

# Recensioni

**Il problema dei terreni e delle fondazioni nella ricostruzione della città di Amiens** - (Le problème des sols et fondations dans la reconstruction de la Ville d'Amiens) M. BRIAN-COURT - Annales des Ponts et Chaussées, n. 4 e 5, 1953, pag. 369-393 e 489-531.

La memoria, che qui recensiamo, presenta un interesse singolare non solo e non tanto per il merito intrinseco delle indagini effettuate, quanto per l'ampiezza di visuale che ha determinato le indagini stesse.

La città di Amiens è stata gravemente danneggiata durante l'ultima guerra; così gravemente che, nell'accingersi all'opera di ricostruzione, ingegneri ed architetti ravvisarono la convenienza di attuare un piano regolatore concepito completamente ex-novo. Questo comportò una ridistribuzione delle aree disponibili con sensibile aumento delle aree occupate dalle strade e perciò a detrimento delle aree edificabili. Di qui la necessità di sviluppare gli edifici in altezza fino al massimo delle possibilità rispettando ad un tempo le esigenze della statica e quelle dell'economia. La necessità di conoscere preliminarmente nelle grandi linee la natura e le caratteristiche dei terreni di fondazione di tutta la città si impose di conseguenza.

Ma per una seconda e, in certo senso, più delicata ragione fu necessario istituire queste indagini. Come si è accennato, il nuovo piano regolatore incideva profondamente nel tessuto della proprietà privata. Lo Stato francese quindi dovette affrontare il problema di indennizzarla in quei casi, in cui essa risultava esposta ad oneri molto maggiori conseguenti alla maggiore complessità delle opere di fondazione necessarie per l'attuazione del nuovo piano regolatore.

Con alcune leggi e circolari ministeriali vennero fissati i criteri da seguire nell'assegnare i contributi statali e venne costituita una Commissione, detta delle « Fondazioni eccezionali », con il compito di applicare la legge (in pratica risultò che erano da considerare come « eccezionali » le fondazioni di edifici a più di tre piani e quelle di edifici, anche leggeri, ma poggianti su terreni torbosi). La Commissione anzidetta esaminava i progetti di massima delle fondazioni eccezionali e, dopo averli ricondotti, se necessario, su basi soddisfacenti sia dal punto di vista statico che da quello economico, ne stabiliva il finanziamento.

A tale scopo la Commissione ritenne opportuno suddividere le opere di fondazione in cinque tipi e cioè:

- travi continue in cemento armato;
- pozzi corti e pozzi profondi;
- pali prefabbricati, battuti, in cemento armato;
- pali trivellati, gettati in sito;
- platee generali.

Fissò poi delle regole, tradotte in abachi e tabelle, per determinare il costo delle varie opere di fondazione. Come è evidente, questo presupponeva però la possibilità di stabilire caso per caso il tipo di opera di fondazione più conveniente e le dimensioni da assegnarle in funzione delle caratteristiche del terreno di fondazione.

Di qui la necessità di uno studio preliminare, di carattere generale dei terreni di fondazione della città.

Sull'utilità di questa applicazione in grande scala dei mezzi, che la Geotecnica oggi offre per una razionale progettazione delle opere di fondazione, l'Autore così si esprime:

« La progettazione di massima si semplificava considerevolmente e, di conseguenza, diveniva facile stabilire l'entità del contributo a carico dello Stato. In tal modo è stato possibile lanciare, a un ritmo sufficiente, la ricostruzione della città fin dal 1947...

Sono state evitate molte incertezze e sono state economizzate centinaia di milioni: la deficienza di competenza o di esperienza di taluni architetti, in materia di fondazioni speciali, non poteva che tradursi in sovrabbondanze costose, senza profitto per lo Stato e per il danneggiato; con perfetto spirito di reciproca comprensione si è riusciti a disciplinare la concezione delle opere e ad armonizzarle correttamente con la capacità portante dei terreni di fondazione ».

