ANNO XIX. Torino, Agosto 1893 NUM. 8.

L'INGEGNERIA CIVILE
E
LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

COSTRUZIONI IDRAULICHE E STRADALI

CONSOLIDAMENTO DELLE FONDAZIONI
del ponte sul Po presso Valenza
ad uso promiscuo della linea ferroviaria Alessandria-Arona e della strada provinciale Alessandria-Pavia

(Veggansi le Tavole IX, X e XI)

I. — L'opera d'arte.

Il ponte sul fiume Po, presso Valenza, venne costruito intorno all'anno 1850 per la ferrovia da Genova al Lago Maggiore. E fu costruito, fuori dell'antico alveo del fiume, in una plaga di terreno coltivato, compresa fra due brusche risvolte del Po, situata sulla sponda destra col piano generale di campagna sopraelevantesi circa m. 3,60 sullo zero dell' idrometro fissato alla quota 84,775 sul livello del mare.

Ultimata la costruzione del ponte, le acque del Po vennero obbligate a passare sotto il medesimo, scavando attraverso alla sovraccennata plaga un apposito canale d'invito (aprile 1851) e costruendo nell'antico alveo, a monte del ponte medesimo, una diga di legname, della quale si scorgono ancora le vestigia.

Il canale di invito venne a trovarsi presso a poco sull'asse del rettifilo, che è una zona di terreno individuata da due linee fra loro equidistanti quanto la luce del ponte misurata fra le spalle, cioè m. 490.

Il canale d'invito in origine non occupò che una porzione minima del rettifilo, lasciando al fiume di formarsi il letto che gli abbisognava; ma affinchè questo non avesse da andare oltre il rettifilo, furono costruite a monte del ponte ragguardevoli opere di presidio costituite da 4 pennelli a martello, due per ogni sponda, nonchè da una serie di argini longitudinali (vedasi Tav. X) (1).

In origine, il ponte venne costruito per servizio della linea da Genova al Lago Maggiore colla sede per due binari, e quindi con una lunghezza di botte di m. 9,50 (Tavola IX, fig. 6). Nell'anno 1886 si ampliò per adattarlo anche al servizio della strada interprovinciale Alessandria-Pavia, portandone la lunghezza della botte a m. 16,50.

Questa imponente opera d'arte è costituita da 21 arcate di m. 20 di corda con una saetta di m. 3,47, divise in tre riparti di 7 arcate caduno da due pile-spalle (Tav. IX, fig. 1). Gli appoggi del ponte si erigono con ampia risega sopra una fondazione di calcestruzzo dello spessore di un metro, ed il cui piano di posa fu stabilito a m. 3,50 sotto lo zero dell'idrometro, ossia alla quota 81,275 sul livello del mare, per guisa che tutta la fondazione venisse a trovarsi incassata entro il tufo o marna compatta.

Le murature sono eseguite in materia laterizia di sceltissima qualità; i coronamenti, il cornicione ed i rostri sono in granito della Balma presso Biella; la lavoratura, tanto pei laterizi come per la pietra da taglio, fu così accurata da dare a tutta l'opera d'arte un carattere d'eleganza, che difficilmente si riscontra in altre costruzioni di questo genere.

II. — Origine del lavoro.

Il letto del fiume Po in corrispondenza al ponte è formato da uno strato di terre e di sabbie commiste a ciottoli di altezza variabilissima in causa del continuo movimento sopra altro strato di materia tufacea, la cui potenza non fu insino ad ora determinata in modo positivo, ma che, a giudicare dalle corrosioni in esso avvenute, deve ritenersi grandissima.

Tale fatto, unitamente alle considerazioni della naturale consistenza di questo tufo, spiega perchè nella costruzione del ponte, avuto riguardo ai mezzi d'opera limitati in uso a quell'epoca, siansi impiantate le fondazioni nel letto tufaceo a profondità relativamente piccola, non ritenendosi che avessero a verificarsi le circostanze che qui in appresso si descrivono.

Lo strato superiore del letto del fiume, costituito da materie *sciolte*, è per sua natura *mobile*, per cui dalla forza impellente delle piene viene a scorrere sullo strato inferiore con moto continuo più o meno rapido, e quando la piena si prolunga ed è straordinaria, lo strato superiore riesce del tutto esportato, almeno in prossimità alle pile, ed avviene la corrosione dello strato tufaceo inferiore.

Gli scandagli del letto del fiume, che mensilmente vengono praticati dal personale tecnico ferroviario della Rete Mediterranea per qualsiasi opera d'arte importante, per quanto grossolanamente fatti attorno alle pile di questo ponte, già da qualche tempo segnalavano profonde corrosioni, specialmente per gli appoggi più prossimi alla testa di ponte verso Alessandria.

Nell'anno 1889 le corrosioni attorno alla pila 3ª avevano destato qualche allarme circa la sua stabilità. Come primo provvedimento, e mentre si faceva del fatto dalla Società concessionaria relazione al Governo, il quale deve prima approvare qualsiasi spesa, venne eseguita a difesa una gettata di prismi artificiali di calcestruzzo di m. 0,70 di lato e lunghi m. 1,20, prelevandoli dai vasti depositi che dei medesimi si avevano fin dall'epoca della costruzione del ponte.

Nei mesi di giugno e di luglio dell'anno 1890 si fecero nuovi scandagli attorno a tutte le pile del ponte, procedendo colla massima cura: benchè in alcuni punti, per la violenza della corrente, non siasi potuto ottenere dati certi, si è però potuto assodare questo fatto, che la corrosione nello strato tufaceo aveva talmente progredito da lasciare allo scoperto la parete verticale della fondazione di calcestruzzo nelle pile 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª, ed anzi per alcune di queste

(1) Nel 1889 si formò una lunata fra i due pennelli a martello posti in sponda destra; per opporsi all'ampliamento della lunata, ciò che avrebbe minacciato l'esistenza dei due pennelli, venne costruito un terzo pennello fra i due primi, come apparisce dalla planimetria (Tav. X, fig. 1).

fondazioni, il piano superiore del letto tufaceo trovavasi al di sotto del piano di posa della fondazione per altezze che superavano fino m. 1,50; tali condizioni allarmanti si verificarono specialmente per la 2ª e 3ª pila.

Gli stessi scandagli dimostrarono che il piano superiore della gettata di prismi artificiali di calcestruzzo, fatta nel precedente anno attorno alla 3ª pila, erasi abbassata di circa 2 metri, ciò che veniva a dimostrare che quei prismi, non potendo impedire l'azione dei vortici, ed avendo un volume troppo piccolo, potevano essere trascinati dalla corrente.

III. — Il progetto.

Da quanto sovra si è esposto, si riconosce che era urgente provvedere al consolidamento delle fondazioni della 2ª e 3ª pila, le quali, per trovarsi direttamente battute dal filone della corrente, erano quelle a cui sovrastava più imminente il pericolo di ulteriori corrosioni, oltre quelle gravissime già messe in luce dagli scandagli, salvo a provvedere analogamente per gli altri appoggi.

Non si credette di dover ricorrere alla gettata, sia formandola coi prismi artificiali di calcestruzzo, dei quali avevasi abbandante deposito, e ciò per l'esito poco soddisfacente che se ne ebbe nel 1889 alla pila 3ª, sia ricorrendo a massi naturali di volume notevolmente superiore a quello dei prismi, perchè, oltre alla spesa derivante dalla distanza di loro provenienza, una gettata avrebbe ancora lasciato dei dubbi sulla sua efficacia assoluta, data che la natura dei guasti constatati nella fondazione e di quelli anche maggiori che legittimamente potevano supporsi, non si dovevano ritenere derivanti dall'urto diretto della corrente. Inoltre doveva considerarsi che per la grande estensione che ogni gettata avrebbe preso, a causa dei successivi ricarichi, in progresso di tempo all'ingiro della rispettiva pila, sarebbe venuto a togliersi il carattere di navigabilità che al fiume Po vuolsi in quella località dal Real Corpo del Genio Civile mantenuto.

Pertanto, considerando che il letto tufaceo del fiume Po non ha sufficiente consistenza per resistere alle corrosioni che nel medesimo vi determinano la corrente e le materie *sciolte* in essa trascinate, si presentava subito l'idea di sostituire al fondo naturale un fondo artificiale più resistente, e quindi l'idea di ricorrere ad una platea generale racchiusa fra due robuste briglie, la quale avrebbe evitato che le fondazioni delle pile vengano rimesse allo scoperto e successivamente scalzate.

È veramente a deplorarsi che le difficoltà d'ordine tecnico e finanziario, alle quali si sarebbe dovuto andare incontro, abbiano consigliato a respingere questo progetto o quanto meno a ridurne assai le proporzioni, facendo in guisa che la sostituzione del fondo artificiale a quello naturale fosse limitata ad una piccola zona all'ingiro di ogni pila, nella speranza che ciò fosse sufficiente a garantirne la stabilità delle fondazioni.

Informandosi a questo criterio, si propose di formare all'ingiro delle pile minacciate una colata di calcestruzzo, la quale, riposando sull'attuale letto tufaceo opportunamente predisposto, si innalzi fino al piano superiore delle fondazioni e costituisca così una zona di m. 2 di larghezza attorno alle fondazioni stesse, e di ricoprirla con lastroni di granito (vedasi Tav. X).

Questo monolite di calcestruzzo, oltre agli effetti già accennati, avrà pur quello di opporre una resistenza alla corrente ben più valida di quella di qualsiasi gettata.

Per eseguire le colate di calcestruzzo, si propose di costruire all'ingiro di ciascuna pila una tura provvisionale impenetrabile all'acqua costituita da un doppio cassero di legname, colla intercapedine riempiuta di terra argillosa ben battuta, mettere all'asciutto l'area racchiusa della tura, escavare le materie *sciolte* cadenti in quest'area fino a raggiungere il fondo tufaceo del fiume, regolarizzare opportunamente quest'ultimo, per fare la colata all'asciutto del calcestruzzo formato con calce idraulica impastata con pozzolana.

E perchè è notorio che per quanto rapida possa essere la *presa* del calcestruzzo, questa non raggiunge la perfezione se non dopo un tempo piuttosto lungo, si propose di difendere la colata dalle corrosioni coprendone la sua faccia orizzontale con lastroni di granito delle cave di Alzo, aventi spessore di m. 0,15, e le sue pareti verticali con apposito cassero di legname rovere da costruirsi all'asciutto entro la tura provvisionale, la quale, a lavoro finito, si demolirebbe per utilizzarne i materiali nella costruzione di una analoga tura provvisionale per altra pila.

IV. — Ordine dei lavori.

Approvato dalle competenti Sedi, il progetto compilato dall'Ufficio tecnico locale della Rete Mediterranea, coi criteri sovraesposti, venne stabilito di mandarlo ad esecuzione per le pile 2ª e 3ª, ed i lavori vennero compiuti nel periodo dal 20 ottobre 1890 al 16 aprile 1891.

Le constatazioni a cui si addivenne durante l'esecuzione di tali lavori, consigliarono di mandare ad esecuzione un progetto analogo per la spalla verso Valenza, ed i lavori furono compiuti nel periodo dal 27 luglio 1891 al 20 settembre 1891.

Quivi, contrariamente alle previsioni, si riscontrarono le fondazioni in discrete condizioni, per cui, essendo nati dei dubbi circa gli scandagli praticati nei mesi di giugno e luglio 1890, venne stabilito di praticare nuovi scandagli alle pile 1ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª, eseguendo delle vere e proprie trivellazioni, al quale scopo si adoperarono attrezzi speciali forniti dalla Ditta ing. Bonariva di Bologna.

Gli scandagli alle pile 1ª e 4ª si eseguirono nel periodo dall'11 gennaio 1892 al 21 marzo 1892. Per la pila 5ª, nel periodo dal 22 aprile 1892 al 18 maggio 1892, e per le pile 6ª e 7ª nel periodo dal 3 ottobre 1892 al 3 gennaio 1893, osservando che il lavoro dovette interrompersi più volte per causa delle piene alle quali andò soggetto il Po.

I risultati di codesti scandagli addimostrarono la necessità di eseguire gli stessi lavori per le pile 1ª, 4ª e 5ª, mentre per la 6ª e 7ª non occorrerebbero provvedimenti, stantechè per queste ultime le fondazioni essendo ancora completamente incassate nel letto tufaceo e verificandosi la favorevole circostanza che durante la maggior parte dell'anno rimangono fuori della corrente, non occorrevano provvedimenti immediati, ma solo di essere tenute in osservazione.

Nessun provvedimento dovevasi poi prendere per gli altri appoggi del ponte, come erasi già dedotto dagli scandagli eseguiti nel giugno e luglio 1890.

Per le pile 1ª e 4ª fu rassegnato alle competenti Sedi regolare progetto di consolidamento, che, in seguito ad approvazione, potè mandarsi ad esecuzione il 5 dicembre 1892.

I lavori furono assunti dalla stessa Impresa con un ribasso del 10 0[0 sui prezzi unitari del Capitolato d'oneri risguardante le pile 2ª e 3ª.

Per la pila 5ª venne rassegnato analogo progetto, ed all'epoca in cui visitammo i lavori si stava attendendo la necessaria approvazione per potere essere mandato ad esecuzione (1).

(1) I lavori vennero approvati dal R. Governo in data 31 luglio 1893, per la presunta spesa di L. 84300, e saranno eseguiti dopo le piene autunnali.

V. — Capitolato d'oneri.

Tutti i lavori sono eseguiti in base a regolari contratti.

Il contratto relativo ai lavori del 1° periodo, riguardante cioè il consolidamento delle fondazioni delle pile 2ª e 3ª stabiliva che fatta la consegna dei lavori all'Impresa assuntrice decorreva un periodo di 20 giorni per fare gli approvvigionamenti, scaduto il quale, era concesso all'Impresa un periodo di 130 giorni di effettivo lavoro dedotti cioè quelli festivi, di pioggia e quelli nei quali, per cause indipendenti dall'Impresa, questa fosse impossibilitata a lavorare.

Siccome per alcune delle pile il lavoro doveva eseguirsi nella corrente, e quindi per le corrosioni del tufo si sarebbe venuto ad avere nell'interno della tura un battente d'acqua superiore a cinque metri, crediamo interessante il riportare dal Capitolato d'oneri le condizioni imposte all'assuntore per gli asciugamenti.

Art. 39. — « Compenso per la formazione all'ingiro » delle pile e spalle di ture provvisionali impenetrabili » all'acqua tanto in acqua corrente che in golena, costi- » tuite da un doppio cassero in legname coll'intercape- » dine ripiena di terra argillosa disposta a strati ben » compressi colla mazzeranga L. 70 al m. q.

Osservazioni. — « Il prezzo del N. 39 si applicherà » allo sviluppo della parete esterna della tura costituita » dalle palancole del 2° cassero battute o lambite dal- » l'acqua corrente, moltiplicato per l'altezza formata pren- » dendo la media fra le lunghezze delle palancole in » opera sistemate colla loro testa a m. 2,50 sopra lo » zero dell'idrometro.

« In questo compenso trovasi compenetrata:

« 1° La spesa di costruzione dei due casseri formati » ciascuno da pali e palancole solidamente infissi nel » letto tufaceo del fiume e collegati fra loro da filagne » e controfilagne colla occorrente ferramenta.

« 2° Tutte le spese di puntellatura, sbadacchiatura, » ormeggi, difese e rinforzi di qualsiasi natura, ivi com- » presa, se occorre, la costruzione di un terzo cassero » esterno alla tura atto ad assicurarne la stabilità e la » perfetta tenuta d'acqua.

« 3° La spesa per la fornitura, posa in opera e riem- » pimento della intercapedine fra i due casseri di terra » argillosa diligentemente impastata e compressa o da » quell'altra materia che l'assuntore crederà migliore » per la perfetta tenuta d'acqua della tura.

« 4° La spesa occorrente per qualsiasi mezzo d'opera » impiegato dall'assuntore nella costruzione della tura.

« 5° La spesa per provvista e posa in opera di ma- » terie come sopra, occorrendo, alla costruzione di argini » interni od esterni alla tura in rinforzo alla medesima.

« 6° La spesa per la demolizione della tura e per » il ricupero dei materiali (Legname e ferramenta) costi- » tuenti la medesima.

« 7° Ogni compenso per i materiali sopradetti che » andassero asportati dalla corrente od in qualsiasi modo » smarriti.

« 8° Le spese tutte di manutenzione da farsi alla » tura durante la sua durata in opera onde assicurarne » il suo continuo e perfetto funzionamento.

« 9° Tutte le spese per mantenere asciutta l'area rac- » chiusa dalla tura, qualunque sia il numero, la natura e » la potenza delle macchine idrovore impiegate, quando » non possano evitarsi con altri provvedimenti le infiltra- » zioni attraverso alla tura.

« La tura provvisionale viene costruita sotto la piena » ed intera responsabilità dell'assuntore, il quale deve a » sue cure e spese garantirne la perfetta tenuta d'acqua.

« L'assuntore sarà perciò lasciato pienamente libero di » dare alla tura la forma e le dimensioni che crederà mi- » gliori, purchè con ciò non si venga ad avere uno sviluppo » maggiore di quello che si ricava dai tipi di progetto ed » all'interno abbia tali dimensioni da permettere l'esecu- » zione delle opere stabili progettate.

« Queste condizioni non escludono però l'obbligo nel- » l'assuntore di prendere colla Dirigenza dei lavori gli » accordi per fissare di volta in volta la forma, le dimen- » sioni e l'ubicazione della tura.

« Potrà venire dalla Dirigenza dei lavori concesso al- » l'assuntore di sbadacchiare e controventare la tura prov- » visionale alle opere murarie del ponte, sotto condizione » che queste non abbiano ad impedire le opere progettate, » o quanto meno che gli eventuali spostamenti sieno fatti » a cure e spese dell'assuntore.

« Nel prezzo del N. 39 sono esclusi:

« 1° Il compenso per estrazione dei prismi artificiali » di calcestruzzo che si trovassero in opera a presidio delle » fondazioni, nonchè dei blocchi di muratura di volume su- » periore a m. 0,10.

» 2° Il compenso per asciugamenti dovuti ad inon- » dazione dell'area circuita dalla tura unicamente per tra- » cimazione del fiume, i quali saranno computati come al » N. 40, mentre sono già compensati quelli motivati da » filtrazioni di qualsiasi importanza attraverso alla tura.

« Art. 40. — Compenso per asciugamenti qualunque » siano i mezzi messi in opera per effettuarli, al m. c. L. 7,00.

« *Osservazioni.* — Da applicarsi una volta tanto al volume » geometrico dell'acqua racchiusa entro la tura, ottenuto » moltiplicando l'area circuita dalla tura con deduzione » delle murature esistenti, moltiplicato per l'altezza media » dell'acqua rilevata al momento in cui comincia l'asciu- » gamento.

« Il compenso del N. 40 sarà da corrispondersi all'as- » suntore anche quando per piena straordinaria del fiume » l'area interna alla tura venisse inondata per tracima- » zione ».

