera quadrettatura con barre di 10 mm. Finalmente il collegamento della pila alla sua base di fondazione è pure assicurato da un certo numero di barre verticali di 26 mm. distribuite regolarmente per tutta la sezione orizzontale della pila e penetranti nel massiccio di fondazione.

*

Sovrastruttura delle spalle. — Ogni spalla (fig. 2 della Tav. III) consta di un cassone prismatico, a base di parallelogramma, con pareti verticali di 12 a 15 cm. di grossezza, rinforzate parallelamente all'asse longitudinale del ponte da contrafforti della stessa grossezza degli arconi, di cui sono il prolungamento, e nel senso parallelo alla direzione della corrente da due tramezze intermedie, della grossezza di 15 cm.

Questo cassone riposa su di un massiccio di fondazione, di grosso calcestruzzo, dello spessore di 1 metro, che insiste a sua volta e collega le teste dei 20 pali di fondazione, di cui si è più sopra parlato.

La grossezza dei contrafforti degli arconi intermedi, che è di 0,60 contro gli arconi, va diminuendo fino a 0,20 all'incontro della prima tramezza, e poi continua con grossezza costante fino all'estremità del cassone.

Le 4 barre dell'armatura superiore degli arconi si prolungano oltre il piano d'imposta, e mentre due di esse penetrano nel contrafforte e si arrestano alla prima tramezza, le altre due, seguendo il contorno poligonale (fig. 6 della Tav. III) del contrafforte stesso, scendono verticalmente fino al massiccio di fondazione, nel quale prendono radice.

Dalla parte contigua all'arco il contrafforte è armato da un fasciame di barre verticali analogo a quelli delle pile; composto per tutti i contrafforti degli arconi intermedi di 16 tondini di 26 a 28 mm. di diametro, inradicati nel massiccio di fondazione e di lunghezze variabili per modo da offrire, come per le pile, una sezione orizzontale decrescente dal basso all'alto. Le barre più lunghe raggiungono le armature superiori dell'arcone alle quali si agganciano.

Inoltre ogni contrafforte è armato orizzontalmente, poco sopra la risega di fondazione, da un fasciame di barre longitudinali sovrapposte in tre strati, di lunghezze differenti, per modo da concentrare la maggiore quantità di metallo presso a poco ai due terzi della base, a partire dalla verticale della linea d'imposta (fig. 6 della Tav. III).

Le pareti esterne della spalla fra gli arconi, le quali hanno soltanto 14 cm. di grossezza, sono armate da doppio sistema ortogonale di piccoli tondini. Esse sono inoltre rinforzate all'altezza della linea d'imposta, negli intervalli fra gli arconi della strada ordinaria, distanti tre metri da asse ad asse, da una nervatura orizzontale o ferro d'angolo di 20 cm. di altezza e 30 cm. di larghezza.

La soletta di base, o fondo del cassone, della grossezza di 25 cm., avendo a compiere orizzontalmente il medesimo ufficio delle pareti verticali anzidette, è, come queste, armata da una rete di piccoli tondini, ed è inoltre rinforzata in metà dei tre intervalli fra gli arconi da una nervatura superiore disposta parallelamente ai contrafforti e limitata in lunghezza all'ultimo terzo contro terra (fig. 2 della Tav. III).

Infine, la sovrastruttura della spalla è legata, come per le pile, al massiccio di fondazione da un certo numero di barre verticali che si prolungano dall'una all'altra in corrispondenza dei contrafforti degli arconi.

I cassettoni formati dai contrafforti e dalle tramezze oblique vennero riempiti di terra, a differenza delle pile dove il riempimento si fece, come già dicemmo, con calcestruzzo ordinario.

Per l'esecuzione delle spalle, come pure delle pile, il fasciame delle grosse barre veniva mantenuto a posto per mezzo di castelli o puntellature provvisorie; le barre minori, come pure i tralici di armatura dei tramezzi, si fissavano alle barre principali per mezzo di legature con fili di ferro. La messa a posto delle forme di legno destinate a mante-

nere l'impasto e la pigiatura con piccoli pistoncini di forma appropriata non presentavano grandi difficoltà. Tuttavia l'esperienza avrebbe dimostrato che la sottigliezza delle pareti e tramezze, di 20, di 15, ed anche di soli 12 cm. fissata nel progetto, era pressochè irrealizzabile per pareti verticali sia per le deformazioni che la pigiatura cagionava alle forme di legno od armature provvisorie di ritegno, sia per la insufficiente rigidità dell'ossatura metallica e per i piccoli scarti che ne risultavano. Ond'è che l'Impresa finì per dare alle tramezze tutte del cassone per le spalle la grossezza di 20, di 25 ed anche di 30 cm.

Le pareti interne di queste tramezze furono lasciate grezze. Quelle di paramento riuscirono invece rivestite da lastre, siccome più innanzi diremo.

Le armature principali degli arconi dovendo penetrare nei contrafforti delle spalle, la costruzione di questi contrafforti si fece in due riprese; con la prima si arrivò alla linea d'imposta degli arconi, e più tardi si proseguì fino alla loro sommità.

Arconi. — Nella loro proiezione parallelamente alle fronti, tutti gli arconi sono uguali; la curva dell'intradosso è un arco di cerchio che ha da m. 24,25 a m. 24,48 di corda e da m. 2,42 a m. 2,48 di monta. La linea di estradosso è orizzontale, e l'altezza della verticale della sezione varia da m. 0,30 alla chiave a m. 2,52 contro le spalle, e m. 2,75 contro le pile.

Ma la larghezza della sezione degli arconi è diversa, e mentre non è che di m. 0,25 per gli arconi frontali, i quali non hanno a sostenere che carichi ridotti, per i cinque arconi intermedi essa è di m. 0,30 alla chiave e per sei metri a destra e sinistra della sezione di chiave dell'arcata; poi va crescendo fino a m. 0,60 presso gli appoggi.

In quanto all'armatura metallica di ogni arcone, essa si compone di quattro strati di tondini, distribuiti a distanze variabili e di un doppio sistema di staffe. E per ogni strato abbiamo tre tondini negli arconi intermedi, e due soli negli arconi frontali (figure 6 e 7 della Tav. III e figura 44 nel testo).

Lo strato superiore corre orizzontalmente all'altezza della soletta; quello inferiore asseconda la curva di estradosso, rimanendovi alla distanza costante di 30 a 40 cm.

Dei due strati intermedi, l'uno assume la forma di una catenaria di pochissima saetta, toccando nella sezione d'imposta lo strato superiore e nella sezione di chiave venendosi quasi a riunire ai due strati inferiori; l'altro segue, quasi direbbesi, la linea neutra, ossia una curva intermedia fra quella dell'intradosso e la orizzontale dell'estradosso.

Adunque gli arconi delle fronti presentano in sezione trasversale otto tondini in tutto, di 18 mm. di diametro ciascuno; e gli arconi intermedi 12 tondini di 30 mm. di diametro per l'arcone di mezzo sotto la strada ordinaria, e di 28 mm. di diametro per gli altri quattro.

Le staffe, che sono una delle vere caratteristiche del sistema Hennebique, formano due sistemi; nel primo abbracciano il tondino inferiore e si dirigono all'insù normalmente

alla curva d'intradosso; nel secondo abbracciano il tondino superiore e scendono verticalmente all'ingiù fra gli intervalli lasciati dalle staffe del primo sistema (fig. 6 della Tav. III).

La distanza fra due staffe consecutive, tanto per l'uno quanto per l'altro sistema, va lentamente crescendo dalle imposte alla chiave.

Come già si disse, e come pure risulta dalla fig. 6 della Tav. III, le armature metalliche di ogni arcone sono continue senz'interruzione da un'arcata all'altra, attraversando il contrafforte sulla pila. Le tre arcate del ponte sono così rese solidarie tra loro, quasi come le campate successive di una travata continua, e sono per di più incastrate sulle spalle, prolungandosi nei contrafforti le armature dei due strati superiori.

*

Centine per la costruzione degli arconi. — Per l'arcata centrale e per l'arcata di destra si adoperarono sette centine, quante gli arconi da costruire, e a distanza fra loro corrispondente a quella degli arconi medesimi. Ogni centina aveva 7 punti d'appoggio sul suolo, i quali pertanto erano a distanza di 4 m, circa dall'uno all'altro.

Ma per l'arcata di sinistra, le esigenze della navigazione obbligavano a lasciare una larghezza libera non inferiore a m. 8,50, ed a mantenere un tirante d'acqua ed un'altezza sov'esso, tale da non potere più disporre al disotto della chiave d'intradosso che di un margine di 1 metro per i legni della centina. Per altra parte l'obliquità del ponte e la poca monta dell'arcata non facevano che accrescere le difficoltà per un'armatura di sbalzo.

E si ebbe ricorso ad una soluzione che soltanto il sistema di costruzione in cemento armato, ad arconi isolati, poteva permettere e suggerire. Si adoperarono quattro incavallature da tetto, le cui due estreme si disposero esteriormente alle fronti dell'arcata, e le due altre negli intervalli fra due arconi contigui, per modo da dividere la larghezza totale del ponte in tre tratte di circa 5 metri caduna.

