

debole bisogna spingere le fondazioni oltre i 35 metri sotto il pelo d'acqua, il Gaudard giustamente ritiene che, in vista delle difficoltà nell'esecuzione del lavoro ad una tale profondità, sarà permesso non essere troppo esigenti nella perfettibilità del lavoro, come per fondazioni poco profonde si ha il dovere di esserlo: giacchè in quel caso non influisce punto a compromettere la stabilità del manufatto se la fondazione poggia spianata e ben livellata nel sottosuolo, ovvero s'essa termini con un piano irregolare, od anche finisca in punta come un palo infisso nel terreno.

Infatti, dietro ciò che si è detto più sopra, si comprende agevolmente come a grande profondità il sottosuolo risente poco o nulla del carico del pilastro; ed ammesso pure ch'esso fosse gravato oltre i limiti della sua resistenza, non vi sarà certo a temere giammai un rifluimento, per la considerevole altezza della massa di terreno circostante.

Aggiungiamo noi intanto che per consimili casi di fondazioni profonde sarebbe opportuno costruire pilastri di pianta rettangolare: ciò perchè a parità di sezione orizzontale, e quindi di cubatura e peso della fabbrica, il perimetro è maggiore per una sezione rettangolare di quello per sezione quadrata o circolare; epperò l'attrito è maggiore anch'esso, e di conseguenza basterà una minore profondità d'affondamento per la stabilità dell'opera.

Nel chiudere questo breve capitolo, consigliamo di leggere la citata Memoria del Gaudard sulle *Fondazioni profonde*; essendo essa pregevole, oltrechè per le considerazioni tecniche e pratiche da noi sviluppate, anche per citazioni di esempi di opere costrutte e di difficoltà superate in cosiffatti generi di lavori subacquei.

## CAPO VIII.

### **Sistemi speciali di fondazioni in terreni acquiferi o cedevoli.**

A compimento di questa trattazione, diamo brevi notizie su due metodi di fondazioni di recente ideati, ed adottati per terreni acquiferi, sciolti o cedevoli: consistente l'uno nel rendere temporaneamente solido il terreno da attraversare, mediante il congelamento di esso; l'altro invece nell'accrescere perennemente la resistenza del sottosuolo d'impianto, modificandone la sua natura e il suo stato molecolare.

#### *a) Sistema Poetsch.*

Per la costruzione di pozzi o pilastri di fabbrica nei terreni acquiferi, il signor *Poetsch* adottò un sistema tutto proprio, il quale consiste

nella solidificazione di tali terreni per mezzo del congelamento. I particolari di questo sistema sono riportati nel *Zeitschrift für Berg Hutten und Salinenwesen in Preussischen State*.

Tale solidificazione si genera col far circolare del liquido refrigerante (ad esempio una soluzione di cloruro calcico) in un fascio di tubi approfondati nel suolo. A circa  $-19^{\circ}$  centigradi il terreno molle e permeabile è trasformato in una materia solida, di frattura concoide molto compatta, a simiglianza del grès.

Dopo un' esperienza di gabinetto, che raccomandava il processo, una prima applicazione di questo sistema il sig. Poetsch la fece alla miniera di lignite d' Archibald, presso Schneidlingen, appartenente alla Compagnia Douglas, ad Aschersleben (Prussia).

Quivi, dopo d' avere attraversato per m. 30,60 un terreno solido con un pozzo di sezione m.  $4,50 \times 3,00$ , s' incontrò uno strato di m. 5,50 di sabbia acquifera, sovrapposto al filone di lignite da raggiungere. Furono invano tentati varii espedienti per attraversare questo terreno; e nell' intento di espellere l' acqua, fu trivellato un foro fino ad una sottostante galleria, avanzata nella lignite.

Questa circostanza però, avendo creato una corrente perenne d' acqua, fu causa nell' attuazione del processo che si va a descrivere, di rallentare considerevolmente la congelazione del terreno, e di rendere più difficile il lavoro.

Il sig. Poetsch ideò di conficcare nel fondo del pozzo, fino a centim. 50 nella lignite, n.° 23 tubi di centim. 20 di diametro, di cui n.° 10 in giro alle pareti del pozzo. Questi tubi erano chiusi al fondo da una specie di grosso turacciolo di legno, il quale s' adattava in un imbuto, ed era coperto da strati successivi di gesso, cemento, argilla ed infine asfalto. In ciascuno di questi tubi ne scendevano altri di diametro  $\frac{m}{m}$  30, i quali erano collegati e mantenuti superiormente da un' opposta guarnitura.

La soluzione di cloruro di calcio, provveniente da una macchina a freddo, tipo *Carré*, era spinta nei tubetti mediante una tromba premente, e ritornava alla detta macchina, rimontando per lo spazio anulare lasciato tra i tubi involuppati e gl' involuppati interni: raffreddando così il terreno, col quale i primi erano direttamente in contatto.

Siffatto congelamento ed il conseguente indurimento delle terre procede però, nell' attuazione del sistema in esame, molto lentamente. Nella circostanza in discorso, per abbassare a  $-18^{\circ}$  la temperatura del terreno (che era naturalmente di  $11^{\circ}$  centigradi) occorsero n.° 23 giorni.

