

tra la detta camera ed il sottostante pozzo, con robinetto che vien mosso da una leva a gomito comunicante nell'interno della camera, serve ad equilibrare l'ambiente della camera superiore con la pressione nel cassone o con quella ordinaria.

Osservando la figura, ben si comprende come la benna piena di materiale, giunta in alto, chiude il fondo della camera d'equilibrio; a tal punto la motrice agendo un altro istante, in virtù delle molle a balestra, solleva un poco gli anelli della benna, i quali vanno ad urtare la leva del robinetto. Questo allora si apre, e mette la camera in comunicazione con l'aria esterna: — contemporaneamente la chiusura del fondo è resa ermetica dalla sottostante contropressione pneumatica.

Gli operai di fuori, non appena l'aria compressa comincia a scaricarsi dal robinetto, intercettano la comunicazione della motrice, aprono facilmente la portella, vuotano la benna, e la rinchiudono immediatamente. Cessata la tensione della fune, la leva scende, ed il robinetto chiude la comunicazione della camera con l'aria esterna, aprendo invece l'altra comunicazione con l'aria compressa; e così la benna scende nella camera di scavo, per essere di nuovo riempita.

Un'ultima innovazione è stata apportata dal costruttore per ridurre al minimo il volume d'aria compressa che si perdeva ad ogni vuotamento di benna; conformando cioè la parte alta della camera d'equilibrio in modo da involuppare a breve distanza il meccanismo interno (*).

CAPO III.

Applicazioni dell'apparecchio.

I.º — Particolari della camera di caricamento.

a) Descrizione.

La camera di caricamento, come si è accennato nel Capo precedente, serve a poter costruire a cielo libero parte della muratura di fondazione, ed agevolare così col peso di questa, la discesa del cassone. Essendo essa completamente del cassone, le sue pareti, ordinariamente di lamiera di ferro, vengono sviluppate quasi sempre in prolungamento delle pareti della sottostante camera di lavoro. Non dovendo però quelle subire le forti pressioni a cui son soggette le

(*) Ai lavori di fondazione dei muraglioni lungo il Tevere e del ponte Garibaldi a Roma, si è adoperato utilmente il descritto congegno *Zschokke*. Pel detto ponte, con benne della capacità di mezzo metro cubico, in 24 ore di lavoro si esaurivano in media m.c. 40 di materiale scavato.

lamiere della camera inferiore, il loro spessore è alquanto ridotto (v. Capo II—2°, § a).

A misura che il cassone scende, per fare che la muratura superiore si elevi all'asciutto, le dette pareti si sovralzano man mano con altre lamiere (*hausses métalliques*) che in generale sono poco più alte di un metro. Quest'altezza è una giusta media trovata in pratica, per ridurre da una parte il numero delle giunture, e dall'altra per evitare le deformazioni possibili ad avvenire nelle lamiere troppo alte (*). Le giunture sono fermate a caldo con bulloni, e rese stagne col porre tra esse del cartone incatramato, od altro di simile.

b) Muratura nella camera di caricamento.

Siccome sul soffitto della camera di scavo, che forma solaio della camera superiore di caricamento, vi è l'armaggio delle travi, si usa quivi fare per una certa altezza una gettata di calcestruzzo, ben costipata, per modo che vada a riempire tutti gl'interstizi della travatura. Superiormente a questo masso si suole in generale disporre uno strato di lastroni di pietra da taglio, e ciò per distribuire meglio il sovraccarico sul soffitto della camera di lavoro; ed al di sopra si eleva poi la muratura, la quale si esegue generalmente con la pietra usata nelle vicinanze del luogo ove si costruisce.

Allorquando le condizioni locali lo permettono, si può fare a meno della fodera di ferro: in tal caso però la muratura deve esternamente essere bene intonacata a cemento, e con gli angoli sempre garantiti da cantonali di ferro. Così ad esempio, pei lavori di fondazione dei muraglioni al Tevere, dove il terreno si prestava, la camera di caricamento era costituita da semplici cantonali di difesa agli spigoli della muratura, fermati al soffitto della camera di lavoro, e robustati da correnti e croci di ferri piatti.

