



COMUNE DI ANCONA

Direzione Lavori Pubblici, Riqualificazione Urbana, Bandi e Gare, Sport

NUOVO INGRESSO AL PARCO DELLA GRANDE FRANA DI ANCONA

Riqualificazione paesaggistico - ambientale per la resilienza

urbana del complesso industriale *ex – Dreher*

Via Flaminia, Ancona (AN)

RELAZIONE SULLE FONAZIONI – RF

Il Progettista

DOTT. ING. Alessandro Molini

Dott. Ing. Alessandro MOLINI
Ordine degli Ingegneri prov. Ancona n. 2229

Ancona, li 16/05/2022



Sommario

Relazione sulle fondazioni – RF	3
1 Pali di fondazione.....	3
2 Riferimenti normativi e bibliografici	3
3 Capacità portante delle fondazioni	3
3.1 Approccio di calcolo.....	3
3.2 Capacità portante GEO	5
3.2.1 Stima portata pali.....	6



Relazione sulle fondazioni – RF

La presente relazione sulle fondazioni riguarda le nuove opere di fondazione della struttura in muratura che costituirà il nuovo edificio dedicato alle attività di quartiere denominato ex Dreher.

In particolare si relazionerà in merito alle strutture di fondazione che nel presente progetto di ricostruzione sono costituite da pali trivellati di grosso diametro.

1 Pali di fondazione

Vista inoltre la stratigrafia presente in sito, come da relazione geologica, si è deciso di utilizzare la tipologia di fondazione profonda per l'intero edificio. Tale scelta è stata dettata anche da esigenze funzionali. Infatti al fine di evitare cedimenti differenziali fra le diverse parti dell'edificio, particolarmente sensibile in caso di sovrastruttura rigida della muratura.

A questa considerazione va aggiunto che visto appunto la presenza di un primo strato di terreno di spessore circa 1,60 m di materiale di riporto con scarse caratteristiche meccaniche, si ritiene non idonea l'utilizzo di fondazioni superficiali.

I pali realizzati presentano tutti diametro da 60 cm e si estendono sino alla profondità di 7,40 m.

Infine i singoli pali sia verranno collegati da cordoli sempre in c.a. avente sezione trasversale da 80x80 cm, il tutto completato da un vespaio areato.

2 Riferimenti normativi e bibliografici

Per la progettazione strutturale e geotecnica, le analisi delle azioni e le verifiche di sicurezza sono state condotte facendo riferimento alle seguenti normative:

- **D.M. 17 gennaio 2018:** *Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*;
- **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** - *Istruzione per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018*;

Inoltre vista la particolarità della struttura e delle singoli componenti il progetto strutturale seguirà anche le indicazioni delle normative di comprovata validità quali:

- **UNI EN 1990:** Basi della progettazione strutturale;
- **UNI EN 1992-1-1:** Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici;
- **UNI EN 1997:** Progettazione geotecnica;
- **UNI EN 1998-1-1:** Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.

3 Capacità portante delle fondazioni

3.1 Approccio di calcolo

Si fa riferimento a quanto indicato ai punti 6.4.3 e 7.11 del D.M. del 17.01.2018.

Le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi devono rispettare la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$;
- R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico valutata come $R_d = R_k / \gamma_R$.

Le verifiche delle fondazioni su pali/micropali devono essere eseguite con riferimento ai seguenti stati limite:



- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
 - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
 - stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza dei pali;
 - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali;
- SLE
 - verifica cedimenti.

Le verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO) sono condotte con riferimento allo stato limite di collasso per carico verticale, secondo l'Approccio 2 che prevede un'unica combinazione dei coefficienti parziali sulle azioni, parametri e resistenze:

(A1+M1+R3)

I valori dei coefficienti parziali γ_F per le azioni o gli effetti delle azioni per il caso statico sono quelli indicati nella Tabella 6.2.I del D. Min. 17/01/2018, di seguito riportata.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Nella situazione sismica le verifiche allo SLU vengono effettuate ponendo pari a 1,0 i coefficienti parziali sulle azioni I valori dei coefficienti parziali da applicare per le resistenze caratteristiche sono quelli indicati nella Tabella 6.4.II del D.M. 17.01.2018, di seguito riportata.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (γ)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

Tabella 4-1 – Coefficienti parziali γ_R per le resistenze caratteristiche



Il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R della Tabella 4-3.

