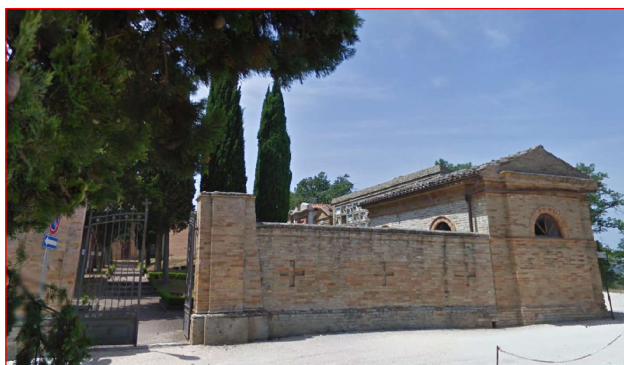




Amministrazione Comunale di Massa Fermana

Comune di Massa Fermana (FM)

**AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO
PRIMO STRALCIO
VIA MONTE STALIO - LOC. MADONNETTA**



PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

PROGETTO STRUTTURALE

RELAZIONE SULLE FONDAZIONI CORPO C

Progettisti :

- ARCH. CLAUDIO AGOSTINELLI

- ING. ANDREA SCHIAVONI

Collaboratore:

-ING. FEDERICO SABBATINI

FASC. N.

03-ST-RF-2

DATA

Luglio 2018

SOMMARIO

1. Generalità	2
2. Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi:.....	4
3. Calcolo del Sistema fondazione	4
4. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni:.....	5
6. Verifiche GEO - Verifica dello S.L.U di tipo Geotecnico (resistenza verticale ed orizzontale)	7
7. Verifiche GEO - Verifica a LIQUEFAZIONE.....	9
8. Verifiche GEO - Verifica dello S.L.E – CALCOLO DEI CEDIMENTI	9
9. Verifica dei pali di fondazione	10
10. Risultati delle analisi e loro commento.....	10

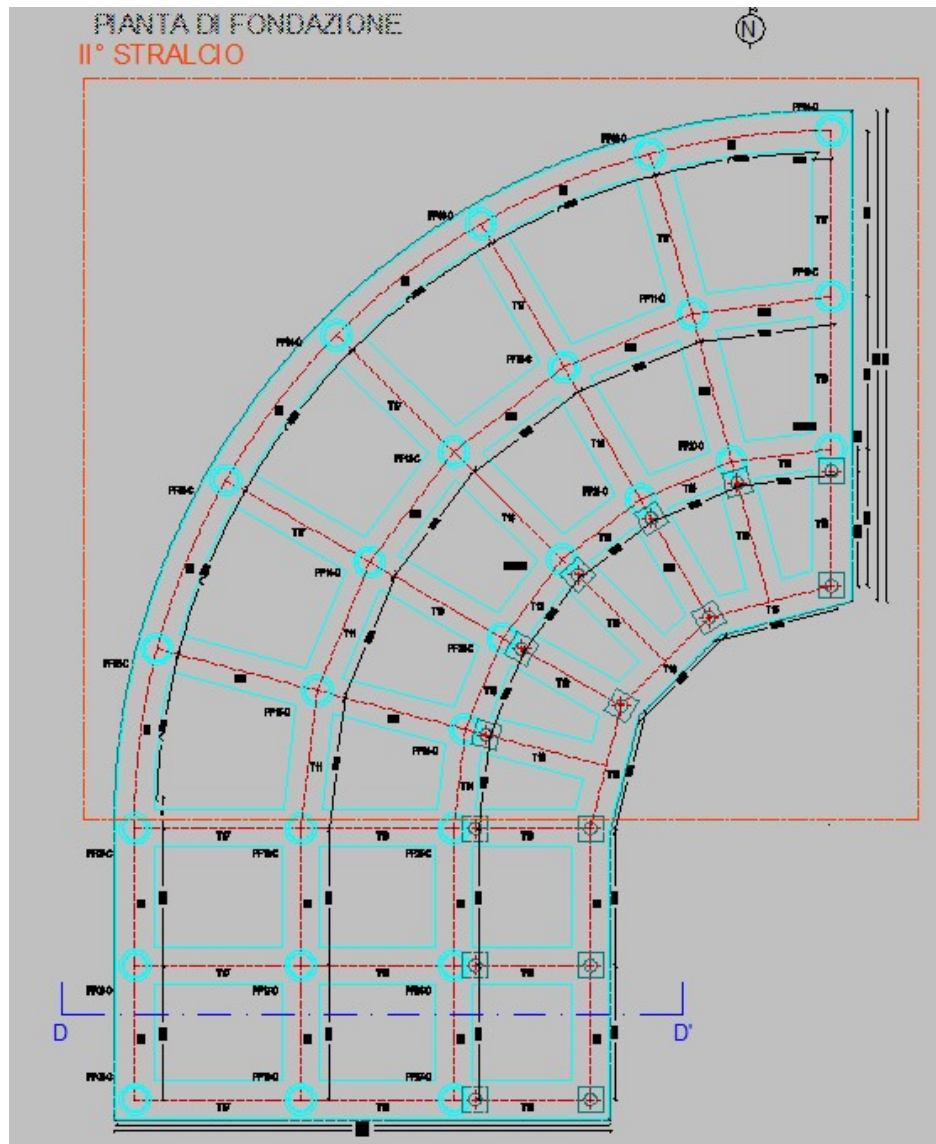
RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

