

che è il prezzo medio a metro cubico pagato per la sola muratura in fondazione.

5.<sup>o</sup>—*Muraglioni del Tevere a Roma (1882)*. — Il costo della muratura in fondazione, considerata fino alla quota di m. 0,50 sulla magra normale del fiume, era fissato per lire 70,00 a metro cubico, tutto compreso: ridotto a lire 63,56, atteso il ribasso d'asta del 9,20 % (\*).

6.<sup>o</sup>—*Ponte a Turbigio sul Ticino (1883)*.—Un metro cubico di scavo all'aria compressa è costato lire 40,00. Il costo poi di un metro cubico di calcestruzzo è stato di lire 35,00 all'aria compressa, e di lire 18,00 all'aria libera.

7.<sup>o</sup>—*Ponte a Casalmaggiore sul Po (1885)*. — Un metro cubico di scavo alla presenza dell'aria compressa si è pagato lire 36,00. Un metro cubico di calcestruzzo in fondazione è costato lire 38,00: all'aria libera, invece, lire 22,00.

8.<sup>o</sup>—*Ponte Garibaldi a Roma sul Tevere (1885)*. — Il costo a metro cubico delle fondazioni, tutto compreso, è risultato di lire 70,00, in media, per i due spalloni, e di lire 72,00 per la pila (\*\*).

## CAPO VII.

### Fondazioni molto profonde.

#### a) Cenno sulle fondazioni con escavi all'aria libera.

Il limite massimo di profondità fino a cui può applicarsi il metodo pneumatico per le fondazioni subacquee, è di m. 35, come si è fatto notare al Capo IV. Se quindi per speciali circostanze locali le fondazioni debbono scendere oltre quel limite sotto il pelo dell'acqua, bisognerà assolutamente ricorrere ad altro sistema di esecuzione, come ad esempio: a quello degli scavi all'aria libera con l'uso delle draghe, delle cucchiaie a mascelle (*clam shells*), delle trombe centrifughe e simili.

Così si è dovuto praticare per vari ponti, seguendo cioè l'antico metodo per le fondazioni dei pozzi indiani (cosiddetti *kotis*), coi perfezionamenti però che il progresso ognora addita.

Nel 1867 infatti il sig. Leslie fondò in Asia un ponte sul Gorai

---

(\*) Gli operai lavoravano nel cassone per lo spazio di otto ore: la loro mercede oraria variava da lire 0,25 a lire 0,50, col variare della profondità a cui si eseguiva il lavoro, ed anche della stagione in cui si lavorava.

(\*\*) Quivi l'aria fu compressa nei cassoni a circa n.°2 atmosfere effettive.

(ramo del delta del Gange) a m. 30 sotto le magre, servendosi per lo scavo d'una specie di raschiatoio (*rabot*) o disco girevole intorno ad un gambo animato da una motrice, il quale disco era munito di nervature triangolari bordate da vomeri (*socs*); e inoltre di un tubo a sifone pel vuotamento dei materiali tagliati.

Simile processo fu tenuto pel nuovo ponte della Nerbudda in India, dove la massima profondità raggiunta fu di m. 32 sotto le magre: i materiali scavati erano quivi estratti con la draga, ed in alcune circostanze con l'aiuto dei palombari.

Al ponte di Poughkeepsie sul fiume Hudson negli Stati Uniti d'America (1876) le fondazioni furono profondate a m. 38 sotto le piene, essendosi dovuto attraversare uno strato di m. 21 di melma, argilla e sabbia. Quivi furono adottati dei robustissimi cassoni di legname, i quali vennero zavorrati da carichi di smalto: s'adoperarono per lo scavo delle cucchiaie a mascelle.

Così pure pel ponte Jubilee sull'Hoogly (altro ramo del Gange), attesa la profondità, non si poterono eseguire le fondazioni che col metodo degli scavi all'aria libera.

Del pari si dovette procedere pel ponte sul fiume Hawkesbury tra Sidney e Newcastle nella Nuova Galles del Sud in Australia (1886-89), il quale ha le più profonde fondazioni finora eseguite; giacchè essendo il letto di quel fiume formato di uno spessissimo strato di limo, giacente sopra uno strato di terreno sabbioso, le fondazioni dovettero raggiungere la profondità di circa m. 50 sotto le acque ordinarie (m. 58 sotto il livello delle grandi piene). Si adopraron quivi dei cassoni di acciaio.