L'intonaco di cemento oltre a garantire la muratura, e specialmente a proteggerla dall'azione dell'acqua, agevola la discesa del manufatto con l'attenuare alquanto l'attrito perimetrale: attrito ch'è molto forte tra terreno e fabbrica; tantochè qualche volta è stato causa (come già si è più sopra accennato) di lesioni nella muratura, con distacco in senso orizzontale della parte inferiore del pilastro da quella superiore.

c) Esempi di fatto.

1.°—*Ponte a Mezzanacorti sul Po*.—Sopra un primo strato di calcestruzzo di altezza m. 1,50 fu elevato il masso di muratura laterizia, terminato con uno strato di spessore centim. 20 di granito,

(*) Pel ponte a Borgoforte sul Po furono adoperate lamiere di altezza m. 1,96: ma questo esempio non è da seguirsi.

a m. 0,42 sotto il pelo delle magre. Quivi fu lasciata una risega di m. 0,30, e sopra un altro dado di granito di m. 0,60 fu costruita la muratura della pila.

2.^o—*Ponte a Pontelagoscuro sul Po.*— Il masso murario della camera di caricamento fu eseguito con laterizi e con cemento idraulico di Palazzolo.

3.^o—*Ponte a Turbigo sul Ticino.*— La camera di caricamento fu tutta riempita di calcestruzzo fino al pelo di magra, al quale livello era stabilita la risega di fondazione.

4.^o—*Muraglioni del Tevere a Roma.*— La muratura nella camera di caricamento, che forma lo zoccolo di fondazione, è di pietrame di tufo vulcanico, a strati regolari, orizzontali. Da un metro sotto le magre, e per l'altezza di m. 2,00, fino cioè alla risega di fondazione, il fronte della muratura verso il fiume è rivestito da un paramento di mattoni pressati. Al piano della risega è posto un coronamento di lastre di travertino, di spessore centim. 10.

5.^o—*Ponte Garibaldi a Roma sul Tevere.*— La muratura adoperata nella camera di caricamento è di tufo con malta di calce idraulica.

d) Smontatura della camera di caricamento.

Allo scopo di utilizzare l'involuppo di ferro della camera di caricamento, si pensò di renderlo smontabile; il che si ottenne facendo scendere le lamiera entro apposita scanalatura praticata sull'orlo superiore della camera di scavo.

Questo ripiego economico fu dall'Ing. *Cottrau* adoperato pei cassoni dei muraglioni del Tevere, eseguiti dall'Impresa Industriale Italiana nel 1883. Le lamiera quivi adoperate erano di larghezza m. 0,85 circa e di altezza m. 5,00 (*).

Esso però ha i suoi inconvenienti, verificabili durante la discesa del cassone. L'acqua facilmente si fa strada attraverso i giunti delle lamiera, con danno dell'intero manufatto. L'attrito poi tra le pareti metalliche ed il terreno può agevolmente staccare tutto l'involucro smontabile dal bordo a guaina del sottostante cassone: di conseguenza possono verificarsi delle lesioni orizzontali nella muratura per le considerazioni cennate al Capo II—2^o, § e.

Un altro espediente, trovato dal *Gaertner*, per utilizzare tutto il ferro della parte di cassone che involuppa le murature, consiste nel-

(*) Al Ponte Garibaldi sul Tevere, le lamiera della camera di caricamento sono state in gran parte utilizzate; giacchè esse da m. 3,00 sotto la magra, ad andar sopra, non erano fisse come le sottostanti, ma solo appena fermate da pochi bulloni, essendosi adoperati dei turaccioli di legno invece dei chiodi.

l'adoperare lamiere scorrevoli dentro speciali montanti a scanalature (*à coulisses*), formati da due piastre di ferro inchiodate a caldo e tenute parallele ed a distanza un poco maggiore dello spessore delle lamiere da un ringrosso centrale di ferro (vedi fig. 28). Le piastre nella faccia interna ed all'orlo hanno ciascuna un incavo longitudinale, in cui vien poi compressa della stoppa per rendere stagna l'unione delle lamiere. Le dimensioni di tali lamiere sono di m. $2,00 \times 0,79$: lo spessore di $\frac{m}{m}$ 5. Per maggiori schiarimenti leggesi il Bia de go — *Fondazioni ad aria compressa*. Appendice alla Memoria VII, § 3°.