La fig. 43 nel testo offre uno schizzo dell'incavallatura. Nella Tav. IV vedonsi in fondo sporgere al disopra degli

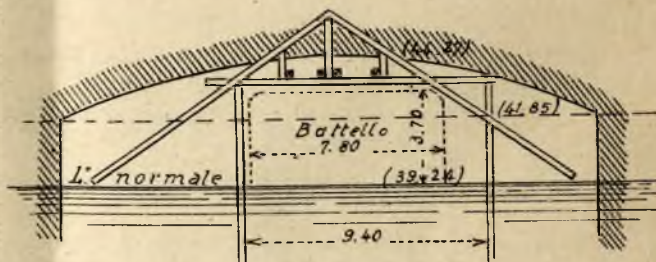


Fig. 43. — Sistema di centine adottate per costruire gli arconi dell'arcata di sinistra.

arconi le punte delle quattro incavallature. Solo i puntoni delle due incavallature intermedie venivano ad attraversare la soletta superiore, ma i vani lasciati in questa non era difficile riempire dopo avvenuto il disarmo.

Il manto dell'armatura in corrispondenza di ogni arcone fu rivestito di tela d'imballaggio per dare alla superficie dell'intradosso la voluta continuità ed un aspetto granito.

Si volle dare alle centine un rialzo di 2 cm. e mezzo per il caso di cedimento delle centine o degli archi durante il disarmo, ma il primo fu pressochè nullo, o quanto meno insignificante per tutte tre le arcate, ed il secondo è stato in qualche punto di 6 mm. al più.

Non si credette neppure necessaria l'interposizione di alcun apparecchio di disarmo.

Gli arconi per le tre arcate furono costruiti dal 1° settembre al 6 di novembre; l'arcata di sinistra, come quella che dava ingombro alla navigazione, fu disarmata per la prima, un mese dopo; le altre, in media, dopo due mesi.

Rivestimenti. — Era prescritto che le armille degli arconi di testa fossero rivestite di lastrine in cemento, per modo da imitare la divisione in conci della pietra da taglio. L'Impresa credette nelle sue convenienze di estendere il rivestimento a tutte le pareti in vista, facendo servire le lastre di rivestimento a costituire le forme nelle quali lo smalto veniva gettato, economizzando nel legno e facilitando il lavoro di finimento delle pareti. Alle lastrine fu dato lo spessore di 4 a 5 cm.; le barre interne e gli uncini di ritegno sono tondini di 5 mm.

La fig. 44 nel testo rappresenta la parete in vista di metà della soletta fra due arconi e le pareti laterali degli arconi medesimi col detto rivestimento che, mentre costituiva la forma per il getto, rimaneva incorporato al getto medesimo.

La fabbricazione di queste lastre aveva luogo in apposito cantiere, su di un'area sulla quale erano disegnate le pareti da rivestire e sulla quale era distesa una tela da imballaggio. Dei regoli di legno di 8 a 10 mm. di spessore separavano le lastre in corrispondenza alle linee di giunto.

Ciascuna lastra consta di un primo strato di malta di cemento fino (2 parti di cemento ed 1 di sabbia fina), destinato a fare da paramento, e disteso sulla tela; poi di 4 o di 6 tondini di 5 mm., disposti in croce, e di 4, o di 6 staffe

od uncini, pure di 5 mm., tali da prolungarsi per 6 ad 8 cm. all'infuori della lastra, e per ultimo di uno strato di smalto fino, ricco, che ricopre le armature, dando alla lastra lo spessore di 5 mm. Per le pareti degli arconi intermedi, le quali essendo meno visibili, non esigevano la designazione dei giunti apparenti, lo spessore delle lastre di rivestimento è stato ridotto a 3 cm.

Sono oltre a 600 lastre per ognuna delle tre arcate che si sono dovute formare, trasportare e mettere a posto, senza che in tutte quelle manovre non se ne rompessero più di due o tre.

*

Piattaforma o tavolato superiore. — È una soletta generale di 10 a 16 cm. di grossezza, rinforzata longitudinalmente sotto il parapetto intermedio (fig. 3 della Tav. III) da una trave di 0,20 di larghezza, e di 0,30 di altezza, e trasversalmente da nervature o travi di collegamento di $0,20 \times 0,25$, distanti fra loro di m. 3,50 (fig. 2 della Tavola III) sotto la strada ordinaria, e di m. 1,75 sotto la strada ferrata ed il marciapiede contiguo. Il raddoppiamento del numero di queste traverse sotto la strada ferrata è stato prescritto per prevenire la rottura della soletta in caso di sviamento di un treno. La Tav. V fa chiaramente vedere la disposizione di queste traverse e la loro costruzione simultanea a quella degli arconi.

Le armature di queste traverse, in tutto analoghe a quelle dei soffitti ordinari del sistema Hennebique, attraversano gli arconi fra cui esse sono disposte. Abbiamo visto inoltre che lo strato superiore delle armature degli arconi fa parte in realtà della soletta; per cui ne risulta che tanto la soletta che gli arconi sono debitamente collegati dalle proprie armature; e che la soletta non viene a funzionare soltanto da tavolato per ricevere e trasmettere i carichi, e da puntello per impedire il cedimento laterale degli arconi o per spinte, o per l'azione del vento, ma può compiere ancora l'ufficio di ripartizione dei carichi, diminuendo gli sforzi degli arconi direttamente sovraccaricati e scaricandone gli effetti sugli arconi vicini.

La costruzione della soletta è stata anche qui facilitata

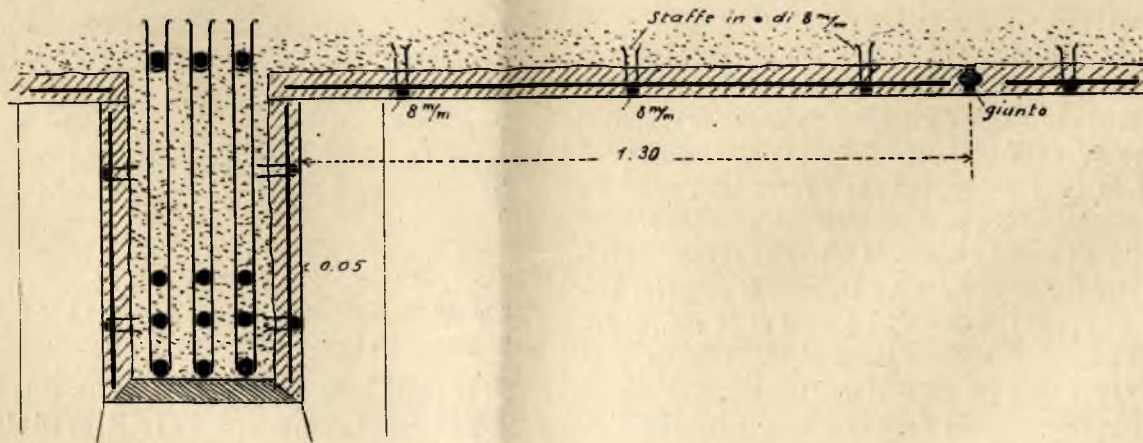


Fig. 44. — Lastre di rivestimento delle pareti in vista.

dalla predisposizione delle lastre di rivestimento della parete inferiore, di 3 a 4 cm. di spessore (fig. 44 nel testo), a cui si è già accennato dicendo del rivestimento delle pareti verticali degli arconi. Sotto la strada ferrata, dove gli arconi sono più vicini, queste lastre appoggiavano semplicemente coi loro bordi sulle lastre di rivestimento verticali degli arconi; e sotto la strada ordinaria, dove la distanza degli arconi è più grande, provvedevasi ad un appoggio intermedio, e la fig. 44 ne dimostra appunto la giuntura.

Sulla soletta venne distesa una cappa di 2 cm. di spessore, fatta con cemento in ragione di 750 kg. per ogni mc. di sabbia.

I marciapiedi furono terminati con uno strato di asfalto di 25 mm. di altezza.

La carreggiata è costituita da un pavimento di legno, di 12 cm. di spessore.

Condizioni di stabilità. — I calcoli di stabilità di tutta l'opera sono stati fatti dall'Hennebique, sotto la propria responsabilità, seguendo le ipotesi e le regole che sono a lui proprie ed abituali.

È noto che l'Hennebique considera come nulla la resistenza alla tensione dello smalto e suppone che su tutta la parte compressa, lo sforzo di compressione risulti uniformemente ripartito; e così pure che la risultante delle tensioni passi per il centro di gravità della sezione dei ferri costituenti l'armatura della parte di sezione soggetta a tensione.

Il metallo adoperato per le armature del ponte di Soissons essendo l'acciaio dolce, con una resistenza minima di 42 kg. ed un allungamento del 22 per cento, l'Hennebique ha ritenuto come resistenza limite agli sforzi di tensione quella di 12 kg. per mmq; e per gli sforzi di taglio 9 kg. Come resistenza limite alla compressione per lo smalto di cemento ha ritenuto, come è suo solito, 25 kg. per cmq.

Quanto ai sovraccarichi, la circolare del 1891 prescrive in Francia, per strade ordinarie, il sovraccarico di kg. 400 per metro quadrato, il che vorrebbe dire 3600 kg. per metro corrente di strada; se poi si limitasse il sovraccarico di kg. 400 ai marciapiedi supponendo sulla carreggiata una doppia fila di carri da 16 tonn., il sovraccarico per metro corrente risulterebbe di 3900 kg.

Per la strada ferrata il treno-tipo pesa in media 4070 kg. per metro corrente per i tre primi veicoli e 2600 per gli altri.

La parte di sovraccarico sostenuta dagli archi frontali essendo pressochè nulla, si può ritenere che i cinque arconi intermedi sopportano ciascuno in media 1400 kg. per metro lineare, o meglio 1550 kg. per i due arconi sotto i regoli della strada ferrata, e 1300 kg. per gli altri tre sotto la strada ferrata.

Il peso proprio degli arconi, della soletta, del ballast e della pavimentazione in legno rappresenta per ciascuno dei 5 arconi in media 2300 kg. circa per metro lineare di ponte. Ma non occorre dire che il peso proprio dell'arcone è tutt'altro che uniformemente ripartito, e che la metà cen-

trale di esso corrisponderebbe appena ad un sesto del peso totale.

