

ING.GRAVINA DANIELE

LA PORTANZA DEI PALI DI FONDAZIONE

TEORIA BEREZANTZEV
COMO LANNI

SECONDO LE NORME 2008
D.M 14/01/2008

2010

MARIO COMO - GIORGIO LANNI

ELEMENTI DI COSTRUZIONI ANTISISMICHE

con 252 figure e con esempi
di programmazione



Edizioni Scientifiche
A. Cremonese - Roma

4.3. Problemi specifici di verifica esistente delle fondazioni su pali

Nel caso di fondazioni su pali soggette ad azioni sismiche le verifiche da effettuare sono molto più complesse di quelle ordinariamente richieste per un edificio convenzionale con analoghe fondazioni. In quanto segue si esamineranno separatamente i problemi delle fondazioni su pali derivanti dai carichi verticali e quelli derivanti dai carichi orizzontali.

Richiami sulla valutazione della portanza limite del palo per carichi verticali

Per meglio comprendere e discutere degli effetti del sisma sulla portanza del palo è opportuno, per i vari casi, richiamare il concetto di portanza del palo sotto carico verticale. La capacità portante limite Q di un palo è, come noto, pari alla somma della resistenza alla punta P e della resistenza laterale S : si ha quindi:

$$Q = P + S = A \sigma_p + \int A_1 \tau_{az} \quad (82)$$

dove A è l'area della sezione trasversale del palo, A_1 l'area della superficie laterale, σ_p la pressione limite alla punta e τ_{az} la tensione tangenziale laterale limite media. Il carico di esercizio si otterrà poi dividendo la portanza limite per il coefficiente di sicurezza che si assume pari a 2,5-3,0.

Si considerano separatamente i due schemi di terreno omogeneo incoerente o coesivo per pali di sezione circolare.

a) Terreni incoerenti

Tra le varie teorie proposte per il calcolo della resistenza alla punta, quella di Berzantsev fornisce risultati in buon accordo con le esperienze. Secondo questa teoria la superficie di collasso si sviluppa secondo lo schema della fig. 51.

La pressione che si esercita sul piano orizzontale passante per la punta del palo è dovuta al peso dell'anello di terreno intorno al palo ridotto delle forze di attrito che si esercitano sulla superficie esterna dell'anello. La pressione limite alla punta è allora:

$$\sigma_p = \gamma L N_\gamma \quad (83)$$

dove L è la lunghezza del palo, γ il peso specifico del terreno ed N_γ un fattore funzione dell'angolo di attrito φ e del rapporto L/D . Per un assegnato valore di φ , N_γ diminuisce al crescere di L/D . La tab. IX fornisce valori di N_γ per L/D rispettivamente pari a 25 e a 50 per vari valori di φ .

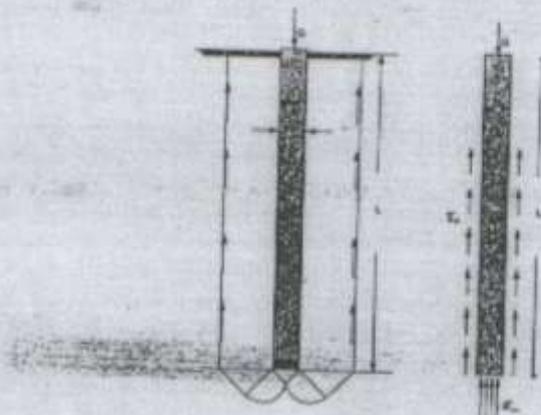


Fig. 21.

Tab. IX.