\*\*\*

Il sottosuolo della città è costituito da depositi di rocce sciolte (argille, sabbie e ciottoli; materiali torbosi) di origine recente sovrapposti ad una formazione tipica di quelle regioni, quella cioè della *craie* (calcere fossilifero tenero). I terreni naturali anzidetti sono ricoverti da uno strato di materiali di riporto dello spessore di parecchi metri accumulatisi nel corso dei secoli a seguito delle gravi distruzioni subite dalla città, l'ultima delle quali è quella operata dall'ultima guerra.

L'indagine geotecnica aveva quindi lo scopo di determinare l'estensione dei vari tipi di rocce sciolte sovrapposte alla *craie*, le loro caratteristiche meccaniche ed infine zona per zona la « capacità portante » del sottosuolo. I mezzi a tal fine adottati furono:

- un gran numero di sondaggi spinti di solito fino a raggiungere la *craie* e talvolta fino a una decina di metri di profondità entro questa formazione;
- prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi (granulometria, prove edometriche, angolo di attrito);
- prove di penetrazione in sito, statiche e dinamiche.

Per le prove di penetrazione statiche è stato adoperato un apparecchio ispirato a quello dei laboratorio di Delft. Per le prove dinamiche sono state battute nel terreno delle rotaie: in base al numero dei colpi e all'af-

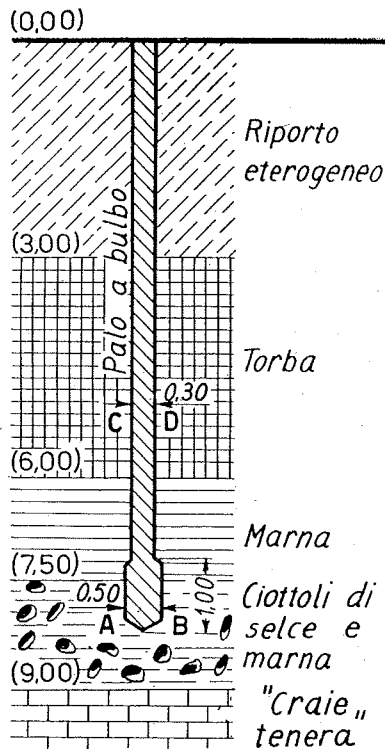


Fig. 1

fondamento subito dalla rotaia si deduceva con una formula dinamica, e precisamente quella di CRANDAL, il valore della resistenza dinamica offerta dal terreno alla rotaia.

L'A. pone in rilievo come questo secondo tipo di prova può fornire utilissime indicazioni, ma deve essere adottato con molta cautela date le approssimazioni insite in tutte le formule dinamiche, le incertezze inerenti ai valori assunti da certi coefficienti che compaiono nelle formule ed infine le differenze che intercorrono fra l'applicazione ad un palo di carichi statici o di carichi dinamici.

\*\*\*

Prima di procedere alla descrizione delle varie zone e dei tipi di fondazione adottati è opportuno parlare dei pali a bulbo, comunemente adoperati in Olanda ed introdotti in Francia per la prima volta appunto ad Amiens. Per palo a bulbo si intende (fig. 1) un palo prefabbricato e battuto in cui la base AB è più larga del fusto CD; lo scopo è di utilizzare al massimo la resistenza di punta quando si debbano trasmettere i carichi ad un banco compatto, stabile e di sufficiente spessore, di ghiaia o sabbia grossa sottostante a strati poco resistenti e facendo perciò astrazione dall'attrito laterale.

Questa soluzione è di particolare interesse quando l'attrito laterale possa cambiare direzione (terreni di riporto e terreni torbosi) ed assumere valori negativi:

nel palo a bulbo il perimetro soggetto a questa forza è quello del fusto a diametro minore. Inoltre la capacità portante è maggiore per la maggiore superficie della punta ed il peso è nettamente inferiore a quello di un palo pieno avente il diametro del bulbo.

Una precauzione da prendere è quella di fare il bulbo di lunghezza sufficiente onde evitare una rottura del terreno al di sotto della punta per il rifluimento al disopra del bulbo.

In base alle indagini effettuate la città è stata suddivisa in sette zone, contrassegnate dalle prime sette lettere dell'alfabeto, di uguale portanza per quanto riguarda fondazioni.