Altro sistema ideato dai signori *Couvreux* ed *Hersent* nella costruzione del muro di sponda ad Anversa, fu quello di fare la camera di caricamento a doppia fodera (v. fig. 29). Questa per la parte inferiore, chiusa ad un'altezza d'uomo da un soffitto di lamiera, forma una piccola galleria di passaggio, di larghezza centim. 50; e per la parte superiore è robustata da montanti a traliccio, fermati normalmente tra le due lamiere

La doppia parete viene inchiodata al soffitto della camera di lavoro, con ferri ad angolo, dall'interno della suddetta galleria, la quale durante l'affondamento è mantenuta piena d'acqua. Terminato il lavoro, mediante l'intromissione dell'aria compressa, si toglie l'acqua dalla galleria, dove alcuni operai scendono da apposito pozzo per smontare l'armaggio.

Al paragrafo 2° del Capo V diamo una descrizione alquanto particolareggiata del cassone smontabile *Klein-Schmoll-Gaertner*, che è il miglior tipo finora ideato per cotali sistemi d'inviluppi amovibili.

Non possiamo però qui tacere che quale che sia il tipo di cassone smontabile, non è sempre da consigliarsi: 1° perchè esso è generalmente adottabile solo per discrete profondità e per terreni di non molta consistenza; 2° perchè la muratura esposta di fresco all'azione dell'acqua ne soffre; 3° perchè l'economia vera non si ha se non adoprando il materiale successivamente per diverse fondazioni, il che non sempre si può avverare.

2.° — Diversi metodi di esaurimento delle materie di scavo.

a) Esaurimento per via asciutta.

Il metodo più comunemente usato per l'*esaurimento* (*épuisement*) dei materiali — già accennato precedentemente — è quello pel quale gli operai nella camera di lavoro dopo di avere scavato il fondo, riempiono le benne del materiale di sterro, e queste, sollevate nei camini alla presenza dell'aria compressa, sono portate nella camera d'equilibrio per essere vuotate.

Tale procedimento è quello denominato *esaurimento per via secca* od *asciutta*

b) **Esaurimento per via umida.**

Il metodo di *esaurimento per via umida*, possibile ad applicarsi laddove il terreno è sottile, e specialmente se è di natura melmosa, sciolta o sabbiosa, consiste nell'esaurire il materiale per mezzo della cosiddetta *tromba a sabbia* (*pompe à sable*) che, animata dall'acqua compressa, funziona come l'iniettore Giffard.

Un tipo semplice di tromba a sabbia è quella *Robertson*: consistente in due tubi verticali, l'uno discendente e l'altro ascendente, riuniti al disotto con tubo a gomito che viene affondato nel terreno da esaurire. Questo tubo a gomito (v. fig. 27) ha una fessura al vertice e superiormente, rispetto alla sua posizione, ossia nella parte concava: per modo che l'acqua compressa, attraversandolo, succhia ed asporta via dal foro la sabbia del fondo.

Un tipo migliore di tromba a sabbia (v. fig. 26) consta di un tubo di diametro centim. 8 circa, il quale scende fin nella camera di lavoro, ed all'altezza di quasi mezzo metro dal coltello di questa, con lembo ripiegato in dentro, s'arresta in una svasatura di altro tubo che sale verticalmente fino al piano di manovra fuori acqua, e che funziona da tubo di scarico. Tra la ripiegatura dell'uno e la svasatura dell'altro rimane però uno stretto spazio anulare, per modo che l'acqua di una tromba premente, immessa nel primo dei detti tubi, possa scaricarsi pel condotto ascendente. Sotto la svasatura poi, ed in prolungamento del condotto stesso, scende un pezzo di tubo che va affondato nel terreno smosso ed accumulato dagli operai. Sicchè l'acqua della tromba nel rimontare pel condotto verticale di scarico, forma un vuoto nel tubo inferiore, ed aspira per conseguenza il terreno, che trascina con sé fin sopra.

