Alt caro amico Cerruti
G. Testore

CENNI SUL VIADOTTO DI SORI

(FERROVIA LIGURE ORIENTALE)

DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA

Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino

da

GIACOMO TESTORE

D'ANDORNO

allievo del R. Collegio delle Provincie

PER ESSERE DICHIARATO

INGEGNERE LAUREATO

1869

TORINO.
TIPOGRAFIA C. FAVALE E COMP.

ALL'ANIMA DI MIO PADRE

ALLA MIA DILETTA MADRE

ED AL MIO CARISSIMO ZIO PATERNO PIETRO

IN SEGNO

DI AFFETTO E DI RICONOSCENZA

RELAZIONE

DELLA VISITA FATTA

dagli Allievi della Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri

AL VIADOTTO DI SORI

(Tronco Genova-Chiavari)

COME ESERCITAZIONE PRATICA DEL CORSO DI COSTRUZIONI

Fra le più interessanti esercitazioni pratiche del nostro corso di applicazione devesi certamente annoverare la visita al tronco ferroviario Genova-Chiavari che il chiarissimo professore di costruzioni cav. Curioni volle procurare ai suoi allievi mentre appunto i lavori vi si proseguivano alacremente e volgevano ai loro termine.

La conformazione montuosa del terreno e le frequenti valli di erosione dei torrenti che presso al mare si allargano resero necessarie numerose e frequenti opere d'arte d'ogni fatta, e tralasciando le altre, basti il dire che in quel tronco lungo appena 36 chilometri trovansi i viadotti di Sturla, Bogliasco, Sori, Recco e Zoagli, lavori veramente grandiosi e degni di essere studiati.

L'egregio nostro professore incaricò alcuni allievi di descrivere le principali opere d'arte visitate; a me toccò l'incarico per ciò che riguarda il viadotto di Sori, e cercai per quanto le mie deboli forze me lo permisero di eseguire accuratamente il mio còmpito.

VIADOTTO DI SORI

DESCRIZIONE DELL'OPERA.

I.

Il viadotto di Sori è posto tra due gallerie in curva e controcurva che a mala pena possono essere raccordate tra di loro per mezzo delle curve del viadotto medesimo.

In questa ferrovia Ligure è raro che s'incontrino tratti rettilinei se si tolgano quelli strettamente necessarii tra una curva e l'altra, e l'andamento della medesima non è che una successione di curve e controcurve per la maggior parte di raggio che non oltrepassa i mille metri e si riduce spesso a soli 400.

Il raggio del viadotto per un primo breve tratto è di 500^{m} poi di 450^{m}.

Quando si stabilirono le prime vie ferrate si evitarono i viadotti curvi temendosi che mancassero di solidità; oggidì si continua a preferire i viadotti rettilinei, ma se il tracciamento lo esige non si dubita di costruirne di quelli coll'asse curvilineo.

È bensì vero che nel caso di viadotti curvi non trovandosi gli assi di due arcate successive nella stessa direzione le loro spinte orizzontali non si elidono mutuamente come accade pei viadotti

retti, epperciò nelle pile oltre la resistenza alla compressione, viene cimentata la resistenza allo scorrimento e quella al rovesciamento; ma la curvatura è sempre così piccola che si può fare lo studio della stabilità delle pile come nel caso ordinario. Per ciò che riguarda la esecuzione loro i viadotti curvilinei non arrecano speciali difficoltà. Le volte si costruiscono a botte rette, e si ottiene la curvatura voluta dando alle pile sezione conveniente di trapezio isoscele, per modo cioè che sieno paralleli i lati di due pile successive sui quali debbasi impostare la stessa arcata.

Il corpo del viadotto di Sori consiste in otto arcate a pieno centro e due sottopassaggi laterali obliqui destinati, l'uno alla strada nazionale, l'altro alla rampa comunale; ambedue sono un bell'esempio di volta a botte obliqua in mattoni con cuscinetti in pietra da taglio.

Lo sviluppo totale dell'asse del viadotto è di metri 173,88, l'altezza del piano delle rotaie sul livello del mare, di metri 26,20, e la larghezza misurata tra i due piani di testa di metri 5,10.

Delle otto arcate, le due mediane insistono al torrente che dal paese di Sori prende nome, perciò le tre pile che le comprendono sono munite di rostri.

Per rendere più elegante l'aspetto dell'opera ed ancora per offrire superiormente riparo nel passaggio dei treni agli operai o cantonieri addetti al servizio della ferrovia, è addossata a ciascuna pila una lesena sporgente di m. 0,45 dal piano di testa e larga m. 1,44.

II.