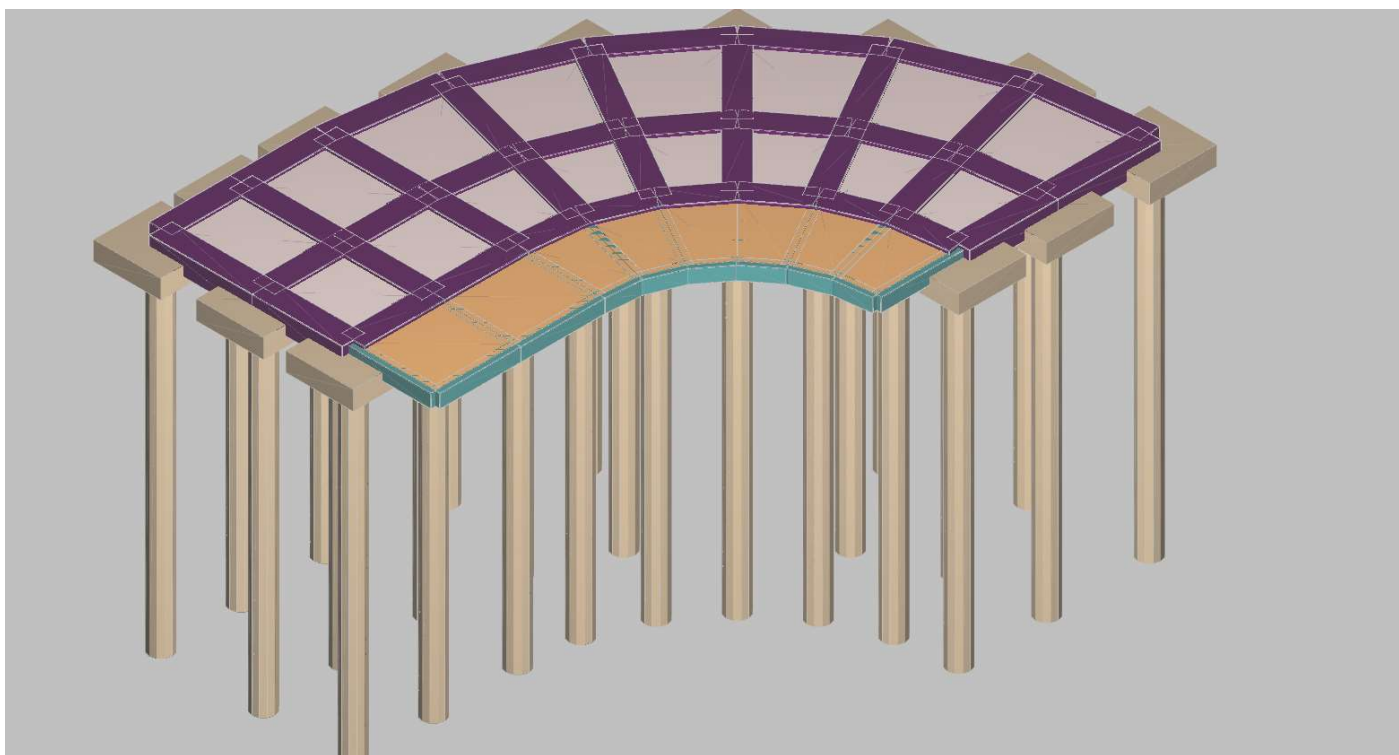
(NTC 2018 CAP. 6 e CIRCOLARE 617/2009 punto C6.2.2.5)