Questo metodo d'esaurimento fu tenuto pel ponte S. Luigi sul fiume Mississipi, ove con una tromba a sabbia di diametro $\frac{m}{m}$ 88 si estraevano in un'ora m. c. 15,30 di sabbia, con la prevalenza di m. 36,00 (*).

L'Ing. Smith s'avvalse per l'esaurimento del terreno, oltre che delle trombe a sabbia, della forza stessa dell'aria compressa, adottando cioè dei piccoli tubi che s'affondavano con un estremo nel terreno, e che salivano con l'estremo superiore, munito di valvola di chiusura, al piano di manovra degli operai esterni. Aperta la comunicazione con l'ambiente esterno, l'aria compressa, facendosi strada in tali tubi, asportava in alto lo sterro da esaurire (**).

(*) Quivi furono adoperate per ciascun cassone n° 7 trombe a sabbia del secondo tipo suddescritto: la pressione dell'acqua che le animava era di kg. 10,60 per centimetro quadrato, ossia di circa n° 10 atmosfere.

(**) A questo proposito, facciamo notare che pel rinnovamento dell'aria viziata

c) **Esaurimento per mezzo della draga.**

Altrove si è accennato a questo metodo di esaurimento che viene esercitato per mezzo di una *draga* (*) conformata a noria, la quale è animata da una motrice qualunque. Si fa muovere la draga in un camino centrale comunicante al disopra con l'aria esterna, il quale ha dimensioni maggiori dei camini delle camere d'equilibrio (**); questi ultimi funzionano in tal caso da semplici passaggi.

Il camino centrale (v. fig. 5 e 8) con un tubo inferiore detto *tino* (*puisard*), scende al disotto del livello del fendente del cassone in un fosso scavato dagli operai, ove si riunisce l'acqua, la cui altezza è regolata dalla forza dell'aria compressa, risalendo essa nel camino della draga, la quale girando, raccoglie il materiale di scavo che dagli operai è stato menato nel fosso suddetto, lo trasporta in cima al camino, e lo versa di fuori.

3.º — Lavoro nella camera di scavo.

a) **Profondità a cui bisogna spingere le fondazioni.**

Allorchè con lo scavo si giunge al limite di fondazione previamente scelto mediante opportuni saggi, si spiana e si livella il suolo per formarne il letto di posa del manufatto a costruirsi; quindi si inizia il lavoro di muratura nell'interno della camera di scavo. Per la scelta dello strato, su cui devesi basare la fondazione, bisogna tener considerazione, oltre del carico al quale esso può soggiacere, del suo spessore e della natura degli strati inferiori; massimamente poi badare alla profondità cui possono giungere le escavazioni per l'energia delle correnti acquee superiori (***).

nell'interno dei cassoni, e per l'espulsione di materie luride, spesso si ricorre ad un metodo pressochè simile: adoprando cioè un tubo verticale comunicante in alto con l'aria esterna, e munito in basso di robinetto che, aperto all'occorrenza, permette che sieno trascinati su i materiali da espellersi, per l'azione dell'aria compressa.

(*) Accettiamo, perchè generalmente adottato, il francesismo *draga* (*drague*) per *cucchiaia*, in termini generali. Meglio sarebbe detto *noria escavatrice*, o *noria a cucchiaie*, quando non voglia adottarsi il termine marinaresco *bargagno*, adoperato per le draghe galleggianti.

(**) Pel Ponte a Piacenza sul Po questo camino era di diametro m. 2,05: mentre che i camini di servizio avevano il diametro di m. 1,00. Per particolari, vedi Biadego — *Fondazioni ad aria compressa*. Cap. I, § 5: (Ponti sul Reno a Kehl e sul Po a Piacenza).