Le fondazioni del viadotto non presentarono serie difficoltà. Le pile furono tutte fondate sulla roccia a cui si pervenne dopo scavi non maggiori di 4 metri. Estratta l'acqua si dispose un letto di calcestruzzo e si eseguì sopra la muratura di fondazione in pie-

trame ordinario con la sovrapposizione di corsi regolari composti di lunghe e larghe pietre scalpellate abbraccianti tutto lo spessore della muratura, e ciò ad ogni metro di altezza.

Si ebbe altresì cura di difendere la base delle tre pile mediane contro l'impeto delle acque con gettate di massi tali da non poter essere smossi dalla forza della corrente e dai suoi moti vorticosi.

La muratura delle pile sopra fondazione fu per la parte interna ordinaria con sovrapposizione di legati come per le fondazioni; ma le pietre erano meglio lavorate, di eguale altezza e non si tollerarono zeppe nelle commessure.

Il rivestimento poi di questa muratura fu in pietra lavorata a faccie viste, avente una rientranza non minore di metri 0,50, e listata ad ogni metro di altezza con filari di pietra da taglio corrispondenti agli strati regolari interni sopradetti. I contrafforti o lesene lateralmente addossate alle pile furono rivestite in pietra come il resto. I cantonali degli angoli così salienti che rientranti si fecero in pietra da taglio.

Per dare un aspetto svelto all'opera, ed altresì per accostarsi alla forma di un solido di egual resistenza si assegnò alle pile la pendenza di $\frac{1}{25}$ tanto nel senso longitudinale che in quello trasversale. All'imposta è di 3 metri il loro spessore, e di 4,32 alla base.

Il vôlto è costrutto in laterizii collo spessore 0,78 alla chiave; il raggio dell'intrados è metri 6,80; la superficie d'estrados parallela all'intradosso ed a riseghe.

Il rinfianco delle arcate è fatto di muratura ordinaria di pietrame, ed è limitato superiormente da due superficie cilindriche leggermente curve ed incontratesi secondo la retta intersezione di un piano normale al piano di testa, passante pel centro di un'arcata e facente un angolo di 60° colla verticale, con un altro piano pure normale al piano di testa e che divide per metà la pila. Le suddette superficie superiori dei timpani sono coperte dalla cappa di malta cementizia di spessore metri 0,10.

Le acque piovane che attraversano la massicciata scolano sulla

superficie della cappa senza poter penetrare internamente a danneggiare i timpani ed il vôlto, si raccolgono nella cunetta sopra indicata e ne vengono esportate per mezzo di tubi di ghisa normali al vôlto.

Prima di fare il riempimento affinchè le terre non venissero ad otturare le cunette, queste furono coperte con pietrame accomodato a mano, poi si eseguì l'interro spianando e battendo la terra per strati regolari.

Il ballast non posa direttamente sui vertici delle arcate, ma frammezzo havvi ancora uno straterello di terra di m. 0,12 per guarentire il vôlto e la cappa dagli urti prodotti nel passaggio del convoglio.

Il parapetto ha l'altezza di 1 metro, ed è formato di un muricciuolo di mattoni compreso tra due filari di pietra da taglio.

Le armature usate erano a balzo appoggiate a mensoloni in pietra lasciati sporgere dalle pile sotto l'imposta degli archi. Tali armature consistevano in incavallature formate di due puntoni con catene a circa i $\frac{2}{3}$ della loro lunghezza, e ciascuna incavallatura sopportava una centinatura esagona con monaci ad ogni angolo e puntelli o razze spingenti contro i lati della centinatura medesima.

Il sistema di disarmo usato fu quello a cunei del quale come il più semplice si fa un uso quasi generale.

La calce impiegata nei lavori si ricavò dalle fornaci di Sestri Ponente ed è di natura piuttosto grassa, le sabbie si presero da diversi punti del litorale. I mattoni furono provveduti dalle fornaci impiantate dall'Impresa a Recco, ed erano di ottima qualità.

La stessa cosa non è della pietra usata in questa importante costruzione, giacchè si estrasse da una cava aperta presso il viadotto, ed è uno schisto che facilmente si altera e sfoglia al contatto dell'aria e per l'azione delle vicende atmosferiche. Per mala ventura tale sorta di pietra è la roccia più abbondante lungo tutta la riviera Ligure; essa deriva dall'indurimento o da leggero metamorfismo di antiche argille, ha grana fina, si lascia facilmente lavorare ed appena estratta dalla cava presenta considerevole

durezza, ma per poterla impiegare con vantaggio nelle costruzioni devesi porre al riparo degli agenti atmosferici. È per questo motivo che furono rivestite le numerose gallerie che si trovano su codesto tronco ferroviario quantunque scavate entro roccia.