A titolo di curiosità faremo conoscere in qual modo l'Hennebique abbia determinate le dimensioni degli arconi e la quantità di metallo impiegata nella loro armatura. Il calcolo è certamente di natura empirico, ed è superfluo porre in rilievo quanto esso contrasti colle norme fornite dalla scienza delle costruzioni. Sarebbe pregio, in vero non troppo facile, dell'opera, l'accingersi ad esaminare con calcoli rigorosi le vere condizioni di stabilità di quest'opera felicemente compiuta e che ha date prove eccellenti di stabilità.

L'ing. Riboud, nella sua Memoria pubblicata nelle *Annales des ponts et chaussées*, riferisce che l'Hennebique ha determinato anzitutto il maggior momento inflettente e lo sforzo di taglio come se si trattasse di una travata rettilinea semplicemente posata sui suoi appoggi. Conosciuto lo sforzo di taglio, determinò la sezione totale dei tondini in acciaio necessaria nel piano verticale dell'imposta e conseguentemente la composizione delle armature che fu ritenuta la stessa da un estremo all'altro dell'arcone.

Prese in seguito a verificare se gli sforzi dello smalto e del metallo alla compressione non oltrepassavano i limiti prestabiliti. A tale scopo suppose il mezzo arcone (fig. 45) in

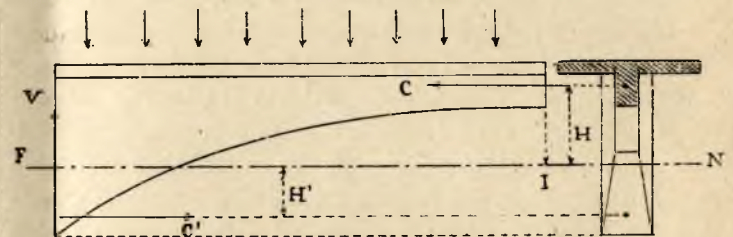


Fig. 45. — Equilibrio di mezzo arcone sotto l'azione delle forze esterne.

equilibrio sotto l'azione dei carichi ΣP , della forza risultante C di compressione alla chiave, e della risultante C' alla sezione d'imposta applicata in basso al disotto della fibra neutra $F N$, nonché dello sforzo di taglio V , e scrisse l'equazione di equilibrio rispetto al punto I situato nel piano della sezione alla chiave ed all'altezza della fibra neutra $F N$:

$$H C + H' C' = \Sigma P d - V \frac{l}{2} = M,$$

essendo M il momento inflettente massimo al mezzo della travata, di una travata rettilinea, assoggettata alle medesime forze esterne.

Il sig. Hennebique considera come sezione di chiave, oltre quella dell'arcone propriamente detto, anche le due metà adiacenti della soletta; ritiene che questa sezione risulti compressa in ragione di 25 kg. per cmq. per lo smalto e di 12 kg. per mmq. per i 12 tondini dell'armatura, e ne deduce C in posizione ed in grandezza; poi determina H sup-

ponendo, poichè trattasi di una travata rettilinea che si abbia:

$$H C = H' C' = \frac{M}{2},$$

ed infine ricava il valore di C' che deve essere tale che gli sforzi di compressione dello smalto e dei tre tondini formanti lo strato inferiore dell'armatura non superino i limiti prestabiliti.

Un calcolo rigoroso dovrebbe considerare le tre arcate successive, insieme colle spalle e pile relative, come un solo sistema elastico. Tutt'al più sarà lecito supporre l'omogeneità della materia, come se si trattasse d'una sostanza elastica di solo smalto.

Anche il modo con cui si sono eseguiti gli arconi non potrebbe essere trascurato in un calcolo il più possibile rigoroso e per quanto si venga così a maggiormente complicare il problema. Questi arconi, infatti, sono stati eseguiti per strati successivi presso a poco paralleli alla fibra media, precisamente come i corsi successivi di una volta di mattoni; per cui è solamente quando si venne a costruire la soletta che le armature superiori sono state annegate nello smalto; è dunque verosimile che allora gli arconi non posassero più sulle centine, onde si deve ammettere che i ferri delle armature superiori non siano stati posti in tensione dal peso morto e che pertanto non lavorino in una misura sensibile che sotto l'azione del peso della soletta, del pavimento e del sovraccarico.

Ad ogni modo l'ing. Riboud dichiarasi sommariamente convinto che le condizioni di stabilità di queste arcate siano soddisfacenti e tali da lasciare un sufficiente margine di sicurezza per l'imprevisto e per le imperfezioni inevitabili dell'esecuzione. Ma fa pure osservare, e con ragione, come la sezione alla chiave di dimensioni eccessivamente ridotte non sia cosa da lodare, poichè l'economia del cemento non è grande, mentre è notevole l'indebolimento, e ne risulta accresciuta la complicazione per la posa in opera dei ferri delle armature.

Egli osserva pure che lo strato intermedio dei ferri, all'altezza presso a poco della fibra media, sarebbero potuto più utilmente collocare nelle vicinanze dell'estradosso.

E che infine, ovunque lo sforzo di taglio non sia nullo, verrà a svilupparsi all'unione dell'arcone propriamente detto colla soletta uno sforzo orizzontale di scorrimento considerevole al quale si opporranno solamente le staffe verticali che abbracciano le armature. Il piano nel quale si fa l'unione della soletta e dell'arcone è dunque un punto debole, tanto più che, come già si disse, la soletta è chiamata a concorrere alla resistenza dell'arcone, di cui è parte integrante.

*

In quanto alla stabilità delle pile, essa risulterebbe ottima, malgrado la pochissima loro grossezza. Anzitutto ogni arcone non poggia contro la pila che per una larghezza di m. 0,60, mentre la pila è tutto un cassone armato da ferri e da tramezze da resistere in modo solidario alle spinte dell'arcone anche per considerevole tratto a destra e sinistra dell'arcone medesimo.

E se consideriamo la totalità degli archi per rispetto alla totalità della pila, la compressione massima verticale dello smalto sulla pila, non tenendo conto delle armature metalliche, non sarebbe che di kg. 9,5 per cmq.

Nè havvi a temere il rovesciamento della pila anche nei casi più sfavorevoli dell'arcata centrale con tutto il suo sovraccarico e di quella laterale completamente scarica; poichè le armature verticali si vedono esse pure disposte a fasci di barre di lunghezze variabili, in modo da presentare una sezione orizzontale che va crescendo dalla sommità verso la base, precisamente come se si trattasse di un solido incastrato alla base e sollecitato alla sommità da un momento di flessione. L'incastro alla base, come abbiamo veduto, è perfetto. Infine deve pure ritenere che il sistema delle tre arcate come è costituito non può funzionare diversamente da quello di una serie di travate continue e non potrà quindi esercitare sulle pile che delle spinte poco considerevoli.

*

Venendo per ultimo alle spalle e notando che alla risega di fondazione si ha uno strato continuo tutto armato come un soffitto, per cui le pressioni si ripartiscono su tutta l'area orizzontale occupata dalla spalla; che le tramezze verticali sono pur esse armate e collegate; che tutti gli spazi intermedi sono riempiti di terra e che superiormente vi ha pure una soletta la quale collega tutte le parti e ripartisce anche essa gli sforzi come la soletta di fondazione, si deve ammettere, in quanto alle condizioni di stabilità, che la spalla deve essere considerata nel tutto insieme.

Ora, sia che vogliasi ammettere, come l'Hennebique, che gli arconi funzionino come veri archi, esercitando cioè una spinta orizzontale contro il piano d'imposta; sia che vogliasi considerarli invece come travi incastrate al piano d'imposta e di altezze variabili, si arriverebbe a risultati egualmente soddisfacenti dal lato della stabilità.

Nella prima ipotesi la risultante delle pressioni sulla base della spalla passerebbe vicino allo spigolo che è contro terra e la spalla avrebbe tendenza a rovesciarsi contro terra; in questa supposizione, anche trascurando la spinta delle terre, la pressione massima al piano della fondazione non sarebbe che di kg. 2,3 per cmq.; nella seconda ipotesi, il momento d'incastro delle travate essendo nel piano verticale della linea d'imposta, con tendenza a rovesciare la spalla verso il fiume, la pressione massima sul piano di fondazione risulterebbe di kg. 3,6 per cmq., non tenendo conto della contropressione dell'acqua. Epperò, avuto riguardo alla buona qualità del terreno di fondazione, l'ingegnere Riboud ritiene che la infissione dei 20 pali di $0,25 \times 0,25$ per la fondazione della spalla sia stata una misura di precauzione del tutto superflua.

Natura dei materiali impiegati. — La sabbia e la ghiaia adoperate erano di alluvione, della vallata dell'Aisne, proprio in vicinanza del cantiere.

Per tutte le parti in smalto armato venne adoperato il cemento di Boulogne; per le fondazioni e per i riempimenti

delle pile il cemento di Vitry-le-François; e per alcuni getti di modanature, a cui volevasi dare una tinta più biancastra, il cemento del Theil.

Il cemento di Boulogne (peso specifico 3,06, densità apparente 1,194), impastato puro con acqua, ha dato le seguenti prove di resistenza alla rottura:

Dopo giorni	Per trazione kg./eq.	Per compressione kg./eq.
2	21,6	167
7	36,9	349
28	46,7	542
84	52,7	738

e le provette di malta plastica, nella proporzione di 1 di cemento e 3 di sabbia, hanno dato le seguenti prove di resistenza alla rottura:

Dopo giorni	Per trazione kg./eq.	Per compressione kg./eq.
2	6,1	75
7	14,7	136
28	20,0	197
84	23,7	256

Nella composizione del calcestruzzo grosso di fondazione si adottò la proporzione di 250 kg. di cemento di Vitry per mc. 0,500 di sabbia e mc. 0,800 di ghiaia.