L'A. esamina partitamente le caratteristiche di ciascuna zona, espone i criteri di calcolo adottati ed i risultati ottenuti. Tutte queste informazioni, come è facile comprendere, sono di estremo interesse. Rias-

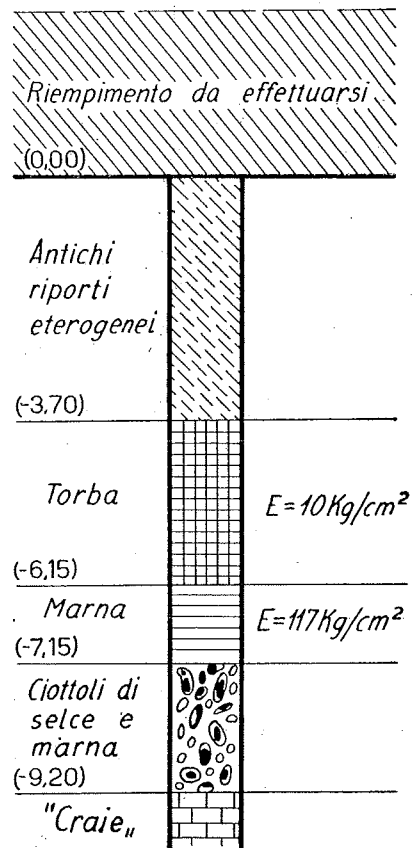


Fig. 2

sumeremo rapidamente, rimandando il lettore all'articolo originale.

— La zona A è la più bassa e la più delicata da trattare di tutta la città: in essa il sottosuolo è costituito nella maniera seguente (fig. 2):

- 1) in superficie riporti più o meno consolidati saturi di acqua, di spessore variabile da 3 a 6 metri, eterogenei sui primi 2-3 metri, più compatti al disotto;
- 2) alluvioni torbose di 3,5 m di spessore;
- 3) un piccolo strato di marna molle;

4) un banco di ghiaia e sabbia dello spessore di 2 metri;

5) infine la *craie* ad una profondità da 9 a 15 m dal piano di campagna.

In base a tale stratificazione e alle caratteristiche di questi terreni sono stati consigliati i seguenti tipi di fondazioni:

a) per costruzioni leggere ad un piano, fondazioni superficiali su travi continue a m 0,60 di profondità dal piano di campagna con un carico massimo di 0,75 kg/cm<sup>2</sup>;

b) per costruzioni pesanti, fondazioni su pali o pozzi spinti fino allo strato di ghiaia e sabbia. In casi particolari e solo dopo uno studio di dettaglio molto accurato: platea generale con piano di posa nei riporti superiori; carico massimo 0,75 ÷ 1 kg/cm<sup>2</sup>. L'A. riporta poi a titolo di esempio tutti i calcoli e le prove effettuati per lo studio delle fondazioni di un certo isolato.

— La zona B è caratterizzata da uno strato di riporto molto eterogeneo di spessore variabile da 2,3 a 8 m, non saturo di acqua, che poggia su uno strato torboso di spessore da 1 a 2,5 m. Sotto tale strato vi è un banco di limo che con la profondità diventa sempre più sabbioso e di spessore molto variabile. Infine vi è lo strato di ghiaia e sabbia poggiante sulla *craie*.

Per costruzioni leggere sono state consigliate fondazioni superficiali a travi continue con carico non superiore ad 1 kg/cm<sup>2</sup>, ma per estensioni piccole e con opportuni giunti, data l'eterogeneità del riporto.

Per costruzioni pesanti bisogna ricorrere a fondazioni profonde che possano raggiungere il limo sabbioso ovvero il banco di ghiaia e sabbia, sulla base delle seguenti sollecitazioni:

1) limo sabbioso: pozzi corti che caricano il terreno con 2 a 3 kg/cm<sup>2</sup> a seconda della profondità;

2) ghiaie: pozzi poggianti su tale strato con carichi da 3 a 8 kg/cm<sup>2</sup> a seconda dello spessore del terreno sovrastante ovvero pozzi affondati per un metro nella ghiaia, e quindi resistenti anche per attrito, e con valori del carico da 6 a 9 kg/cm<sup>2</sup>.

Poichè la falda freatica è molto bassa tali pozzi possono essere fatti direttamente a mano.