Le resistenze caratteristiche sono state a loro volta ricavate dalla media dei valori ottenuti dalle resistenze di calcolo applicando il fattore di correlazione ξ_3 funzione del numero di verticali di indagine: nel presente caso, con oltre 10 verticali di indagine (fra le diverse campagne di indagini che si sono susseguite) spinte a profondità significative, si assume (cautelativamente) $\xi_3=1,45$ (vedi tabella seguente).

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

3.2 Capacità portante GEO

Nel seguente paragrafo vengono riportate le teorie applicate ai fini della determinazione della capacità portante di tipo GEO per i pali di fondazione.

La capacità portante ultima di un palo isolato Q_{lim} mediante formule statiche può essere calcolata attraverso la seguente condizione d'equilibrio:

$$Q_{lim} = Q_b + Q_s - W_p$$

dove:

- Q_b è la portata alla punta del palo;
- Q_s è resistenza laterale;
- W_p è il peso del palo.

La capacità portante di progetto Q_d si ottiene applicando i coefficienti di sicurezza parziali γ_R ai vari contributi alla resistenza tenuto conto dei fattori di correlazione ξ che dipendono del numero di verticali indagate.

$$Q_d = \frac{Q_b}{\gamma_b \cdot \xi_{b-3,4}} + \frac{Q_s}{\gamma_s \cdot \xi_{s-3,4}} - \gamma_p \cdot W_p$$

Nel caso in esame, tenuto conto che i calcoli sono stati svolti secondo l'Approccio 2 delle NTC 2018 e che, in base alle verticali indagate, il fattore di correlazione ξ_3 può essere assunto pari a 1,40, la capacità portante di progetto è fornita dalle seguenti espressioni:

in compressione SLV

$$Q_d = \frac{Q_b}{1,35 \cdot 1,40} + \frac{Q_s}{1,15 \cdot 1,40} - W_p$$

in trazione SLV

$$Q_d = 0,7 \frac{Q_s}{1,25 \cdot 1,40} - W_p$$



3.2.1 Stima portata pali

Il calcolo del carico limite del palo è affrontato secondo i metodi conosciuti in letteratura e riportati ad esempio nel libro di testo "Fondazioni" C.Viggiani – Hevelius Edizioni. Il carico limite è costituito da due contributi calcolati come nel seguito:

- Resistenza di base:
 $B_{c, calc} = (\sigma_{vL} + N_c c_u) A$
dove $N_c = 9$ e A è l'area della sezione retta del palo;
- Resistenza laterale in compressione:
 $S_{c, calc} = \alpha c_u A_L$
dove i valori α sono riportati nel testo sopra citato in funzione della coesione non drenata e A_L è l'area laterale del palo.

I pali avranno un diametro di 600 mm e lunghezza di 6,50 m; il carico verticale massimo allo SLU derivante dall'analisi strutturale è pari a 401,6 kN, e deve essere aumentato del peso proprio del palo. Si ottiene:

$$N_{sd} = 447,5 \text{ kN}$$

Nei paragrafi che seguono si riportano nel dettaglio i calcoli.

strato	L [m]	Y_{tot} [kN/m ³]	σ_{vL} [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	α	s [kN/m ²]	S [kN]
1	1,60	20,00	32	0	0,00	0,00	0
2	3,40	18,00	93	18	0,78	13,65	87
3	1,60	19,50	124	65	0,70	45,50	137
4	0,80	20,50	141	175	0,40	70,00	106
Tot.	7,40						330

	resistenza di calcolo R_c	resistenza caratteristica R_k	resistenza di progetto R_d
base [kN]	485	347	257
laterale [kN]	330	236	205

La resistenza totale risulta pari a 462 kN ed è superiore al carico sollecitante, per cui la verifica risulta soddisfatta.

Il Progettista

Ing. Alessandro Molini