(***) I terreni di natura sciolta od incoerente, ad una certa profondità, compressi da tempo remoto dal carico degli strati superiori, acquistano una consistenza che i primi strati sott'acqua non posseggono, quantunque possano essere della medesima natura di quelli. Sicchè, a rigore, le trivellazioni in simili casi dicono ben poco, disgregandosi (com'è facile comprendere) il terreno saggato, sia per l'azione della trivella, sia per l'attraversamento nella massa d'acqua. Il Gaudard dice che

In proposito si fa osservare che, ad opera compiuta, il carico che agisce sul terreno di fondazione è dovuto al peso del manufatto e del sovraccarico mobile (ad esempio, d'un treno ferroviario), diminuito della forza d'attrito che si sviluppa tra le pareti del pilastro ed il terreno adiacente (*). Prudenzialmente nella scelta del sottosuolo resistente si può trascurare tale forza d'attrito, meno però nel caso di fondazioni da scendere a grande profondità (v. Capo VII). Se vuol tenersene conto, bisogna rapportarla ad unità di superficie di base della fondazione in esame: ossia moltiplicare il valore della forza unitaria d'attrito pel quoziente della superficie perimetrale della fondazione, divisa per l'area di base.

Così ad esempio, per la 4^a pila del ponte sul Po a Pontelago-scuero, si ha:

$$\begin{aligned} &\text{Pressione unitaria (per cmq.) del carico permanente e sovracc.}^\circ \text{ mobile} \quad \text{kg. } 6,82 - \\ &\text{Attrito(per cmq.) kg } 2000 \frac{27,67(\text{perim.}^\circ) \times 11,75(\text{immersione nel suolo})}{\text{cmq. } 495000 \text{ (area della fondazione)}} = \quad \text{„ } 1,32 \end{aligned}$$

Pressione effettiva sul piano di fondazione (per cmq.) kg. 5,50

Il Pozzi nei Prospetti *A*, *B* e *G* della già citata sua opera, riporta varii dati riguardanti la pressione sul terreno, di fondazioni per ponti italiani ed esteri: in tali Prospetti si riscontra una pressione massima pel ponte sul Ticino a Sesto Calende, di kg. 10,80 per cmq., ed una pressione minima di kg. 2,37 pel ponte sulla Senna ad Argenteuil, e di kg. 2,12 pel ponte sul golfo di Forth a Queensferry (**).

Per alcuni terreni e rocce i sovraccarichi a cui essi possono resistere (riportati nel Biadego: *Fondazioni ad aria compressa*—Capitolo II, § 15) sono:

Argilla (asciutta e in grossi strati) fino a kg. . . .	3,00 per cmq.
Ghiaia e sabbia pura »	4,00 »
Roccia tufacea da » 5,00 ÷	6,00 »
Arenaria. » » 15,00 ÷	75,00 »
Calcare » » 20,00 ÷	24,00 »
Marmo » » 22,00 ÷	50,00 »
Serpentino » » 70,00 ÷	80,00 »
Granito » » 36,00 ÷	100,00 »
Sienite » » 100,00 ÷	120,00 »
Basalto » » 120,00 ÷	180,00 »

tali saggi, per la loro ingiusta testimonianza sullo stato di consistenza delle terre, sono una evidente impostura (*une flagrante imposture*).

(*) Pei varii valori dell'attrito vedi lo specchio riportato al Capo II—2° (§ e) di questo libro.

(**) Non omettiamo di accennare fin da ora che per la stabilità del manufatto, se trattasi di fondazioni molto profonde, la pressione nel sottosuolo di fondazione, pel

Per la stabilità nei terreni sciolti, se ad esempio trattasi di ponti sopra fiumi, bisogna bene esaminare il fiume in tutte le sue fasi; rilevarne il pendio del fondo nelle magre e nelle piene, studiare la velocità delle correnti, anche in rapporto alle luci da assegnare al ponte, e la natura del letto del fiume rispetto alle forze escavatrici dei gorgi: bisogna in sostanza esattamente determinare innanzitutto il limite massimo delle escavazioni.

b) Notizie di fondazioni eseguite.