Nella composizione del calcestruzzo fino per le parti in cemento armato si mescolarono 300 kg. di cemento di Boulogne con mc. 0,330 di sabbia e mc. 0,780 di ghiaietta da 5 a 25 mm. Nella costruzione dei pali di fondazione e delle palanche si impiegarono 300 kg. di cemento di Boulogne con mc. 0,420 di sabbia e mc. 0,840 di ghiaietta. La fabbricazione di questi pali aveva luogo in un cantiere separato, in forme disposte orizzontalmente sul suolo, le quali venivano tolte dopo 36 ore.

I tondini d'acciaio, da 7 a 30 mm. di diametro, adoperati come barre nelle armature, diedero in media i seguenti risultati:

Limite pratico di elasticità . . . 24,5 a 31,5 kg./mmq.
Carico massimo avanti rottura . . . 37,9 a 50,2 »
Allungamento, dopo rottura, su

200 mm. 9 a 20 per cento.

Il ferro adoperato per le staffe:

Carico massimo avanti rottura . . . 37,6 a 40 kg./mmq.
Allungamento, dopo rottura, su

200 mm. 9 a 20 per cento.

Costo totale dell'opera. — L'esecuzione dell'opera era stata data *à forfait* al sig. Hennebique per la somma di 185 mila franchi, esclusi gli esaurimenti d'acque. In seguito ad alcune modificazioni portate di comune accordo al progetto primitivo si è pure dovuto ritoccare la cifra del costo totale dell'opera. E così, lasciando da parte la pavimentazione in legno eseguita dalla città di Soissons a proprie spese, non che quella delle rampe d'accesso, ma includendo gli scavi di fondazione, la formazione dei con di rivestimento attorno alle spalle, la sostituzione dell'asfalto al cemento per i marciapiedi, e la formazione delle guaine occor-

renti alle condotte d'acqua, di gas e di energia elettrica, il ponte venne a costare 198.500 franchi, di cui 192.000 corrisposti all'impresa e 6500 spesi ad economia dall'Amministrazione per esaurimenti ed espropriazioni.

La spesa totale può quindi essere ragguagliata a 190 franchi per mq. di proiezione orizzontale.

La pavimentazione in legno che non faceva parte dell'impresa è costata lire 7000 alla città di Soissons, la quale ha pure contribuito con 90.000 franchi del proprio bilancio alla costruzione del ponte.

Il volume totale di smalto di cemento adoperato tanto nelle fondazioni che nella sovrastruttura di tutto il ponte è stato di 1830 mc. e quindi l'opera venne a costare in ragione di 110 fr. per ogni mc. di smalto di cemento adoperato.

La quantità di ferro impiegato è risultata di 133 tonn., di cui 129 tonn. per le armature dello smalto e 4 tonn. per le puntazze ai pali di fondazione.

L'ing. Reboud ritiene che coll'adozione del sistema di costruzione in smalto di cemento armato siasi ottenuta nel caso pratico speciale un'economia di lire 35 mila sulla costruzione di un ponte interamente metallico e di lire 45 mila sulla costruzione di un ponte ordinario in muratura.

Le prove di collaudo tanto per la strada ordinaria che per la strada ferrata non furono fatte subito dopo l'ultimazione dei lavori, ma sappiamo che furono eseguite poi con molta cura ed a più riprese, e con risultati di solidità ineccepibili. La relazione verrà pubblicata negli « Annali di ponti e strade » e noi ci riserviamo pertanto di riassumerla nei suoi più interessanti particolari.

G. SACHERI.

NOTIZIE

Mattoni fatti con agglomerato di calce e di sabbia. — L'idea di fare dei mattoni crudi colla sabbia agglomerata da piccola quantità di calce, è nata in Germania, almeno da un quarto di secolo, ed ha incontrato straordinario favore negli Stati Uniti d'America, dove sono sorti parecchi stabilimenti che li fabbricano, e li consegnano per essere impiegati ventiquattr'ore dopo che vengono formati, mentre quelli di argilla cotta richiedono da due a quattro settimane per la loro completa fabbricazione e cottura.

Questi mattoni, nei quali la calce non entra che nella proporzione del 5 al 15 per cento a seconda della natura della sabbia, erano dapprima fabbricati quasi a secco in certi stampi sotto pressione idraulica, e si otteneva l'indurimento sufficiente lasciandoli parecchi mesi esposti all'aria. Ma più tardi si è riconosciuto che bastava sottoporli all'azione del vapore sotto pressione per alcune ore per ottenere il necessario indurimento. Per cui i mattoni uscendo dalla pressa idraulica vengono caricati su vagonetti e portati dentro d'un cilindro metallico, che si chiude ermeticamente appena è tutto pieno di laterizi, e dentro cui si introduce in seguito il vapore alla pressione di 8 a 9 atmosfere, lasciandovelo per una notte intiera. I mattoni uscendo dal cilindro possono essere immediatamente impiegati. Essi rimangono costituiti, per così dire, da una specie di idrosilicato di calce, essendochè la calce agisce come legame fra i granellini di sabbia e sotto l'azione della compressione e del vapore viene a combinarsi colla silice (1).

(1) Lo studio scientifico di questo nuovo materiale è davvero di molto interesse e conduce a riconoscere nuove azioni mutue tra le calci e le sabbie. L'ing. Giulio Revere, assistente nel R. Istituto

Uno dei più interessanti stabilimenti degli Stati Uniti è quello della *Colonial Brick Company*, a Kotoon nell'Indiana. Esso è per così dire una dipendenza della *Pittsburg Plate Glass Company*, inquantochè utilizza la sabbia che proviene dallo stabilimento di pulitura del vetro di detta società, e di cui si hanno milioni di metri cubi accumulati in lunga serie d'anni; ond'è che presso di questo deposito è stata appunto collocata la fabbrica dei laterizi, che può fabbricarne 20 mila al giorno.

La utilizzazione di questi residui senza valore e che sono sabbie eccellenti per la fabbricazione dei mattoni, perchè di grande finezza, è stata dunque una felicissima idea.

Sono stabilimenti di uguale importanza e potenzialità di produzione:

quello della *Black Hills Pressed Brick Company*, a Deadwood, nel Dakota, dove si utilizzano le sabbie dei molini per il trattamento dei minerali d'oro di Homestake, facendone mattoni di grande densità e di pari resistenza;

quello della *Golden Gate Brick Company*, ad Antioch in California;

quello della *Sioux Falls Pressed Brick Company*, a Sioux Falls, nel Dakota;

quello della *Southern Sand Lime Pressed Brick Company*, a Mobile nell'Alabama, che utilizza le sabbie del golfo del Messico.

Ed altri stabilimenti analoghi si stanno impiantando a Lafayette nell'Indiana, ed a East Alton, nell'Illinois.

Crediamo non privi di interesse alcuni particolari sulla natura di questi impianti.

La calce preventivamente spenta, e depositata in magazzini adatti, passa a misura del bisogno ai macinatori e ad una tramoggia con

tecnico superiore di Milano, riferi alla seconda Riunione dell'Associazione italiana per gli studi sui materiali da costruzione, tenuta in Venezia nei giorni 29 e 30 marzo ultimo scorso, di avere intrapreso una serie completa di esperienze sui materiali silico-calcarei (arenolite), di cui riservasi di far conoscere a suo tempo i risultati. Fece per altro osservare che il materiale silico-calcareo, che tanto favore ha incontrato all'estero ed è largamente adoperato, specie in Germania, in moltissime costruzioni private e pubbliche, e che si compone di un intimo impasto di sabbietta silicea e di calce grassa o debolmente idraulica, può dar luogo a risultati ben diversi dipendentemente da molte circostanze, per cui è da augurarsi un largo studio sperimentale. La composizione chimica della calce, soggiunge l'ing. Revere, la presenza in essa di piccole o di notevoli quantità di magnesio, la composizione granulometrica della sabbia e il suo tenore di silice, la presenza o l'aggiunta di argilla, sono elementi essenziali sulla qualità dei prodotti che si ottiene. Ma oltre a tali fattori, ed oltre al sistema di confezione dell'impasto, specialmente riguardo al grado di umidità e alla temperatura alla quale si fa la mescolanza, è soprattutto del massimo interesse l'occuparsi del prodotto che si forma sotto l'azione del vapore. La durata del tempo e la pressione alla quale viene sottoposto il materiale hanno una influenza decisiva sulla bontà e resistenza del prodotto, che è essenzialmente un idrosilicato di calcio.

Il dott. Cesare Zamboni, chimico gerente della Società austro-italiana per cemento « Zamboni, Stock e Comp. » a Spalato in Dalmazia, accennò, nella stessa adunanza, ad esperienze comparative da lui fatte sull'azione dell'idrato di calce sul quarzo macinato finemente, per cui è resa solubile una certa quantità di silice, e questa quantità aumenterebbe coll'aumentare del tempo di contatto e coll'aumentare della temperatura; avverrebbe, insomma, una lenta dissaggregazione del quarzo, producendosi un lento fenomeno pozzolanico. Lo Zamboni crede quindi che in tal modo si deve spiegare il fenomeno dell'indurimento dei mattoni di sabbia e calce, il cui indurimento è accelerato dall'alta temperatura.