Gli altri articoli del Capitolato d'oneri sono quelli che di consueto gli Uffici tecnici della Rete Mediterranea sogliono imporre agli assuntori per lavori congeneri. I principali prezzi unitari contenuti nel Capitolato medesimo si possono in gran parte rilevare dalla analisi che si espone a giustificazione del prezzo del predetto N. 39 del Capitolato d'oneri nonchè dallo specchietto del costo delle opere di cui al successivo paragrafo VII.

Analisi del prezzo del N. 39 di contratto.

1° Deprezzamento del legname impiegato pella formazione delle ture provvisionali calcolato al 15 0[0 del valore al medesimo attribuito a pie' d'opera in base al prezzo unitario di L. 80 al mc. di cui al N. 37 del contratto.

Pali, palancole e filagne, sbadacchi: Mc. 220×80×0,15 . . . L.	2710,00
2. Deprezzamento della ferramenta impiegata per puntazze di pali, di palancole, viere, staffe, bolloni, ecc., calcolata al 10 0[0 del valore alla medesima attribuita a piè d'opera in base al prezzo unitario di L. 0,80 al Kg., di cui al N. 36 del contratto. Ferramenta Kg. 8120×0,80×0,10 »	649,60
3. Compenso per posizione in opera di filagne, compresa la formazione dei tagli per le	
A riportarsi L.	3359,60

Riporto L. 3359,60

unioni di punta ed i fori per bolloni in base al N. 41 del contratto di L. 20 per mc.

Filagne mc. 14,00 a L. 20,00 . . » 280,00

4. Compenso per applicazione della ferramenta sui legnami per unione di legnami in base al N. 44 del contratto di 0,03 per Kg.

Puntazze, viere, ecc., Kg. 6100×0,03 » 183,00

Bolloni ed altre ferramenta, chilogrammi 2020×0,03 . . . . » 60,60

5. Infissione di pali muniti di puntazza in ferro e di viera alla testa del diametro fino a cm. 30 e di lunghezza inferiore a m. 10, qualunque sia il mezzo d'opera usato:

a) nella sabbia o terra commista a ciottoli di qualunque dimensione (art. 42, *a*) di L. 2,80 per ml.:

Ml. 420×2.80 . . . » 1176,00

b) nel fondo tufaceo del fiume (art. 43, *b*), L. 5,50 per ml.:

Ml. 100×5,50 . . . » 550,00

6. Infissione di palancole dello spessore di m. 0,12, larghe fino a m. 0,25 e lunghe fino a m. 8,00, munite di puntazze in ferro, qualunque sia il mezzo d'opera usato:

a) nella sabbia o terra commista a ciottoli di qualunque dimensione (art. 43, *a*), L. 2 per ml.:

Ml. 3050×2,00 . . . » 6100,00

b) nel fondo tufaceo del fiume (art. 42, *b*), L. 3,90 per ml.:

Ml. 410×3,90 . . . » 1599,00

7. Escavo subacqueo di materie terrose, sabbiose e simili, commiste a ciottoli di qualsiasi dimensione, costituenti la golena, le sponde e le difese del fiume a partire da 0,20 sotto al pelo d'acqua fino a raggiungere il tufo, compreso il carico, trasporto a qualsiasi distanza e lo scarico in rifiuto (art. 45 del contratto), L. 4 al mc.

Materie nell'intercapedine dei casseri:

Mc. 520×4,00 . . . . . » 2080,00

8. Provvista in opera di argilla compatta per riempimento dell'intercapedine della tura e formazione dei rinforzi esterni ed interni, compreso il suo impasto con paglia e la pilonatura:

Mc. 2000×3,00 . . . . . » 6000,00

9. Noleggi di fune di canape per ormeggio (art. 23 del contratto), L. 0,50 per Kg.:

Kg. 200×0,50 . . . . . » 100,00

10. Ricupero dei legnami costituenti la tura e della ferramenta ai medesimi applicata:

a) pali con viera e puntazza, N. 92 a L. 5,00 . . . . . » 460,00

b) palancole con puntazza, N. 680 a L. 1,00 . . . . . » 680,00

c) filagne e controfilagne, mc. 14,00 a L. 5,00 . . . . . » 70,00

d) legnami per puntelli e sbadacchi, mc. 15,00 a L. 4,00 . . » 60,00

e) bolloni ed altra ferramenta, chilogrammi 2020 a L. 0,01 . » 20,20

11. Compenso per i legnami che potessero venire asportati dalla corrente durante la demolizione della tura, o che in un modo qualsiasi non si potrà ricuperare.

A riportarsi L. 22778,40

Riporto L. 22778,40

Il volume del legname perduto si calcola ad 1|50 del volume totale del legname esposto al progressivo N. 1, e si valuta col deprezzamento di cui al medesimo.

$$\frac{\text{Mc. } 220.00}{50} \times 80\ (1{,}00 - 0{,}15) \text{ »} \qquad 299{,}20$$

12. Compenso per la perdita di puntazze che rimangono infisse nel tufo, o attaccate ai legnami asportati dalla corrente.

Il peso delle puntazze si calcola ad 1|100 del peso totale esposto al paragrafo N. 4, e si valuta col deprezzamento stabilito al N. 2.

$$\frac{\text{Kg. } 6100}{100} \times 0{,}80\ (1{,}00 - 0{,}15) \text{ »} \qquad 414{,}80$$

13. Noleggio di locomobile a vapore, ogni accessorio compreso, in opera, pronta al funzionamento:

a) in riposo (art. 21, *a*, del contratto), a L. 30 per giornata.

Giornate 10×30 . . » 300,00

b) in attività (art. 21, *b*, del contratto), a L. 4 per ogni ora.

Ore 1840×4,00 . . » 7360,00

14. Noleggio di pompa centrifuga in opera, pronta al funzionamento, compreso i palchi di servizio:

a) in riposo (art. 21, *a*, del contratto), a L. 15 per giornata.

Giornate 10×15 . . » 150,00

b) in attività (art. 21, *b*, del contratto), a L. 1,30 per ora.

Ore 1840×1,30 . . » 2930,00

15. Si aggiunge il 10 0|0 dell'importo complessivo in L. 34,232.60 delle spese sovradescritte a compenso delle opere di manutenzione e rinforzo alla tura provvisionale durante il tempo che rimane in opera per assicurarne la perfetta tenuta d'acqua . . . . . » 3423.24

Importo totale L. 37655.64

Ora lo sviluppo della superficie esterna della tura misura 90 × 6 = mq. 540; quindi il prezzo unitario sarà:

$$\frac{37655{,}64}{540} = 69.73,$$

che si arrotonda in L. 70 per ogni mq.

IV. — Esecuzione dei lavori alle pile 2ª e 3ª.

Questi lavori essendo stati riconosciuti urgenti, vennero a trattative private affidati alla Ditta Gervaso Giuseppe di Valenza, già nota per altri importanti lavori fluviali, la quale si assunse l'obbligo di condurli a termine a seconda del progetto ed a norma dello speciale Capitolato d'oneri a tal fine predisposto dal locale Ufficio tecnico ferroviario della Rete Mediterranea.

La consegna del lavoro alla Ditta Gervaso venne fatta addì 20 ottobre 1890, la quale, esauriti gli approvvigionamenti dei materiali necessari, addì 10 novembre successivo intraprendeva la costruzione della tura provvisionale all'ingiro della pila 2ª.

Questa tura misurava all'esterno uno sviluppo complessivo di m. 93 ed era formata da due pareti parallele alle facce della pila per una lunghezza di m. 22 e poscia tanto

a monte quanto a valle si piegavano ad angolo di 135° per riunirsi sull'asse della pila a forma di sparti-acque.

A guarentigia dalle inondazioni dell'area racchiusa dalla tura durante le piene ordinarie le pareti della medesima, secondo era fissato in progetto, si elevavano fino a m. 2,50 sullo zero dell'idrometro. Esse erano costituite da una doppia paratia di legname che lasciavano fra esse uno spazio libero di m. 1,38, e ciascuna a lor volta era formata da pali e palancole infisse nel fondo tufaceo e rilegate da un doppio ordine di filagne e controfilagne al pelo d'acqua ed alla sommità.

L'intercapedine esistente fra le due paratie venne completamente vuotata dalle materie ghiaiose con escavo subacqueo eseguito con cucchiaie a mano e poscia riempita con argilla ricavata dal Monte Valenzano preventivamente impastata con paglia trita, la quale veniva così a formare una diga entro acqua di altezza variabile fra m. 5 e metri 7,50 che poggiando sul tufo si erigeva fino a m. 2,50 sullo zero dell'idrometro.

Nella costruzione di questa tura provvisionale, che può riguardarsi come una delle più considerevoli cui abbia dovuto ricorrere l'ingegneria moderna in simili lavori, si impiegarono 98 pali del diametro di m. 0.20 a 0,30 ed alcuni con lunghezza di m. 8,50, oltre a 600 palancole dello spessore di m. 0,12, delle quali alcune lunghe fino a m. 9,50; occorsero poi circa m^3 150[illegible] di argilla.

La tura si trovò completamente ultimata addì 5 gennaio 1891, cosicchè nel giorno successivo, essendosi nel frattempo installata una pompa centrifuga della portata di 3500 litri al minuto mossa da locomobile a vapore della forza di 18 cavalli vapore, si potè procedere all'asciugamento stabilendo un primo ordine di puntelli interni in un piano orizzontale situato a m. 2 sopra lo zero dell'idrometro.

Proseguendo l'asciugamento si potè stabilire un secondo ordine di puntellazioni interne in un piano orizzontale allo zero dell'idrometro.

Continuando a mantenere in attività la pompa centrifuga si potè escavare all'asciutto le materie ghiaiose che riempivano la tura fino a stabilire un terzo ordine di puntellature in un piano orizzontale posto a m. 2,50 sotto zero dell'idrometro.

In seguito si procedette alla infissione dei pali per la costruzione del cassero stabile che si andava eseguendo man mano che colla escavazione delle materie *sciolte* comprese fra questo e la pila si metteva a nudo il fondo tufaceo. Il lavoro dovette essere condotto con molta circospezione allo scopo di prevenire qualsiasi guasto alla parete della tura, la quale doveva in alcune tratte sopportare una colonna d'acqua di m. 5.50. Giova qui notare che la tura dal lato della impenetrabilità diede ottimi risultati, inquantochè le filtrazioni pur verificandosi sul fondo della tura, furono sempre poco abbondanti, talchè la pompa centrifuga doveva solo lavorare ad intervalli. Anzi non fu nemmeno necessario di installare una seconda pompa centrifuga che la Ditta Gervaso teneva pronta per ogni evenienza.

Di pari passo colla costruzione del cassero stabile progrediva la colata di calcestruzzo fatta sul letto tufaceo denudato e opportunamente regolarizzato, avendo cura di riempire le cavernosità riscontrate sotto alla fondazione della pila.

Infatti prima di eseguire questa colata di calcestruzzo si potè constatare che la fondazione della pila per quasi tutta la sua estensione non solo era più alta del circostante tufo, ma che le corrosioni si erano estese anche sotto alla fondazione medesima formandovi delle cavernosità, cosicchè queste mancavano in più parti di appoggio.

Una di queste trovavasi nella estremità a valle della pila, estremità recentemente costrutta per l'allargamento del ponte come s'è detto più sopra (1): altre due trovavansi invece nella estremità a monte (vedi Tav. XI).

Esaminando le sezioni AB, AC, AD, AT, AS si può rilevare che a partire dall'anno 1886 la corrosione del tufo raggiunse l'altezza massima di m. 0,58 nella sezione AB, m. 0,48 nella sezione AC, m. 0,68 nella sezione AT e fu pressochè nulla nelle altre sezioni.

Dalla sezione AT può anche rilevarsi che la cavernosità formatasi sotto la fondazione aveva una rientranza di m. 0,80.

Come si rileva dalla sezione AK non può mettersi in dubbio che la vecchia fondazione della pila sia stata incassata nel tufo per tutta la sua altezza; l'esame della sezione AN, dove si ebbe la massima corrosione, dimostra che il tufo venne asportato certamente per un'altezza di m. 3; e vedremo più oltre che l'altezza di tufo asportato fu assai maggiore.

La cavernosità ZZ formatasi sotto la vecchia fondazione misurava una massima altezza di m. 2, con una rientranza massima di m. 2; talchè gli ingegneri dirigenti il lavoro poterono starvi dentro e farsi un'idea delle vibrazioni che quella fondazione soffriva al passaggio di ogni treno. A formarsi un'idea esatta della sua ampiezza possono servire il profilo ZZ, le sezioni AM, AN, AO.

Si era notato nella parete verticale della caverna ZZ un crepaccio del tufo, che si credette dover riempire con una colata di cemento liquido a mezzo dei fori *m* e *n* fatti in senso orizzontale col mezzo della barra a mina.

Circa alla terza cavernosità, meno importante della precedente, si può averne un'idea coll'esame delle sezioni AI, AH, le quali, unitamente alle sezioni AG, AL, fanno conoscere quale profondo abbassamento aveva sofferto il letto tufaceo del fiume.

Il calcestruzzo adoperato per le colate era formato di 2 parti in volume di ghiaia vagliata e di una parte di malta idraulica formata da chilogr. 400 di calce di Casale in zolle impastata ancora calda con un metro cubo di sabbia e pozzolana mescolate nella ragione di 3 ad 1. Per quanto la colata si facesse a strati battuti colla mazzeranga pure raggiungendo essa in alcuni punti l'altezza di m. 3, per prevenire la formazione di interstizi fra questo ed il vecchio calcestruzzo, si fecero, a diverse riprese, delle colate di cemento idraulico liquido.

Di mano in mano che la colata di calcestruzzo progrediva era ricoperta coi lastroni di granito che con *ramponi di ferro* solidamente impiantati nella sottostante colata di calcestruzzo, venivano a questa solidamente tenuti aderenti.

Addì 31 gennaio 1891 il lavoro per la 2ª pila trovavasi ultimato e le acque adagio adagio ritornavano ad invadere l'area racchiusa nella tura mantenuta asciutta per venticinque giorni consecutivi lavorando in modo non interrotto e di giorno e di notte alla ragguardevole profondità di m. 6,50 sotto il pelo dell'acqua, superando felicemente ogni difficoltà.

E le difficoltà furono non poche, viste le circostanze di tempo e di luogo nelle quali si eseguiva il lavoro.

---

(1) Quando si eseguì l'allargamento del ponte per servizio della strada provinciale Alessandria-Pavia, riconosciuta la corrosione del letto tufaceo, si adottò il provvedimento di incassare la parte nuova della fondazione delle pila 2ª di m. 0.40 onde non andare cogli escavi più bassi del piano di posa delle vecchie fondazioni, ciò che avrebbe potuto far nascere pericoli per la stabilità delle medesime. Lo scalzamento verificato nelle opere recenti della fondazione serve a dare un'idea della rapidità colla quale procedono le corrosioni nel letto tufaceo del Po.

La temperatura fu in quel turno di tempo rigidissima raggiungendo i 15 centigradi al disotto dello zero, di guisa che, attrezzi, palchi di servizio, erano ad ogni istante ricoperti di ghiaccio; il tubo aspirante della pompa centrifuga, avente un diametro di m. 0,18, si ridusse per le incrostazioni di ghiaccio a soli m. 0,05 per cui l'azione della pompa trovavasi ridotta ad essere pressochè nulla. Le difficoltà per l'impasto dell'argilla per la tura, quella più grave della confezione delle malte per il calcestruzzo furono anche superate felicemente, e prima di lasciare invadere dalle acque l'interno della tura non si mancò con assaggi di assicurarsi della buona riuscita del calcestruzzo nei riguardi della sua presa definitiva.

L'ubicazione della pila 2ª in piena corrente obbligava ad un servizio di barche fra questa e la sponda destra ove era stabilito il cantiere, sia per il trasporto del personale, sia per quello dei materiali. Pure non ebbe a lamentarsi il più piccolo infortunio, ciò che forma il miglior elogio tanto al personale dirigente, quanto al titolare dell'Impresa e suoi dipendenti, i quali tutti gareggiarono di zelo e di operosità per assicurare la buona riuscita dei lavori.

Durante i lavori l'acqua si mantenne ad un di presso allo zero dell'idrometro, fatta eccezione del periodo di tempo compreso fra il 5 ed il 17 dicembre, nel quale il Po si mise in piena e l'acqua raggiunse l'altezza massima di m. 1,20 sullo zero nel giorno 5 senza recare danno alle opere già eseguite, ma obbligando solo a sospendere per tre giorni il lavoro, essendo difficile e pericoloso il rimanere ormeggiati colle barche presso alla pila 2ª per proseguire l'infissione dei pali e delle palancole della tura provvisionale.

Si procedette immediatamente alla demolizione della tura provvisionale, e di mano in mano che si ritraevano i legnami, questi venivano impiegati nella costruzione di un'altra tura provvisionale di forme e dimensioni consimili all'ingiro della 3ª pila.

Alla costruzione di quest'ultima opposero difficoltà non lievi le murature delle arcate rovinate per effetto di una grossa piena durante l'ampliamento del ponte nell'anno 1886, murature che bisognava rompere ed estrarre per poter infiggere i pali e le palancole, ed aver completamente sgombro lo spazio compreso fra i due casseri della tura. Superate queste difficoltà si potè addì 9 marzo 1891 incominciare l'asciugamento mettendo in attività la pompa centrifuga a vapore. Senonchè al 14 successivo si manifestò nella parete dello spartiacque a valle una forte via d'acqua, alla quale non si potè riparare nè coi consueti rimaneggiamenti dell'argilla della tura, nè con paratie di tavoloni infissi nella medesima, nè colla costruzione di un controcassero interno per una lunghezza di m. 10. Fu giuocoforza, a malgrado della potenza della centrifuga, sospendere l'asciugamento e costruire un controcassero esterno della lunghezza di m. 20 alla distanza di un metro circa, da riempirsi poi con argilla. Questo provvedimento era pressochè ultimato, quando le acque del Po che eransi mantenute fino allora al disotto dello zero, per le insistenti pioggie primaverili, si gonfiarono in una piena che, addì 19 marzo, superò di m. 2,55 lo zero dell'idrometro.

Oltre ad aver obbligato l'impresa a cercare ormeggi più sicuri per tutte le imbarcazioni che teneva in servizio presso la tura, la piena asportò tutto il cantiere provvisorio che erasi fatto sul ghiareto del fiume esistente presso la 4ª pila ed asportò gran parte dell'argilla già collocata nella tura.

Diminuite le acque si ristabilì il cantiere provvisorio sul ghiareto, si ricollocò in sito la centrifuga, si colmò e riparò il riempimento d'argilla, ultimando il controcassero esterno ed addì 6 aprile si potè riprendere l'asciugamento. Anzi, volendo affrettare il lavoro, per tema che avesse a sopraggiungere una nuova piena, si collocò e si mise in attività una seconda pompa centrifuga. In grazia a questo provvedimento il lavoro procedette spedito e senza notevoli incidenti fu completamente ultimato addì 16 aprile stesso.

A maggiormente assicurarsi che le acque non avessero a danneggiare i lavori recentemente fatti attorno alle fondazioni delle pile 2ª e 3ª venne eseguita per ciascuna di esse una piccola gettata di prismi artificiali di calcestruzzo.