φ		25°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
$L/D = 25$	N_s	19	15	25	40	58	89	157
$L/D = 50$	N_s	9	14	22	37	56	88	156

La tensione tangenziale limite media sulla superficie laterale del palo può calcolarsi come:

$$\tau_{sl} = \frac{1}{2} K \gamma L \operatorname{tg} \varphi \quad (84)$$

dove K , coefficiente di pressione laterale, vale all'incirca 1 per terreni poco addensati e 2 per terreni molto addensati. Nel complesso il rapporto P/S tra la resistenza limite alla punta e quella per attrito laterale varia tra 0,5 e 0,8 circa per L/D variabile tra 100 e 20.

b) Terreni coesivi

La pressione limite alla punta dipende in tal caso unicamente dalla coesione non drenata c_u nel piano orizzontale passante per la punta e vale all'incirca:

$$s_{sp} = 9c_u \quad (85)$$

La tensione tangenziale limite media τ_{sl} è dipendente dalla coesione non drenata media c_u lungo il fusto del palo attraverso la re-

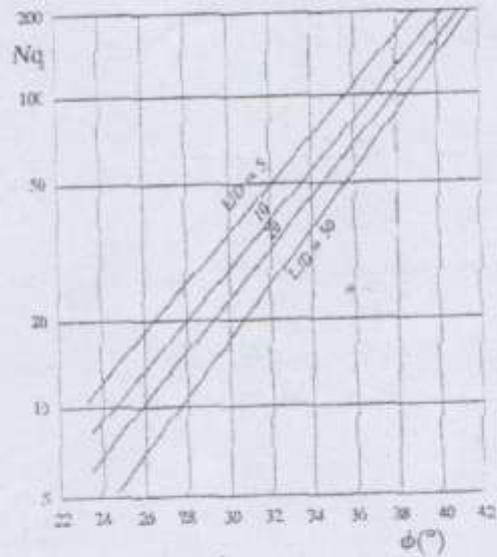


Fig. 2-Valori di N_q secondo Berezantzev

3. FONDAZIONI PROFONDE (PALI)

Approccio 1

- Combinazione 1 A1+M1+R1
- Combinazione 2 A2+M2+R2

Approccio 2

A1+M1+R3

Coefficienti A

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ (γ_s)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{s1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{s2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{s3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Coefficienti M

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_{φ}	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_m	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Coefficienti R

Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_r	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_t	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Per determinare R_k del palo singolo si opera nei seguenti modi in funzione del metodo di calcolo:

Prove di carico statico su pali pilota

Tabella 6.4.III - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove di carico statico su pali pilota.

Numero di prove di carico	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,0
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,0

Metodi di calcolo analitico - Prove geotecniche

Tabella 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_1	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_2	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Prove dinamiche di progetto

Tabella 6.4.V - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove dinamiche su pali pilota.

Numero di prove di carico	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
ξ_2	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_3	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

NORME TECNICHE 2008

D.M. 14/01/2008

Vengono introdotti n.2 APPROCCI

APPROCCIO 1 :COMBINAZIONE 1:(A1+M1+R1)

COMBINAZIONE2:(A2+M2+R2)

APPROCCIO 2:COMBINAZIONE:(A1+M1+R3)

TABELLA 6.2.I.

Si considerano i casi più sfavorevoli

I CARICHI VERTICALI ED I MOMENTI sono maggiorati (A1) "coefficienti gammaeffe" γ_f

PERMANENTI x1.3

PERMANENTI NON STRUTTURALI x 1.5

VARIABILI x1.5

I CARICHI VERTICALI ED I MOMENTI sono maggiorati (A2) "coefficienti gammaeffe" γ_f

PERMANENTI x1

PERMANENTI NON STRUTTURALI x 1.3

VARIABILI x1.3

TABELLA 6.2.II

Tangente dell'angolo d'attrito diviso 1 (M1) " coefficienti gammaemme" γ_m

Coesione diviso 1 (M1)

Tangente dell'angolo d'attrito diviso 1.25 (M2)

Coesione diviso 1.25 (M2)

TABELLA 6.4.II

Resistenza pali trivellati

Base diviso 1.0 (R1) "coefficienti gammaerre" γ_r

(portanza) diviso 1.7 (R2)

diviso 1.35 (R3)

Laterale diviso 1.00 (R1)

diviso 1.45(R2)

diviso 1.15(R3)

la formula di Berantzev, a proposito della tangente viene modificata con i valori della **TABELLA 6.2.II**

Con l'introduzione di questi coefficienti ,le azioni sono aumentate e la portanza è diminuita.ovviamente a vantaggio della sicurezza

$$E_d \leq R_d$$

PORTANZA DEI PALI DI FONDAZIONE

Teoria BEREZANTZEV COMO -LANNI

Il programma è stato realizzato consultando il testo- COMO - LANNI;