Da una Relazione del Corpo R. delle Miniere sui giacimenti e cave di sabbie silicee, presentata pure alla medesima Riunione, risulta del pari che non tutte le sabbie riescono adatte a tale fabbricazione. Così le sabbie del Po, sempre prevalentemente quarzifere, contengono saltuariamente anche del calcare e sempre dei silicati, fra i quali predomina la mica, che frequentemente sorpassa la proporzione del 20 0/0. Recentemente, in occasione appunto del progettato impianto in Milano di una fabbrica di « Arenolite », quelle sabbie furono riconosciute inadatte, perchè deficienti di acido silicico libero, mentre invece furono riscontrate sufficientemente appropriate le sabbie del Ticino, quantunque anch'esse contengano della mica.

(N. d. R.).

porta scorrevole; la sabbia è condotta analogamente ad una tramoggia vicina. Le luci di efflusso vengono regolate a seconda delle proporzioni dei due ingredienti, i quali passano insieme dentro di un mescolatore che termina ad una tramoggia disposta superiormente alla pressa, la quale non differisce punto da quelle per la fabbricazione a stampo dei laterizi ordinari.

Negli stabilimenti sovramenzionati è comunemente adoperata la pressa Berg, costruita nelle officine meccaniche di Anderson, ad Anderson, nell'Indiana. In questa pressa il miscuglio cade per proprio peso entro quattro stampi nei quali ogni laterizio rimane sottoposto alla pressione di 150 tonnellate. Un meccanismo speciale libera il mattone dal suo stampo, e lo spinge su di un tavolato di dove un operaio lo carica sui vagonetti che debbono portarlo al cilindro a vapore per essere indurito. Questo cilindro ha generalmente il diametro di m. 1,80 e la lunghezza di m. 20; può contenere 20 mila mattoni per volta, quanti cioè se ne sono fabbricati nella giornata. Lo si chiude verso sera e vi si lascia agire per tutta la notte il vapore alla pressione di kg. 8,5. Al mattino seguente la pressione si lascia poco a poco diminuire, ed infine lo si apre e se ne tirano fuori i mattoni.

Negli impianti di maggiore importanza si hanno due cilindri i quali operano alternativamente, e quando l'operazione è finita con uno, si fa passare il vapore nell'altro cilindro, realizzando così una certa economia di combustibile. Si può inoltre utilizzare questo vapore a spegnere la calce introducendola nel cilindro medesimo che serve all'indurimento dei mattoni.

Gli stampi delle presse sono guerniti di piastre d'acciaio che possono venire affilate alla mola quando sono consumate, ed essere sostituite quando sono logore, precauzione questa indispensabile alla durata delle macchine.

Così pure è necessario avere il mezzo di regolare la quantità di materiale da introdursi negli stampi, poichè la compressione è assai variabile a seconda della natura delle sabbie. Vi sono sabbie leggere e spugnose le quali subiscono una riduzione al terzo del volume primitivo, mentre altre di natura granulosa e più dense non si riducono che alla metà del loro volume.

Nello stabilimento di Elwood, ad Elwood nell'Indiana, si stanno installando, invece delle presse a moto rettilineo alternativo del sistema Berg, altre presse rotative.

Nella relazione del sig. Frank H. Mason, Console generale degli Stati Uniti, sull'industria dei mattoni di sabbia e calce in Germania, sono riportati i risultati di esperienze fatte dai laboratori di Stato, per determinare la resistenza di questi mattoni al freddo intenso, e negli ambienti umidi e secchi. E dal complesso di tali esperienze si deduce che la resistenza è in ogni caso superiore a quella dei laterizi di argilla cotta; il che è confermato dall'esempio di edifici costruiti da una ventina d'anni, e dall'osservazione che questi mattoni induriscono sempre più col tempo.

Nella sua relazione il sig. Mason cerca pure di mettere in guardia i suoi connazionali contro qualsiasi specie di procedimenti più o meno brevettati per la fabbricazione di tali mattoni. Egli fa osservare che il sistema di fabbricar mattoni con agglomerato di sabbia e di calce è nel pubblico dominio. Non si potrebbero brevettare che dettagli di macchine, o aggiunte di materie diverse le quali non hanno generalmente altro scopo che quello di dar vita ad un brevetto, mentre tutti questi ingredienti sono più spesso nocivi che utili alla combinazione della silice colla calce.

Il costo di un impianto per la fabbricazione di 20 mila mattoni al giorno può ritenersi si aggiri intorno a 100 mila franchi.

Le spese di fabbricazione, ivi comprese la calce, la mano d'opera, ed il combustibile, non contando la sabbia, variano a seconda delle località, da lire 10 a lire 17,50 per ogni migliaia di mattoni. Questo prezzo più elevato riscontrasi alla fabbrica di Black Hills dove mano d'opera e combustibile sono molto cari. Anche la proporzione della calce ha la sua importanza nel prezzo di costo, poichè, come dicemmo, essa può variare, a seconda della qualità della sabbia, dal 5 al 15 per cento.

Ad ogni modo i mattoni di sabbia e calce non possono costare più dei mattoni di argilla cotta di qualità inferiore, mentre come resistenza e bell'aspetto reggono al paragone di certi mattoni speciali che si vendono da 75 a perfino 120 lire al mille.

L'impiego di sabbie naturalmente colorate o l'introduzione di deboli quantità di materie coloranti, può pure essere adottata per avere mattoni di colore, e si possono avere bellissimi mattoni neri adoperando la vecchia sabbia di fonderia.

(*Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*).

BIBLIOGRAFIA

I.

Ing. ALFREDO BIADENE. — La manutenzione razionale delle strade in ghiaia. — Applicazione alle strade provinciali di Pisa. — 1 vol. in 8° di pag. 348 e tre grandi tavole. — Pisa, 1903.

La Provincia di Pisa è ricchissima di materiali adatti all'inghiamento delle strade, e da una carta stradale della Provincia nella scala da 1 a 200 mila, nella quale sono indicate le principali cave e depositi, si vede pure che per ogni tratto di strada vi sono cave e depositi a non grande distanza. Ma la distanza non è il solo elemento che valga a determinare la convenienza pecuniaria di impiego di un dato materiale, la quale dipende pure essenzialmente dalla quantità del materiale medesimo, ossia dal volume di esso riconosciuto praticamente necessario a fronteggiare le cause di consumo. Epperò l'ingegnere Biadene che ebbe il lodevole proposito di addivenire a tutte le principali ricerche per condurre il servizio di mantenimento delle strade sopra un sistema razionale, incominciò colle statistiche del transito, e col confrontarne i risultati col consumo di materiale sui singoli tratti, tentò di spianarsi anzitutto la via per la determinazione di ciò che egli chiama il coefficiente di qualità dei diversi materiali, determinato cioè dal consumo medio annuo chilometrico in metri cubi per ogni 10 unità-veicolo.

E così egli poté prima d'ogni cosa e facilmente rilevare che a parità di transito è maggiore il consumo dei materiali dei monti pisani, in genere, eccezione fatta di quello di San Giovanni alla Vena, in confronto del consumo dei materiali di calcare alberese, e di altri calcari impiegati nelle strade del territorio meridionale della Provincia. Non mancano però anomalie molteplici le quali possono derivare dalle diverse condizioni nelle quali si trovano i vari tronchi stradali rispetto a cause di consumo secondarie, indipendenti dal traffico, e particolarmente da una non bene proporzionata distribuzione delle dotazioni di materiale.

Ma la determinazione esatta di codesti coefficienti di qualità dei materiali esigerebbe, in tutto il periodo d'anni per cui dura l'esperimento, la invariabilità nello spessore della carreggiata, epperò la conoscenza preventiva dei due elementi ai quali si vuole in ultima analisi arrivare, ossia lo spessore normale più conveniente che la carreggiata deve avere, e la quantità del rifornimento annuale occorrente perchè tale spessore non abbia a variare. Il che naturalmente è in contrasto colla abitudine inveterata e quasi resa dogmatica di spargere ghiaia o pietrisco su tutte le strade durante la stagione piovosa, per ricoprire le buche, le solcature e le depressioni, senza preoccuparsi gran che dello spessore e della qualità della carreggiata. Per cui era avvenuto per la provincia di Pisa quello che in generale riscontravasi dappertutto, di avere su di alcune strade le carreggiate ingrossate eccessivamente e per altre, eccessivamente assottigliate, e quasi tutte poi di struttura poco resistente per eccesso di detriti.

Con iniziativa veramente lodevole l'Amministrazione provinciale di Pisa ha dimostrato, fin dal 1897, di voler gettare le prime basi di un cambiamento razionale in codesto servizio di manutenzione delle sue strade. E colla statistica del transito su tutte le strade, colla prova di resistenza alla compressione dei principali materiali di rifornimento, colla preparazione diligente di tutti gli elementi di osservazione e di esame l'ing. Biadene poté iniziare la importante

ricerca dei coefficienti di qualità dei materiali e delle dotazioni in relazione al transito ed alle altre cause di consumo, ricerca che si è dovuto fare per le ragioni sovraesposte necessariamente per via di successive approssimazioni ed i cui risultati, come giustamente osserva l'ing. Biadene, sono da ritenersi soltanto provvisori.

E poichè è fuori dubbio che le carreggiate mantenute col sistema della cilindratura a vapore vogliono essere riconosciute migliori e dal lato tecnico e da quello economico, e più durature delle non cilindrate, l'ing. Biadene non esitò di studiare per quali tronchi di maggior traffico l'adozione del rullo compressore a vapore sarebbe da consigliare, e con una sequela di dati, di confronti e di calcoli finisce per determinare un 1° elenco di strade per uno sviluppo complessivo di 158 km. circa, per le quali dimostra più conveniente il sistema della cilindratura a vapore; riunisce in un altro elenco parecchie strade di piccolo transito, in pendenza, dello sviluppo complessivo di 136 km. circa, per le quali è opportuno stendere buona parte del materiale di rifornimento subito dopo le prime piogge autunnali, riservandone la parte minore per i piccoli risarcimenti successivi; e solo per il rimanente gruppo, della lunghezza complessiva di 326 km. circa, l'ing. Biadene ritiene opportuno di continuare col sistema attuale.