I fenomeni di corrosioni osservati durante la esecuzione di questi lavori, mentre venivano anche per questa pila a confermare i risultati degli scandagli eseguiti nei mesi di giugno e luglio 1890, risultarono del tutto analoghi a quelli osservati presso la 2ª pila.

Dall'esame della fig. 19, Tav. XI, si rileva che la massima corrosione nella parte a valle raggiunse (sezione CD) una profondità di m. 0,40, e nel rimanente della fondazione, mentre il calcestruzzo della vecchia fondazione era completamente denudato, la corrosione si spinse sotto al piano di posa della medesima di m. 0,38 nella sezione GH, di m. 1,33 nella sezione LM, di m. 1,43 nella sezione NO da una parte e di m. 1,58 dall'altra parte della stessa sezione, mentre la stessa sezione dimostra ancora che si ebbero cavernosità sotto alla fondazione con rientranza dal vivo di m. 1,20 e m. 0,70.

Sostanzialmente le corrosioni per la pila 3ª raggiunsero profondità minori che per la seconda, ma non per questo deve dedursi che l'asportazione del tufo sia stata minore, benchè la pila 3ª sia stata più direttamente e per maggior tempo battuta dal filone della corrente che non la pila 2ª.

Una sezione del fiume rilevata nell'anno 1867 e riprodotta nella fig. 2, Tav. X, dimostra che all'atto della costruzione del ponte le fondazioni della pila 3ª si trovarono maggiormente incassate nel tufo; infatti da questa sezione si rileva che il piano superiore del tufo a quell'epoca sopravanzava di m. 0,65 la fondazione della pila 2ª e di m. 1,40 quella della pila 3ª, per cui si verrebbe a stabilire che dal 1867 al 1891 il tufo venne asportato in ragione di un'altezza massima di m. 3,65 presso la pila 2ª e di m. 3,98 per la pila 3ª. La rapidità colla quale si vede asportato il fondo tufaceo attorno alle pile di un'opera così importante giustifica gli allarmi sollevati dagli Uffici tecnici ferroviari, i provvedimenti che si presero per paralizzarne gli effetti e le ingenti spese che a tal uopo si incontrarono.

La diffusione in minuti particolari dei lavori compiutisi per la pila 2ª e 3ª dispensa dal tener parola degli altri lavori consimili e di cui è fatto cenno al paragrafo IV.

VII. — Costo delle opere.

Anche per il costo delle opere ci limiteremo a quanto riguarda le pile 2ª e 3ª, potendosi facilmente per analogia e con molta approssimazione dedurne le spese sostenute per il consimile lavoro fatto agli altri appoggi.

1. Compenso per la formazione all'ingiro di pile e spalle di ture provvisionali impenetrabili all'acqua, tanto in acqua corrente che in golena, costituite da un doppio cassero in legname, coll'intercapedine ripiena di terra argillosa disposta a strati ben battuti colla mazzeranga (articolo 39 del contratto):

Mq. 1082,26 a L. 70,00 L. 75758,20

2. Compenso per asciugamenti, qualunque siano i mezzi messi in opera per effettuarli (art. 40 del contratto):

Mc. 2188,46 a L. 7,00 » 15319,22

A riportarsi L. 91077,42

Riporto L. 91077,42

3. Escavo di materie terrose, sabbiose e simili, commiste a ciottoli di qualsiasi dimensione, fatto entro le ture dopo eseguiti gli asciugamenti (art. 46 del contratto):

Mc. 1085,05 a L. 1,50 » 1627,57

4. Escavo entro la tura del fondo tufaceo onde costituire un regolare piano di posa del calcestruzzo (art. 47 del contratto):

Mc. 68,53 a L. 5,00 . » 342,65

5. Legname di rovere per pali, palancole, filagne, scevro da qualsiasi difetto naturale o di sega, lavorato e pronto ad andar in opera (art. 37, *a*, del contratto):

Mc. 66,05 a L. 80 . . » 5,284,00

6. Ferro in pezzi piccoli lavorato e fucinato per bolloni, chiavarde e qualsiasi altro pezzo di peso inferiore a Kg. 20, nonchè per chioderia di qualunque dimensione (art. 36 del contratto):

Kg. 6387,45 a L. 0,80 » 5109,96

7. Applicazione della ferramenta sui legnami in opera e per unione di legnami (articolo 44 del contratto):

Kg. 6387,45 a L. 0,03 » 191,62

8. Compenso al prezzo del N. 37, *a*, per posizione in opera di filagne e controfilagne, compresa la formazione dei tagli per le unioni di punta ed i fori per i bolloni (art. 41 del contratto):

Mc. 10,83 a L. 20,00 . » 216,60

9. Infissione di pali muniti di puntazza in ferro del diametro fino a m. 0,30 e di lunghezza inferiore a m. 10,00, qualunque sia il mezzo d'opera usato (1):

a) nella terra o sabbia (art. 42, *a*, del contratto).

Ml. 111,40 a L. 2,80 . » 311,92

b) nel fondo tufaceo (art. 42, *b*, del contratto).

Ml. 50,34 a L. 5,50 . » 276,87

10. Infissione di palancole dello spessore di m. 0,12, larghe fino a m. 0,25 e lunghe fino a m. 8,00, munite di puntazza, qualunque sia il mezzo d'opera usato:

a) nella terra o sabbia (art. 43 del contratto):

Ml. 521,55 a L. 2,00 . » 1043,10

b) nel fondo tufaceo (art. 44 del contratto):

Ml. 224,00 a L. 3,90 . » 873,60

11. Calcestruzzo in opera formato nella proporzione di un volume di malta e due uguali volumi di ghiaia vagliata (art. 48 del contratto):

Mc. 526 a L. 25 . . » 13405,75

12. Sovraprezzo a quello del numero precedente quando il calcestruzzo debba venire posto in opera a sottomurazione (art. 50 del contratto):

Mc. 17,49 a L. 5,00. . » 87,45

13. Prelevamento dal fondo del fiume dei prismi artificiali di calcestruzzo o blocchi

A riportarsi L. 119848,51

(1) Si è trovato conveniente per alcune pile, anzichè infiggere i pali col battipalo, trivellare il foro nel tufo ed assicurarvi il palo con una colata di cemento idraulico liquido.

Riporto L. 119848,51

di muratura di volume superiore a mc. 0,10 (art. 51 del contratto):

Mc. 64,22 a L. 30 . . » 1926,60

14. Lastroni di granito dello spessore compreso fra 0,10 e 0,15 lavorato alla martellina su una faccia, in opera per rivestimento del piano superiore del calcestruzzo (art. 55 del contratto):

Mq. 290,75 a L. 20,00 » 5815,00

15. Cemento idraulico (art. 29 del contratto):

Quintali 25,00 a L. 6,00 » 150,00

16. Sabbia silicea stacciata e lavata (articolo 24 del contratto):

Mc. 5,00 a L. 2,00 . . » 10,00

17. Gettata di prismi artificiali di calcestruzzo, compreso il dissotterramento, il trasporto e la loro posizione in opera (art. 52 del contratto):

N. 1276 a L. 4,50 . » 5742,00

19. Rottura di muratura di mattoni o di calcestruzzo fatta collo scalpello (art. 54 del contratto):

Mc. 22,19 a L. 10,00 . » 221,90

20. Prestazioni di mano d'opera da muratore (art. 2 del contratto):

Ore 470 a L. 0,35 . . » 164,50

Costo totale delle opere di consolidamento delle fondazioni delle pile 2ª e 3ª . . . L. 133878,51

GEOMETRIA PRATICA

COSTRUZIONE GEOMETRICA E CALCOLO DEI MURI D'ALA A SUPERFICIE GOBBA.

Nota dell'Ing. Nicola D'Apuzzo

Ingegnere delle Strade Ferrate del Mediterraneo.

Nella costruzione dei ponti, allo scopo di trattenere le terre che costituiscono l'argine stradale, e, nel tempo stesso, di garentirle contro la corrosione prodotta dalle acque del fiume o torrente che il ponte attraversa, si adoperano i muri d'ala che, come è noto, si costruiscono su pianta rettilinea o curvilinea: spesso però, a maggior garanzia del terrapieno, ai muri d'ala fanno seguito quelli così detti di ritorno, prolungati più o meno secondo l'importanza del corso d'acqua e la estensione delle possibili inondazioni laterali.

Ordinariamente nella parte a valle di tali manufatti, i muri d'ala sono rettillinei, e quelli di ritorno s'innestano alla loro estremità ad angolo retto od acuto, secondo che i muri d'ala sono paralleli o divergenti; invece nella parte a monte, allo scopo di dare più dolce invito alle acque di piena, e quindi evitare tutti i bruschi restringimenti di luce che porterebbero inevitabile rigurgito, si usa comunemente costruire i muri d'ala su pianta curvilinea, raccordandoli tangenzialmente ad una estremità con la superficie anteriore della spalla del manufatto, ed all'altra con la superficie del muro di ritorno o di rivestimento che garentisce a monte il piede dell'argine stradale; tali muri di accompagnamento sono ordinariamente denominati *quarti di cono*.

Però la superficie esterna della spalla ordinariamente è verticale o con lievissima scarpa non superiore all'1|10, mentre quella dei muri di ritorno, in ispecie se soltanto di rivestimento, segue più o meno la inclinazione delle scarpe dell'argine, che varia fra 1 e $\frac{3}{2}$; di qui si vede come la superficie del suddetto muro d'accompagnamento non po

essere una sviluppabile, ma debba essere una superficie gobba.

È noto che il più delle volte tali superficie di raccordo non sono geometricamente ben definite, e quindi, non potendosi seguire, nella loro costruzione, esatti criteri matematici, ne risultano irregolarità di forma, che fanno perdere all'opera gran parte della sua resistenza; inoltre, non essendo possibile l'esatto computo del volume di tali muri, appunto per la mancanza di una geometrica individuazione, si ricorre generalmente a metodi più o meno grossolanamente approssimati, che, pur riuscendo più laboriosi di quelli esatti, danno luogo ad errori non lievi.

Già due volte in questo periodico fu trattata, sotto forma matematica, la questione di tali muri di accompagnamento: ma nella prima Memoria pubblicata nel giugno 1877 lo studio fu fatto sotto forma puramente analitica, assumendo per superficie di raccordo l'insieme di due superficie gobbe, di cui una a piano direttore, e giungendo a formole abbastanza complicate per un facile uso pratico, mentre per il calcolo del volume fu detto doversi ricorrere ai metodi approssimati; e nella seconda, pubblicata nel novembre 1887, il raccordo fra la spalla ed il muro di rivestimento fu ottenuto mediante una speciale superficie conica.

Per tali ragioni, quantunque l'argomento non sia nuovo nella presente nota, ritornando sui muri d'accompagnamento, mi propongo di presentare lo studio, sotto forma puramente sintetica, di un caso dei più comuni, di superficie gobbe di raccordo, indicando al tempo stesso le esatte formole che servono per il calcolo del volume della muratura.

*

Supponiamo adunque che si voglia raccordare con un muro d'accompagnamento curvilineo, la superficie anteriore della spalla di un ponte ed il muro di rivestimento a monte dell'argine stradale; l'inclinazione del fronte della spalla sia molto minore di quello del muro di rivestimento, e l'andamento di questo normale all'altro.

Siano AB e CD (fig. 87) gli spigoli anteriori al piano di risega, rispettivamente della spalla e del muro di rivestimento;

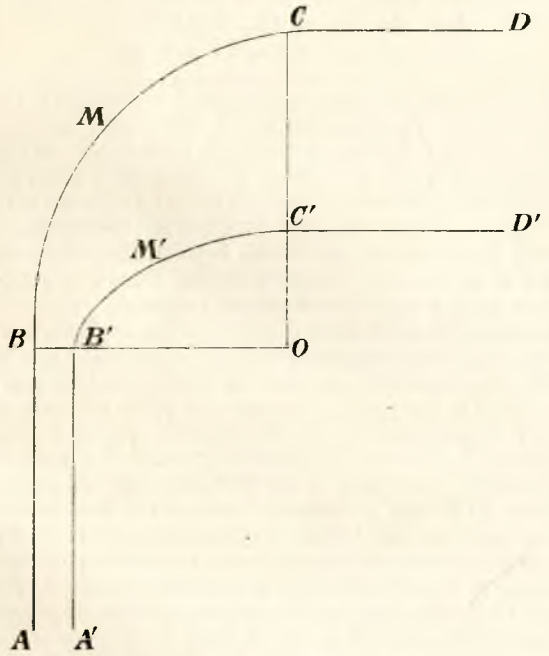


Fig. 87.

non essendo sempre, per condizioni locali, possibile che le distanze CO-BO siano eguali, esamineremo il caso più comune, in cui siano cioè disuguali; in tale ipotesi, la curva che naturalmente si presenta per raccordare i due rettifili normali AB e CD è il quarto di ellisse CMB di centro O e di semiassi OB-OC.

Siano inoltre A'B'-C'D' le proiezioni orizzontali degli spigoli anteriori della spalla e del rivestimento alla sommità del muro; la curva di raccordo di tali rettifili sarà il quarto di ellisse C'M'B', e la superficie del muro d'accompagnamento resta così pienamente determinata dalle rette che si appoggiano alle ellissi suddette, con la condizione che gli iperboloidi di raccordamento nei diversi punti delle generatrici BB'-CC' si riducano rispettivamente al fronte della spalla ed a quello del muro di rivestimento.

È noto che per individuare una superficie gobba bisogna darne tre direttrici. Quindi, nel caso in esame, oltre le due ellissi che chiameremo per brevità ϕ. ϕ', bisogna fissare una terza direttrice alla quale le BB'-CC', che sono due generatrici della superficie, debbano appoggiarsi; sceglieremo, a tal uopo, la verticale r che passa per O, alla quale si appoggiano evidentemente le BB' CC', essendo essa l'intersezione dei piani verticali proiettanti le suddette rette.

Esaminiamo ora quale è il modo di generazione della superficie gobba così individuata e che chiameremo Σ, quali le sue proprietà geometriche, e se risponde completamente alle prestabilite condizioni.

*

Per trovare una generatrice qualunque g di Σ si può procedere in due modi:

1° Per un punto qualunque R di r si proietti in ϕ'' la ϕ' sul piano di ϕ; i punti $\phi\phi''$ congiunti ad R daranno altrettante generatrici di Σ;

2° Si conduca per r un piano qualunque ρ; le congiungenti i punti ρ . ϕ ai punti ρ . ϕ' saranno generatrici di Σ.

Essendo ϕ e ϕ' curve di secondo ordine, per ogni punto di r passeranno quattro generatrici di Σ, e, correlativamente, quattro ne saranno contenute in un piano passante per r.

Si noti però che, di tutte le rette che rispondono alle date condizioni, soltanto una metà giace sulla superficie Σ_1 che a noi serve, le altre costituendo una superficie gobba Σ_2 che ha in comune con la Σ_1 le tre direttrici, e le cui generatrici giacciono nell'interno dello spazio racchiuso dalla Σ_1 e dalle basi.

Infatti, nel primo modo di generazione, siano (fig. 88) M, N rispettivamente i punti d'incontro di r con BB' e CC'; è evidente che, proiettando ϕ' da un punto di r al disopra di M, la sua proiezione sul piano di ϕ sarà tutta interna a questa,

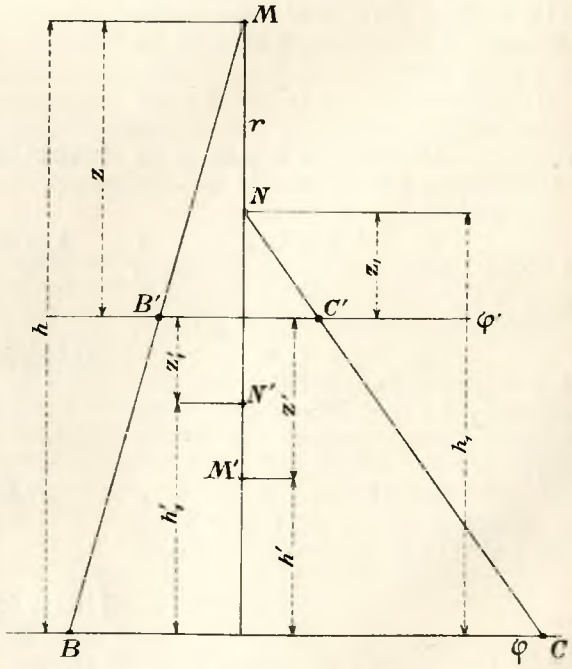


Fig. 88.

e quindi le generatrici di Σ passanti per tale punto saranno immaginarie; parimenti proiettando φ' da un punto di r inferiore ad N, la proiezione sul piano di φ sarà tutta esterna a questa; restano perciò reali le sole generatrici di Σ, che si appoggiano ad r fra M ed N. Se però M' ed N' sono due altri punti di r situati al disotto del piano di φ' e determinati dalle relazioni $\frac{h}{z} = \frac{h'}{z'}$, $\frac{h_1}{z_1} = \frac{h'_1}{z'_1}$, con facile dimostrazione si scorge che per ciascun punto di r compreso fra M' ed N' passano quattro rette, le quali, pur appoggiandosi a φ e φ', ne congiungono punti situati su quadranti opposti, e conseguentemente tali rette sono generatrici di Σ_1.

Correlativamente, nel secondo modo di generazione, si osserva, come il piano ρ seghi φ in due punti diametralmente opposti SS, e φ' in due altri punti S' S'$_1$ anche diametralmente opposti; le rette SS', $S_1S'_1$ saranno generatrici di Σ_1, mentre le SS'$_1$, S'S$_1$ saranno generatrici di Σ_2.

Dunque il sistema semplicemente infinito di rette che rispondono alle condizioni geometriche del problema, si risolve in due distinti sistemi, od in altri termini, le condizioni proposte ci danno due superficie Σ_1 Σ_2 dello stesso grado nelle quali si sdoppia, per così dire, la Σ.

*

Per un noto teorema di geometria, l'ordine o grado della Σ è $n = 2 \times 2 \times 2 \times 1 = 8$, e quindi l'ordine di una sua sezione piana σ sarà anche eguale ad otto; ma, siccome la Σ si sdoppia nelle due distinte superficie Σ_1 Σ_2 che hanno in comune soltanto le tre direttrici e nessuna generatrice, così anche la σ sarà costituita da due curve separate σ_1 σ_2 non aventi alcun punto comune sulle generatrici.

Se il piano secante π incontra la r in un punto P, questo sarà un punto quadruplo di σ e quindi doppio per ciascuna delle σ_1 σ_2, e per esso passerà una di queste, ma mai entrambe; in altri termini, la sezione di Σ con un piano secante r sarà costituita da due curve, di cui una di quarto grado con un punto doppio, e l'altra di quarto grado con un punto doppio isolato: quest'ultima sarà perciò una conica.