— La zona C, comprendente la città vecchia, è costituita da uno strato di riporto dello spessore variabile da 2,5 a 10 m — con basso tenore in acqua — da uno strato di limo argilloso o sabbioso di spessore variabile da 0 a 0,45 m e da uno di ciottoli di selce più o meno misti a sabbia. Infine la *craie*. Per le costruzioni leggere come fondazioni bisogna adottare travi continue con carico da 1 a 1,2 kg/cm<sup>2</sup>; per quelle pesanti si può ricorrere a pozzi di m 1,20 di diametro poggiati o sullo strato di limo sabbioso con carichi da 3 a 6 kg/cm<sup>2</sup> o sullo strato ghiaioso con carichi da 7 a 15 kg/cm<sup>2</sup> a seconda della profondità.

— La zona D comprende quelle zone in cui erano le discariche pubbliche; è quindi costituita da riporto eterogeneo e sciolto. Come fondazioni si possono adottare quelle della zona C salvo maggiori precauzioni.

— La zona E è costituita da uno strato superficiale eterogeneo di riporto, che aumenta notevolmente di compattezza con la profondità, successivamente da limo argilloso tendente verso il sabbioso con la profon-

dità, ed infine dallo strato ghiaioso poggiante sulla *craie*.

Per le costruzioni leggere si possono adottare fondazioni superficiali con un carico di 1,2 kg/cm<sup>2</sup>; per quelle pesanti, qualora il riporto sia di piccolo spessore, si possono realizzare delle fondazioni su travi continue poggianti sul limo con carichi variabili da 1,2 a 2,5 kg/cm<sup>2</sup> a seconda delle caratteristiche del limo e della profondità del piano di fondazione; oppure pozzi fatti a mano poggianti sullo strato di ghiaia e sabbia.

— La zona F è caratterizzata da un riporto di piccolo spessore poggiante o direttamente sullo strato ghiaioso o sulla *craie*.

Si possono quindi adottare fondazioni su travi continue con carichi da 1,2 a 4 kg/cm<sup>2</sup>.

— La zona G o zona industriale è costituita da strati superficiali torbosi od argillosi, da alluvioni sabbio-argillose e quindi dal solito banco di sabbia e ghiaia.

Le fondazioni consigliate sono: per strutture leggere: quando lo strato torboso sia sormontato da riporto di spessore sufficiente, travi continue, larghe e rigide; dove la torba è superficiale, pali di piccola lunghezza per riportare il carico al terreno sottostante. Per strutture pesanti: pali che raggiungano il banco di ghiaia e sabbia ovvero la *craie*. In tutta questa zona si incontra l'acqua a piccola profondità e perciò si devono adottare o pali ovvero pozzi eseguiti in acqua.

L'A. così riassume i risultati delle indagini. Nella città di Amiens si possono distinguere tre zone:

*I zona* — parte basse della città svolgentesi lungo le rive della Somme: è caratterizzata da alluvioni torbose molto compressibili per cui i carichi di fabbricati pesanti debbono essere riportati sui terreni sottostanti allo strato torboso, preferibilmente mediante pali, data la presenza di acqua.

*II zona* — zona centrale, con notevole riporto eterogeneo che può sopportare strutture leggere e medie. Le strutture pesanti devono essere appoggiate sulla ghiaia o sulla *craie*. Poichè non si incontra acqua, è economicamente conveniente adottare pozzi fatti a mano.

*III zona* — zona alta della città con riporto di piccolo spessore. Per gli edifici leggeri e medi: fondazioni superficiali; per quelli pesanti: pozzi corti o fondazioni superficiali, se il terreno di buone caratteristiche è a piccola profondità.

(P. Colombo)

**Breve storia della terra** - H. H. READ - Edizione Italiana a cura di F. IPPOLITO - Ed. Laterza, Bari, 1954 (1 vol. di pag. 234 con 30 figg.).

Segnaliamo al pubblico degli ingegneri e dei tecnici in genere questo brillante volumetto dovuto alla arguta penna di uno dei maggiori geologi inglesi, perchè in esso l'Autore fa opera di alta divulgazione scientifica dando nel contempo un quadro rapido ma ben preciso