In quanto al sistema amministrativo più confacente al servizio generale della manutenzione stradale, l'ing. Biadene propugna: la provvista del materiale da farsi per appalti a piccoli lotti, — l'esecuzione di tutti i lavori in economia, — i cantonieri alla diretta dipendenza dell'amministrazione, — il personale di sorveglianza costituito di capi cantonieri reclutati fra i cantonieri scelti. Il quale ordinamento risponde al concetto di togliere di mezzo, per quanto è possibile, tutti gli intermediari che assorbono per conto proprio buona parte delle spese e mettono spesso le amministrazioni nella dura alternativa o di cedere troppo o di incontrare liti sempre dannose.

L'ing. Biadene è contrario all'idea della cessione ai Comuni della gestione del mantenimento stradale, e cita ad es. le provincie di Torino e di Alessandria che, gelose più di altre della buona manutenzione, hanno assunto esse stesse il mantenimento diretto delle strade comunali più importanti, cioè delle intercomunali. D'altronde anche l'unità della direzione tecnica è sempre un elemento di minore spesa.

In quanto poi alle strade da mantenersi coi ricarichi cilindri, l'ingegnere Biadene è di parere debbasi pure seguire il sistema dei lavori ad economia, per cui dovrebbe l'Amministrazione acquistare due rulli compressori, e stipendiare un macchinista ed un fuochista per ciascuna macchina.

Ma volendosi eseguire la cilindratura soltanto in via di esperimento, come avviamento all'introduzione metodica del sistema, proporrebbe di affidare la cilindratura dei primi 20 chilometri in appalto, con preferenza all'unica impresa nazionale, Ing. Gola-Conelli e C. di Milano, la quale sarebbe pronta ad assumere la cilindratura di 20 chilometri almeno di strade per il prezzo di L. 0,235 a tonn.-km. col rullo del peso, in servizio, di 17 tonn., e di L. 0,275 a tonn.-km. col rullo del peso, in servizio, di 11 tonnellate, che sarebbe quello da adottarsi, stante le condizioni di stabilità di ponticelli ed acquedotti lungo le strade di quella provincia.

G. SACHERI.

II.

Ing. PIETRO VEROLE. — Elettrotermica. — Vol. I. — *Applicazioni del riscaldamento elettrico all'economia domestica.* — Op. in-8°, di pag. 170, con 152 figure nel testo. — Torino, Tip.-Lit. Camilla e Bertolero, 1904. — Prezzo: L. 3.

L'egregio Autore ha raccolto e coordinato in questo primo volume vari studi teorici e pratici da lui pubblicati negli ultimi anni in vari periodici, sulle applicazioni del « calore elettrico » all'economia domestica, e promette in un secondo volume di compiere la trattazione dell'argomento con le applicazioni industriali del calore elettrico ad alte temperature.

Il libro mancava nella letteratura elettrotecnica italiana; e piuttosto che darci la traduzione di qualcheduna delle poche opere straniere che si occupano del riscaldamento elettrico, poche e incomplete in verità, il chiaro Autore ha ben pensato di fare questa trattazione per suo conto, svolgendo l'argomento secondo le sue idee originali di studioso e di pratico sperimentatore. L'iniziativa è sempre lodevole, tanto più poi quando chi opera trae dal proprio cervello le sue idee e non accetta ciecamente tutte quelle che sogliono fare autorità nei soliti testi, mille volte rifatti e ricopiati senza luce di critica o di discussione.

L'Autore, invero, nei calcoli copiosi che arricchiscono il suo volume, pur di piccola mole, pone una cura minuziosa nella scelta e nell'uso dei coefficienti specifici da applicarsi alle multiformi varietà di apparecchi caloriferi elettrici. E più volte e con ragione egli fa osservare come per tale specialissimo riguardo siano ben scarsi i dati veramente sicuri dell'esperienza, per il fatto che i pochi ricercatori che si occuparono finora di studiare l'emissione termica di fili, nastri, lastre, ecc., scaldati elettricamente, si curarono meno di riprodurre nelle loro esperienze le condizioni pratiche di tali elementi nei caloriferi elettrici, affine di ricavare direttamente i dati che interessano immediatamente il costruttore. Meno opportunamente, ci sembra, l'autore lamenta anche la mancanza di *formole* che esprimano i coefficienti di convezione di fili avvolti a spirale, verticali od orizzontali, e fa grave appunto alle note formole di Pécelet che si riferiscono a corpi cilindrici, con l'asse verticale od orizzontale, di essere affatto inapplicabili ai fili.

Nella sua compendiosa trattazione, l'A. comincia a considerare i caloriferi a resistenza di fili o nastri destinati a corrente continua su tensione costante, e si occupa dei calcoli relativi alla determinazione delle dimensioni di tali resistenze in rapporto alla potenza termica da svolgere. Con acconci e numerosi esempi illustra le formole fondamentali ricavate. Poi passa a considerare gli stessi caloriferi alimentati da corrente alternata, e in un capitolo comparativo dimostra che, data la tensione E , supposta continua, è sempre possibile progettare una spirale metallica che svolga una determinata quantità Q di calore, ben inteso supposto che E e Q siano tali da consentire un valore pratico della resistenza della spirale; se invece la tensione è alternata, non sempre il problema è risolvibile, se per costruzione non si annulli l'auto-induzione della spirale, dovendo essa risultare inferiore a un certo limite determinato dalla resistenza ohmica, sede del calore Joule. Seguono quindi parecchie pagine sulla costruzione di resistenze termiche con induttanza infima, per l'uso di correnti alternate, e sul loro aggruppamento più opportuno.

L'A. passa poi a trattare, con abbondanza di figure prospettiche e di schemi, dei caloriferi con resistenze applicate o sepolte in sostanze isolanti, e si diffonde sui calcoli relativi; vengono in seguito le stufe di lampade e quelle a resistenze di silicio Le Roy, e ad agglomerati refrattari.

Un'importante categoria viene finalmente studiata nelle ultime pagine con speciale amore paterno: quella dei caloriferi magnetici, che utilizzano cioè il calore d'isteresi e delle correnti parassite nelle masse di ferro o ghisa che formino circuiti magnetici attorno a correnti alternate. Un tipo particolare di tali apparecchi venne creato dall'ingegnere Verole, sotto la forma di un cilindro cavo, circolare od ellittico, di ghisa, tramezzato da una parete piana cava, venuta di getto, sulla quale si avvolge la corrente. Il tipo si presta a informare vari apparecchi, a vari scopi: stufe, caldaie per liquidi, ecc. Le pagine teoriche che illustrano questa disposizione e l'esame comparativo che le conclude, ne dimostrano senz'altro i pregi, primo fra i quali l'estesa regolabilità che può ottenersi col vario aggruppamento degli avvolgimenti di eccitazione, e l'autoregolabilità per l'effetto della temperatura sulle proprietà del nucleo di ferro.

Il libro tratta insomma con sufficiente diffusione e con equilibrio di parti tutto l'argomento dei caloriferi elettrici; la parte teorica sovrabbonda forse alquanto, e fa desiderare in qualche punto l'esposizione di qualche risultato di esperienze sistematiche, in ispecie sugli apparecchi Verole, che certo l'egregio Autore non mancherà di avere

eseguito. Anche in un'opera che si indirizza principalmente al pratico, non sono fuor di posto, oltre alle regole di calcolazione, degli accenni ad esperienze fatte — non soltanto a quelle che sarebbe desiderabile si facessero.

a. g. r.

III.

L. LECORNU. — *Les régulateurs des machines à vapeur.* — Un volume in-4° di 312 pagine con 277 figure. — Prezzo: L. 12,50. — V.ve Ch. Dunod, éditeur, 49, Quai des Grands-Augustins, Parigi, VI.

L'Accademia delle Scienze di Parigi aveva posto come tema per concorso al premio Fourneyron nel 1895 il « perfezionamento della teoria della correlazione fra il regolatore e il volano ». I vincitori del premio furono due; l'uno di essi è appunto l'autore del libro annunciato, ingegnere capo delle miniere di Francia e professore alla Scuola superiore delle miniere di Parigi. La sua Memoria è stata da lui rifiuta e allargata e costituisce ora la seconda parte del libro sul quale richiamiamo l'attenzione degli ingegneri italiani, specialmente meccanici. Da quanto venimmo esponendo risulta senz'altro l'importanza dell'argomento, il valore del libro che lo svolge e la competenza del suo autore.

Nell'introduzione spiega ancora meglio lo scopo dell'opera. Egli dice che il regolatore di una macchina è l'apparecchio incaricato di proporzionare, in qualsiasi momento, il consumo di lavoro motore alla produzione di lavoro utile; costituisce, per così dire, il cervello della macchina a vapore, fa le veci del meccanico, del quale non si ha più bisogno per tale lavoro, affidato interamente al regolatore automatico. Questo deve quindi essere convenientemente appropriato alla macchina che comanda o regola. È noto che il regolatore fu inventato da Watt fino dalla prima apparizione della macchina a vapore e sebbene lo si sia accusato di molti difetti, quali: mancanza d'isocronismo, deficienza di energia, ecc., è però rimasto ancora, dopo un secolo, nell'uso e convenientemente applicato, presta il suo servizio in modo soddisfacente in un gran numero di casi, grazie alla sua grande stabilità.