Ricordando quanto fu detto nel precedente paragrafo, risulta chiaro che per tutte le sezioni piane che incontrano r fra M ed N la σ_1 è di 4° grado e la σ_2 è una conica; per tutte quelle secanti la r fra M' ed N' la σ_1 è una conica e la σ_2 di 4° grado, e finalmente per tutte le altre sezioni piane tanto σ_1 quanto σ_2 sono coniche; in particolare, le sezioni orizzontali di Σ, (superficie del muro di accompagnamento che si studia) comprese fra i piani di φ e φ' sono coniche; che poi siano ellissi risulta dal fatto, che, per la generazione stessa, la Σ non ha generatrici all'infinito. I centri di tali ellissi, per la simmetria di Σ (e quindi di Σ_1 e Σ_2) rispetto ad r, sono i punti d'incontro di questa retta con i piani orizzontali secanti.

*

È noto che il piano tangente ad una superficie gobba in un punto di una sua generatrice, è il piano tangente nello stesso punto all'iperboloide di raccordamento lungo quella generatrice; è anche noto che tale piano contiene la tangente alla sezione da esso fatta nella superficie; ricordando le proprietà dell'iperboloide di raccordamento, risulta che, essendo le generatrici consecutive a BB'-CC' nello stesso piano con esse, tale iperboloide lungo le BB'-CC' si riduce ai piani AA'BB'-CC'DD' rispettivamente.

Da ciò risulta:

1° Che la Σ_1 risponde completamente alle condizioni del problema proposto, raccordandosi tangenzialmente col fronte della spalla e con quello del muro di rivestimento;

2° Che le sue sezioni piane orizzontali sono, per la parte compresa fra i piani di φ e φ', quadranti ellittici, concentrici e conassici, ed i cui semiassi sono le distanze della retta r dai punti in cui i piani secanti incontrano le BB' CC'.

Di qui si deduce immediatamente la pratica costruzione di Σ_1; disegnate in proiezione orizzontale le φ, φ', dal punto O si conducano delle trasversali che incontrino le $\varphi\varphi'$ rispettivamente in punti SS$_1$S$_2$... S'S'$_1$S'$_2$..; le SS', $S_1S'_1$, $S_2S'_2$... saranno generatrici di Σ_1; perciò, costruite due sagome di legno i cui contorni siano φ e φ', su questi, segnati i punti SS$_1$S$_2$..... S'S'$_1$S'$_2$..... e situate le sagome alle altezze del piano di risega e della sommità, si congiungano con altrettanti fili i punti corrispondenti S S', $S_1S'_1$ $S_2S'_2$..... la superficie così determinata sarà esatta guida all'operaio che deve costruire il muro.

*

Resta ora a calcolare il volume del solido compreso fra i piani orizzontali, superiore ed inferiore, la Σ_1 ed i piani diametrali r. BB', r. CC'; indicando a tal uopo, con φ_z la superficie del quadrante ellittico determinato nella Σ_1 da un piano orizzontale all'altezza z sul piano di risega che supporremo essere quello di riferimento (X-Y), tal volume è dato dall'espressione:

$$V = \int_0^h \varphi_z \, dz \ldots\ldots \qquad (1)$$

essendo h l'altezza totale del muro, ossia la differenza di quote fra la sommità e la risega; e chiamando con a e b i semiassi della φ_z, la (1) può scriversi:

$$V = \frac{1}{4}\pi \int_0^h a\,b\,dz \ldots\ldots \qquad (2)$$

Indicando con A e B i semiassi della φ e con A' e B' quelli della φ' si ha:

$$a = A - \frac{z}{h}(A - A')$$

$$b = B - \frac{z}{h}(B - B')$$

e conseguentemente:

$$V = \frac{1}{4}\pi \int_0^h \left[A - \frac{z}{h}[A - A']\right] \times \left[B - \frac{z}{h}(B - B')\right] dz,$$

che integrata dà:

$$V = \frac{1}{4}\pi \times \left[A\,B\,.\,h - \frac{2\,A\,B\,.\,h}{2\,h} + \frac{A\,.\,B}{3}\,\frac{h^3}{h^2} + \right.$$

$$+ A\,B'\,\frac{h}{2} + A'B\,\frac{h}{2} - \frac{AB'}{3}\,\frac{h^3}{h^2} - \frac{A'B}{3}\,\frac{h^3}{h^2} +$$

$$\left. + \frac{A'B'}{3}\,\frac{h^3}{h^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{3}\,h \times \frac{\pi}{4}\left\{A\,B + A'B' + \frac{AB' + A'B}{2}\right\} \qquad (3)$$

Nel caso concreto, il muro d'accompagnamento ha uno spessore costante o variabile, e quindi la superficie dentro terra è anche una superficie gobba analoga alla Σ_1: in tal caso il volume della muratura si otterrà sottraendo dalla (3) una simile espressione nella quale però in luogo di A, B, A', B' dovranno figurare i valori A_1 B_1 A'_1 B'_1 dei semiassi

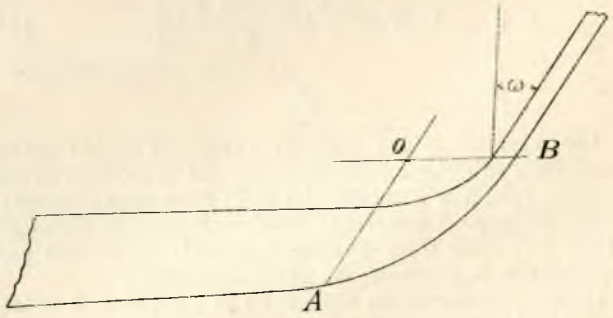


Fig. 89.

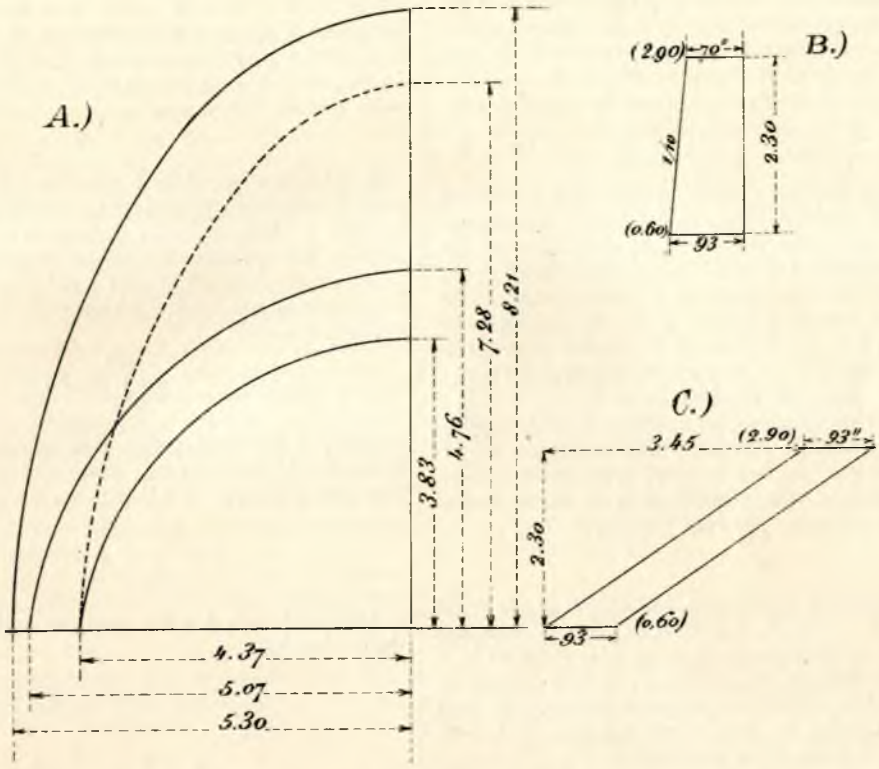


Fig. 90.

delle ellissi che costituiscono gli spigoli interni del muro di accompagnamento. Sarà cioè:

$$V = \frac{1}{3} h \times \frac{\pi}{4} \left\{ A \,.\, B + A'B' + \frac{AB' + A'B}{2} - \right.$$

$$\left. - A_1 B_1 - A'_1 B'_1 - \frac{A'_1 B_1 + A_1 B'_1}{2} \right\} \qquad (4)$$

In ultimo credo utile notare che nel caso dei ponti obliqui in cui il muro di rivestimento suole ordinariamente impiantarsi parallelo all'asse della via, il raccordo si otterrà con una simile superficie, le cui ellissi direttrici avranno per centro la proiezione orizzontale O della retta r (la quale in tal caso sarà la comune intersezione dei piani verticali passanti per il vivo della spalla e l'estremità del muro di rivestimento, e paralleli rispettivamente all'asse della via e a quello del ponte) e per diametri coniugati le parallele O A-O B agli spigoli della spalla e del muro di rivestimento (fig. 89); chiamando perciò ω l'angolo d'obliquità del ponte, si avrà:

$$V = \frac{1}{3} h \frac{\pi \cos \omega}{4} \times \left\{ AB + A'B' + \frac{AB' + A'B}{2} - \right.$$

$$\left. - A_1 B_1 - A'_1 B'_1 - \frac{A'_1 B_1 + A_1 B'_1}{2} \right\} \qquad (4^{bis})$$

*

Applicazione. — Per mostrare quanto sia facile l'applicazione delle suindicate formole ai casi che si incontrano nella pratica, calcolerò il volume dei muri d'accompagnamento a monte del ponte sul torrente *Pantano Piccolo* al chilometro 410 + 857 della linea Taranto-Reggio, la cui costruzione e liquidazione fu occasione del presente studio.

La fig. 90 rappresenta nella scala di 1 a 100 in A la icnografia dell'opera ed in B e C rispettivamente le sezioni trasversali all'impigliatura della spalla e del muro di rivestimento. Applicando la (4) si ha:

$$V = \frac{1}{3} \times 2{,}30 \times \frac{\pi}{4} \times \left\{ 8{,}21 \times 5{,}30 + 4{,}76 \times 5{,}07 + \right.$$

$$+ \frac{8{,}21 \times 5{,}07 + 5{,}30 \times 4{,}76}{2} - 7{,}28 \times 4{,}37 -$$

$$\left. - 3{,}83 \times 4{,}37 - \frac{7{,}28 \times 4{,}37 + 3{,}83 \times 4{,}37}{2} \right\} = m^3\, 17.$$

Reggio Calabria, luglio 1893.

TERMODINAMICA

SOPRA UNA EQUAZIONE ANALOGA A QUELLA DEGLI AERIFORMI VALEVOLE PER I METALLI (1).

Nota del prof. Enrico Boggio-Lera.

Per un noto teorema di Clausius, se m è la massa delle molecole d'un corpo solido, v la velocità corrispondente alla forza viva molecolare media, r la distanza di due molecole, $\phi(r)$ la forza esercitantesi fra di esse, si ha:

$$\Sigma \frac{m v^2}{2} = \frac{1}{2} \Sigma r \phi(r),$$

le somme essendo estese a tutto il corpo.

Se ora noi indichiamo con M la massa del corpo, con V il suo volume, K il calore specifico assoluto, T la temperatura assoluta, E l'equivalente dinamico della caloria, N il numero di molecole nell'unità di volume, $N^{-\frac{1}{3}}$ la distanza media

(1) Lavoro eseguito nel Regio Istituto Tecnico di Catania, giugno 1893. — Nota presentata all'Accademia dei Lincei dal socio Beltrami.

delle molecole, ψ la forza media esercitata sopra una molecola dalle altre molecole, l'equazione di Clausius potrà mettersi sotto la forma:

$$MKTE = N . N^{-\frac{1}{3}} . \psi . V;$$

e ponendo:

$$N^{\frac{2}{3}} \psi = H, \qquad (A)$$

si potrà anche scrivere:

$$\frac{MKTE}{V} = H. \qquad (B)$$

Il primo membro di questa rappresenta l'energia cinetica molecolare del corpo per unità di volume; il secondo, come indica la (A), essendo $N^{\frac{2}{3}}$ il numero di molecole per unità di superficie, rappresenta la forza d'attrazione molecolare per unità di superficie, e quindi è omogeneo col primo. La equazione (B) è dunque simile per la forma all'equazione dei gas perfetti.

Volendo accertare se essa abbia realmente un significato analogo, conviene trovare il significato di H. Confrontiamo a tal fine l'energia cinetica per unità di volume dei metalli con il loro coefficiente di rottura. Volendo utilizzare i valori numerici trovati da Wertheim, notiamo ch'egli prese per unità di forza il chilogrammo, e per unità di superficie il millimetro quadrato; così che noi dovremo esprimere il volume in millimetri cubici, e l'energia in chilogrammo-millimetri.

Ciò posto e ricordando che il calore specifico assoluto dell'idrogeno è 2,4 piccole calorie per grammo, indicando con p il peso molecolare di un metallo relativamente all'idrogeno, il calore specifico assoluto sarà espresso per questo metallo da $\frac{2,4}{p}$ per grammo, e indicando con d la densità, da $\frac{2,4 \times d}{p}$ per c^3, e quindi da:

$$\frac{2,4 \times d}{1000 \times p} \text{ piccole calorie per mm}^3.$$

D'altro canto una piccola caloria è uguale a 0,427 chilogrammetri, ossia a 427 chg.-millimetri; dunque l'energia cinetica di quel metallo per ogni grado di temperatura sarà:

$$\frac{2,4 \times 427 \times d}{1000 \times p} \text{ chg.-millimetri per mm}^3,$$

e per la temperatura assoluta T = 291 corrispondente ai 18° C. ai quali Wertheim faceva le sue esperienze, sarà:

$$\frac{2,4 \times 427 \times 291 \times d}{1000 \times p} \text{ chg.-millimetri per mm}^3.$$

E se conformemente alle nostre formole (A) e (B) questa energia, per unità di volume, misura la forza d'attrazione molecolare per unità di superficie, questa sarà espressa da:

$$\frac{2,4 \times 427 \times 291 \times d}{1000 \times p} \text{ chilogrammi per mm}^2. \qquad (C)$$

La seguente tabella contiene le densità d dei metalli crudi sui quali Wertheim eseguì i suoi celebri esperimenti, i rispettivi coefficienti di rottura da esso determinati in chg. per mm², ed i valori calcolati per H mediante l'espressione (C):

	d	R	H
Oro . . .	18,51	28,40	28,02
Argento . .	10,37	29,60	28,63
Zinco . . .	7,008	15,77	32,06
Rame . . .	8,933	41 —	42,02
Platino . .	21,27	35 —	32,13
Ferro . . .	7,748	65,10	41,26
Palladio . .	11,36	27,20	31,78

Questa tabella mostra che i valori di R ed H sono prossimamente uguali, salvo per il ferro e lo zinco.

Ma in quanto al ferro, io osservo che come lo stesso Wertheim ebbe a riconoscere dall'analisi, il suo campione conteneva solamente 97 parti per 100 di ferro e 3 parti di carbone e silicio; e sapendosi come anche piccolissime quantità di queste sostanze influiscono notevolmente sulla tenacità del ferro, io credo che possa attribuirsi a questa circostanza la superiorità di R rispetto ad H che si verifica per questo metallo. In quanto poi allo zinco, è facile vedere che esso non forma punto eccezione, se si ammette che anche le molecole di zinco solido, come è noto per quelle di vapore di zinco, siano costituite da un solo atomo. Infatti in tale ipotesi, il calore specifico assoluto dello zinco non verrà dato da $\frac{2,4}{p}$ come per gli altri metalli pei quali si ammettono generalmente come per l'idrogeno molecole biatomiche, bensì verrà dato da $\frac{2,4}{2p}$, e per conseguenza prendendo questo valore, risulta per lo zinco:

$$H = 16,03,$$

numero concordantissimo con 15,77. Possiamo quindi concludere che senza eccezione:

« Il coefficiente di rottura dei metalli crudi risulta uguale » all'energia cinetica molecolare per unità di volume », e che sussiste pei metalli crudi la relazione:

$$MKTE = RV$$

fra il volume, la temperatura, e il coefficiente di rottura, e il calore specifico assoluto.

Osservando poi che la (B) si può anche mettere sotto la forma:

$$R = 2,4 N . h . E . T,$$

indicando con h la massa dalla molecola d'idrogeno, possiamo dire ancora che: « purchè la temperatura non sia tale » da togliere ai metalli le proprietà loro conferite dall'incru- » dimento, il coefficiente di rottura è proporzionale al numero » di molecole contenute nell'unità di volume, ed alla tempe- » ratura assoluta ».

Credo che questa deduzione del coefficiente di rottura sia una conferma sicura dell'ipotesi di Clausius intorno all'indipendenza del calore specifico assoluto dallo stato fisico; cosicchè il calore specifico assoluto dei corpi riesce definitivamente determinato dal rapporto del numero 2,4 al peso molecolare riferito all'idrogeno.

Il signor Moutier (1) ha dimostrato che fra il modulo di elasticità v, il calore specifico assoluto, la massa, il volume e la temperatura assoluta, passa la relazione:

$$\frac{1}{2} v = \frac{2 MKE}{\frac{\delta V}{\delta T}} \qquad (a)$$

Ora dalla mia relazione:

$$MKTE = RV$$

si deduce:

$$MKE = R \frac{\delta V}{\delta T} + V \frac{\delta R}{\delta T},$$

e quindi:

$$\frac{2 MKE}{\frac{\delta V}{\delta T}} = 2 \frac{\frac{\delta R}{\delta T}}{\frac{1}{V} \frac{\delta V}{\delta T}} + 2 R.$$

Onde sostituendo nella (a):

$$\frac{1}{2} v = 2 \frac{\frac{\delta R}{\delta T}}{\frac{1}{V} \frac{\delta V}{\delta T}} + 2 R;$$

da cui ponendo:

$$\frac{1}{V} \frac{\delta V}{\delta T} = \alpha,$$

(1) *Comptes-rendus*, 1870, tome LXX, pag. 1315.

ossia indicando con α il coefficiente di dilatazione cubica, si ha:

$$\alpha v = 4 \frac{\partial R}{\partial T} + 4 R \alpha,$$

donde si ottiene:

$$\frac{\partial R}{\partial T} = \frac{1}{4} \left\{ v - 4 R \right\} \alpha. \qquad (b)$$

D'altra parte, dalla medesima mia relazione si ha direttamente:

$$\frac{M K E}{R V} = \frac{1}{T} = \frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T} + \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T},$$

e perciò:

$$\frac{\partial R}{\partial T} = R \left\{ \frac{1}{T} - \alpha \right\}.$$

Quindi da questa e dalla (b) si ricava:

$$\alpha = 4 \frac{R}{v} \frac{1}{T},$$

ovvero ancora indicando con λ il coefficiente di dilatazione lineare:

$$\lambda = \frac{4}{3} \cdot \frac{R}{v} \cdot \frac{1}{T}.$$

Siccome $\frac{R}{v}$ rappresenta il massimo allungamento che può subire alla temperatura T, per trazione, un prisma dell'unità di lunghezza e dell'unità di sezione, così possiamo dire che:

« Il coefficiente di dilatazione lineare dei metalli crudi è » uguale a 4|3 del prodotto del massimo allungamento che » possono subire per trazione, prismi dell'unità di lunghezza » e di sezione, per l'inversa della temperatura assoluta ».