1. Generalità

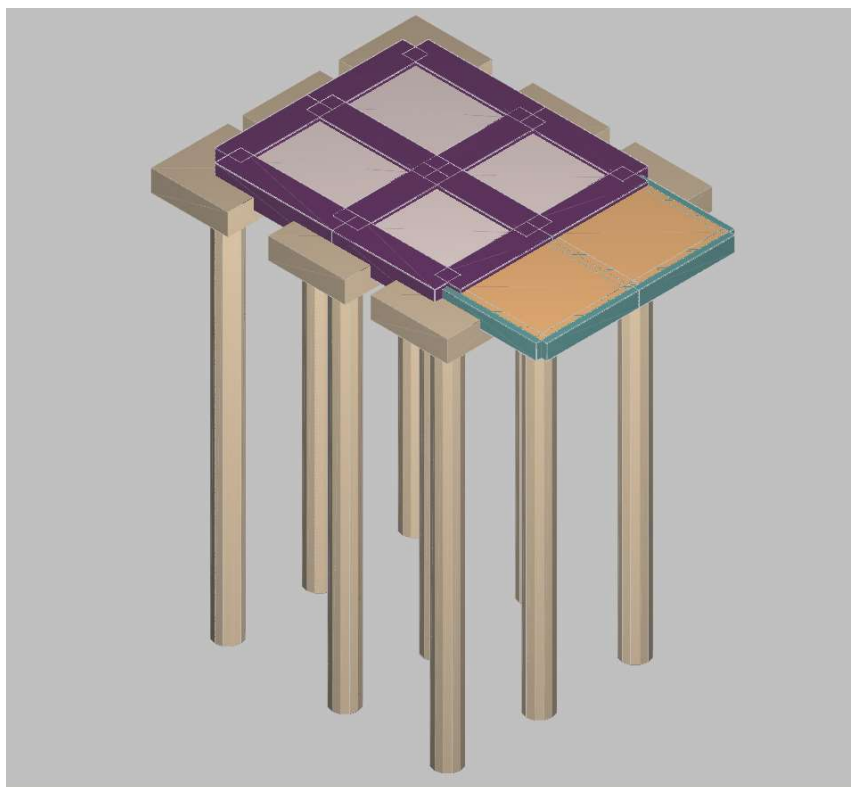
Le fondazioni dei manufatti saranno realizzate con pali delle dimensioni $\varnothing 50$ Collegati da travi 60X50

CARPENTERIA FONDAZIONI





Schema generale delle fondazioni corpo C generale



Schema generale delle fondazioni corpo C 1 stralcio

2. Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi:

Per quanto riguarda l'interazione suolo-struttura è stato modellato il sistema attraverso travi di fondazioni con funzioni di collegamento e pali profondi della lunghezza di m 9,00 .

Per la rigidezza verticale e quella orizzontale si fa riferimento alle verifiche allegate :

3. Calcolo del Sistema fondazione

La struttura di fondazione viene concepita come un modello bi-dimensionale 2D con il graticcio di connesse ai pali

Elementi resistenti:	Travi di collegamento e pali di fondazioni
Vincoli alla base:	libero

4. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni:

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi dello stato limite ultimo e dello stato limite di esercizio.

Il rispetto dei vari stati limite viene considerato conseguito dalla N.T.C, nei confronti di tutti gli STATI LIMITE ULTIMI (SLU) quando siano soddisfatte le verifiche relative al solo stato Limite di Salvaguardia (SLV); mentre per quanto riguarda la verifica nei confronti di tutti gli STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE), essa risulta soddisfatta quando siano rispettate le verifiche relative al solo stato Limite di Danno (SLD) e allo stato Limite di Operatività (SLO).

Le verifiche della sicurezza in fondazione dell'edificio da realizzare sono condotte nei riguardi dello stato limite ultimo e dello stato limite di esercizio.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa sono:

STR - *raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;*

GEO – *raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;*

Per il nostro caso le verifiche saranno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
- collasso per carico limite dell' insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- liquefazione
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
- raggiungimento della resistenza pali di fondazione

Le verifiche nei riguardi degli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici dei cedimenti che possono compromettere la funzionalità dell'opera.