Molti di coloro che hanno cercato di perfezionare l'apparecchio non ci sono riusciti, perchè hanno appunto considerato il regolatore indipendentemente dalle relazioni che esso ha colla macchina confidata alla sua direzione; altri hanno trascurata o sconosciuta l'importanza delle resistenze passive. Aggiungasi poi che l'impiego del regolatore varia secondo le circostanze, per cui anche le sue qualità devono modificarsi in rapporto all'uso cui deve servire. Tutto ciò spiega come si tratti di un problema abbastanza complicato, al quale gli scienziati teorici e i costruttori hanno dedicato i loro studi; e n'è venuta così una serie di lavori la cui importanza non può disconoscersi e serve di giusta preparazione a ben comprendere le condizioni attuali del regolatore. L'autore del libro annunciato ha appunto trattato tutta questa parte, e per esporla con metodo e chiarezza ha considerato prima il regolatore per sè stesso, studiandone la cinematica e la statica, poi il regolatore in relazione alle macchine, ciò che abbraccia la dinamica del regolatore. Questi sono precisamente i punti di vista dai quali può considerarsi l'apparecchio.

La prima parte è così risultata descrittiva e viene a sua volta suddivisa in tre sezioni:

Regolatori a forza centrifuga;

Regolatori che non utilizzano la forza centrifuga;

Regolatori destinati ad usi speciali.

La seconda parte tratta in modo più particolare delle varie teorie pubblicate sull'argomento e ne fa una rassegna completa insieme colle esperienze eseguite all'intento di chiarire il modo di funzionamento del regolatore: indi l'A. espone la propria teoria, che è precisamente quella presentata all'Accademia delle Scienze e premiata col premio Fourneyron.

Chiude l'opera un indice analitico e un indice alfabetico dei nomi propri che facilitano le ricerche.

Teramo.

G. CRUGNOLA.

Fig. 1. — Prospetto a monte.

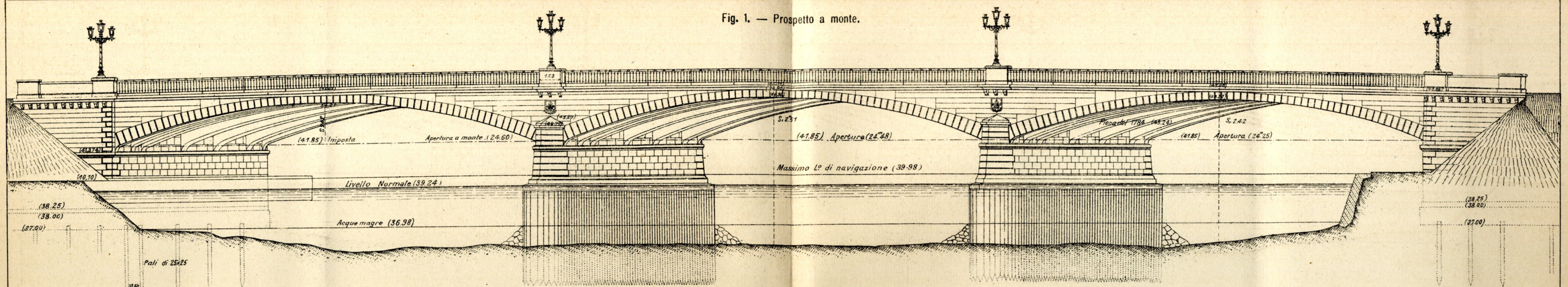


Fig. 2. — Metà proiezione orizzontale, tolta la soletta.

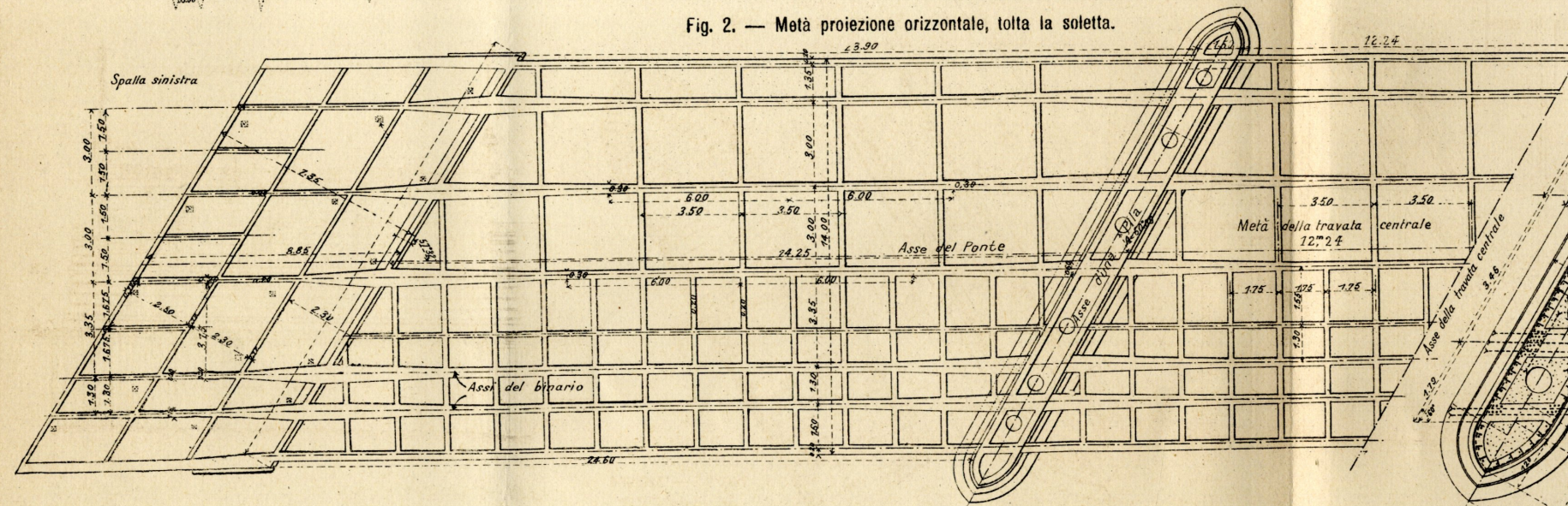


Fig. 4. — Sezione orizzontale A B
di mezza pila.

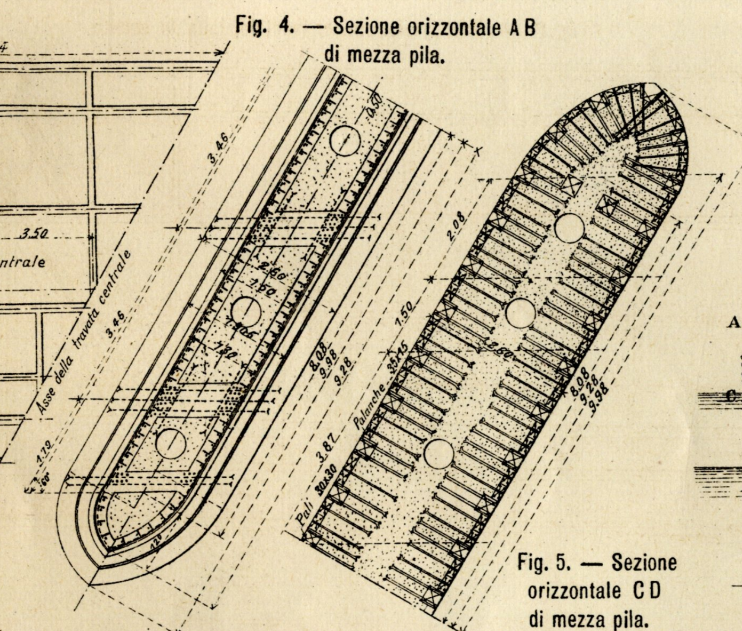


Fig. 3. — Sezione trasversale

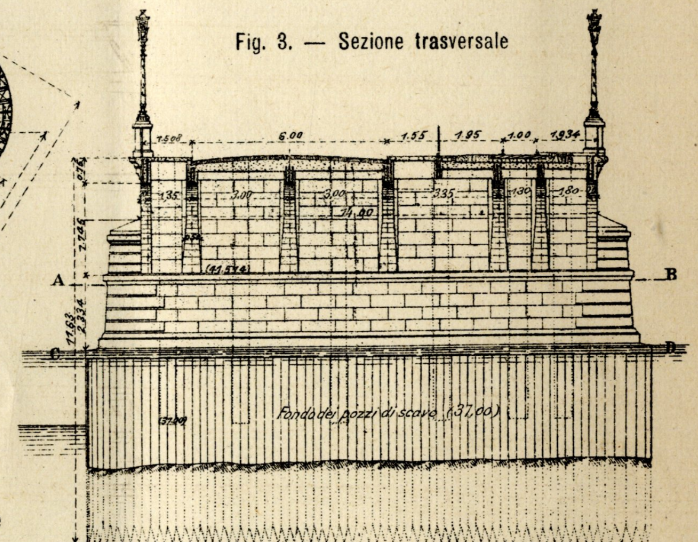


Fig. 5. — Sezione
orizzontale C D
di mezza pila.

Fig. 6. — Sezione longitudinale dell'arcata di sinistra sull'asse della carreggiata.