La seguente tabella contiene i valori desunti dalla (c) per i coefficienti di dilatazione lineare alla temperatura T=291, corrispondente ai 18° C. delle esperienze su R e v di Wertheim; ed i coefficienti di dilatazione lineare alla stessa temperatura calcolati mediante i coefficienti di t e di t^2 forniti da Fizeau:

	R	v	λ dalla formula	λ dall'esperienza
Oro	28,40	8131	100×10^{-7}	142×10^{-7}
Argento	29,60	7274	186 »	187 »
Rame	41 —	12449	151 »	161 »
Platino	35 —	17044	94 »	88 »
Palladio	27,20	11759	114 »	114 »

Se si ha riguardo alla circostanza che R e v, ed i coefficienti di dilatazione sperimentali non sono stati determinati sui medesimi campioni, l'accordo fra l'esperienza e la teoria è molto soddisfacente, e quindi possiamo ritenere la nostra (c) come confermata.

MATERIALI DA COSTRUZIONE

LE CAVE DI MARMO ANTICHE DELLA TOSCANA E I NOSTRI MONUMENTI NAZIONALI (*)

La Toscana, colle Alpi Apuane, è senza dubbio la regione d'Italia più ricca, per materiali da costruzione e da ornamentazione, materiali che furono conosciuti ed escavati fino dai tempi antichi ed utilizzati nella costruzione dei numerosi e svariati monumenti edilizi che abbondano in questa parte d'Italia.

Buon numero di detti materiali, quelli cioè più pregiati, furono impiegati anche in monumenti di altre regioni d'Italia e dell'estero, come i marmi delle Alpi Apuane, i broccatelli di Siena, il granito dell'isola d'Elba e del Giglio.

(*) *Rivista del servizio minerario per il 1890.* — Relazione per il Distretto di Firenze.

Antichissime sono molte delle cave della Toscana. Sino dal tempo degli Etruschi erano scavati i marmi delle Alpi Apuane, noti sotto il nome di marmi Lunensi dall'antica città di Luni. Di marmo bianco del Campigliese sono fatte non poche tombe etrusche. Molto antiche sono pure le cave di granito dell'isola d'Elba e del Giglio che venivano lavorate dai Romani, i quali pure scavavano i marmi del Monte Pisano, e gli alabastri orientali di Castelnuovo dell'Abate.

Alcune cave di macigno e di travertino, che fornirono materiali per costruzioni etrusche in diversi luoghi della Toscana, sono tutt'ora aperte e lavorate, come quelle di Fiesole, di Sarteano, di Cortona, ecc.

È sopratutto col macigno (o colla sua varietà la pietra forte) le cui cave sono tanto abbondanti in Toscana, che si è dato ai palazzi e alle costruzioni edilizie di questa parte d'Italia quella caratteristica di severità e quella bella e pregiata semplicità di linee che tanto raramente si ritrova nelle altre regioni italiane...

I marmi delle Alpi Apuane tengono indubbiamente il primo posto fra i materiali decorativi. Vengono quindi i marmi gialli ed i broccatelli, detti di Siena, della Montagnola senese; i marmi bianchi e colorati del monte Pisano, del Campigliese, di Pescaglia, di Monsummano, di Trassilico; gli alabastri orientali di Castelnuovo dell'Abate (comune di Montalcino), estratti sin dall'epoca romana, e di cui si possono vedere delle belle colonne negli altari delle cattedrali di Siena, Orvieto ed altre città; il serpentino verde e nero di Prato, stato adoperato per il campanile di Giotto, il duomo di Firenze, la cattedrale di Prato ed altre chiese della Toscana; il serpentino di Vallerano (presso Murlo), conosciuto nelle arti col nome di marmo nero o verde di Siena, stato utilizzato pel duomo di Siena e per altri edifizi senesi; il granito dell'isola d'Elba e del Giglio, che i Romani adoperarono per fare le colonne del Pantheon; il diaspro fiorito di Barga, che trovò bell'impiego nelle decorazioni delle tombe medicee di Firenze e che, si distingue dagli altri diaspri per il suo bel fondo rosso scuro macchiato e venato di bianco; gli alabastri statuari del Volterrano; le pietre paesine dei dintorni di Firenze e Rignano, e le pietre dure di Monte Ruffoli, del Volterrano, del Senese, del Casentino, ecc.

Fra i principali materiali da costruzione si possono notare il macigno, la pietra serena e la pietra forte di Fiesole, del Galluzzo, della Gonfolina, di Lucignano, di Cortona; i travertini di Asciano, di Montepulciano, Sarteano, Rapolano, Colle Val d'Elsa, Massa Marittima, Cetona, San Quirico d'Orcia, i quali materiali essendo suscettibili di fina lavorazione si prestano benissimo anche alla decorazione di molti monumenti. Merita anche menzione il calcare cavernoso di Rosia (Sovicille) e del Petriccio (Masse di Siena), che servì per la costruzione e decorazione di molti edifizi monumentali di Siena.

Marmi delle Alpi Apuane. — Le cave del Carrarese, dette in antico di Luni ed aperte dagli etruschi, avevano già dai tempi di Plinio il Vecchio, cioè al principio dell'èra volgare, sostituito i famosi marmi greci di Paros e di Pentelico, ed essi furono di poi impiegati in grande scala nei monumenti romani.

Anche i bardigli ed i mischi di Seravezza si trovano utilizzati nella decorazione degli antichi monumenti romani, ed è noto il nome di Seravezza Antica dato al marmo brecciato di Seravezza.

Il Pantheon, costrutto 27 anni prima di Cristo, il Portico d'Ottavia, il Tempio di Giove Tonante e della Concordia, eretti sotto l'Impero d'Augusto dal 27 al 13 avanti Cristo, il Colosseo, la Colonna Traiana, gli Archi di Tito, di Settimio Severo, di Giano Bifronte e di Costantino, ecc., ecc., si possono citare fra i principali monumenti antichi romani abbelliti o costrutti col marmo delle Alpi Apuane.

Molto lunga sarebbe poi la nota dei monumenti medioevali e di quelli moderni che furono decorati coi marmi delle Alpi Apuane, le quali forniscono, come è noto, il materiale più ricercato e più usato per le decorazioni edilizie.

Le cave Lunensi più antiche sembra sieno quelle di marmo statuario di Poggio Domizio ora detto Poggio della Dovizia o Battaglino di Ponente, e quelle del Polvaccio; nonchè le cave di marmo

bianco ordinario di Canalgrande e dei Fantiscritti, la quale ultima località deve il suo nome ad un antico bassorilievo colà rinvenuto rappresentante Giove, Bacco ed Ercole.

Pare che la cava dei Fantiscritti sia stata quella che più di tutte venne lavorata dai Romani i quali lasciarono quivi ed in diversi altri punti della regione marmifera, gigantesche impronte delle loro lavorazioni, sia per le grandi tagliate fatte nella roccia viva per l'apertura di strade o di cave, sia per i grossissimi blocchi abbozzati per farne colonne ed architravi, e stati poi abbandonati, come per esempio ai Fantiscritti, a Gioia, ecc.

La famosa cava di statuario del Polvaccio, da cui uscì la Colonna Traiana, l'Apollo Palatino, il Davide e tanti altri capolavori, può quasi dirsi esaurita per rapporto allo statuario, ed ora da essa si trae quasi esclusivamente il marmo bianco ordinario.

La maggior parte delle antiche cave del Carrarese e del Seravezzese erano naturalmente state aperte ai piedi di quei monti marmorei per le maggiori facilità di scavo e di trasporto, e non raggiungevano in generale i 500 metri di altezza.

Ora però esse sono quasi tutte sepolte sotto l'enorme cumulo di detriti, che le posteriori escavazioni (alcune delle quali situate oltre a 1000 metri sul mare) hanno man mano prodotto, principalmente dopo l'uso della polvere, e dopo l'introduzione delle grandi mine dette a polvere di mezzo o alla francese.

Lo statuario di Monte Altissimo pare non sia stato scavato che nel 1518 da Michelangelo Buonarroti, quando questi ebbe da Leone X la commissione di costrurre la facciata della chiesa di San Lorenzo a Firenze. Questo marmo fu alquanto impiegato in Toscana ai tempi di Cosimo I, che spinse la lavorazione di quelle cave; ma dopo poco esse furono abbandonate e così restarono fin verso la metà del secolo corrente.

I marmi delle Alpi Apuane appartengono geologicamente al Trias superiore. Essi sono più o meno abbondantemente sparsi sopra una zona larga 200 chilometri, che comprende le valli di Carrara, di Massa, Seravezza, Vinci e quella d'Arni. Le principali qualità di marmi apuani sono: lo statuario, il bianco ordinario, il bianco venato o macchiato, il bardiglio, il bardiglio fiorito, il marmo brecciato, mischio o pavonazzetto, il marmo nero ed i cipollini.

Le cave in attività sono circa 500, ed esse vennero tutte indicate negli Annali d'agricoltura 1890, n. 179, *Rivista del servizio minerario* del 1889.

Di queste un buon numero sono più o meno antiche, e fornirono certamente materiali a moltissimi monumenti edilizi. Tuttavia nella presente relazione non si è fatto singolare menzione di tutte le antiche cave del Carrarese, perchè tale enumerazione avrebbe richiesto un grandissimo lavoro che non sarebbe poi riuscito di alcuna pratica utilità. Soltanto si è tenuto conto di talune cave, o meglio gruppi di cave, antichissime, che si sa essere esercitate fino dal tempo degli Etruschi e dei Romani.

Particolareggiate notizie geologiche, tecniche ed industriali sui marmi delle Alpi Apuane furono pubblicate dal Targioni, dal Pilla, dal Repetti, dal Cocchi, Fabri, De Stefani ed altri.

Marmo giallo di Siena, ed altri marmi della Montagnola senese. — I marmi gialli ed i broccatelli detti di Siena sono rinomatissimi tanto in Italia che all'estero, anzi unici al mondo per la loro particolare bellezza, e vennero impiegati largamente per decorare i monumenti del Senese e della Toscana.

Il bel giallo di Siena (e principalmente di Montarrenti) è un marmo di un bel colore giallo miele o giallo d'oro, quasi sempre screziato o sparso di macchie più sbiadite o più cariche del fondo, e sovente con venature giallognolo-violacee, cenerine.

Il bastardo, come quello di Lucerena, è un giallo più smorto, talora con chiazze o con fondo quasi bianchiccio, e colle solite venature cerulee o violacee con veli scistosi, ed è meno saldo, molto crepato ed alle volte un poco più granoso di quello di Montarrenti.

Il superbo broccatello di Montarrenti è un marmo a fondo giallo più o meno acceso, rotato e chiazzato di giallo, pavonazzo o carnicino, con frequenti venature di colore scuro carico. Alle volte detto marmo presenta l'aspetto di una breccia, con fondo persichino o carnicino, con chiazze e venature porporine, biancastre o giallo-screziate.

Il brecciato è un broccatello con minor dovizia di vene e di tinte.

Oltre alle suddette qualità di marmo, che sono le più abbondanti, si hanno pure nella Montagnola altri marmi colorati, come il verde delle Reniere e di Lucerena, il verde chiaro ed il grigio cupo intenso o nero di Gioma o Giomarella, ed il nero di Celsa, i quali sono associati ai marmi gialli.

Qualche volta interposti ai suddetti marmi si trovano dei marmi leggermente ceroidi o paglierini ed anche dei marmi bianchi, e ciò principalmente alla base della formazione dei marmi gialli.

Nella Montagnola Senese si hanno importanti giaciture di bei marmi bianchi cristallini, di sovente saccaroidi i quali furono escavati e impiegati nei monumenti del Senese, come i marmi di Galena, di Pegli, Tonni, Tegoia, Pieve a Molli, ecc.

Si trova anche del marmo statuario, come a Fondi, nella fattoria di Lucerena, e dei bardigli, come a Lucerena, simili a quelli di Campiglia.

Questi marmi bianchi sono abbondantissimi nella Montagnola Senese, e potrebbero essere scavati in grande scala se ad essi non facessero insuperabile concorrenza i marmi delle Alpi Apuane, coi quali hanno bensì una certa rassomiglianza, ma con cui non possono competere, non solo per ragioni topografiche, ma perchè meno belli e pregiati e perchè meno bene si prestano all'estrazione di grossi blocchi, causa i molti peli ed i piani scistosi che generalmente tagliano e limitano gli strati marmorei.

La formazione dei marmi bianchi sembra in alcuni luoghi essere inferiore a quella dei marmi ceroidi e gialli, e ciò indusse il De Stefani a porre i marmi bianchi alla base del Lias inferiore ed i marmi gialli alla parte superiore del Lias inferiore, ed a fare equivalere questi ultimi, per la loro età geologica, ai calcari rossi, gialli o verdi ammonitiferi del monte Pisano (San Giuliano e Santa Maria a Giudice, nella quale ultima località si trova un marmo simile alquanto al giallo di Siena ma assai meno pregiato); ai marmi del Campigliese (Caldana, Castagneto, Gerfalco, Montieri) ed a quelli di Trassilico, di Pescaglia, di Camaiore, dell'Alpe di Corfino (Sasso Rosso). Però mentre nella Montagnola Senese predomina il colore giallo, nelle altre località i marmi sono prevalentemente rossi.

Così, sempre stando col De Stefani, quali corrispondenti dei marmi bianchi cristallini della Montagnola Senise, sotto al punto di vista geologico, si avrebbero i marmi bianchi ed i bardigli di Campiglia, i marmi bianchi ceroidi di San Giuliano, di Vecchiano, ecc.

Tuttavia l'ingegnere Lotti riconobbe recentemente che i marmi della Montagnola Senese appartengono all'epoca triassica e sono quindi geologicamente corrispondenti ai marmi delle Alpi Apuane.

Numerose sono le antiche cave del Senese e quasi tutte si trovano nei due Comuni di Casole d'Elsa e di Sovicille. Una sola, quella cioè di Spannocchia, cade nel comune di Chiusdino. Nei due anzidetti comuni si contano 17 cave, le quali tutte vennero recentemente visitate e sono più avanti sommariamente descritte.

Marmi del Monte Pisano. — Nei monti fra Lucca e Pisa, e precisamente nelle località dette di San Giuliano, dei Bagni della Duchessa, di Santa Maria del Giudice, esistono antiche cave di marmi bianchi, rossi, gialli e neri, che servirono a decorare molti monumenti della città di Pisa e di Lucca. Vuolsi che taluna di dette cave sia stata aperta dai Romani.

È ben noto il marmo nero della Duchessa, di cui fu in parte decorato il duomo di Pisa. Detto marmo fu dal De Stefani riconosciuto appartenere geologicamente all'infralias, cioè essere più antico dei marmi bianchi del Campigliese, e più recente di quelli delle Alpi Apuane. Il calcare infraliasico di colore grigio cupo e generalmente cavernoso, è invece ai Bagni della Duchessa (e precisamente in luogo detto la Punta, tra il Bagno della Duchessa ed il villaggio di Asciano) compatto ed assai nero, listato di bianco, e costituisce una stimata qualità di marmo.

Superiormente a questo calcare sta, presso al Bagno della Duchessa, verso San Giuliano, un calcare ceroide, simile a quello di Campiglia, che fra gli altri luoghi compare anche a Santa Maria del Giudice, ove fu scavato per trarne un marmo bianco o ceruleo con frequenti venature giallognole. Il marmo bianco della Duchessa fu impiegato pel campanile di Pisa e per molte chiese di quella città.

A questo calcare ceroide, che venne dal De Stefani classificato nella parte inferiore del Lias inferiore, succedono in alto, come nel Campigliese, dei calcari rossi e verdi ed in qualche punto gialli, come a Santa Maria del Giudice, che, secondo il citato autore, sono gli equivalenti geologici dei marmi gialli del Senese e dei rossi di molti altri luoghi della Toscana.

Le cave antiche di marmo del Monte Pisano sono:

La cava di marmo ceroide, bianco o venato, fra il Bagno della Duchessa e il paese di San Giuliano. La cava di marmo nero, fra il Bagno della Duchessa ed Asciano, in luogo detto la Punta. Le cave di Santa Maria del Giudice, di marmi bianchi ceroidi, con venature e macchie di marmo bardiglio e di marmo giallo rossastro e brecciato.

Marmi del Campigliese e del Grossetano. — Come già si è accennato, i marmi bianchi del Monte Rombolo furono scavati sino dal tempo degli Etruschi che se ne servirono per le loro tombe nell'antica città di Populonia. Anche i Romani adoperarono questo materiale, ma è sopratutto nel medio evo ch'esso fu maggiormente utilizzato per la decorazione di diversi monumenti della Toscana (Firenze, Siena, Grosseto), fra cui citeremo solo la famosa cupola del duomo di Firenze.

Oltre ai marmi bianchi ed ai bardigli del Monte Rombolo si hanno nel Campigliese de' bei marmi colorati, che acquistarono non poca rinomanza per l'impiego fattone in diversi edifizi monumentali. Sono ben conosciuti il broccatello o mischio della Gherdaresca, presso Castagneto, ed il broccatello o breccia di Maremma, presso Rocca San Silvestro sul Monte Rombolo; il marmo rosso di Caldana (Gavorrano); la breccia varicolore detta Portasanta di Caldana; il rosso di Gerfalco; il rosso e nero di Montieri.

Il marmo bardiglio, che è un marmo a grana grossa con fondo bigio e con qualche macchia e venatura scura, trovasi alla base della formazione marmorea del Campigliese. Ad esso sono sovrapposti i marmi bianchi ceroidi e saccaroidi che hanno grandissima potenza e che fornirono e possono tuttora dare dei bei marmi edilizi, e che anche furono impiegati nell'arte scultoria come lo indica il nome stesso di marmo *pario* dato ad un marmo bianco saccaroide a grana molto grossa, simile all'antico marmo greco dell'isola di Paros. Il marmo pario trovasi in grosse lenti nella massa dei marmi bianchi del Monte Rombolo, ed i cavatori del luogo asseriscono che se ne possono cavare dei grossi blocchi.

Questi marmi ceroidi e saccaroidi, che formano la base del Lias inferiore passano gradatamente in alto alla serie di marmi colorati rossi e verdi, di cui già si è fatta menzione.

La breccia di Caldana, che era tenuta in molto pregio dagli antichi, è un marmo ad elementi angolosi varicolori, ma prevalentemente rossi e giallastri, con fondo bianco incarnato o bruno, il quale è suscettibile di un bel pulimento e di non difficile lavorazione. Questa breccia è conosciuta col nome di marmo Portasanta o Persichino di Caldana.

A Caldana si hanno pure dei marmi rossi, rosei, giallastri e grigichiari, che si possono estrarre in grossi blocchi.

Il broccatello della Gherdaresca è un vero marmo brecciato a fondo carnicino più o meno intenso, con elementi e con vene di un rosso ora più ora meno acceso, che prende un bel pulimento e fu adoperato, fra gli altri monumenti, nel duomo di Firenze ed in quello di Pisa.

Il broccatello, o breccia, di Maremma è una breccia ad elementi più grossi del precedente, con fondo rosso macchiato e frammenti di bianco statuario e di marmi ceroidi. Esso, fra gli altri monumenti della Toscana, fu impiegato nelle Cappelle Medicee di Firenze.