1.^o—*Ponte a Sesto Calende sul Ticino.*—La natura del terreno su cui si arrestarono le fondazioni delle pile, è di sabbia argillosa molto fine e compatta. Per tutto l'affondamento fu rinvenuto quasi sempre tale terreno con compattezza ognora crescente: nella massa s'incontrarono piccoli strati di sabbia più grossa, ghiaia, ciottoni e massi granitici. La minima profondità raggiunta da una delle pile fu di m. 8,82, la massima di m. 17,12.

La pressione sul terreno, compreso il carico accidentale massimo, risulta di kg. 10,80 per centimetro quadrato.

2.^o—*Ponte a Turbigo sul Ticino.*—La natura del fondo è sabbiosa: vi si rinvennero nella discesa, anche degli strati di argilla mista con poca ghiaia. A causa delle forti escavazioni prodotte dai gorgi del fiume, le quali in alcune parti si protraevano fino a m. 4,30 sotto il pelo di massima magra le fondazioni si dovettero approfondire a m. 12,46 sotto quel livello di magra.

3.^o—*Ponte presso Asti sul Tanaro.*—Siccome nella piena del 1879 crollò una pila per effetto di corrosione nel piano di fondazione, la medesima fu ricostruita, scendendola fino alla roccia di tufo compatto, alla profondità di m. 8,00 sotto il letto del fiume.

I diversi strati del terreno attraversato per la detta ricostruzione, sono i seguenti:

sabbia e ghiaia	di spessore m.	1,50
argilla compatta	»	» 1,60
creta bigia compatta	»	» 2,20
tufo friabile.	»	» 2,70
tufo compatto (piano di posa della pila).		

4.^o—*Ponte a Mezzanacorti sul Po.*—Le fondazioni alla profondità di circa m. 20 in media, poggiano sopra uno strato di sabbia cilestre e grossa ghiaia. Il terreno che fu incontrato nell'affonda-

forte attrito tra il terreno ed il pilastro, è affatto trascurabile, come ben si vedrà, per le considerazioni esposte al § 6 del Capo VII.

mento è formato di sabbia pura e sabbia mista a ghiaia, attraversata da pochi strati di assoluta argilla e di argilla mista a torba.

La pressione per cmq. a cui il fondo soggiace, è di kg. 6,81.

5.^o—*Ponte a Pontelagoscuro sul Po.*—Le fondazioni poggiano, a m. 18,00 sotto la massima magra, sopra uno strato compatto di arena pura: il terreno attraversato è di argilla mista a sabbia.

La pressione per cmq. sul terreno risulta di kg. 4,89 per le spalle e kg. 6,80 per le pile.

6.^o—*Muraglioni del Tevere a Roma.*—La profondità delle fondazioni per tali muraglioni varia da m. 6,00 a m. 9,00 sotto le magre: secondo la natura del terreno, e l'esposizione del muraglione ad essere cioè più o meno direttamente investito dalle correnti (*).

c) **Muratura di riempimento nella camera di scavo.**

Spianato, come già si è detto, il fondo ritenuto adatto per la posa della fondazione, a mezzo delle betoniere, od in mancanza, delle benne che servirono per l'innalzamento del materiale di scavo, si fa pervenire il calcestruzzo nella camera di lavoro, e con questo si esegue un primo strato (*gettata di smalto*) ben costipato, per tutta l'estensione della pianta del cassone, e per uno spessore generalmente di circa centim. 40. Indi si riempie successivamente tutta la camera con simile calcestruzzo, disponendolo però a strati inclinati; e ciò per non lasciare in quella vuoti di sorta (v. fig. 22).