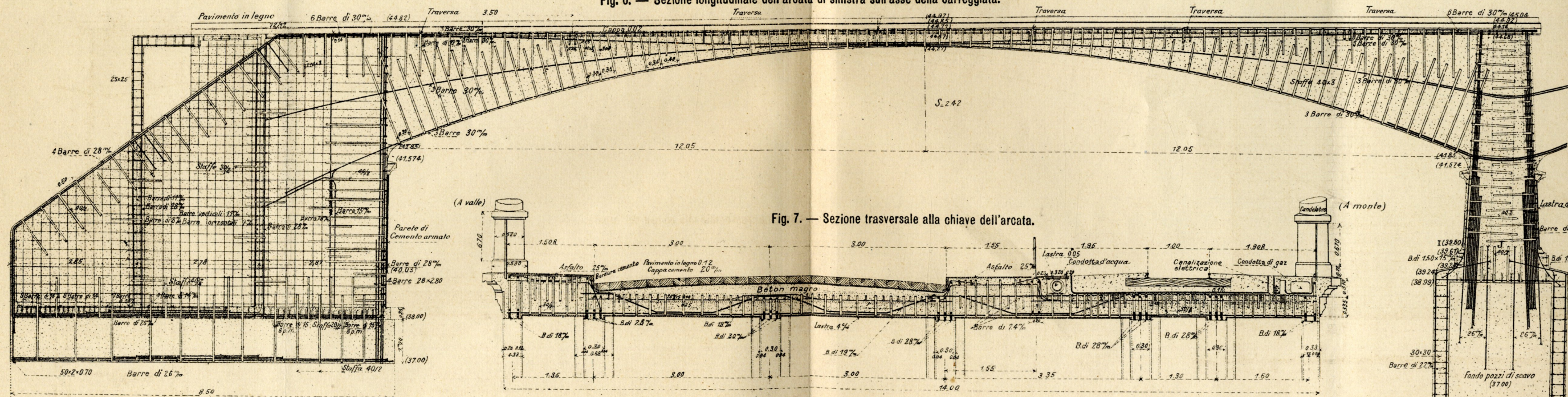
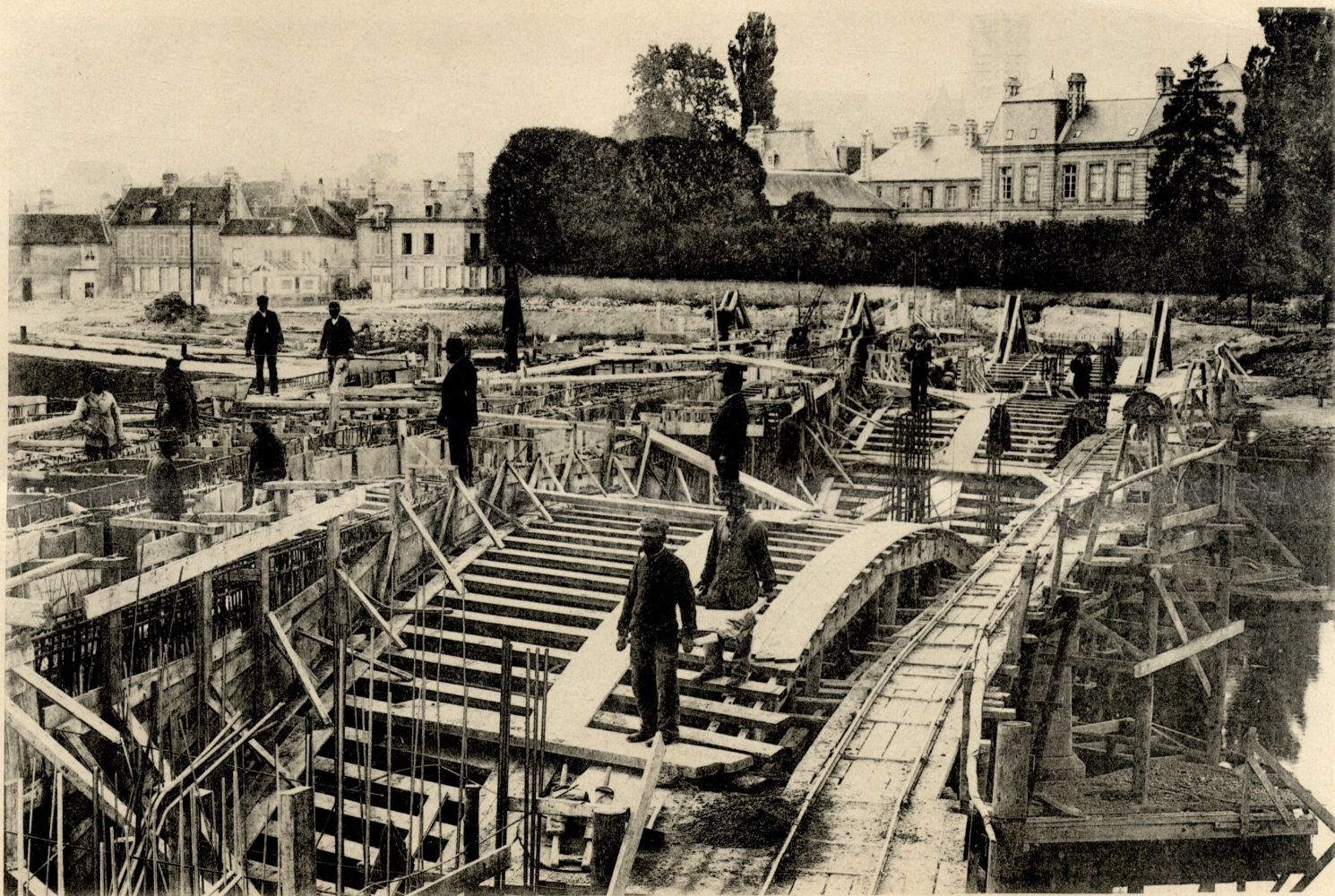


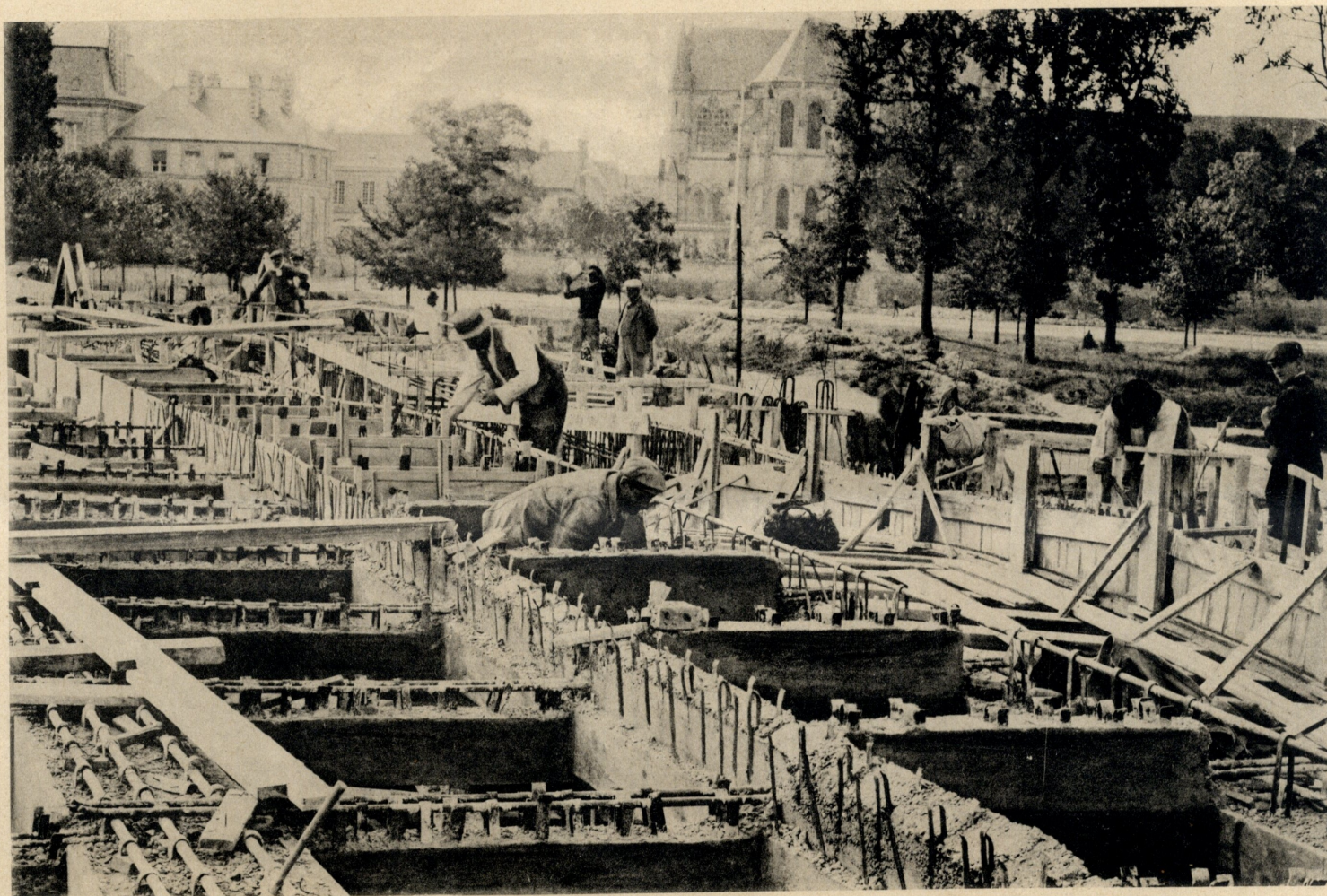
Fig. 7. — Sezione trasversale alla chiave dell'arcata.

Prospettiva presa durante l'esecuzione degli arconi.



PONTE OBLIQUO A TRE ARCHI IN CEMENTO ARMATO SULL' AISNE PRESSO SOISSONS — (Tav. II).

Prospettiva presa dopo l'esecuzione delle traverse di collegamento degli arconi.



PONTE OBLIQUO A TRE ARCHI IN CEMENTO ARMATO SULL' AISNE PRESSO SOISSONS — (Tav. III).