- ELEMENTI DI COSTRUZIONI SISMICHE

$Q_t = Q_p + Q_l = A_p \cdot G_p \cdot L \cdot N_q + A_l \cdot \left(\frac{1}{2} (K_i \cdot G_i \cdot L_i \cdot \text{TANG}(0)) \right)$

DIAMETRO DEL PALO (cm)=40

LUNGHEZZA PALO (mt)=8

NUMERO PALI=1

DATI STRATIGRAFICI

STRATOANG.ATTRITO(gradi)LUNGHEZZA(mt) PESO SPEC.(tonn/mc)COEF.PRESSIONE LAT.

1	28,5	3,5	1,48	1
2	38	4,5	1,5	1

NQ(coefficiente COMO-LANNI)=89

CARICO TOTALE(tonn.)=60,

RISULTATI

CARICO TOTALE INCREMENTATO(tonn.)=72,

PORTANZA ALLA PUNTA(tonn.)=78,91

PORTANZA LATERALE (tonn.)=22,4

PORTANZA TOTALE(tonn.)=101,31

PORTANZA TOTALE RIDOTTA($N_p > 1$)(tonn.)=101,31

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE2(A2+M2+R2)

IL TECNICO

PORTANZA DEI PALI DI FONDAZIONE

Teoria BEREZANTZEV COMO -LANNI

Il programma è stato realizzato consultando il testo- COMO - LANNI;

- ELEMENTI DI COSTRUZIONI SISMICHE

$Q_t = Q_p + Q_l = A_p \cdot G_p \cdot L \cdot N_q + A_l \cdot (1/2)(K_i \cdot G_i \cdot L_i \cdot TANG(0)_i)$

DIAMETRO DEL PALO (cm)=40

LUNGHEZZA PALO (mt)=8

NUMERO PALI=1

DATI STRATIGRAFICI

STRATOANG.ATTRITO(gradienti) LUNGHEZZA(mt) PESO SPEC.(tonn/mc) COEF.PRESSIONE LAT.

1	28,5	3,5	1,48	1
2	38	4,5	1,5	1

NQ(coefficiente COMO-LANNI)=89

CARICO TOTALE(tonn.)=60,

RISULTATI

CARICO TOTALE INCREMENTATO(tonn.)=86,

PORTANZA ALLA PUNTA(tonn.)=99,36

PORTANZA LATERALE (tonn.)=35,3

PORTANZA TOTALE(tonn.)=134,67

PORTANZA TOTALE RIDOTTA($N_p > 1$)(tonn.)=134,67

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE1(A1+M1+R3)

IL TECNICO

PORTANZA DEI PALI DI FONDAZIONE

Teoria BEREZANTZEV COMO -LANNI

Il programma è stato realizzato consultando il testo- COMO - LANNI;
- ELEMENTI DI COSTRUZIONI SISMICHE

$$Q_t = Q_p + Q_l = A_p \cdot G_p \cdot L \cdot N_q + A_l \cdot \left(\frac{1}{2} (K_i \cdot G_i \cdot L_i \cdot \text{TANG}(0)_i) \right)$$

DIAMETRO DEL PALO (cm)=40

LUNGHEZZA PALO (mt)=8

NUMERO PALI=1

DATI STRATIGRAFICI

STRATOANG.ATTRITO(gradienti) LUNGHEZZA(mt) PESO SPEC.(tonn/mc) COEF.PRESSIONE LAT.

1	28,5	3,5	1,48	1
2	38	4,5	1,5	1

NQ(coefficiente COMO-LANNI)=89

CARICO TOTALE(tonn.)=60,

RISULTATI

CARICO TOTALE INCREMENTATO(tonn.)=86,

PORTANZA ALLA PUNTA(tonn.)=134,14

PORTANZA LATERALE (tonn.)=40,6

PORTANZA TOTALE(tonn.)=174,74

PORTANZA TOTALE RIDOTTA($N_p > 1$)(tonn.)=174,74

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE1(A1+M1+R1)

IL TECNICO