Le cave antiche di marmo del Campigliese sono:

La cava di Bardiglio al campo delle Buche — La cava di Pario — La cava del Grechetto, di marmo bianco — La cava del Giove, di bianco e bianco venato, tutte nelle pendici del Monte Rombolo — La cava di broccatello di Maremma, presso il palazzo Lanzi, sul Monte Rombolo — La cava di marmo rosso delle Barbate, nella contea della Gherdaresca — La cava di broccatello della Gherdaresca, in luogo detto Poggio al Finocchio — La cava di bianco saccaroide, nella contea della Gherdaresca, in luogo detto il Vallino del Quercione — La cava di marmo bianco macchiato delle Ginepraie, nella contea della Gherdaresca — La cava di marmo rosso di Caldana (Gavorrano) — La cava di marmo rosso di Gerfalco — La cava di marmo rosso di Montieri — La cava di marmo nero di Montieri.

Marmi di altri luoghi del Distretto. — Oltre i già menzionati marmi delle Alpi Apuane della Montagnola Senese, del Monte Pisano e del Campigliese e Grossetano se ne hanno altri qua e là nel Distretto, i quali, per quanto non abbiano che un'importanza affatto locale e limitatissima, pure meritano di essere ricordati perchè taluni di essi servirono a decorare monumenti nazionali.

Anzitutto si citeranno i marmi neri e rossi di Monsummano in Val di Nievole, stati impiegati nel duomo di Firenze e nel campanile di Giotto, che formano parte di una potente serie di strati calcarei or grigi or grigio-cupi, ora rossicci e giallognoli, talvolta brecciati ed intermezzati da letti argillosi rosso-cupi. Detta serie, secondo l'ingegnere Zaccagna, rappresenta ad un tempo il calcare rosso del Lias inferiore, il calcare grigio del Lias medio, ed in parte i calcari marnosi del Lias superiore; invece, secondo il De Stefani, il marmo rosso di Monsummano corrisponde geologicamente ai calcari o scisti varicolori del Lias superiore.

Le cave antiche state aperte in questo calcare sono due. Una di marmo rosso, presso i Bagni Parlanti alle falde del Poggio di Monsummano, ora affatto abbandonata, anzi completamente interrata. Una di marmo nero, in luogo detto Le Coste, pure abbandonata.

Si ricorderà poi il marmo nero di Pescaglia, il quale corrisponderebbe litologicamente e geologicamente al marmo nero della Duchessa; il rosso di Pescaglia; il rosso chiaro, venato di bianco, del Colle di Matteo presso Trassilico, sopra il ponte di Panicaglia, con cui, secondo il De Stefani, si sarebbero fatte alcune colonne per uno degli altari dell'Eremo di Calomini; il marmo di Sasso Rosso nel l'Alpe di Corfino (comune di Collemandina), il quale fu adoperato per monumenti della città di Lucca.

È pure noto il marmo rosso del Monte Metanna nelle Alpi Apuane; quello pure rosso di Camajore, e quello di Montalceto in comune di Asciano, ma non si sa se questi materiali furono impiegati in qualche monumento.

Così a Montepulciano sonvi dei marmi neri e rossi che vuolsi siano stati utilizzati per alcuni lavori di decorazione di quella cattedrale, ma non si conosce bene la località da dove essi furono cavati.

Anche nell'isola dell'Elba si hanno dei bei marmi bianchi e bianchi venati a struttura molto cristallina e sovente quasi lamellare, a somiglianza del marmo Pario. Il marmo bianco, a grana di pario, trovasi al Monte d'Arco; ma difficilmente esso permette l'estrazione di grossi blocchi causa i numerosi piani di distacco della roccia.

A Valdana, presso Calamita, si ha anche un vero marmo saccaroide stato scavato pel passato, ma neppure questo si sa per quali monumenti abbia servito. L'età dei marmi dell'Elba è molto antica, e risale all'epoca paleozoica.

Infine ci limiteremo a far menzione del così detto marmo di San Martino (Pontassieve), che è un calcare bigio chiaro marnoso, con vene di spato, suscettibile di pulimento; del marmo rosso di Trequanda; del marmo lumachella di Castelnuovo Berardenga; del marmo statuario e brecciato di Castiglion d'Orcia; del marmo bianco e nero di Chianciano; del marmo mischio di Castel Ruggero, presso Firenze; del marmo brecciato dell'Incisa; dal marmo verde serpentinoso, o polzevera, di Santa Caterina d'Elba. È ben poco probabile

che detti marmi sieno stati impiegati in monumenti edilizi; ma tuttavia siccome essi figurano nella raccolta di materiali da costruzione esistente nell'Istituto tecnico Galileo in Firenze, e sembrano suscettibili di qualche applicazione, si è creduto di non escluderli affatto da questa rapida rassegna dei diversi marmi della Toscana.

Ing. Paolo De Ferrari.

NOTIZIE

La ferrovia elettrica aerea di Liverpool. — Sebbene le ferrovie sopraelevate dal suolo mediante viadotti, o aeree, come si dice comunemente da noi, abbiano preso uno sviluppo enorme in America, l'idea pratica di simili costruzioni appartiene agli ingegneri inglesi. Fino dal 1852 era stato presentato un progetto per una ferrovia a semplice binario che sopra viadotti in ferro avrebbe attraversato i *docks* di Liverpool; questo progetto non fu tenuto in seria considerazione al pari di molti altri presentati negli anni successivi; ma per l'aumento continuo del traffico si rendeva indispensabile una pronta soluzione, e nel 1889 si costituiva una Società per dar corso al progetto della ferrovia attuale a due binari. Per dare un'idea dell'entusiasmo sollevato da questa impresa, basti dire che il progetto di massima prevedeva una spesa di 11,250,000 lire, e che la sottoscrizione per azioni apertasi il 24 marzo 1889 veniva chiusa il giorno successivo con una somma più che doppia di quella richiesta.

Dopo quasi tre anni di lavoro, il 4 febbraio scorso veniva inaugurata questa ferrovia, che rappresenta uno dei lavori più arditi e completi dell'ingegneria moderna; noi cercheremo di darne una descrizione abbastanza esatta, almeno per quanto riguarda la parte elettrica.

La ferrovia è quasi interamente composta di ferro lavorato ed attraversa i *docks* seguendo in gran parte il tracciato della vecchia ferrovia a cavalli, la quale, oltre al trasporto delle merci, serviva anche per il servizio passeggieri con degli *omnibus* muniti di ruote speciali che permettono di abbandonare il binario in caso di bisogno; il servizio passeggieri viene ora fatto esclusivamente dalla nuova ferrovia.

Questa è composta essenzialmente da una serie di pilastri in ferro, alti m. 4,88 dal suolo e riuniti alla parte superiore da un arco trasversale molto ribassato, i quali sono normalmente ad una distanza di m. 15,40 e sostengono due travate metalliche ad anima piena; alcune delle luci sono di m. 30.80 con travate a traliccio ad arco parabolico. Il pavimento è formato da traverse di lamiera di ferro di sezione semicircolare — sistema Hobson — sulle quali sono direttamente fissate le lungarine con le traversine in legno che portano le rotaie e il conduttore della corrente elettrica.

La linea ha una lunghezza totale di 9600 metri, ma verrà in seguito prolungata dalle due parti in modo da raggiungere la lunghezza di 15 chilometri. Lungo il percorso vi sono tre ponti girevoli ed uno levatoio per il passaggio dei bastimenti: essi sono mossi idraulicamente.

Le stazioni sono 14. Ve ne sono di due tipi: quelle principali sono ricoperte da una grande tettoia ed hanno quattro scale d'accesso; le secondarie sono più semplici. I marciapiedi d'accesso alle vetture trovansi a m. 0,93 sul piano delle rotaie.

Dopo serie considerazioni sui diversi sistemi di trazione da adottarsi, fu data la preferenza a quello elettrico.

La stazione di produzione della corrente è collocata quasi al centro della linea. Sei caldaie Lancashire forniscono il vapore a quattro motori orizzontali compound con valvole Corliss, da 400 cavalli, i quali a mezzo di 19 corde di cotone trasmettono il movimento a quattro dinamo Elwell Parker, tipo bipolare in derivazione che con 400 rivoluzioni al minuto danno una corrente di 475 ampere a 500 volt.

Gli induttori sono formati da due elettromagneti doppi a ferro di cavallo, disposti verticalmente in modo che la metà superiore può essere facilmente rimossa per ispezionare o togliere l'armatura.

Le quattro dinamo sono riunite in parallelo; dalle sbarre comuni la corrente attraversa un interruttore magnetico automatico e va alla linea per mezzo di *cordoni sotterranei*.

Sull'asse di ciascun binario corre una verga d'acciaio dalla quale per mezzo di uno sfregatore speciale la corrente passa al motore elettrico della vettura e quindi alle rotaie che completano il circuito. La verga d'acciaio, che è d'una composizione speciale d'alta conduttività elettrica, ha la forma di un canale rovesciato (fig. 90) ed è appoggiata ad isolatori di porcellana, fissati alla loro volta sopra traversine di legno: fra l'asta d'acciaio e l'isolatore è interposta una sottile lastra di piombo; la continuità fra le diverse parti del conduttore è assicurata per mezzo di giunture in rame.

Il collettore della corrente è costituito da due blocchi di ghisa in forma d'orecchioni, sospesi alla parte anteriore del carro, ed isolati da esso; questi orecchioni strisciano sull'asta d'acciaio e ricevono la corrente che trasmettono al motore. Essi hanno una larghezza sufficiente per appoggiarsi contemporaneamente a due conduttori nell'incrocio di questi con le rotaie negli scambi, come apparisce nella parte punteggiata della figura 91.

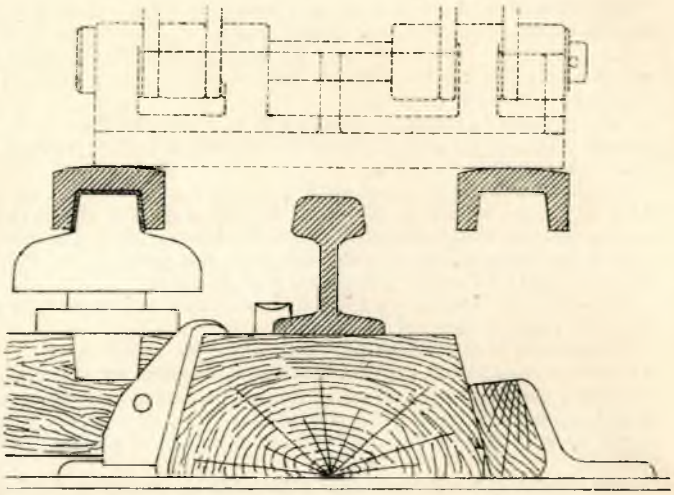


Fig. 91.

Allo scopo poi di evitare la produzione d'un corto circuito fra il conduttore stesso e le rotaie, che come si è detto servono al ritorno della corrente, il conduttore trovasi più alto di circa cm. 2,5 sul piano delle rotaie. Nella figura, che rappresenta una sezione trasversale dei ferri in uno scambio, si vede bene anche come è fissato il conduttore alla traversina e il modo d'attacco di questa e della rotaia alla longarina di legno.

Le vetture che hanno la lunghezza di quasi 14 metri, riposano su due carrelli a quattro ruote; uno dei carrelli porta il collettore ed il motore elettrico. L'armatura è montata direttamente sull'asse, che gira con una velocità di 250 a 300 giri al minuto; gl'induttori sono quattro con avvolgimento in serie. Nelle prove dinamometriche fatte su questi motori, lo sforzo torcente alla periferia delle ruote fu di chilogrammi 77 con una corrente di 30 ampere; di chilogrammi 204 con 50 ampere e di chilogrammi 480 con 80 ampere.

Ogni treno è composto di due vetture, che vengono disposte in modo da avere un motore in testa e un motore in coda al treno stesso. Le vetture sono munite di freni a mano e di freni Whestinghouse ad aria compressa. Esse hanno un corridoio centrale ed i sedili disposti trasversalmente; possono contenere 57 passeggeri ciascuna, 16 di prima e 41 di seconda classe, e portano all'estremità un piccolo compartimento riservato al personale di servizio. Il treno a pieno carico pesa 40 tonnellate circa.

Le vetture sono illuminate con lampade ad incandescenza alimentate dalla corrente che è fornita dal conduttore centrale. Le 14 stazioni sono provviste di due batterie d'accumulatori, di 27 elementi ciascuna, le quali servono per l'illuminazione locale e per il funzionamento dei segnali lungo la linea.

L'inaugurazione ufficiale della linea ha avuto luogo il 4 febbraio; ma l'apertura al servizio pubblico non è stata fatta che il 6 marzo. Per ora i treni si succedono con un intervallo di dieci minuti, che si è già pensato di ridurre a cinque; ma la linea è provvista di un *block-system* elettrico automatico, che permetto di ridurre questo intervallo a tre minuti.

I prezzi di trasporto sono fissati in centesimi 30 per la 1ª classe ed in centesimi 20 per la seconda, qualunque sia il percorso.

Nel primo giorno di servizio il numero dei viaggiatori fu di 17541 con un introito di oltre 4100 lire.

Il costo totale di questa ferrovia, compreso il materiale mobile, ammonta a quasi 1,300,000 lire per chilometro.

(*L'Elettricista*). I. Brunelli.

Il Canale di Corinto. — Il 20 agosto è stato inaugurato solennemente il Canale di Corinto, che congiunge i due golfi di Egina e di Corinto.

Quest'opera colossale, ideata 600 anni prima di Cristo, tentata dopo da Claudio, Caligola e Nerone, fu proseguita, sullo stesso tracciato neroniano, dagli ingegneri della *Société internationale du Canal maritime de Corinthe*, fondata nel 1881.

All'illustre generale Türr, ungherese per origine ed italiano per cittadinanza, spetta il merito della ripresa del progetto di perforare l'istmo di Corinto. Egli ne affacciò l'idea fino dal 1856 e fu aiutato efficacemente da Ferdinando Di Lesseps.

Gli avvenimenti politici del 1860 in Italia, cui Türr prese parte molto attiva, ritardarono l'attuazione del progetto sino a che Türr, incoraggiato dal successo del Canale di Suez, si accinse di nuovo alacremente all'opera.

Egli ottenne dal Governo greco la concessione, e fondò la suddetta Società con un capitale di 35 milioni di franchi.

La costruzione del Canale durò 11 anni; avrebbe dovuto essere compiuta nel 1891: ma le difficoltà del perforamento delle roccie ritardarono i lavori di due anni.

La lunghezza del Canale di Corinto è di sei chilometri. Esso va dal porto di Kalamaki nel golfo di Egina sino al golfo di Corinto tra New-Corinto e Lutraki.

La quantità di pietre e sassi che si è dovuto rimuovere per l'apertura del Canale, ascende a 10 milioni di metri cubi, e si calcola che a tal uopo sieno stati impiegati 2 milioni di chilogrammi di dinamite.

Alle due estremità del Canale sono sorte due nuove città: Polidonia sul golfo di Corinto, Isthmia sul golfo di Egina.

La ferrovia da Atene a Patrasso e rispettivamente Nauplia passa sopra un ponte di 80 metri di luce sul Canale.

Le spese per la costruzione del Canale ascesero a 26 milioni. Si dovettero costruire i porti, una ferrovia per il trasporto del materiale, abitazioni per gli ingegneri ed operai ed un faro a luce elettrica. Quest'opera che Nerone aveva iniziato con 6000 schiavi, in gran parte israeliti, fu compiuta con 2000 operai italiani, montenegrini ed albanesi.

Per il commercio internazionale, la possibilità di evitare il giro del capo Matapan, astraendo dalla diminuzione dei pericoli della traversata marittima, equivale ad un risparmio di 185 miglia marittime per le provenienze dall'Adriatico dirette al Pireo e ad un risparmio di 95 miglia marittime per le navi provenienti dal Mediterraneo e dirette al Pireo.

L'inaugurazione del Canale di Corinto è considerata dai popoli di tutto l'Oriente come il principio di un'era novella per i loro commerci e per le loro comunicazioni internazionali.

Anche per l'Italia questo avvenimento non deve passare con indifferenza, poichè il passo marittimo di Corinto abbrevia della metà la distanza dall'Italia ad Atene, a Salonicco, a Costantinopoli, a Smirne, al mar Nero, e nessuno potrebbe contendere all'Italia, ov'ella fosse desta ed intraprendente, il primato su quelle linee navali commerciali.

Le navi italiche dall'Adriatico e dall'Jonio possono, in brev'ora, pel nuovo Canale di Corinto, entrare nell'Egeo e nel Bosforo evitando il giro del Peloponneso ed i pericolosi paraggi dell'isola di Candia e dei capi Matapan e Malia.

Anche per quest'opera di Corinto non mancarono contrasti, fatiche, pregiudizî e dolori. Abbattuta, pel *crac* del *Comptoir d'Escompte*, la Società primitiva, non senza perdite per gli azionisti e stenti non lievi si fondò la nuova Società del *Canale Corintio*, a cui il Governo ellenico diede la concessione, per compiere i lavori. Il primo colpo di piccone era stato dato il 18 aprile 1882, l'ultimo è stato in luglio del 1893.

L'apertura del Canale di Corinto può essere il risorgimento dell'operosità e dell'influenza marittima e commerciale degl'Italiani in Oriente.

La navigazione nel Canale di Corinto è libera alle navi di ogni paese purchè non peschino più di m. 7,20 e che non siano larghe più di 20 metri. I velieri da più di 20 tonn. dovranno farsi rimorchiare.

La Società fissa alle navi le partenze e le fermate. È autorizzata la navigazione notturna. La tassa di pedaggio è provvisoriamente la seguente:

Vapori provenienti o in destinazione dell'Adriatico: Centesimi 60 per tonn. per le navi da passeggieri. — Centesimi 50 per tonn. per le altre.

Vapori non provenienti o non destinati all'Adriatico: Cent. 50 o 40 per tonn. a seconda che si tratti di navi da passeggieri od esclusivamente da merci.

In tutti i casi si percepirà un franco per passeggiero.

Le spese del rimorchio fatto a mezzo di rimorchiatori della Società sono stabilite in cent. 10 per tonnellata con un *minimum* di 50 franchi; quelle di pilotaggio a centesimi 1 1|2 con un *minimum* di 10 franchi.

I rimorchiatori privati pagheranno come le navi in transito.

(*Rivista Generale delle Ferrovie*).

L'ora universale in Italia. — Con Regio Decreto del 10 agosto fu stabilito che a partire dal 1° novembre prossimo il servizio ferroviario in Italia verrà regolato col tempo solare medio del meridiano situato a 15° all'est di Greenwich, e che il computo delle ore di ciascun giorno si farà da una mezzanotte all'altra, come già si pratica nel servizio telegrafico.

Siamo stati dei primi a propugnare tale riforma (v. *Ingegneria Civile*, anno 1891, pag. 46) e non possiamo che lodare il Ministro dei Lavori Pubblici per avere introdotto la nuova ora nel servizio delle ferrovie, mentre è certo che il servizio ferroviario finirà coll'imporre la sua ora a tutti gli altri servizî sì pubblici che privati.