Le verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle Tab. 6.4.II, 6.4.III e 6.4.IV del D.M. 14/01/2018, per seguendo l'approccio 2:

Approccio 2:

- Combinazione unica: $(A1+M1+R3)$.

La verifica di resistenza del terreno interagente con la struttura viene condotta con l'Approccio 2 con la combinazione Unica $A1+M1+R3$.

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

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	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

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

Tab. 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

n.b. nel caso in esame non sono stati eseguite prove di carico su pali pilota

- (b) Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ ($R_{t,cal}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero n di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.3]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.4]$$

Tab. 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_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

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

6. Verifiche GEO - Verifica dello S.L.U di tipo Geotecnico (resistenza verticale ed orizzontale)

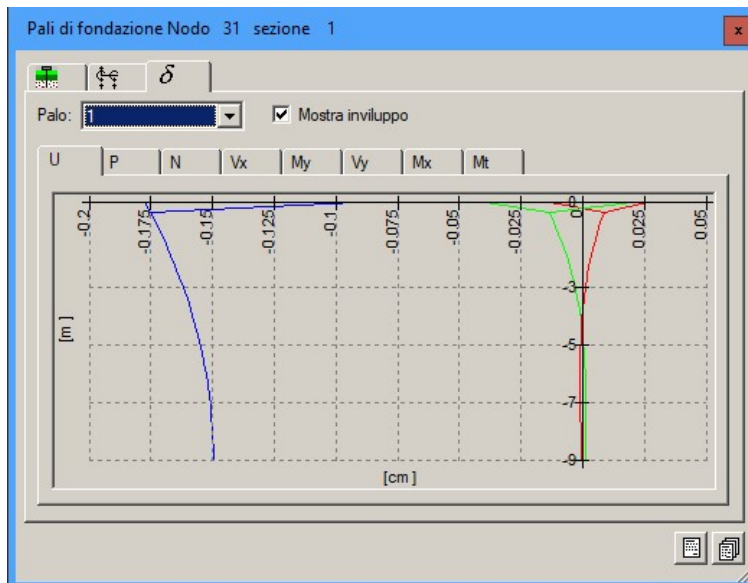
La verifica più onerosa è quella ottenuta applicando i valori caratteristici del terreno minini con coeff. csi pari a 1.48