Frattanto già fin d'ora appariscono nelle cornici e nei rivestimenti gli effetti dell'alterabilità della pietra usata, e per impedire danni maggiori si dovrà forse col tempo intonacare il viadotto di Sori come anche quello di Bogliasco, nascondendo così la bella disposizione dei materiali e delle diverse parti che formano queste opere colossali ed imponenti.

Non si può precisare il tempo impiegato nella costruzione, poichè essa fu ritardata, indi interrotta e ripresa a seconda delle molte questioni insorte durante l'esecuzione tra l'Impresa appaltante e gli assuntori. Presumibilmente il tempo che quest'opera doveva richiedere, ma per le suddette ragioni si protrasse assai più a lungo, era di circa venti mesi.

La spesa totale si può all'ingrosso computare di trecento mila franchi.

STABILITÀ DELL'OPERA.

Le parti di un ponte o di un viadotto dalle quali specialmente dipende la stabilità sono il vôlto, le pile e le spalle; perciò lo studio delle dimensioni e forma loro dev'essere fatto colla massima cura. Ecco ora alcuni cenni sulla stabilità dei grandi vôlti e dei piedritti e vediamone l'applicazione al viadotto di Sori.

I.

A determinare lo spessore del vôlto alla chiave ricorresi generalmente a formule empiriche dedotte da osservazioni fatte sopra la stabilità di grandissimo numero di ponti già costrutti.

Assai usata è quella di Perronet per archi a tutta monta; dicendo z_0 lo spessore alla chiave, r il raggio.

$$z_0 = 0{,}0347\ 2\ r + 0{,}325$$

Leveillé propose la seguente:

$$z_0 = \frac{1 + 0{,}1\,.\,c}{3}$$

Il genio civile usa:

$$z_0 = 0{,}2 + 0{,}025\,.\,c + \frac{c}{m}(0{,}02 + 0{,}001\,.\,c)$$

nelle quali due ultime formule c è la corda, m la monta dell'arco.

Nel viadotto di Sori si adottò il valore 0,78 dato dalla formula di Leveillé e si costrusse il vôlto con due riseghe di m.0, 13 ciascuna, l'una a 30° l'altra a 60°, misurate a partire dal vertice, cosicchè all'imposta e per un'ampiezza angolare di 30° si ha lo spessore 1,04.

Colle formule precedenti non si prende in considerazione la natura dei materiali usati nel costrurre il vôlto, la resistenza dei quali può assai variare, nè il valore del sovracarico che altresì è diverso secondochè il vôlto deve sopportare una via ferrata, una via ordinaria, un canale, ecc.

Or ecco in qual maniera il nostro professore di costruzioni ottiene una formula che dà lo spessore del vôlto alla chiave in funzione del sovracarico, del raggio di curvatura e della resistenza alla rottura per compressioni dei materiali usati.

Sia (fig. A) una vôlta a botte di intradosso $H\,H'$ ed estrados $K\,K'$. Sulla verticale passante pel vertice porto da C in E l'altezza $C\,E$ eguale all'altezza effettiva della superficie superiore del suolo stradale sopra il vertice dell'estrados, più l'altezza d'uno strato murale fittizio da porsi sul suolo stradale per produrre

l'effetto medesimo causato dal sovracarico non permanente. Sia O il centro di curvatura dell'intrados in A; si conduca per E la linea $L\,L'$ del sovracarico e con centro O si descriva un archetto $G\,I$ passante per I punto di mezzo di $C\,A$, segnamo $H\,K$ linea di giunto passante per I. L'esperienza ed il ragionamento dimostrano che se in un vôlto accade rottura questa si fa secondo $L\,K\,H$.

Indichiamo con:

l la lunghezza dell'archetto $H\,A$,
r_0 il raggio di curvatura in A,
z_0 lo spessore del vôlto alla chiave,
P il peso di un metro cubo di muratura,
a l'altezza $C\,E$ del sovracarico.

