

Aumento nel tempo della portanza dei pali battuti.

A. E. RADUGHIN - Osnovaniya, Fundamenti i Mekanika Gruntov. 1969.

Radughin descrive le esperienze acquisite durante l'infissione di circa 100.000 pali prefabbricati a sezione quadrata aventi dimensioni di 30 x 30 cm.

Si tratta di pali installati nei terreni limoso-argillosi e limoso-sabbiosi della città di Riazan per i quali si è osservato un notevole incremento delle portate col passare del tempo.

Allo scopo di indagare meglio su questo fenomeno che ha notevole importanza economica nel dimensionamento dei pali battuti nei terreni coesivi, sono state eseguite prove di ribattitura ed effettuate delle prove di carico statico a vari intervalli di tempo dalla infissione.

Dall'analisi dei risultati sperimentali di Radughin si possono trarre le seguenti conclusioni:

1) Tutti i pali infissi tendono col passare del tempo ad acquisire una portata limite massima che risulta superiore a quella determinata mediante le formule dinamiche, in base ai rifiuti registrati durante l'infissione, od in seguito alle prove di carico statico effettuate dopo breve intervallo di tempo dall'installazione dei pali stessi.

2) L'incremento della portata del palo nel tempo aumenta di pari passo con il crescere dell'indice di plasticità del terreno e, a parità di questo indice, è più pronunciata per i terreni aventi basso indice di consistenza.

3) L'aumento della portata dei pali nel tempo trova secondo Radughin la sua spiegazione nei seguenti fenomeni:
— tixotropia
— consolidazione
— rottura delle pellicole dell'acqua e della struttura del terreno.

Per ogni terreno specifico l'importanza di ciascuno dei tre fattori sopracitati risulta diversa.

4) Il fenomeno di incremento della portata dei pali infissi nel tempo può essere espresso attraverso la seguente formula (analoga a quella data da Novozilov⁽¹⁾):

$$P_{max} = P_0 + \frac{P_t - P_0}{\varphi(2,5 \cdot t/t_{opt})}$$

essendo:

P_{max} = portata limite massima possibile del palo che si raggiunge dopo il tempo $t = t_{opt}$ dalla sua infissione.

P_t = portata del palo dopo il tempo t dalla sua infissione.

P_0 = portata del palo immediatamente dopo la sua infissione ($t = 0$).

$$\varphi(x) = \varphi\left(\frac{2,5t}{t_{opt}}\right) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp(-0,5t) \cdot dt$$

5) Dai numerosi dati sperimentali riportati da Radughin si deducono i seguenti valori di t_{opt} :

sabbie limose	6 ÷ 8 giorni
limi sabbiosi e limi	10 ÷ 25 giorni
limi argillosi ed argille	30 ÷ 60 giorni

L'aumento relativo della portata del palo nel tempo risulta, nel caso dei terreni della città di Riazan, dell'ordine riportata in tabella I.

Bisogna solo rammaricarsi che la ricca raccolta dei dati sperimentali riportati da Radughin non è documentata da un'altrettanto esauriente documentazione geotecnica (granulometrie, limiti di Atterberg, «vane test» ecc.); ciò renderebbe assai più facile il confronto delle esperienze russe con quelle italiane in terreni simili.

6) In aggiunta a quanto sopra espo-

sto va riportata l'opinione dell'Autore che le previsioni circa la capacità portante dei pali, fatte in base ai rifiuti utilizzando la formula di Gervesanov, quando vengono impiegati i battipali Diesel, porta a risultati attendibili solo nel caso in cui si possa determinare l'energia effettiva assorbita per il superamento della resistenza del terreno attorno e sotto il palo.

Tale affermazione è parzialmente in contrasto con le esperienze dello scrivente al quale sembrerebbe che l'unica via relativamente promettente nella valutazione della resistenza statica del palo, in base alla sua resistenza dinamica, passa attraverso l'utilizzazione della equazione dell'onda d'urto.