DITTA: COMUNE DI MASSA FERMANA										PALO TRIVELLATO in C.A. diam. 50cm ; Lungh. 9 mt																														
LEGGI																																								
DATI DI INGRESSO																																								
D	diámetro del palo	0.50	[m]																																					
L	lunghezza massima di calcolo	9.00	[m]																																					
z _u	profondità della falda dal p.c.	15.00	[m]																																					
nv	numero di verticali indagate	3		3	1.48	Approccio 2 - Combo U (A1-M1-R3)																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>modello</th> <th>Drainale</th> <th>Non Drainale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>terreno</td> <td>terreno efficace</td> <td>terreno totale</td> </tr> <tr> <td>parametri di resistenza a taglio</td> <td>c_u (kPa)</td> <td>c_u (kPa)</td> </tr> <tr> <td>parametri di resistenza a taglio</td> <td>φ (°)</td> <td>φ (°)</td> </tr> <tr> <td>terreno incoerente</td> <td>=> verifica T.E.</td> <td>=> verifica T.T.</td> </tr> <tr> <td>terreno coerente</td> <td>=> verifica T.T.</td> <td>=> verifica T.T.</td> </tr> <tr> <td>terreno permeabile</td> <td>=> verifica T.T.</td> <td>=> verifica T.T.</td> </tr> </tbody> </table>																				modello	Drainale	Non Drainale	terreno	terreno efficace	terreno totale	parametri di resistenza a taglio	c _u (kPa)	c _u (kPa)	parametri di resistenza a taglio	φ (°)	φ (°)	terreno incoerente	=> verifica T.E.	=> verifica T.T.	terreno coerente	=> verifica T.T.	=> verifica T.T.	terreno permeabile	=> verifica T.T.	=> verifica T.T.
modello	Drainale	Non Drainale																																						
terreno	terreno efficace	terreno totale																																						
parametri di resistenza a taglio	c _u (kPa)	c _u (kPa)																																						
parametri di resistenza a taglio	φ (°)	φ (°)																																						
terreno incoerente	=> verifica T.E.	=> verifica T.T.																																						
terreno coerente	=> verifica T.T.	=> verifica T.T.																																						
terreno permeabile	=> verifica T.T.	=> verifica T.T.																																						
n° strato	tipo terreno	DH _i [m]	H _i [m]	γ _s [kN/m³]	γ' [kN/m³]	N _{SPT} [-]	φ [°]	K0 [-]	c _u [kPa]	α [-]	γ _s , γ', γ _u [kPa]	OCR [-]	I _p [%]	LEGENDA																										
1	RIPORTO	0.60	0.60	19.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	ΔH _i	spessore dello strato																									
2	ARGILLA STRAT A SABBIA	6.60	7.20	21.50	21.50	0.00	0.00	0.00	110.00	0.40	44.00	44.00	0	H _i	profondità dello strato dal p.c.																									
3	SABBIA ED ARGILLA	1.80	9.00	21.00	21.00	0.00	30.00	0.45	0.00	0.30	0.00	0.00	0	γ _s	peso specifico del terreno naturale																									
4														γ'	peso specifico efficace																									
5														N _{SPT}	Numero colpi al piede (solo gravali)																									
														φ	angolo di attrito (solo gravali)																									
														K0	rapporto tra σ _h /σ _v																									
														c _u	coesione non drenata (solo coesivi)																									
														α	addezione (solo coesivi)																									
Congruenza dei dati																																								
Congruenza sulla lunghezza:				OK																																				
Congruenza sulla stratigrafia				OK																																				
PORTATA ALLA BASE - Metodo di Brinch-Hansen																																								
n° strato	tipo terreno	DH _i [m]	H _i [m]	γ _s [kN/m³]	γ' [kN/m³]	N _{SPT} [-]	φ [°]	K0 [-]	c _u [kPa]	α [-]	c _u [kPa]																													
3	SABBIA ED ARGILLA	1.80	9.00	21.00	21.00	0.00	30.00	0.45	0.00	0.30	0.00																													
A _b	Area della base del palo			0.20	[m²]			μ	coefficiente			0.6333333																												
σ _{uL}	Pressione geostatica di base			191.1	[kPa]			c	Coesione alla base			0.00	[kPa]	PRES GEO	GAMMAXL																									
N _e	Coeff. di pressione geostatica			18.4				N _e	Coeff. di coesione			7.4																												
Q _{b,lim}				Portata limite di base		437.29		[kN]	Q _{b,lim} × E/A _b =				1,902.86		[kN/m²]																									
Q _{b,k}				Portata caratteristica di base		295.46		[kN]	Q _{b,k} × E/A _b =				1,285.72		[kN/m²]																									
Q _{b,d}				Portata di progetto di base		218.86		[kN]	Q _{b,d} × E/A _b =				952.38		[kN/m²]																									
PORTATA LATERALE - Procedimento di calcolo utilizzato: Metodo α -																																								
										f _r = c _{u,i} + σ _{u,i+1} tan φ																														
		σ _{u,i}	σ _{u,i+1}	σ _{u,i+2}	σ _{u,i+3}																																			
σ _{u,1}	tensione laterale strato 1°	0.00	11.40	5.70	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,2}	tensione laterale strato 2°	11.40	153.30	82.35	0.00	[kPa]	44.00																																	
σ _{u,3}	tensione laterale strato 3°	153.30	191.10	172.20	77.49	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,4}	tensione laterale strato 4°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,5}	tensione laterale strato 5°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,6}	tensione laterale strato 6°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,7}	tensione laterale strato 7°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,8}	tensione laterale strato 8°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
σ _{u,9}	tensione laterale strato 9°	0.00	0.00	0.00	0.00	[kPa]	0.00																																	
Q _{l,lim}				Portata limite laterale		582.66		[kN]	Σ _i																															
Q _{l,k}				Portata caratteristica laterale		393.69		[kN]																																
Q _{l,d}				Portata di progetto laterale		342.34		[kN]																																
PORTATA TOTALE SINGOLO PALO																																								
PORTATA TOTALE LIMITE				1,019.94		[kN]		P.P. PALO				11.49		[kN]	MAGG. 1,3																									
PORTATA TOTALE CARATTERISTICA				689.15		[kN]																																		
PORTATA TOTALE DI PROGETTO				561.20		[kN]																																		
PORTATA NETTA				549.71		[kN]																																		