Pel ponte Dufferin sul Gange a Bénarès nell'India inglese (1881-87) parimenti gli scavi furono eseguiti all'aria libera, giacchè le fondazioni di quattro delle n.º 7 pile dovettero raggiungere le profondità di m. 37,00 ÷ 42,75 sotto il livello di bassa marea, a causa delle profonde erosioni del letto del fiume (protratte a m. 21 sotto le magre dai gorghi e dalle forti correnti che giungono ad avere quivi la velocità di m. 7 a 1") e pei grandi sovralzamenti del pelo di acqua, che salgono a m. 15 sulle piene ordinarie al tempo degli straripamenti del Jumna, affluente del Gange.

I cassoni di ferro delle pile di questo ponte furono foggiate a base ellittica, di diametri m. 19,88 e m. 8,54: gli spessori delle lamiere si fecero di millim. 10 ÷ 12.

Dovendo essi essere molto resistenti, furono costrutti a doppia parete metallica con collegamenti radiali di ferri ad angolo e saettoni: presso la base, la parete interna si portò inclinata a 45°, formando così con l'involucro esterno un coltello triangolare, robustato da uno zoccolo d'acciaio (*sabot*) di spessore millim. 37.

Ciascun cassone fu diviso, mediante due diaframmi, in tre pozzi

di scavo, nei quali funzionavano delle draghe *Bull-Bruce*, avente ciascuna un secchio (*poche*) di diametro m. 2,45, capace di esaurire m. c. 3,37 ossia tonn. 6 di sterro: le draghe erano mosse da verricelli a vapore di 20 tonnellate di forza ciascuno. I suddetti diàframmi si fecero terminare, sotto forma di ugnatura (*biseau*), ad un livello un po' più in alto di quello del tagliente perimetrale.

Il vuoto tra le due pareti metalliche veniva riempito per la parte inferiore con calcestruzzo a cemento, e per la rimanente parte superiore con muratura laterizia parimenti a cemento. Allo scopo poi di collegare la muratura di fondazione con quella soprastante, sulla parte superiore della parete piena del cassone si sovralzò un'ossatura di ferro a graticcio (*carcasse à claire-voie*).

Ciascun cassone delle suddette quattro pile era guidato nell'affondamento mediante pontoni, portanti un armaggio di legname, cui erano affidati i verricelli delle draghe.

Con la luce elettrica si lavorava anche di notte con le draghe; per cui l'avanzamento medio nelle 24 ore fu di m. 0,60 nella sabbia; interrotta da uno strato di grossa ghiaia mista ad argilla.

#### b) Considerazioni sul limite delle fondazioni profonde (\*).

A misura che un pilastro di fabbrica viene approfondato nel suolo, l'attrito che si sviluppa tra la muratura ed il terreno, aumenta, perchè cresce la superficie di contatto; ed aumenta anche più rapidamente, ossia col quadrato della profondità, se il terreno è melmoso (*vase coulante*), incoerente o scorrevole (*terrain fluent*), come risulta dalla formola  $F = \frac{1}{2} k \pi c b^2$ , riportata al Capo II — 2°, § e.

Ciò fa pensare come, per qualsiasi natura di terreno, si possa sempre giungere a fale una profondità, da bastare da sola la forza d'attrito (senza cioè la concorrenza della resistenza del sottosuolo) ad assicurare la stabilità d'un pilastro.

Questa considerazione è della massima importanza, se si pon mente che non poche volte in pratica si è davanti a casi in cui anche a grande profondità, il sottosuolo non presenta sufficiente resistenza al carico cui dovrebbe soggiacere; per cui bisognerebbe sempre più approfondire la fondazione fino a limiti smisurati, in cerca di sottostrati più resistenti. Ciò anche con gli apparecchi pneumatici riescirebbe gravoso, se non proprio impossibile; visto (come si è già accennato più sopra) che il massimo limite per fondazioni ad aria compressa è di m. 35 sotto il livello delle acque.

Riferendosi al caso più sfavorevole di terreni subacquei di na-

---

(\*) Dal Gaudard — *Limites des fondations profondes* (Ed. G. Bridel et C. — Lausanne, 1890).