L'Italia adottando l'ora media del 15° grado all'Est di Greenwich, ossia del meridiano che passa per Stargard in Germania e per l'Etna, adotta il così detto tempo dell'Europa centrale, cioè quello del 2° fuso orario, nel quale essa è tutta compresa, ad eccezione dei paesi posti all'ovest di Mondovì.

In conseguenza il nuovo tempo delle ferrovie italiane anticipa di un'ora esatta su quello di Greenwich, e di 10 minuti sul tempo medio di Roma finora adottato in tutto il Regno.

Col nuovo tempo riesce quindi più spedito il ragguaglio delle ore fra i diversi Stati che adottarono il sistema dei fusi orari col meridiano iniziale di Greenwich, sapendosi che fra un fuso e l'altro corre esattamente la differenza di un'ora, in più o in meno a seconda che gli Stati sono all'est o all'ovest del meridiano iniziale.

G. S.

NECROLOGIA

Il prof. Daniele Colladon di Ginevra

N. IL 15 DICEMBRE 1802 — M. IL 30 GIUGNO 1893.

Nella grave età di 91 anni, in Ginevra, ov'era nato, si spense senza agonia, senza apparente soffrire, in pace con sè come con tutti, l'ingegnere Giovanni Daniele Colladon. Membro dell'Accademia delle Scienze di Parigi e di quella di Torino; carico di onori, ma più ancora di gloria, meritamente acquistatasi in una lunga ed attivissima carriera scientifica ed industriale.

Discendente di antica famiglia protestante, originaria del Berry, andata a Ginevra in seguito alla revoca dell'Editto di Nantes, il giovane Colladon, benchè poverissimo, trovò mezzo di recarsi a perfezionare a Parigi i suoi primi studi, spiegando di buon'ora le belle doti intellettuali di cui natura l'aveva fornito.

Le sue prime osservazioni sulla propagazione dei suoni nell'aria, chiamarono tosto l'attenzione dei dotti su di lui, e tra dessi di Ampère e di Sturm, il celebre matematico ginevrino, col quale intraprese le sue belle esperienze sulla compressibilità dei liquidi.

Appartengono pure al primo periodo della sua vita scientifica quelle sue curiose osservazioni sulle proprietà delle vene liquide effluenti e particolarmente quella di trascinare le onde luminose proiettate alla sezione d'efflusso. La bella esperienza di fisica fatta per la prima volta a Parigi nel 1841, ebbe la sua splendida applicazione nelle attuali fontane luminose cotanto ammirate a Parigi all'Esposizione universale del 1889.

Il prof. Colladon cominciò ad insegnare meccanica applicata nella Scuola Centrale di Arti e Manifatture fin dalla fondazione di quell'importante Istituto, cioè dal 1831 al 1839, anno in cui gli fu creata in patria un'apposita cattedra all'Accademia di Ginevra. E quivi seguitò ad occuparsi di ricerche fisiche, ed a partire il tempo fra la scienza e le applicazioni industriali. Fu il fondatore ed il primo ingegnere, più tardi il presidente della Società per l'illuminazione a gaz della città di Ginevra; promosse coll'opera e col consiglio l'introduzione del gas luce in gran numero di città svizzere. Fu pure chiamato a Napoli nel 1862 per adempiervi lo stesso incarico.

Fu dei primi a prevedere le applicazioni dell'aria compressa alla trasmissione del lavoro a distanza, ed alla perforazione dei lunghi tunnels. Seguì con intelligente interessamento la realizzazione di quelle idee e le scoperte ed i progressi dei tre grandi piemontesi che si cimentarono ardimentosi, auspice il mondo intero, nel primo traforo delle Alpi; ed applaudì ai loro successi.

Istintivamente dominato da spirito inventivo, che per ciò stesso lo portava a continue ricerche in ogni ramo della fisica; ricco di cognizioni teoriche e di pratiche osservazioni; poichè l'occasione del traforo del Gottardo glie ne porse l'occasione, apportò nuovi ed importanti perfezionamenti ai compressori dell'aria, e fu di quella impresa, come dello sventurato Luigi Favre, il primo consigliere tecnico, e quasi la mente ispiratrice.

Fra le molteplici sue invenzioni non vogliamo dimenticare la sua ruota idraulica galleggiante per corsi d'acqua a livello variabile; ingegnoso trovato che non ha reso ancora gli importanti servizi a cui era destinata.

Da molto tempo il prof. Colladon era affetto da sordità che recavagli molta noia, e che ci spiegano certi suoi studi sul mezzo pratico per rimediarvi; il quale consisterebbe in certe membrane vibranti da tenersi fra i denti, e che surrogherebbero vantaggiosamente gli antichi cornetti acustici.

G. SACHERI.

SACHERI GIOVANNI, *Direttore*. Tip. e Lit. CAMILLA E BERTOLERO, Editori. L. F. CAMILLA, *Gerente*.

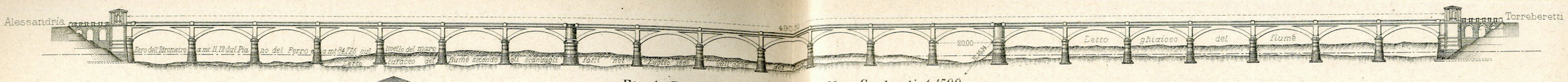


Fig. 1. *Prospetto generale a valle - Scala di 1:1500*

Fig. 2. *Prospetto di una spalla*

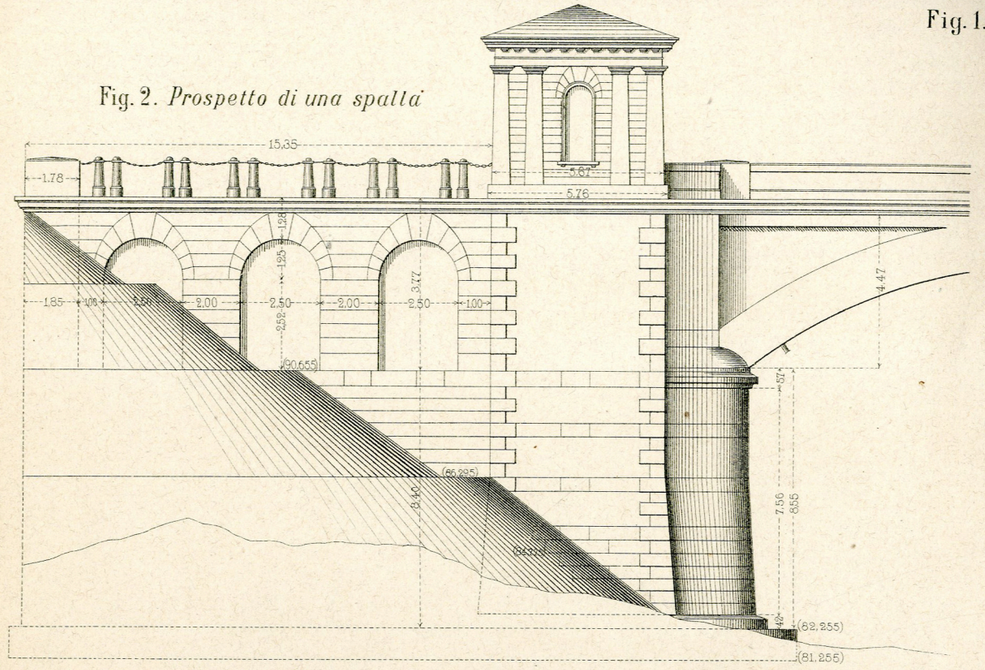
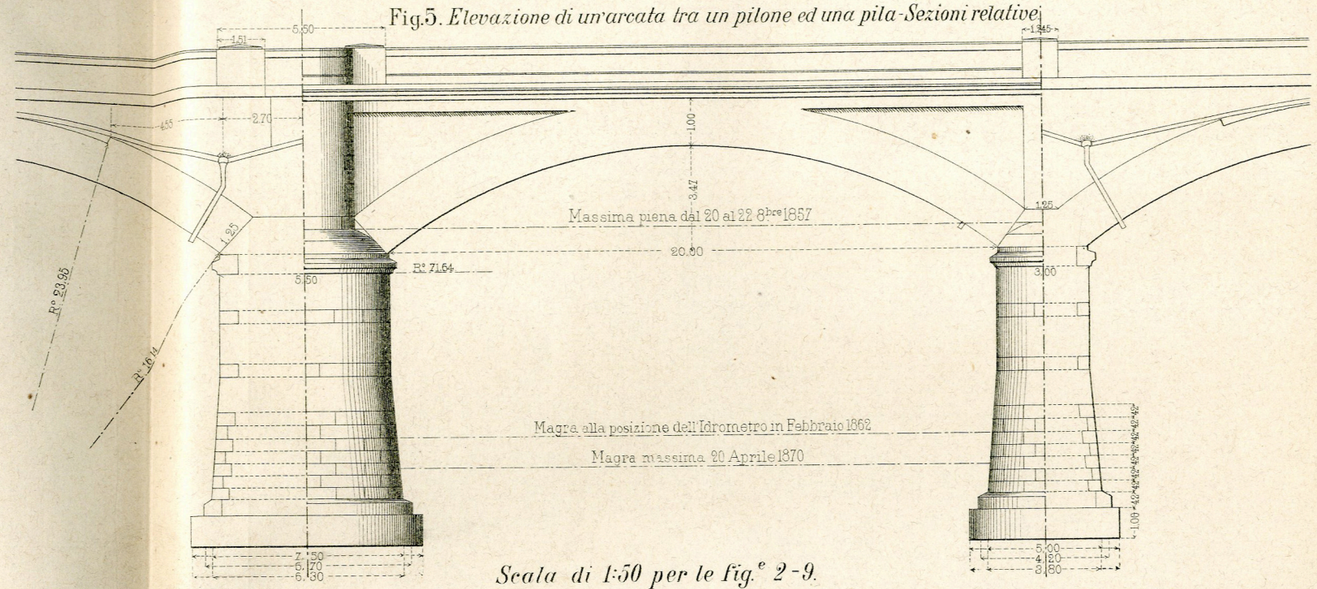
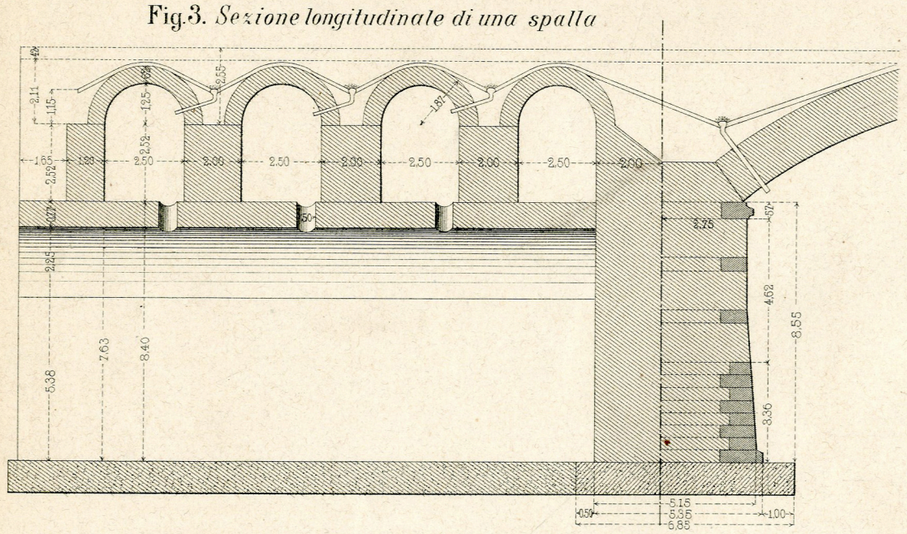


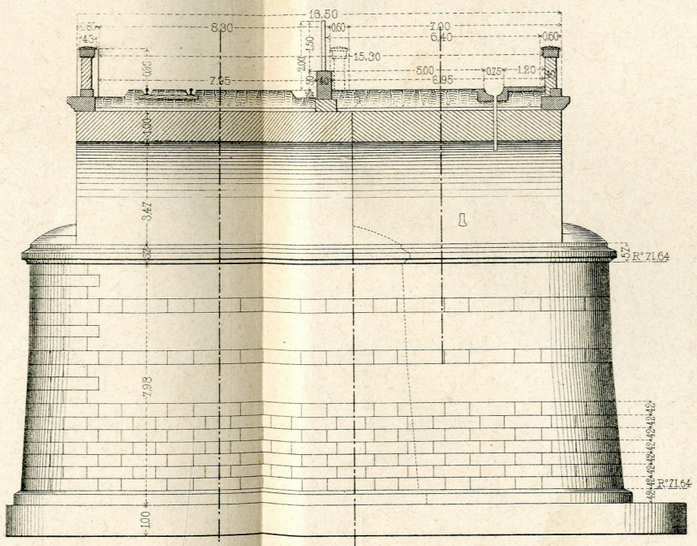
Fig. 5. *Elevazione di un'arcata tra un pilone ed una pila - Sezioni relative*



Scala di 1:50 per le fig.e 2-9.

Fig. 3. *Sezione longitudinale di una spalla*





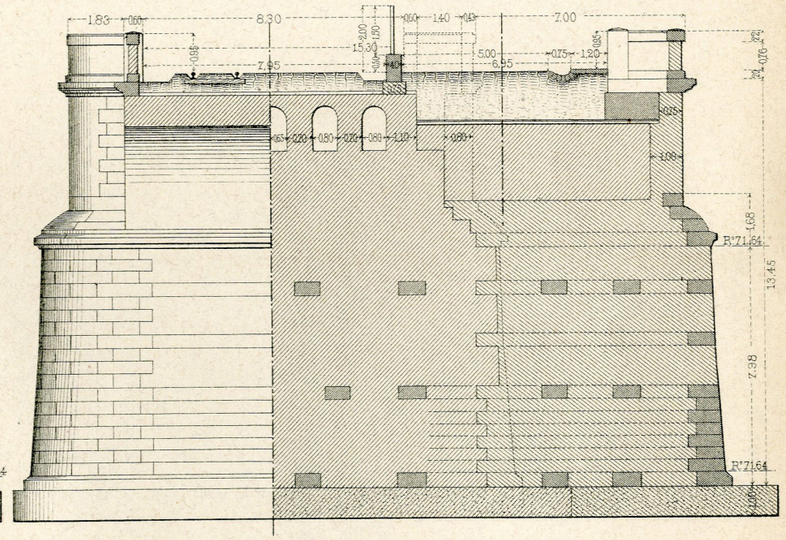


Fig. 4. *Sezione e pianta di parte di una spalla*

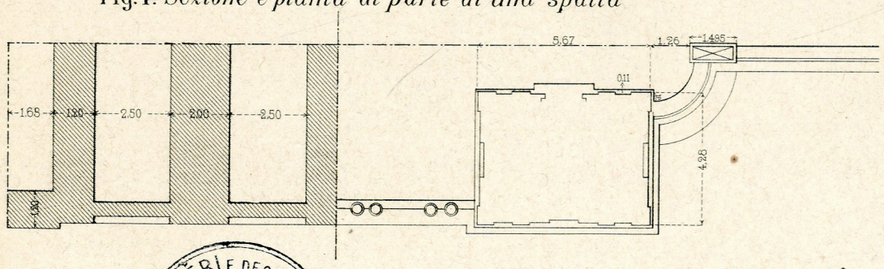


Fig. 6 e 7. *Pianta ed elevazione di una pila*

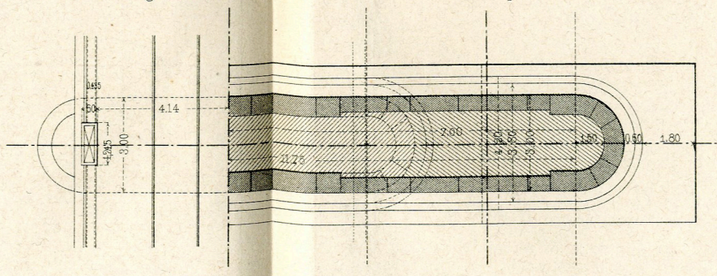
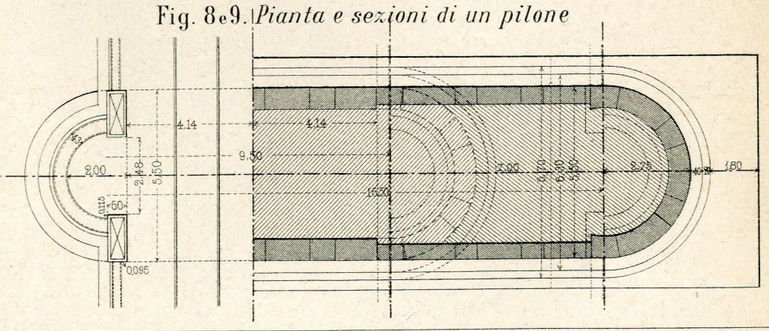


Fig. 8 e 9. *Pianta e sezioni di un pilone*



Tip. Lit. Camilla e Bertolero - Torino

INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

PONTE SUL PO PRESSO VALENZA (Tav. I.)