A questa bassa temperatura il terreno si era intanto reso perfettamente secco e consistente; anzi di una durezza tale, che lo si dovette rompere col piccone e con la mazza.

L' aria nel fondo del pozzo si manteneva però alla temperatura di  $0^{\circ}$  circa: il che era una circostanza favorevole, potendo gli operai

a tale temperatura lavorare senza inconvenienti. Il pozzo intanto veniva armato (*cuvelé*) a misura che si scendeva con lo scavo nel sottosuolo.

Il lavoro fu iniziato il giorno 8 luglio 1893; si giunse allo stato di lignite il 30 settembre.

Alla miniera di carbon fossile Centrum a Koenigs-Wusterhausen nella Prussia, l'elettricista dottor W. Siemens ha attraversato, col sistema suddescritto, m. 33,00 di sabbia in n.º 33 giorni, senza notevoli inconvenienti.

Alla miniera Emilia a Finsterwalde (Germania), si è riuscito, in ben più difficili condizioni, ad approfondire col metodo medesimo un pozzo di m. 2,70 di diametro, nelle sabbie soggette a smottamenti (\*), per la considerevole altezza di m. 36,00.

Per la costruzione delle pile di ponti, il sistema in esame presenta grande interesse. Nella sua applicazione il lavoro procede così: si fa scendere col metodo pneumatico il cassone stagno fino a 3 o 5 metri sotto il letto del fiume; quindi tenendo sempre, a mezzo dell'aria compressa, lontana l'acqua dal cavo iniziato, si affondano i tubi refrigeranti, in giro al cassone (\*\*). A misura che la terra si va congelando, si procede al lavoro di scavo, e si approfondiscono di pari passo i suddetti tubi refrigeranti; ciò fino ad incontrare quello strato di terreno solido, che si ritiene atto a poter sostenere il carico del manufatto: dopo di che si esegue la costruzione della pila, senza alcun bisogno di provvedere a speciali armature (\*\*\*)).

Il sig. Poetsch ha trattato col Governo Rumeno per la costruzione di n.º 12 pile del gran ponte sulla Dimbowitza a Bukarest. Altre trattative di importanti applicazioni di questo sistema sono state fatte negli Stati Uniti d'America.

#### b) Sistema Neukirch.

Il processo del signor *Neukirch* mira a rendere stabilmente solidi i terreni bagnati e compressibili, come ad esempio le sabbie che trovansi sotto il letto dei fiumi.

La solidificazione si ottiene per mezzo di un'iniezione di cemento,

---

(\*) Queste sabbie soglionsi da noi denominare *bollenti* forse per quei gonfiamenti, dilatazioni e scoscendimenti dovuti in massima parte (allorchè esse vengono esposte all'aria) all'azione di acque sorgive, per cui pare quasi di veder tali sabbie bollire: meglio però sarebbe denominarle *sabbie smottanti* (*sables boullants*).

(\*\*) In varie circostanze il sig. Poetsch per conficcare i tubi refrigeranti nel sottosuolo, si è servito della tromba aspirante a sabbia.

(\*\*\*) Si è potuto assodare che uno spessore di un metro di terra congelata permette di scavare senza armature un pozzo circolare di m. 2 di diametro.

che vien fatta con la pressa idraulica, con la forza del vapore, ovvero con quella dell'aria compressa.

Un iniettore manda il cemento in polvere in un tubo flessibile, il quale è munito al suo estremo di un tubo metallico bucherellato, che viene introdotto nel sottosuolo, fino ad incontrare uno strato di terra di una certa consistenza.

Per effetto della forte pressione agente, il cemento è spinto nella massa del terreno, dove ne smuove le molecole, e ne discaccia l'acqua, occupandone il posto. In tal modo esso s'impasta, per così dire, con la sabbia umida e con la ghiaia, formandone una massa dura e solida. Epperò il sottosuolo così modificato, qual robusta platea generale di smalto, diventa atto a poter resistere al peso della costruzione da elevarsi superiormente.

In tal procedimento l'area di terreno da solidificarsi suol ripartirsi in scompartimenti di centimetri  $50 \times 80$  circa, in ciascuno dei quali viene affondato uno dei suddetti tubi d'iniezione.

A misura che s'inietta il cemento, i tubi debbono essere sollevati lentamente, a fin di permettere che tutta la massa di terreno ne sia bene impregnata.

Terminata l'iniezione, si verifica generalmente un certo rassetto del sottosuolo: ciò è dovuto al fatto che i granelli di sabbia smossi, nell'essere uniti dal cemento, si avvicinano tra loro, ed occupano perciò minore spazio.

Il cennato processo si è adoperato in Germania con buoni risultati nelle nuove costruzioni marittime del porto di Brema: esso è stato esposto ed illustrato dall'Autore nel Congresso d'Ingegneria tenutosi recentemente negli Stati Uniti d'America, all'Esposizione di Chicago.

---