L'archetto $G\,I$ stante la sua breve lunghezza si può considerare concentrico ai due archi d'intrados e d'estrados, e per lo stesso motivo si può supporre il peso che gravita sulla parte $K\,C\,H\,A$ di vòlto distribuito uniformemente sull'arco $I\,G$ normalmente al medesimo. Perciò dicendo N la forza normale riferita all'unità di lunghezza, Q la reazione diretta tangenzialmente alla $G\,I$ in G, R il raggio di curvatura, per quel breve tratto avremo:

$$Q = N\,R \qquad (a)$$

Determiniamo N. Si ha:

$$C\,K = l\,\frac{r_0 + z_0}{r_0}$$

$$G\,I = l\left(1 + \frac{z_0}{2\,r_0}\right)$$

$$A\,C\,K\,H = l\left(1 + \frac{z_0}{2\,r_0}\right) z_0$$

$$C\,E\,L\,K = l\,\frac{r_0 + z_0}{r_0}\,a = a\,l\left(1 + \frac{z_0}{r_0}\right)$$

Il peso di $L\,E\,A\,H$ considerando la lunghezza di solido $= 1$ nel senso normale al piano della figura sarà:

$$P.l.\left\{\left(1+\frac{1}{2}\,\frac{z_0}{r_0}\right)z_0+a\left(1+\frac{z_0}{r_0}\right)\right\}=$$

$$P\,l\left\{\frac{1}{2}\,\frac{z_0^2}{r_0}+z_0\left(1+\frac{a}{r_0}\right)+a\right\}$$

Riferendo all'unità di lunghezza questa forza diretta perpendicolarmente all'asse $G\,I$, si ha:

$$N=P\,\frac{\frac{1}{2}\,\frac{z_0^2}{r_0}+z_0\left(1+\frac{a}{r_0}\right)+a}{1+\frac{1}{2}\,\frac{z_0}{r_0}}$$

quanto ad R:

$$R=r_0+\frac{1}{2}\,z_0=r_0\left(1+\frac{1}{2}\,\frac{z_0}{r_0}\right)$$

Sostituendo nella (a):

$$Q=P\left\{\frac{1}{2}z_0^2+(a+r_0)\,z_0+a\,r_0\right\}$$

Perchè si abbia stabilità dicendo n'' il coefficiente di stabilità, R'' il coefficiente di resistenza alla rottura per compressione:

$$n''\,R''\,z_0=Q=P\left\{\frac{1}{2}z_0^2+(a+r_0)\,z_0+a\,r_0\right\} \qquad \text{(b)}$$

Sarà quindi la formula determinatrice dello spessore del vôlto alla chiave:

$$z_0=\frac{n''\,R''}{P}-(a+r_0)\pm\sqrt{\left\{\frac{n''\,R''}{P}-(a+r_0)\right\}^2-2\,a\,r_0}$$

Nel nostro caso assumendo $n'' = \frac{1}{10} R'' = 0^{kg}7$ per millimetro quadrato trattandosi di buoni laterizii, $P = 2000$ kg. per metro cubo, $a = 1,72$ si trova:

$$z_0 = 0,51$$

Calcolando invece n'' colla (*b*) ponendovi $z_0 = 0,78$ si ottiene per valore del coefficiente di stabilità alla chiave del volto $\frac{1}{22}$.

Ottenuto z_0 si determina lo spessore in un giunto qualunqne colla formoletta:

$$z = \frac{z_0}{\cos \varphi}$$

indicando con φ l'angolo fatto dal giunto colla verticale; ciò fino a 60° dove avremo uno spessore doppio di quello alla chiave; il resto del vôlto considerasi come piedritto.

Determinata la superficie di intradosso nel modo ora indicato si avrà un vôlto probabilmente stabile.

Per esserne certi converrà cercare per alcuni giunti la direzione ed il punto di applicazione della risultante delle forze operanti su di essi, scomporre tale risultante in due, l'una normale, l'altra parallela al giunto e vedere se la pressione riferita all'unità di superficie sugli spigoli di ciascuno dei giunti considerati non oltrepassi certi limiti.

Sia un giunto qualunque $C\,B$ facente l'angolo φ colla verticale (fig. B) $E\,D$, sia la linea del sovracarico, H il punto di mezzo del vôlto alla chiave; il masso $A\,B\,C\,D\,E$ è sollecitato dal proprio peso, che dico P e dalla spinta Q diretta secondo l'orizzontale passante per H.

Potremo determinare l'area, e quindi il peso di $A\,B\,C\,D\,E$ per uno spessore $= 1$; prendendo per unità di forza il peso del metro cubo dei materiali con cui si costruisce il vôlto, la stessa superficie della sezione verticale rappresenterà in metri quadrati

il suo peso. Per averla basta sottrarre dall'area del trapezio $G\,C\,D\,E$ quella del settore $A\,G\,B$. Cerchiamo O centro di gravità dell'area suddetta applicando l'equazione dei momenti al trapezio ed al settore suddetti; conduciamo per O la verticale, e nel punto I d'incontro colla orizzontale passante per H trasportiamo la P e la Q data dalla (b); componendole si ottiene la R risultante delle forze operanti sul giunto $C\,B$ ed il suo punto M d'applicazione sul giunto medesimo. Scomponiamo la R in due, una parallela, l'altra normale a $C\,B$, si avrà la pressione sopportata dal giunto e potremo verificare se abbia luogo stabilità.