Nella figura allegata vengono riportate le varie curve di $\frac{P_t - P_0}{P_0}$, in

funzione di t_i/t_{opt} , calcolate in base ai valori della funzione $\varphi(x)$ dati nella tabella II.

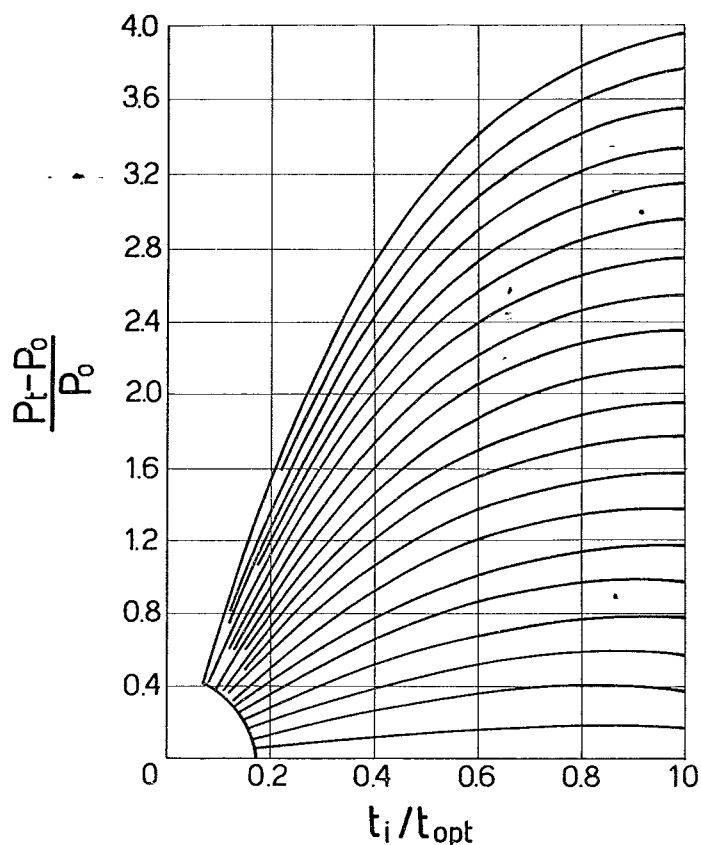
TABELLA II

t_i/t_{opt}	$\varphi(x)$
0,00	0,000
0,05	0,100
0,10	0,197
0,15	0,290
0,20	0,383
0,25	0,465
0,30	0,546
0,35	0,585
0,40	0,683
0,45	0,730
0,50	0,790
0,60	0,866
0,70	0,920
0,80	0,954
0,90	0,976
1,00	0,988

TABELLA I

Natura del terreno	$\frac{P_{max} - P_0}{P_0}$	
	100	t_{opt} in giorni
— sabbia fine mediamente compatta	11,1	3
— limi argillosi-sabbiosi di consistenza plastica	288	25
— idem come sopra ma aventi consistenza molle plastica	400	40
— limi sabbiosi di consistenza semi-solida	50	10

(1) Vedi recensione dell'articolo di Novozilov (R.I.G. 1-2-1967).



Dall'articolo di Radughin, come già anche da quello di Novozilov, si deduce che impiegando i pali battuti nei terreni poco permeabili:

- non è possibile né economicamente giustificato riferirsi, nella valutazione della loro portata, ai rifiuti ottenuti durante l'infissione
- è necessario posticipare l'eventuale esecuzione delle prove di carico statiche a 30 ÷ 60 giorni dalla loro infissione
- comunque, volendo valutare la portata dei pali infissi in base alle formule dinamiche, pur riferendosi ai rifiuti dei pali ribattuti dopo qualche tempo dalla loro infissione, è indispensabile determinare non solo le penetrazioni permanenti del palo stesso ma anche gli abbassamenti reversibili del sistema palo-terreno onde essere in grado di calcolare tutti i componenti d'assorbimento dell'energia dell'urto anelastico.