La portata netta del palo pertanto assume il valore di 550 kN inferiore al carico massimo sul palo nelle varie combinazioni e del valore medio con l'effetto di gruppo

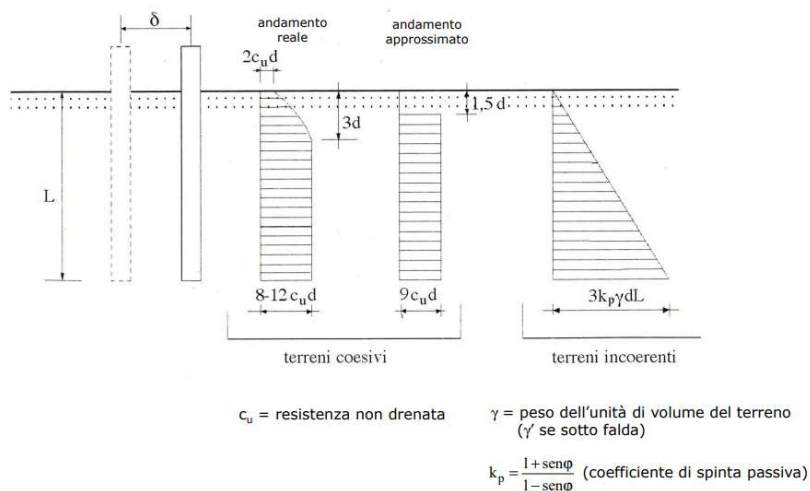
AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO MASSA FERMANA – RELAZIONE FONDAZIONI CORPO C

Per la resistenza laterale del terreno si riporta il grafico della deformazione di un palo generico



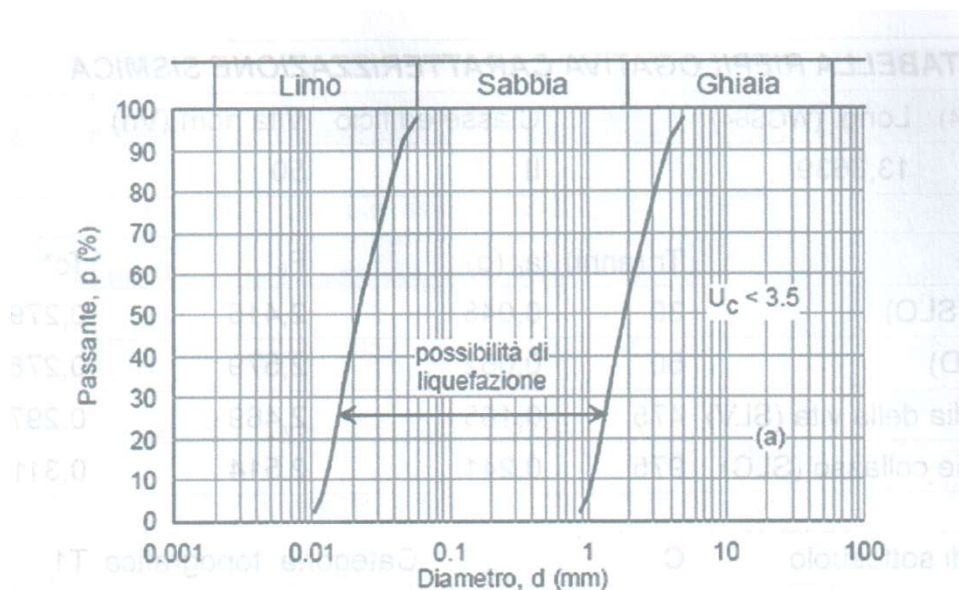
Si rileva che lo spostamento laterale non supera 0,175 cm in testa considerando un K_h medio costante di 2,00 kg/cm³. Pertanto la pressione massima laterale sarà pari a $0,175 \times 2,00 = 0,35$ kg/cm² valore assolutamente trascurabile ed inferiore al R_p laterale ridotta del γ pari ad 1,3.