Risolviamo il problema analiticamente.

Sia c il braccio $H\,I$ del peso P,

θ l'angolo $R\,I\,Q$,

φ l'angolo $A\,G\,B$ del giunto colla verticale,

r il raggio $A\,G$,

y l'incognita $B\,M$.

Prolunghiamo la $R\,I$ fino ad incontrare l'asse del vôlto. Abbiamo:

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\tan\theta = \frac{P}{Q}$$

$$N\,H = c \tan\theta$$

$$N\,G = c \tan\theta + \frac{1}{2} z_0 + r$$

Dal triangolo $N\,M\,G$:

$$M\,G = \left(\tan\theta + \frac{1}{2} z_0 + r\right) \frac{\cos\theta}{\cos(\varphi - \theta)}$$

quindi:

$$y = \left(\tan\theta + \frac{1}{2} z_0 + r\right) \frac{\cos\theta}{\cos(\varphi - \theta)} - r$$

La componente T della R normale al giunto, è:

$$T = R \cos(\theta - \varphi)$$

Potremo così trovare le pressioni K' K'' sugli spigoli $B\,C$, riferite all'unità di superficie e vedere se non vi sia pericolo di schiacciamento. Servono le seguenti formule date dalla teoria della resistenza delle murature al rovesciamento; valgono le due prime per il caso di $y > \frac{1}{3} z$, le altre due se $y < \frac{1}{3} z$.

$$\left.\begin{array}{ll} K' = 2\left(2 - 3\frac{y}{z}\right)\frac{T}{z} & K'' = 2\left(-1 + 3\frac{y}{y}\right)\frac{T}{z} \\ K' = \frac{2}{3}\frac{T}{y} & K'' = 0 \end{array}\right\} \text{(A)}$$

Le osservazioni fatte su molti ponti, nonchè le verificazioni analitiche dimostrano che per arcate in cui la curva d'intrados è una semicirconferenza od un arco di circolo di ampiezza maggiore di 120° il giunto pericoloso è quello che fa 60° colla verticale. Il calcolo qui sopra esposto si fa a partire dalla chiave per i giunti di dieci in dieci gradi fino a quello di 60; il resto del vôlto considerandosi come piedritto.

Pel giunto di 60° dell'arcata del viadotto di Sori, si ottiene il valore $y = 0{,}37$; usando perciò le due prime delle equazioni (A), si ha riferendoci al centimetro quadrato.

$$K' = 6^{\text{kg.}},40 \qquad K'' = 0^{\text{kg.}},504.$$

II.

Le pile devono sopportare il peso compreso tra due piani verticali passanti per le generatrici superiori dei due vôlti adiacenti,

quanto alle spinte orizzontali mutuamente si elidono, quindi non si ha pericolo di rovesciamento o di scorrimento. Dicendo:

x la grossezza della pila alla imposta,

n'' il coefficiente di stabilità,

R'' il coefficiente di resistenza alla compressione dei materiali usati,

l la larghezza del vôlto,

P il peso che gravita sulla sezione $l\,x$,

l'equazione determinatrice di x sarà:

$$x = \frac{P}{n''\,R''\,l}\,.$$

Nel caso di pile di altezza considerevole converrà ancora determinarne lo spessore x' alla base colla stessa formola precedente ponendo in luogo di P la somma di P col peso della pila espresso in funzione di quantità note e della x'.

Le pile costrutte per modo da resistere soltanto alla compressione diconsi pile magre. Se per opera dell'uomo o per un accidente qualunque rompesi una di tali pile od una delle arcate di un ponte o viadotto le spinte orizzontali faranno rovinare tutta l'opera. Perciò quando si hanno lunghi viadotti si costruisce ogni cinque o sei pile magre una pila grossa, calcolata cioè per modo da resistere anche al rovesciamento ed allo scorrimento; così avvenendo rottura di un'arcata cadrebbe soltanto la parte del viadotto compresa tra due pile grosse successive. Non essendo il viadotto di Sori eccessivamente lungo si fecero tutte le sue pile magre.