Fatto il riempimento, e lo stesso costipatosi alquanto, si smontano le camere di equilibrio ed i camini, come già si è accennato altrove, e si passa a riempire i vuoti dei pozzi, ordinariamente con calcestruzzo.

d) **Esempi relativi.**

1.^o—*Ponte ad Argenteuil sulla Senna.*—La muratura di riempimento nella camera di lavoro fu così eseguita: si fece una get-

(*) Una delle pile del ponte a Borgoforte sul Po, nonostante la profondità a cui si trovava fondata e la natura consistente del piano di posa, fu scalzata e rovesciata dalla piena del fiume. La forza escavatrice del Po in piena giunge in certi punti a m. 6,50 sotto il letto normale.

Per la stessa ragione, pel ponte S. Luigi sul Mississippi si dovette scendere con la fondazione fino alla roccia calcarea, giacente a m. 26,30 sotto il pelo di magra (pila est), attraversandosi uno strato di oltre 20 metri di sabbia, perchè soggetto ad escavazioni pei forti gorghi della corrente.

Così pure la pila n° 8 del ponte Dufferin a Bénarès sul Gange, che sopporta appena una travata di m. 35, è fondata nella sabbia per m. 45; giacchè la forza escavatrice delle correnti giunge quivi a scalzare il letto del fiume fino a m. 22 di profondità sotto il pelo delle acque magre.

tata di calcestruzzo di centim. 25, cui si sovrappose un primo strato di cemento Portland di centim. 25 puranche, bene spianato fin contro le pareti del cassone, e poscia un'altra gettata di simile smalto per la rimanente altezza delle pareti. Dopo che questo masso si fu pressochè consolidato, il resto della camera fu colmato di calcestruzzo ordinario.

Ad impedire però che l'acqua filtrasse attraverso il calcestruzzo e lo dilavasse, in precedenza si conficcarono alquanto nel terreno ed in giro al coltello del cassone n.º 12 tubi di ghisa di diametro centim. 8 e di lunghezza m. 2,00, i quali funzionavano da sfogatoi dell'acqua, giacchè questa poteva salire per una certa altezza in essi soltanto: tali tubi vennero in ultimo riempiti di assoluto cemento.

2.º—*Ponte a Mezzanacorti sul Po.*—La camera di lavoro fu riempita di calcestruzzo; e per impedire che l'acqua si facesse strada attraverso questo masso, dilavandolo, la pressione dell'aria fu tolta solo varii giorni dopo eseguito il riempimento suddetto, quando cioè era avvenuto un certo indurimento nella massa. I pozzi furono murati con simile calcestruzzo.

3.º—*Ponte S. Luigi sul Mississipi.* — Per la spalla est, il cassone poggiante sulla roccia fu reso stagno con muratura di calcestruzzo in giro alla base; indi fu riempito tutto di sabbia, la quale fu ben costipata dall'acqua ch'erasi fatta entrare in precedenza nel cassone. Ammassata la sabbia, fu tolta l'acqua mediante l'aria compressa, e si colmarono diligentemente con calcestruzzo tutt'i vuoti rimasti tra la sabbia ed il soffitto della camera di lavoro.

4.º — *Muraglioni del Tevere a Roma.* — Il riempimento delle camere di lavoro veniva fatto con calcestruzzo, eseguito a strati orizzontali battuti con mazzeranghe, avendo cura di riempire prima bene tutti gli angoli del cassone: i camini erano parimenti riempiti di calcestruzzo.

I cassoni si affondavano a distanza l'un dall'altro di m. 0,40 circa: inoltre si lasciavano sulle pareti laterali, ed in corrispondenza tra loro, delle scanalature di m. 0,30 × 0,40, allo scopo che, facendovi in ultimo colare il calcestruzzo, quelle funzionassero da prese. Il calcestruzzo andava a riempire anche il vuoto tra i due massi consecutivi.

5.º—*Ponte Garibaldi a Roma sul Tevere.*—La muratura di riempimento nella camera di lavoro è di smalto, formato con pietrisco dimazzato e pozzolana idraulica (*).

(*) A Pontelagoscuro per lo smalto fu adoprato ghiaia e cemento nella proporzione di 2 ad 1: a Marmande la composizione a m. c. dello smalto fu di kg. 185 di cemento, m.c. 0,35 di sabbia e m.c. 0,65 di ghiaia (volumi effettivi).