Fig. 1. Andamento dell'alveo del Po a monte ed a valle del Ponte

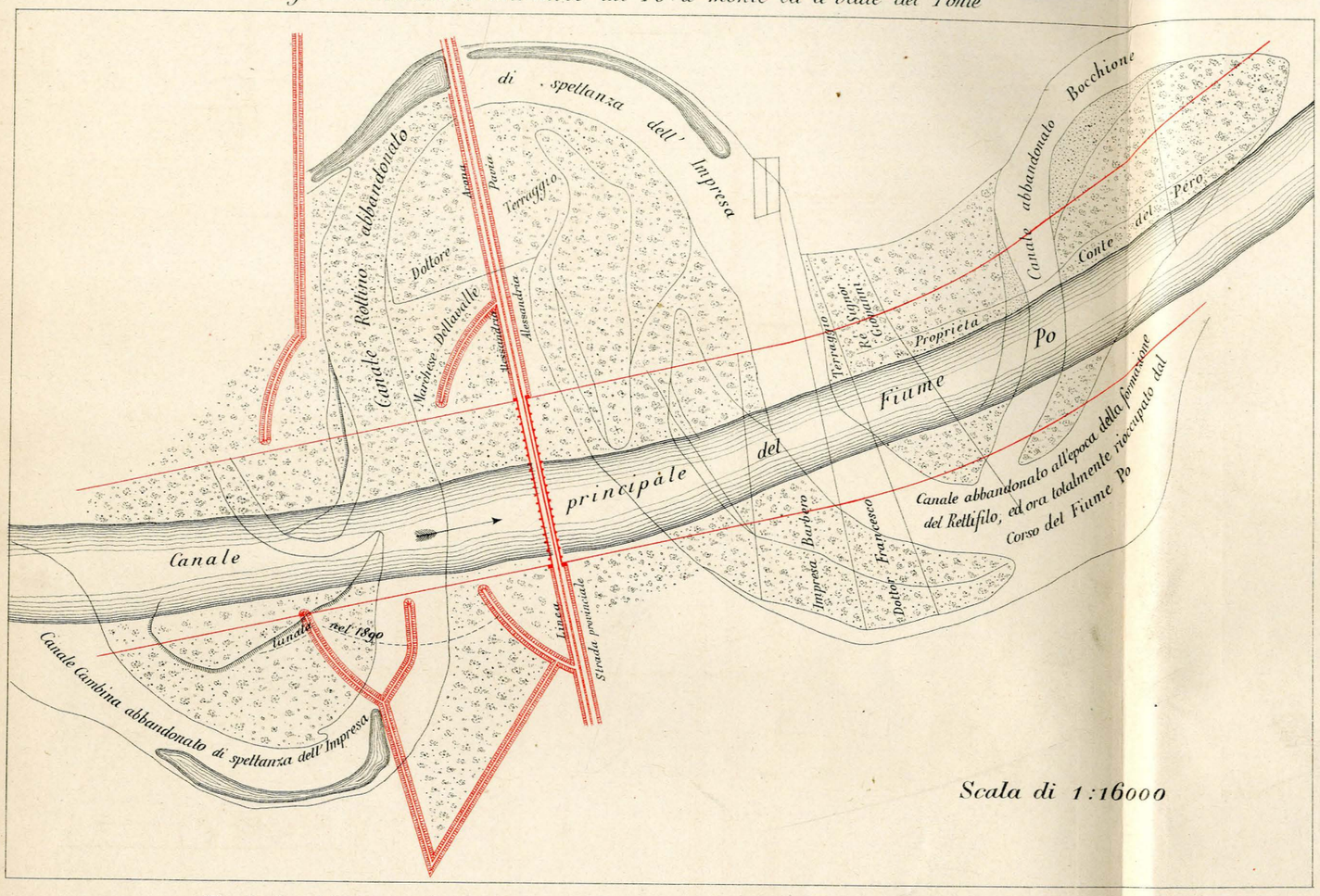


Fig. 2. Stralcio del profilo del Ponte. Scala di 1:1000 per le lunghezze e di 1:100 per le altezze

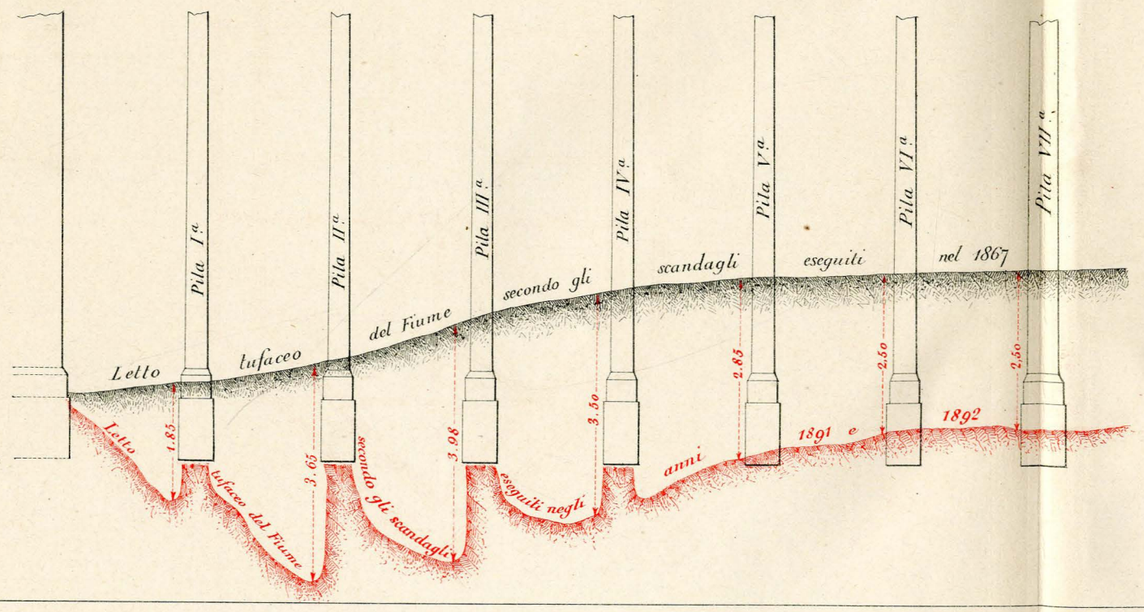
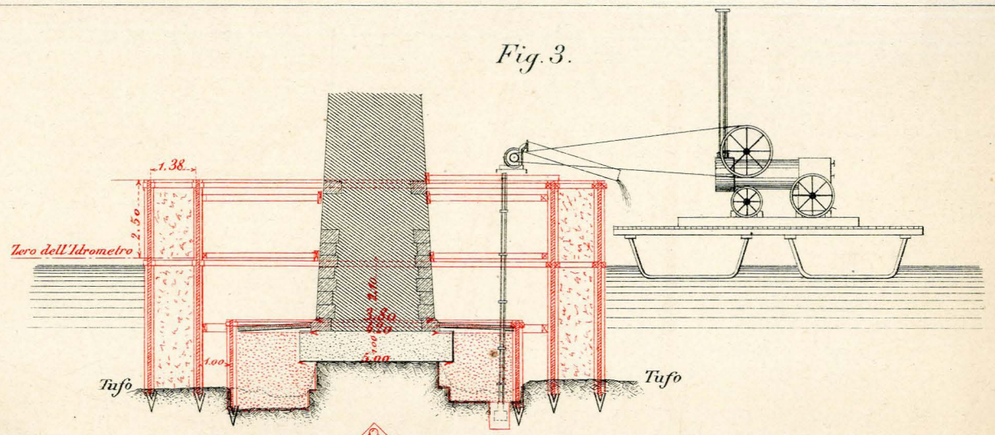
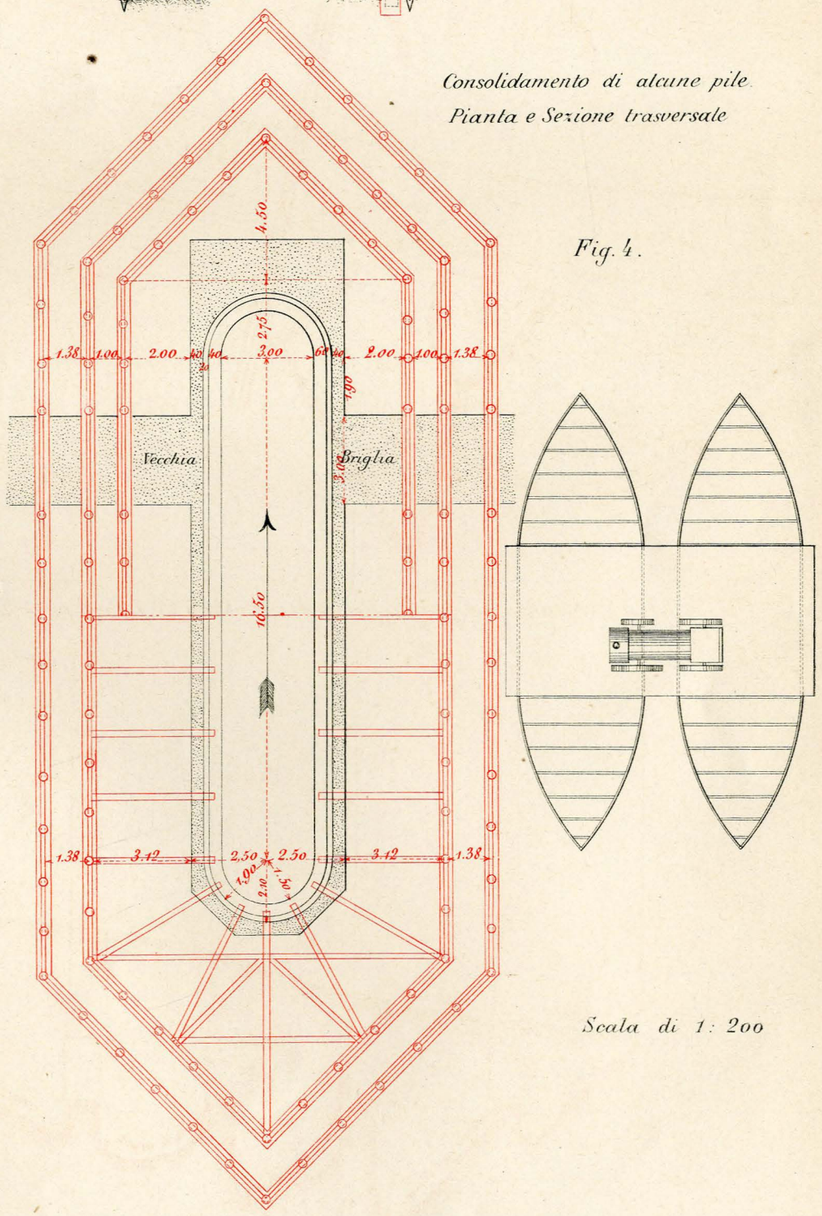


Fig. 3.



Consolidamento di alcune pile
Pianta e Sezione trasversale

Fig. 4.



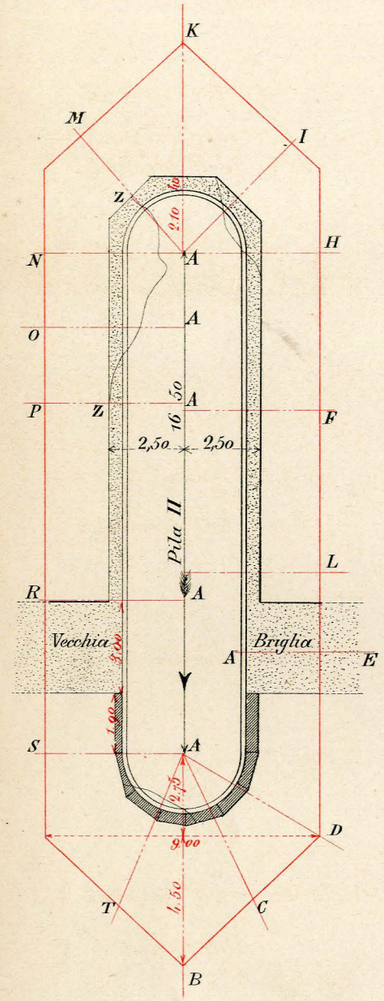
Scala di 1: 200

Tip-Lit. Camilla e Bertolero, editori - Torino

PONTE SUL PO PRESSO VALENZA

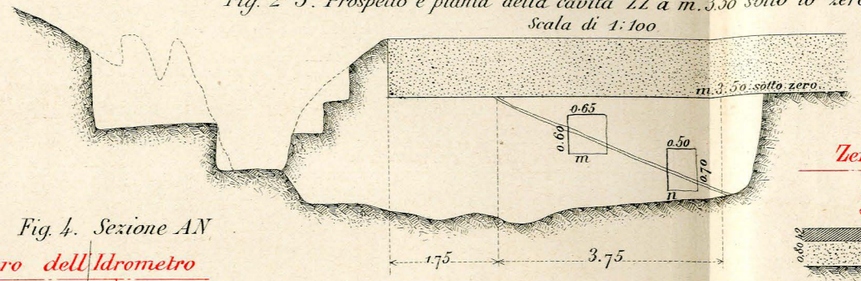
Consolidamento delle fondazioni (Tav. 2.a)

Fig. 1. Pianta della II Pila



Consolidamento delle fondazioni della II Pila

Fig. 2-3. Prospetto e pianta della cavità ZZ a m. 3.50 sotto lo zero.
Scala di 1:100



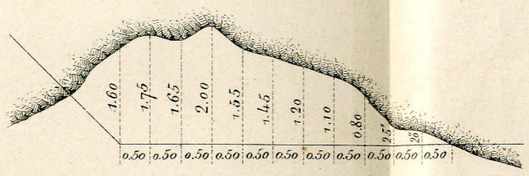


Fig. 4. Sezione AN

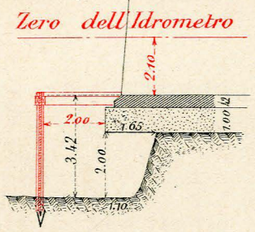


Fig. 7. Sezione AB

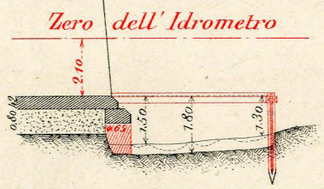


Fig. 5. Sezione AO

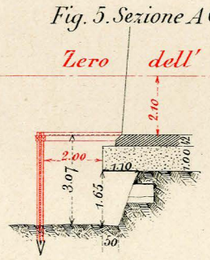


Fig. 6. Sezione AP

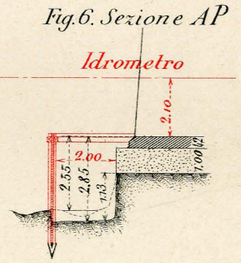


Fig. 8. Sezione AD

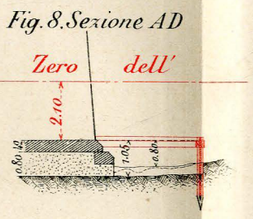


Fig. 9. Sezione AE

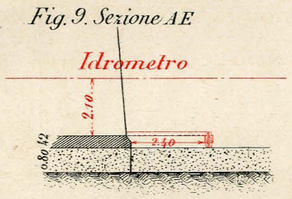


Fig. 10. Sezione AL

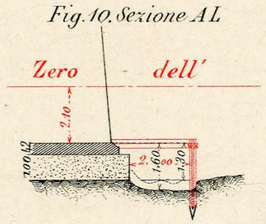


Fig. 11. Sezione AT

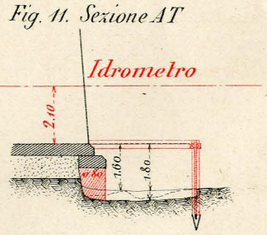


Fig. 12. Sezione AS

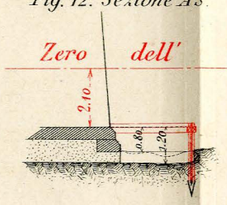


Fig. 13 Sezione AR

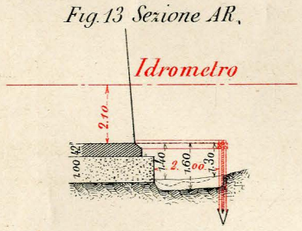


Fig. 14. Sezione AK

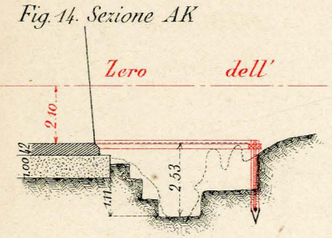


Fig. 15. Sezione AM

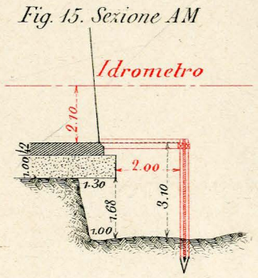


Fig. 16. Sezione AI

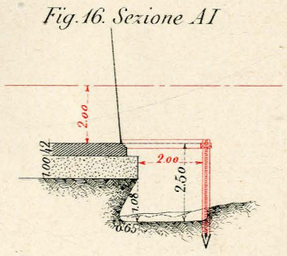


Fig. 17. Sezione AH

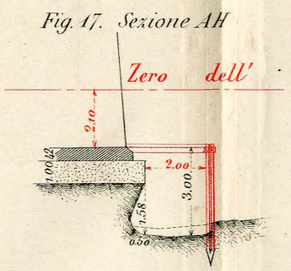
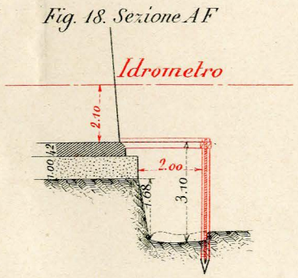


Fig. 18. Sezione AF



Consolidamento delle fondazioni della III Pila

Fig. 19. Pianta

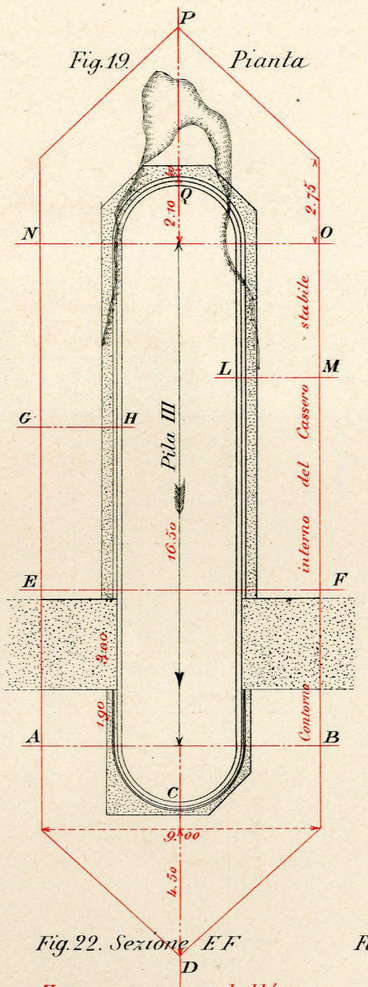


Fig. 20. Sezione AB

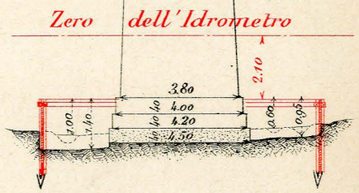


Fig. 21. Sezione CD

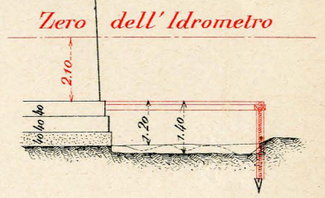


Fig. 22. Sezione EF

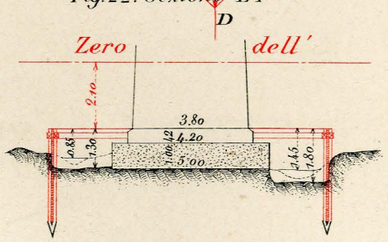


Fig. 23. Sezione GH e Sezione LM

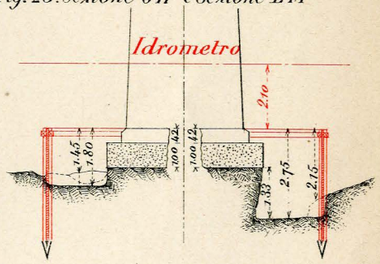


Fig. 24. Sezione NO

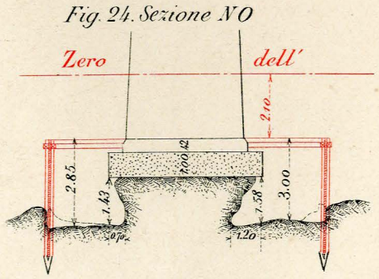
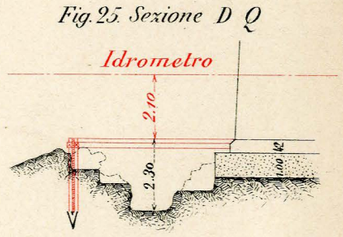


Fig. 25. Sezione D Q



Tip-Lit. Camilla e Bertolero, editori - Torino

PONTE SUL PO PRESSO VALENZA

Consolidamento delle fondazioni (Tav. 3ª)