Le spalle sopportano il peso di una mezza arcata e la sua spinta orizzontale. In esse perciò viene cimentata la resistenza alla compressione, allo scorrimento, al rovesciamento. Si stabiliscono le tre rispettive equazioni di stabilità, da ciascuna si ricava lo spessore della spalla e dei tre valori ottenuti si adotta il maggiore. La spalla si considera cominciare a 30° dall'imposta, quindi si può immaginare tolta la parte di arcata adiacente fino al giunto di 30° nonchè la struttura murale sovraincombente, e sostituirvi la risultante R delle forze operanti sul giunto. Le tre

equazioni di stabilità considerando una lunghezza di solido eguale uno, nel senso normale al piano di testa sono:

$$\left.\begin{aligned} n'' R'' x &= V + P + \Pi e x \\ Q &= n^{\text{IV}} f (V + P + \Pi e x') \\ Q q &= n^{\text{V}} \left(V v + P p + \frac{1}{2} \Pi e x''^2 \right) \end{aligned}\right\} \text{(B)}$$

in cui si rappresentano con:

$n'' n^{\text{IV}} n^{\text{V}}$ i tre coefficienti di stabilità,

Q, V le componenti orizzontale e verticale di R riferita all'unità di superficie,

Π il peso di m. c. di muratura,

P il peso del masso che gravita sulla spalla al di sopra del piano d'imposta,

e l'altezza della spalla,

f il coefficiente d'attrito tra la muratura della spalla e lo strato sottostante,

v, p i bracci di leva delle forze verticali V, P, per rispetto allo spigolo esterno inferiore della spalla, attorno al quale può avvenire rovesciamento,

q il braccio di Q, forza che tende a produrre rovesciamento, per rispetto al piano di base della spalla,

x, x', x'' i tre valori della grossezza della spalla relativi alla compressione, allo scorrimento, al rovesciamento.

Conviene applicare dapprima le due ultime delle tre equazioni ora scritte, perchè si troveranno generalmente per la grossezza delle spalle valori maggiori di quelli avuti per le pile, ed adottando la maggiore delle dimensioni trovate, mentre saremo sicuri di avere stabilità relativamente al rovesciamento ed allo scorrimento, la avremo pure per rispetto alla compressione, giacchè le spalle sostengono un carico minore delle pile.

Le spalle del viadotto di Sori hanno uno spessore di soli 4 metri perchè essendo impiantate sui dossi laterali dell'alveo del

torrente è piccola l'altezza loro, piccolo quindi il braccio della Q. Colle due ultime delle equazioni (B) trovansi i valori

$$n^{IV} = 0{,}51 \qquad n^{V} = 0{,}72.$$

assumendo $\Pi = 2020$ ed $f = 0{,}76$.

Quanto alle pile essendo la sezione loro all'imposta di m. q. 15,10 il peso che gravita su tale sezione 844 tonellate, trovasi per coefficiente di stabilità alla compressione $n'' = \frac{1}{14}$.

Il P che entra nelle formole (B) è composto del peso di muratura e terra che gravita continuamente, più il peso del sovracarico.

Questo ho supposto di kg. 2000 per m. q. di suolo stradale, cioè di kg. 4000 per metro corrente e ripartiti dalle traversine su 2 m. q. circa.

I valori trovati di n'', n^{IV}, n^{V} addimostrano le buone condizioni di stabilità dell'opera, perchè suolsi appunto ritenere n'' variabile tra $\frac{1}{10}$ ed $\frac{1}{15}$ nel progettare costruzioni in muratura, ed n^{IV}, n^{V} si assumono in pratica tra $\frac{2}{5}$ e $\frac{4}{5}$ perchè le resistenze allo scorrimento ed al rovesciamento dipendono nelle opere murali dalla forza di gravità che non vien meno facilmente anche coll'andar del tempo.

GIACOMO TESTORE.

TESI LIBERE

MECCANICA APPLICATA.

Pendolo conico di Watt.

COSTRUZIONI CIVILI, IDRAULICHE STRADALI.

Fondazioni su palificate — Determinazione del rifiuto che alle diverse profondità devono presentare i pali per palificate, affinchè sieno capaci di permanentemente sopportare un dato peso.

MACCHINE A VAPORE.

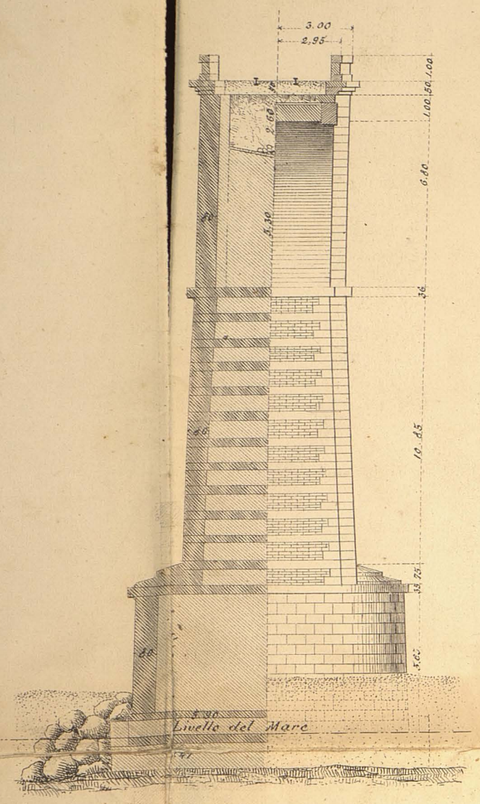
Spessore ed esplosione delle caldaie.

GEOMETRIA PRATICA.

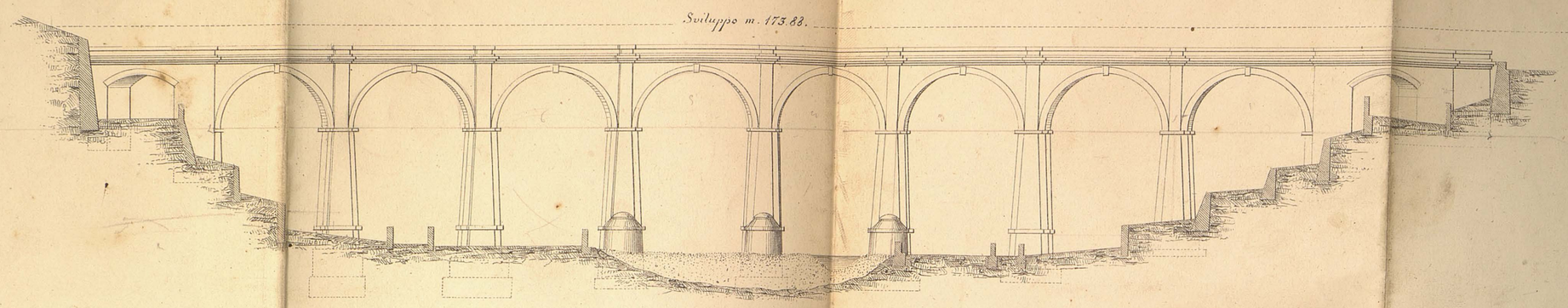
Determinazione analitica di un punto per mezzo di tre altri dati di posizione.

VIADOTTO DI SORI

Sezione trasversale di una pila e di una arcata

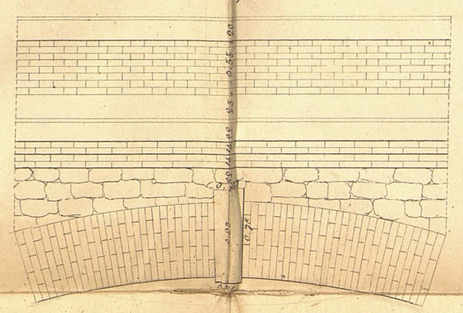


Prospetto a valle

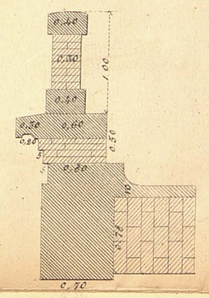


Particolare del parapetto e della chiave - Scala 1:50.

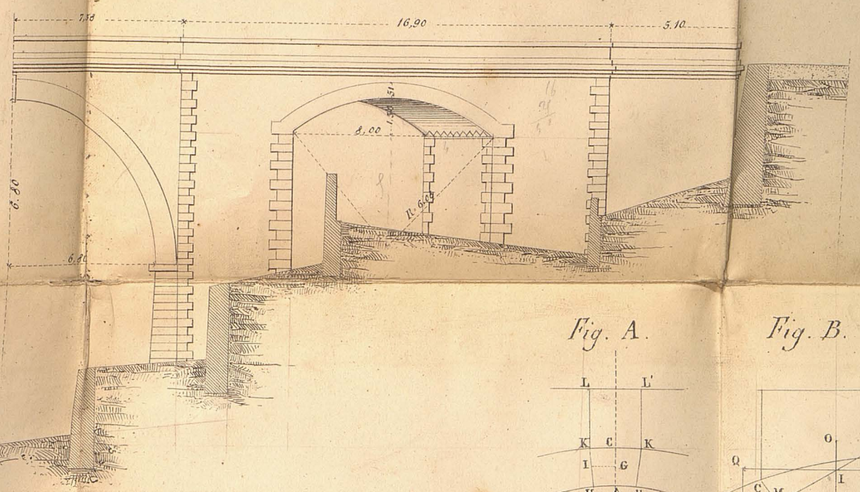
Prospetto



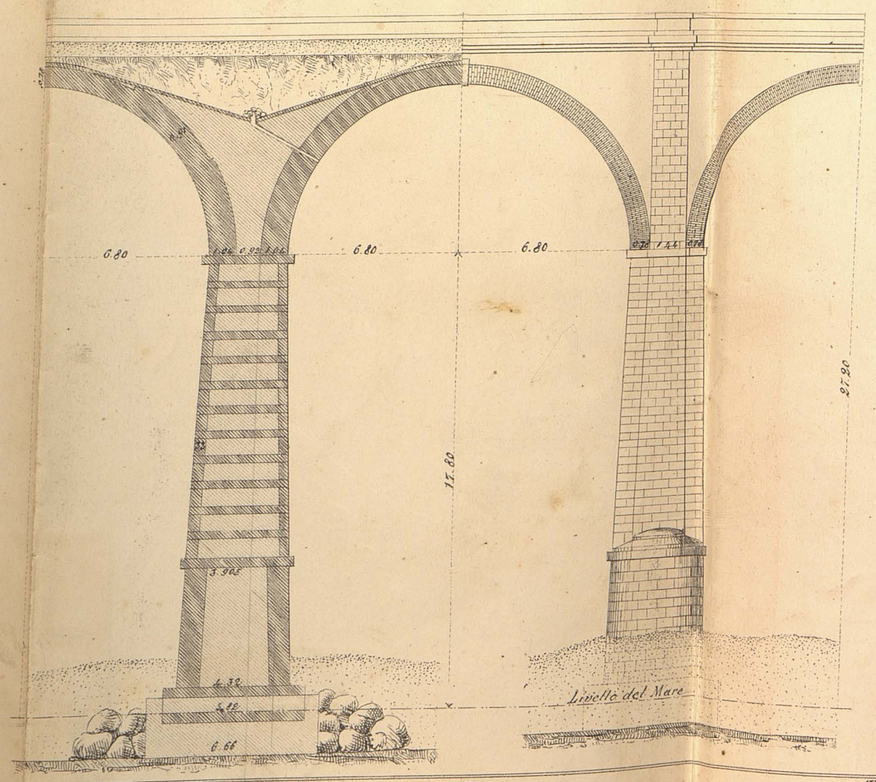
Sezione



Prospetto di un sottopassaggio laterale.



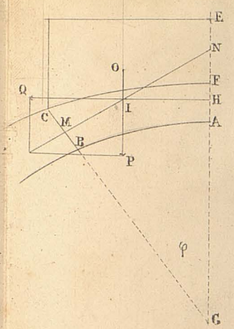
Sezione longitudinale di una pila



Prospetto di una pila

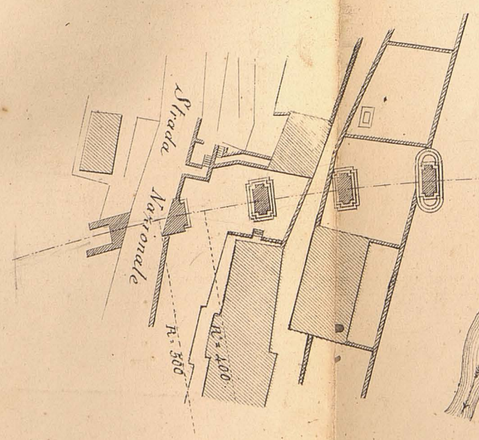
Fig. A.

Fig. B.

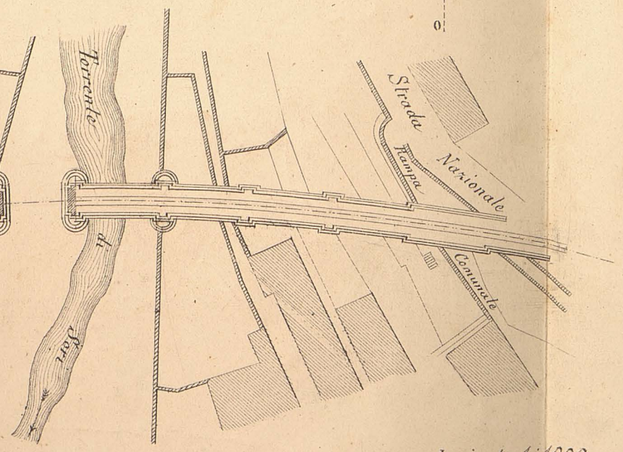


Pianta

al piano d'imposta



al piano superiore delle murature



Scala { per la pianta 1:1000. per il prospetto 1:500. per i particolari 1:200.

G. Testore dis.

Torino Lit. P. Briola Via S. Francesco d'Assisi N° 22.

M. Valletti Lit.