(Michele Jamiolkowski)

Cedimenti di un palo di fondazione.

N. S. MATTES, H. G. POULOS - *Settlement of single compressible pile*. Journal Soil Mech. Found. Div., Proc. ASCE, Vol. 95, SMI, Jan. 1969.

L'articolo che qui si recensisce fa seguito ad altri studi sullo stesso argomento apparsi recentemente [POULOS,

DAVIS, 1968; POULOS, 1968] e riferisce sugli ultimi risultati di una vasta ricerca a carattere teorico in corso presso l'Università di Sidney in Australia sui cedimenti delle palificate di fondazione.

Lo studio è condotto schematizzando il sottosuolo come un mezzo omogeneo, isotropo e dotato di elasticità lineare; viene preso in esame un palo cilindrico a sezione circolare, eventualmente con base allargata. La condizione da rispettare per ottenere la soluzione del problema è che — per ogni punto della superficie esterna del palo — vi sia congruenza degli spostamenti del palo stesso e del terreno circostante. Un'indagine preliminare ha mostrato che la congruenza degli spostamenti in direzione radiale può essere trascurata senza commettere errori degni di nota; limitandosi ad imporre la congruenza degli spostamenti in direzione verticale l'analisi del problema si semplifica notevolmente.

Il procedimento adottato dagli Autori consiste nel suddividere il palo in un certo numero di elementi, ognuno dei quali è supposto caricato da uno sforzo tangenziale incognito uniformemente distribuito lungo la sua superficie laterale. La base del palo viene assimilata ad una piastra circolare rigida, anch'essa assoggettata ad un carico incognito.

Gli spostamenti verticali del terreno, provocati dalle sollecitazioni tangenziali agenti lungo ciascun elemento del fusto del palo e dalle sollecitazioni normali agenti alla base del palo stesso, possono essere calcolati con una doppia integrazione delle ben note formule di MINDLIN. Si ottengono in tal modo una serie di coefficienti di influenza, che permettono di esprimere agevolmente le condizioni di congruenza sotto forma di un sistema di n equazioni, se il palo è stato suddiviso in $n-1$ elementi: le incognite di tale sistema sono gli $n-1$ valori della sollecitazione tangenziale agente su ciascun tronco del palo, oltre al valore della sollecitazione normale alla base. Gli Autori adottano $n-1 = 10$, ritenendolo un giusto compromesso fra precisione e semplicità dell'analisi.

Applicando sistematicamente il procedimento sopra esposto, con l'ausilio di un calcolatore elettronico, sono stati condotti una serie di studi parametrici i cui risultati sono illustrati in numerosi grafici.

Le principali conclusioni che gli Autori traggono da tali risultati sono appresso elencate:

- 1) La deformabilità del palo modifica sensibilmente la distribuzione delle sollecitazioni tangenziali rispetto al caso di palo rigido studiato in precedenza. Man mano che il palo diviene più compressibile rispetto al terreno circostante, l'aliquota di carico trasmessa alla punta diminuisce.
- 2) Il parametro che governa il fenomeno è il coefficiente di rigidità

$$K = \frac{E_p}{E_s} \frac{4 A_p}{\pi d^2},$$

ove E_p è il modulo di Young del materiale costituente il palo, E_s il modulo di Young del terreno, A_p l'area della sezione del palo e d il suo diametro. Il valore di K al di là del quale il palo si comporta come rigido aumenta all'aumentare del rapporto L/d fra lunghezza e diametro del palo; in altre parole l'influenza della compressibilità è maggiore per pali relativamente snelli.

3) Per un determinato carico e per determinate dimensioni del palo, il cedimento della testa del palo aumenta ed il cedimento della punta diminuisce al diminuire di K .

4) Per carichi molto minori del carico limite, la maggior parte del cedimento avviene istantaneamente ed il cedimento di consolidazione è percentualmente di modesta entità.

5) La presenza di uno strato rigido