Utilizzando la teoria di Broms che indica un valore di resistenza per terreni incoerenti pari a :



Si ottiene un valore massimo di pressione pari a : $3 k_p \gamma d L = 673$ kN/m² = circa 8,50 kg/cm²
 $8,50 / 1,3 = 6.53$ kg/cm² <<< $p_{max} = 0,35$ kg/cm² (tra l'altro determinato in testa)

7. Verifiche GEO - Verifica a LIQUEFAZIONE

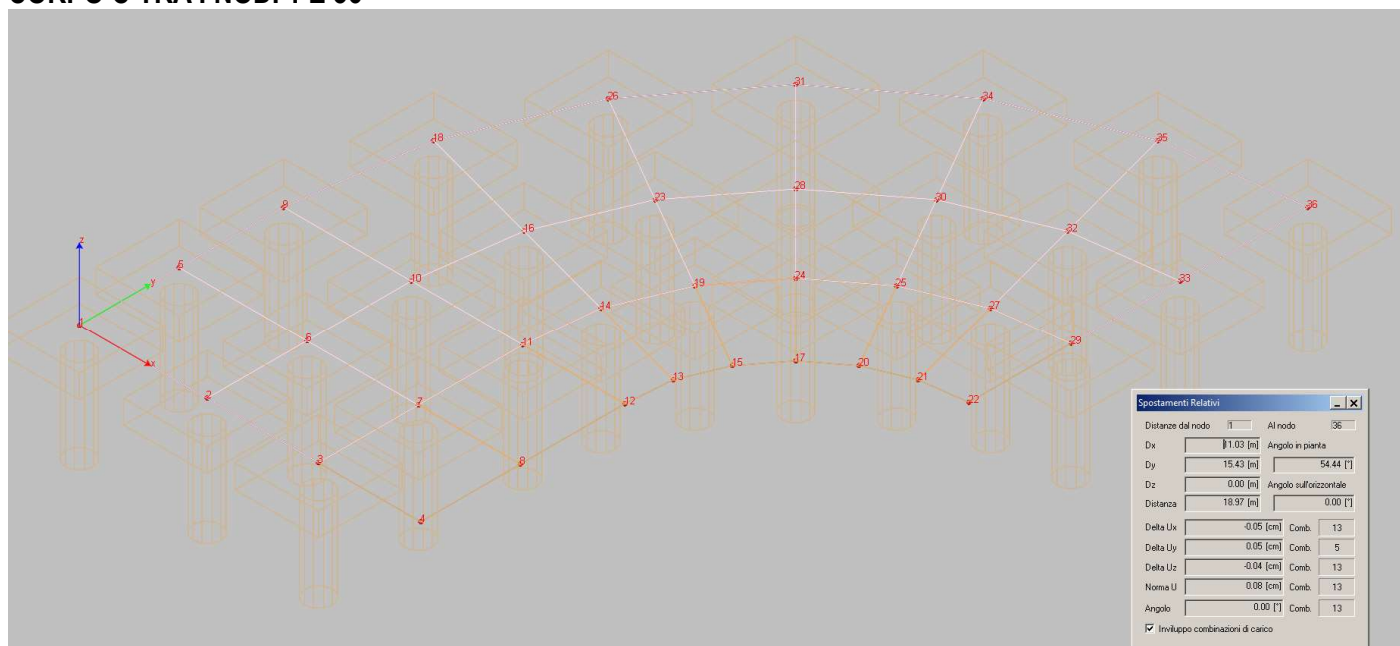


Per l'area in esame si esclude il rischio di liquefazione data l'assenza di falda acquifera e l'alta densità relativa delle sabbie testate con prove in situ (vedi relazione geologica allegata)

8. Verifiche GEO - Verifica dello S.L.E – CALCOLO DEI CEDIMENTI

Gli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici dei cedimenti che possono compromettere la funzionalità dell'opera. Il programma di calcolo stima i cedimenti immediati,

CORPO C TRA I NODI 1 E 36



Il cedimento differenziale risulta pari a : 0,08 cm su di una lunghezza di cm 1897 (rapporto >>> 250)

9. Verifica dei pali di fondazione

Verifiche STR - Verifica dello S.L.U strutturale di raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali , si rimanda al fascicolo di verifica dei pali di fondazione.

10. Risultati delle analisi e loro commento

Dalle analisi geomorfologiche e dalle verifiche geotecniche svolte ne risulta che i valori di verifica sono accettabili pertanto il progetto proposto è realizzabile.

Si prescrive che:

- in corso d'opera si deve riscontrare la rispondenza della caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione reale , in tal senso durante le operazioni di scavo dovranno essere previste indagini integrative con utilizzo delle maestranze specializzate .
- la sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione.