

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof.Ing. Marco Petrangeli	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI01 – Viadotto a doppia campata dal km 17+391.00 al km 17+431.00

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

APPALTATORE IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 24/02/2020	SCALA:
	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	1	0	3	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

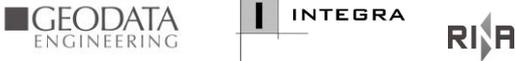
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	G. Liporace	24/02/2020	A. Tagliaferri	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Prof.Ing.Marco PETRANGELI
								 24/02/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.0.1.0.3.002.A.doc

n. Elab.:

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALI	5
3.1	CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE.....	5
3.2	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO	7
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	9
6	CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE	9
7	RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE	11
7.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO.....	11
7.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA	13
7.3	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO.....	15
7.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	16
8	APPENDICE	17
8.1	CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO	17
8.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA	20
8.3	CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO	22
8.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	25

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0103002	REV. A	FOGLIO 3 di 25

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Cancello–Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

L'opera in esame ricade tra le chilometriche 26+599.40-26+688.10 del tracciato di progetto dell'Asse Principale.

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento geotecnico delle fondazioni profonde del VI01.

Per lo schema geotecnico di riferimento, in base al quale sono stati effettuati i calcoli di dimensionamento, si rimanda a:

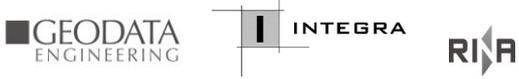
- Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [16].

Per i criteri di calcolo geotecnico utilizzati nell'analisi, si rimanda a:

- Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001) – Doc Rif. [17].

Per ciò che riguarda i carichi trasmessi dalla sovrastruttura e agenti in testa ai singoli pali di fondazione, si rimanda a:

- VI01 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.4.001) – Doc Rif. [18];
- VI01 -Pila: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.5.001) – Doc Rif. [19];

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0103002	REV. A	FOGLIO 4 di 25

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i riferimenti delle normative prese in considerazione per lo sviluppo delle analisi e delle verifiche in oggetto:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06.05.2008 – Integrazione al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [5] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [6] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- [7] RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali;
- [8] 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea (18/11/2014);
- [9] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [10] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [11] Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1977;
- [12] Raccomandazione AGI relative ai pali di fondazione – Associazione Geotecnica Italiana – Dicembre 1984;
- [13] Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1994;
- [14] Paolucci R., Pecker A. (1997), “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soils”. Soils and Foundation, Vol. 37, N°3, pp.95-105;
- [15] Brinch Hansen J. (1970) "A revised and extended formula for bearing capacity" Bulletin n°28, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen;
- [16] Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A);
- [17] Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001);
- [18] VI01 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.4.001);
- [19] VI01 -Pila: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.5.001);

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER I PALI DI FONDAZIONE

Calcestruzzo			
Classe	C25/30	▼	
$R_{ck} =$	30	Mpa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	Mpa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85	-	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5	-	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	Mpa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56	Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07	Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79	Mpa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	9.96	Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} =$	31447	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2	-	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼	
Classe di esposizione =	XC2	▼	
$c =$	6.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30	mm	Apertura massima fessure in esercizio comb. frequente (rif. §1.8.3.2.4 [3])

3.2 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

Acciaio			
B450C			
$f_{yk} \geq$	450	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1.15	-	
$(f_t/f_y)_k <$	1.35	-	
$\gamma_s =$	1.15	-	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.3	Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	Mpa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20%		Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%		Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	337.5	Mpa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SCHEMA DI CALCOLO

Lo schema geotecnico di riferimento per l'opera in oggetto è sintetizzato nella tabella che segue e fa riferimento alla *Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto* (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc. Rif. [16].

Di seguito si riassumono gli schemi adottati nel dimensionamento delle opere di fondazione.

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 5
	ba3	TGC2	TGC1	MDL3	MDL1
γ_t (kN/m ³)	19.5	18.0	18	20	20
GSI (-)	-	-	-	-	-
σ_c (MPa)	-	-	-	-	-
φ' (°)	25	34	34	25	40
c' (kPa)	0	-	0	0÷10	-
c_u (kPa)	180	-	-	175	-
E_{op} (MPa)	10	35	35	88	105

Spalla S1 e Spalla S2

Strato	Quota (m s.l.m.)	Quota (m s.l.m.)	Descrizione
1	p.c.	+35.5	ba3
2	+35.5	+25.5	TGC2
3	+25.5	+19.6	TGC3
4	+19.6	-	MDL1
Quota falda: +33.0 m s.l.m.			

Pila 1

Strato	Quota (m s.l.m.)	Quota (m s.l.m.)	Descrizione
1	p.c.	+33.5	ba3
2	+33.5	+25.5	TGC2
3	+25.5	+22.3	TGC1
4	+22.3	+19.6-	MDL3
5	+19.6	-	MDL1
Quota falda: +33.0 m s.l.m.			

Classe di suolo: B.

Si assume nel calcolo un coefficiente ζ relativo a 2 verticali di indagini per entrambe le spalle e la pila.

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Le fondazioni profonde sono costituite da pali trivellati di grande diametro.

Nella tabella che segue si sintetizzano le dimensioni geometriche del plinto e dei pali di fondazione per i vari appoggi presenti.

VI01						
Appoggio	Fondazione			n° pali	Φpali	Lpali
	B	L	H			
	(m)	(m)	(m)			
Spalla S1	-	-	1.8	12	1200	29
Pila 1	6.4	15.45	1.8	8	1200	35
Spalla S2	-	-	1.8	12	1200	29

6 CARICHI AGENTI IN TESTA AI PALI DI FONDAZIONE

I valori delle sollecitazioni di progetto agenti in testa ai pali ed utilizzati nelle verifiche fanno riferimento a quanto riportato nella:

- VI01 - Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.4.001) – Doc Rif. [18];
- VI01 -Pila: Relazione di calcolo (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.01.0.5.001) – Doc Rif. [19];

Sulla base di quanto affermato nella *Relazione tecnico-descrittiva - Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde* (elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001.A) – Doc Rif. [17], il calcolo delle sollecitazioni agenti in testa ai pali è stata effettuato ipotizzando una ripartizione rigida delle stesse attraverso l'espressione:

$$Q_{ti} = \frac{Q}{n} \pm \left[M_x \cdot \frac{y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] \pm \left[M_y \cdot \frac{x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

essendo:

Q = forza verticale esterna

M_x = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con H_y

H_y = forza orizzontale esterna nella direzione y, accoppiata con M_x

M_y = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con H_x

H_x = forza orizzontale esterna nella direzione x, accoppiata con M_y

Q_{ti} = forza vettoriale agente alla testa del palo i-esimo

y_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y

x_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x

**VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	10 di 25

Per la ripartizione dei carichi orizzontali, si considera un incremento del taglio agente dovuto all' "effetto gruppo" della palificata, e dunque all'interazione reciproca tra i pali. Per eventuali dettagli sulla quantificazione di tale effetto, si rimanda al Doc. Rif. [17].

Nella tabella che segue si riassumono i valori delle sollecitazioni utilizzate nella analisi.

	L _{pali} (m)	N _{GEO_max} (kN)	N _{GEO_min} (kN)	N _{SLV_max} (kN)	N _{SLV_min} (kN)	T _{SLU/SLV_max} (kN)
SPALLA S1	29.0	4556	3345	4411	22	1405
PILA 1	35.0	5363	751	7473	-2208	1204
SPALLA S2	29.0	4066	2929	4271	-380	1478

con:

N_{GEO_max} = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

N_{GEO_min} = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

N_{SLV_max} = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

N_{SLV_min} = sforzo assiale min agente in testa al palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

T_{SLU/SLV_max} = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra la comb. statica e sismica allo SLU/SLV).

	L _{pali} (m)	N _{SLE-qp_max} (kN)	N _{SLE-rara_max} (kN)	N _{SLE-rara_min} (kN)	T _{SLE_max} (kN)
SPALLA S1	29.0	2860	3263	2148	518
PILA 1	35.0	2664	4097	1265	287
SPALLA S2	29.0	2460	2903	2026	509

con:

N_{SLE-qp_max} = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

N_{SLE-freq_max} = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. statica SLE frequente;

N_{SLE-rara_max} = sforzo assiale max agente in testa al palo per la comb. SLE rara;

T_{SLE_max} = taglio massimo agente in testa al palo (massimo valore tra le comb. allo SLE).

7 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI DI FONDAZIONE

7.1 VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

Le verifiche a carico limite verticale sono condotte facendo riferimento alle seguenti combinazioni di carico, così come previsto dalla normativa vigente – Doc. Rif. [1]:

- COMB. STATICA: Approccio 1 - Comb. 2 (A2+M1+R2) [GEO]
- COMB. SISMICA: (EQK+M1+R3) [GEO e STR]

Ai valori dello sforzo assiale di compressione agente in testa ai pali allo SLU/SLV, si aggiunge il peso proprio del palo, epurato del peso del volume di terreno asportato.

Nelle tabelle che seguono si riassumono i risultati ottenuti; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice.

	L _{pali} (m)	N _{GEO_max*} (kN)	Q _{limite_compr} (kN)	FS (-)
SPALLA 1	29.0	4556	8580	1.88
PILA 1	35.0	4695	10765	2.29
SPALLA 2	29.0	4066	8580	2.11

N _{SLV_max*} (kN)	Q _{limite_compr} (kN)	FS (-)
4411	8580	1.95
6330	10765	1.70
4271	8580	2.01

**VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	12 di 25

	L _{pali} (m)	N _{GEO_max_traz} (kN)	Q _{limite_traz} (kN)	FS (-)
SPALLA S1	29.0	-	-	-
PILA 1	35.0	-	-	-
SPALLA S2	29.0	-	-	-

N _{SLV_max_traz} (kN)	Q _{limite_traz} (kN)	FS (-)
-1419	-7535	5.31

con:

$N_{GEO_max}^*$ = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{SLV_max}^*$ = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$N_{GEO_max_traz}$ = sforzo assiale max a trazione agente alla testa del palo per la comb. statica A2+M1+R2 (GEO);

$N_{SLV_max_traz}$ = sforzo assiale max a trazione agente alla testa del palo per la comb. sismica EQK+M1+R3 (GEO);

$Q_{limite_compr.}$ = carico limite del palo singolo a compressione allo SLU;

$Q_{limite_traz.}$ = carico limite del palo singolo a trazione allo SLU;

FS = coefficiente di sicurezza (≥ 1).

In aggiunta alle verifiche sulla portanza dei pali allo SLU, si verifica che il rapporto tra la resistenza laterale caratteristica di calcolo ed il carico agente massimo per la combinazione SLE-rara sia maggiore di 1.25. Si rimanda alle schede di verifica presenti in Appendice per il dettaglio del calcolo.

	L _{pali} (m)	N _{SLE-rara_max} [*] (kN)	R _{s_laterale} (kN)	FS _{lat} (-)
SPALLA S1	29.0	3263	11049	3.39
PILA 1	35.0	4097	15265	3.73
SPALLA S2	29.0	2903	11049	3.81

con:

$N_{SLE-rara_max}^*$ = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. SLE rara;

$R_{s_laterale}$ = resistenza laterale caratteristica del palo singolo;

FS_{lat} = coefficiente di sicurezza (≥ 1.25).

7.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo e della palificata soggetta alle azioni caratteristiche massime (SLE) è condotto in accordo ai criteri indicati nell'elaborato IF26.1.2.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001 (Doc. Rif. [17] e sulla base delle prescrizioni della normativa vigente (Doc. Rif. [1] [2] [3] [7]).

Si valutano i cedimenti relativi alla fase di fine costruzione (coincidente con la combinazione allo SLE-qp), alla fase di esercizio dell'opera (coincidente con la combinazione allo SLE-rara) ed i rispettivi valori del cedimento netto tra le due fasi. Ai valori degli sforzi normali di compressione agenti in testa ai pali allo SLE, si aggiunge il peso proprio del palo, epurato del peso del volume di terreno asportato.

Come indicato al capitolo 4 del Doc. Rif. [17], il valore utilizzato del modulo elastico del terreno nel calcolo dei cedimenti si stima attraverso una media pesata dei valori del modulo di terreno nei vari strati che interessano lo sviluppo del palo.

Nella tabella che segue di riasumono i risultati delle analisi; per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

	FASE DI COSTRUZIONE			FASE DI ESERCIZIO			$\Delta\delta_{\text{palo}}$ (mm)	$\Delta\delta_{\text{palificata}}$ (mm)
	$N_{\text{SLE-qp_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo_1}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif_1}}$ (mm)	$N_{\text{SLE-rara_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo_2}}$ (mm)	$\delta_{\text{palif_2}}$ (mm)		
SPALLA S1	2860	3	16	3263	3	18	0.3	2
PILA 1	2664	2	13	4097	3	18	0.9	5
SPALLA S2	2460	2	14	2903	3	16	0.3	2

con:

δ_{palo} = cedimento verticale del palo singolo;

δ_{palif} = cedimento verticale della palificata;

$\Delta\delta_{\text{palo}}$ = $\delta_{\text{palo_1}}$ - $\delta_{\text{palo_2}}$ = cedimento netto del palo singolo;

$\Delta\delta_{\text{palificata}}$ = $\delta_{\text{palif_1}}$ - $\delta_{\text{palif_2}}$ = cedimento netto della palificata;

$N_{\text{SLE-qp_max}}^*$ = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. statica SLE quasi perm.;

$N_{\text{SLE-rara_max}}^*$ = sforzo assiale max agente alla base del palo per la comb. SLE rara.

Inoltre, sulla base di quanto prescritto nel §1.8.3.2.3 del Doc. Rif. [4], si riportano i valori dei cedimenti differenziali tra fondazioni adiacenti, calcolati considerando agenti tutte le azioni permanenti allo SLE.

	$N_{SLE-q_{p_max}^*}$ (kN)	$\delta_{palificata}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff_limite}$ (mm)
2860	2860	3	-	
2664	2664	2	0.4	25
2460	2460	2	0	25

con:

$\delta_{palificata}$ = cedimento verticale della palificata per carico $N_{SLE-q_{p_max}^*}$;

$\Delta\delta_{diff}$ = cedimento differenziale fra fondazioni adiacenti;

$\Delta\delta_{diff_limite}$ = $L_{campata}/1000$.

7.3 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

Il carico limite orizzontale del palo viene eseguito secondo la metodologia di Broms (vedi Doc. Rif. [17]), adottando come forza orizzontale di progetto, quella massima proveniente dalle combinazioni allo SLU/SLV.

Si riassumono le armature longitudinali necessarie a valutare il momento di plasticizzazione della sezione del palo, utilizzato per determinare il carico limite orizzontale del palo.

	Φ palo (mm)	1° strato long.		2° strato long.		ρ _{long} (%)	ρ _{min} (%)
		n° barre	Φ barre (mm)	n° barre	Φ barre (mm)		
SPALLA S1	1200	30.00	28.00	30.00	28.00	3.27%	1.00%
PILA 1	1200	30.00	24.00	30.00	24.00	2.40%	1.00%
SPALLA S2	1200	30.00	28.00	30.00	28.00	3.27%	1.00%

Le armature rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

Come si evince dai successivi calcoli, il carico limite orizzontale del palo risulta sempre superiore al massimo carico orizzontale agente nella condizione maggiormente gravosa tra SLU/SLV. Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

$$H_d = H_k/\gamma_T \geq T_{SLU/SLV_max}$$

Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

		$H_d = H_k/\gamma_T$ (kN)	T_{SLU/SLV_max} (kN)	FS (-)
SPALLA 1	Tensioni efficaci	1461	1405	1.04
PILA 1	Tensioni efficaci	1473	1252	1.18
SPALLA 2	Tensioni efficaci	1683	1478	1.14

con:

$H_d = H_k/\gamma_T$ = carico limite orizzontale di progetto del singolo palo;

T_{SLU/SLV_max} = massimo carico orizzontale agente sul singolo palo allo SLU/SLV;

FS = coefficiente di sicurezza (≥ 1.00).

7.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

Per ricavare il momento adimensionalizzato lungo il fusto del palo si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956), che utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali, ottenuti esprimendo l'equazione della linea elastica attraverso equazioni differenziali funzione del tipo di sollecitazione agente.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno (E_{MR} , che verrà definito nel seguente paragrafo), si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha_m \cdot H_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

H_0 = azione tagliante in testa palo [F];

M_0 = azione flettente, conseguente ad H_0 , in testa al palo;

α_m = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

M_{ad} = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

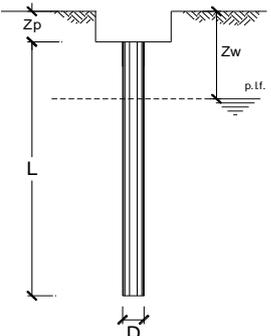
	Φ palo (mm)	α -	T_{SLU/SLV_max} (kN)	M_{SLU/SLV_max} (kNm)
SPALLA S1	1200	2.08	1405	2922
PILA 1	1200	2.16	1252	2704
SPALLA S2	1200	2.08	1478	3074

8 APPENDICE

8.1 CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO
ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Approccio 2 (A1+M1+R3)
OPERA: SPALLA 1

Diametro del palo (D): 1.2 (m)
Quota testa palo dal p.c. (z_p): 4.2 (m)
Area del palo (A_p): 1.131 (m²)
quota della falda dal p.c. (z_w): 8.8 (m)



CARICO ASSIALE DI COMPRESSIONE SUL SINGOLO PALO:
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di compressione di progetto

N _d (SLU)	4556 (kN)
N _d (SLV)	4411 (kN)
N _d (SLE)	3263 (kN)
N _d (SLD)	

CARICO ASSIALE DI TRAZIONE SUL SINGOLO PALO:
§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008
Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di trazione di progetto

N _d (SLU)	(kN)
N _d (SLV)	(kN)

Numero di strati: 4

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Strato	Stratigrafia		Spess. (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno						σ _{lim} (kPa)	N _d (-)	q _{b, max} (kPa)	k _{compr} (-)	k _{traz} (-)
	da (m)	a (m)			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)	α (-)	a (-)					
1	0.00	6.40	6.40	ba3	19.5		25	180	0.4		100			0.6	0.5
2	6.40	16.38	9.98	TGC2	18		34	0		100	17	4300			
3	16.38	22.28	5.90	MDL3	20		25	175	0.4	100					
4	22.28	60.00	37.72	MDL1	20		40	0		100	25	5800			

Fattori di correlazione 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

n°2 verticali | Peso del palo depurato W_{p, dep}

Lunghezza del palo (L _p)	29 (m)
Peso del palo depurato W _{p, dep}	188 (kN)
Peso palo alleggerito W _{p, all}	543 (kN)
Profondità punta palo:	33.2 (m)

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

Resistenza alla base:	R _b = 6560 (kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s, compr.} = 11049 (kN)
Resistenza laterale a trazione:	R _{s, traz.} = 10198 (kN)
Resistenza totale a compressione:	R _t = R _b + R _{s, compr.} = 17609 (kN)
Resistenza totale a trazione:	R _t = R _b + R _{s, traz.} = 10198 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO
Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza alla base:	R _{b,c} = 2945 (kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s,c} = 5823 (kN)
Resistenza totale a compressione:	R _{d,c} = R _{b,c} + R _{s,c} - W _p = 8580 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO A TRAZIONE
Approccio 2: (A1+M1+R3) §6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza totale a trazione:	R _{d,t} = R _{s,t} + W _p = -5487 (kN)
-------------------------------	---

VERIFICA A COMPRESSIONE

	N _{d,c} (kN)	R _{d,c} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)	4556	8580	1.88
SLV - (EQK+M1+R3)	4411	8580	1.95

R_{d,c}/N_{d,c} ≥ 1

	N _c (kN)	R _{s,c} (kN)	FS (-)
SLE	3263	11049	3.39
SLD			-

R_{s,c}/N_c ≥ 1.25

VERIFICA A TRAZIONE

	N _{d,t} (kN)	R _{d,t} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)			-
SLV - (EQK+M1+R3)			-

R_{d,t}/N_{d,t} ≥ 1

VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	18 di 25

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Approccio 2 (A1+M1+R3)

OPERA: PILA 1

Diametro del palo (D):	1.2	(m)
Quota testa palo dal p.c. (z _p):	4.9	(m)
Area del palo (A _p):	1.131	(m ²)
quota della falda dal p.c. (z _w):	8.8	(m)

CARICO ASSIALE DI COMPRESSIONE SUL SINGOLO PALO:

§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di compressione di progetto

N _d (SLU)	4695	(kN)
N _d (SLV)	6330	(kN)
N _d (SLE)	4097	(kN)
N _d (SLD)		(kN)

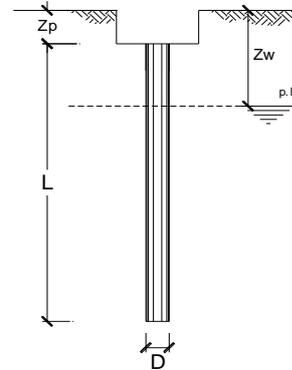
CARICO ASSIALE DI TRAZIONE SUL SINGOLO PALO:

§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di trazione di progetto

N _d (SLU)		(kN)
N _d (SLV)	-1419	(kN)



Numero di strati 5

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Strato	Stratigrafia		Spess.	Tipo di terreno	Parametri del terreno										
	da	a			γ	c'	φ'	c _u	α	a	τ _{lim}	N _q	q _{b,max}	k _{compr}	k _{traz}
(-)	(m)	(m)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(kPa)	(-)	(kPa)	(-)	(-)
1	0.00	8.47	8.47	ba3	19.5		25	180	0.4		100			0.6	0.5
2	8.47	16.45	7.98	TGC2	18		34			150	17	4300			
3	16.45	19.61	3.16	TGC1	18		34			150	17	4300			
4	19.61	22.35	2.74	MDL3	20		25	175	0.4	100					
5	22.35	60.00	37.65	MDL1	20		40			150	25	5800			

Fattori di correlazione 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

n°2 verticali Peso del palo depurato Wp_dep

Lunghezza del palo (L _p)	35	(m)
Peso del palo depurato Wp_dep	225	(kN)
Peso palo alleggerito Wp_all	633	(kN)
Profondità punta palo:	39.89	(m)

Strato	Spess. Strati_palo	F _{SL,compr}	F _{SL,traz}	F _{SB}
(-)	(m)	ξ ₃ *γ _s	ξ ₃ *γ _s	ξ ₃ *γ _b
1	3.58	1.9	2.1	2.2
2	7.98			
3	3.16			
4	2.74			
5	17.54			

F_{SL,compr}: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - compressione

F_{SL,traz}: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - trazione

F_{SB}: Fattore di sicurezza per resistenza alla base

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

Resistenza alla base:	R _b =	6560	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s,compr} =	15265	(kN)
Resistenza laterale a trazione:	R _{s,traz} =	14234	(kN)

Resistenza totale a compressione:	R _t =R _b +R _{s,compr} =	21825	(kN)
Resistenza totale a trazione:	R _t =R _b +R _{s,traz} =	14234	(kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Approccio 2: (A1+M1+R3)_§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza alla base:	R _{b,c} =	2945	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s,c} =	8045	(kN)
Resistenza totale a compressione:	R _{d,c} =R _{b,c} +R _{s,c} -W _p =	10765	(kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO A TRAZIONE

Approccio 2: (A1+M1+R3)_§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza totale a trazione:	R _{d,t} =R _{s,t} +W _p =	-7535	(kN)
-------------------------------	--	-------	------

VERIFICA A COMPRESSIONE

	N _{d,c} (kN)	R _{d,c} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)	4695	10765	2.29
SLV - (EQK+M1+R3)	6330	10765	1.70

R_{d,c}/N_d ≥ 1

	N _c (kN)	R _{s,c} (kN)	FS (-)
SLE	4097	15265	3.73
SLD			-

R_{s,c}/N_c ≥ 1.25

VERIFICA A TRAZIONE

	N _{d,t} (kN)	R _{d,t} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)			-
SLV - (EQK+M1+R3)	-1419	-7535	5.31

R_{d,t}/N_{d,t} ≥ 1

VI01 - Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

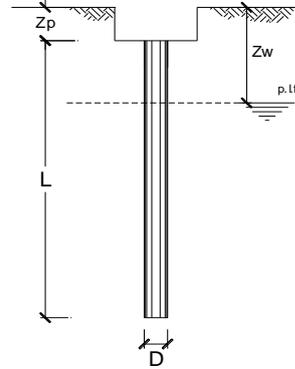
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	19 di 25

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Approccio 2 (A1+M1+R3)

OPERA: SPALLA 2

Diametro del palo (D):	1.2	(m)
Quota testa palo dal p.c. (z _p):	4.2	(m)
Area del palo (A _p):	1.131	(m ²)
quota della falda dal p.c. (z _w):	8.8	(m)



CARICO ASSIALE DI COMPRESIONE SUL SINGOLO PALO:

§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di compressione di progetto

N _d (SLU)	4066	(kN)
N _d (SLV)	4271	(kN)
N _d (SLE)	2903	(kN)
N _d (SLD)		(kN)

CARICO ASSIALE DI TRAZIONE SUL SINGOLO PALO:

§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Approccio 2: (A1+M1+R3)

Carico assiale di trazione di progetto

N _d (SLU)		(kN)
N _d (SLV)		(kN)

Numero di strati 4

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Strato	Stratigrafia		Spess.	Tipo di terreno	Parametri del terreno										
	da	a			γ	c'	φ'	c _u	α	a	τ _{lim}	N _q	q _{b,max}	k _{compr}	k _{traz}
(-)	(m)	(m)	(m)		(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(kPa)	(-)	(kPa)	(-)	(-)
1	0.00	6.40	6.40	ba3	19.5		25	180	0.4		100			0.6	0.5
2	6.40	16.38	9.98	TGC2	18		34	0			100	17	4300		
3	16.38	22.28	5.90	MDL3	20		25	175	0.4		100				
4	22.28	60.00	37.72	MDL1	20		40	0			100	25	5800		

Fattori di correlazione 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

n°2 verticali Peso del palo depurato W_{p,dep}

Lunghezza del palo (L _p)	29	(m)
Peso del palo depurato W _{p,dep}	188	(kN)
Peso palo alleggerito W _{p,all}	543	(kN)
Profondità punta palo:	33.2	(m)

Strato	Spess. Strati_palo	F _{SL,compr}	F _{SL,traz}	F _{SB}
(-)	(m)	ξ ₃ *γ _s	ξ ₃ *γ _s	ξ ₃ *γ _b
1	2.20	1.9	2.1	2.2

F_{SL,compr}: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - compressione
F_{SL,traz}: Fattore di sicurezza per resistenza laterale - trazione
F_{SB}: Fattore di sicurezza per resistenza alla base

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

Resistenza alla base:	R _b =	6560	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s,compr} =	11049	(kN)
Resistenza laterale a trazione:	R _{s,traz} =	10198	(kN)

Resistenza totale a compressione:	R _t =R _b +R _{s,compr} =	17609	(kN)
Resistenza totale a trazione:	R _t =R _b +R _{s,traz} =	10198	(kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Approccio 2: (A1+M1+R3)_§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza alla base:	R _{b,c} =	2945	(kN)
Resistenza laterale a compressione:	R _{s,c} =	5823	(kN)
Resistenza totale a compressione:	R _{d,c} =R _{b,c} +R _{s,c} -W _p =	8580	(kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO A TRAZIONE

Approccio 2: (A1+M1+R3)_§6.4.3.1 D.M. 14/01/2008

Resistenza totale a trazione:	R _{d,t} =R _{s,t} +W _p =	-5487	(kN)
-------------------------------	--	-------	------

VERIFICA A COMPRESIONE

	N _{d,c} (kN)	R _{d,c} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)	4066	8580	2.11
SLV - (EQK+M1+R3)	4271	8580	2.01

R_{d,c}/N_d ≥ 1

	N _c (kN)	R _{s,c} (kN)	FS (-)
SLE	2903	11049	3.81
SLD			-

R_{s,c}/N_c ≥ 1.25

VERIFICA A TRAZIONE

	N _{d,t} (kN)	R _{d,t} (kN)	FS (-)
SLU - (A1+M1+R3)			-
SLV - (EQK+M1+R3)			-

R_{d,t}/N_{d,t} ≥ 1

VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	20 di 25

8.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

OPERA: SPALLA 1

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P_{palo}):

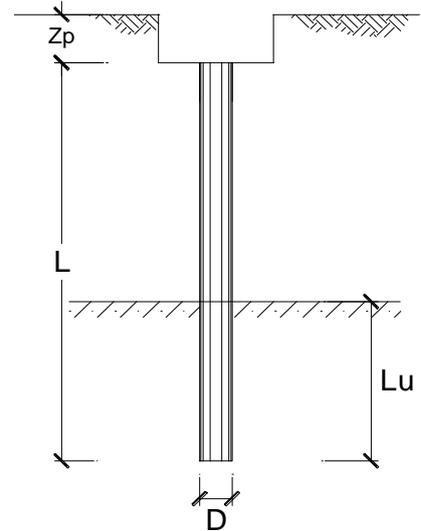
Carico base palo (P_{base}):

Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

	Fine costr. SLE-QP		Esercizio SLE-RAR	
Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	2860	(kN)	3263	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	29.0	(m)	29.0	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	29.0	(m)	29.0	(m)
Peso del Palo (P _{palo}):	820	(kN)	820	(kN)
Carico base palo (P _{base}):	3680	(kN)	4083	(kN)
Modulo di Deformazione (E):	90.0	(MPa)	90.0	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12	(-)	12	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)	3.6	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

	SLE-QP		SLE-RAR	
Coefficiente di forma β	1.88	(-)	1.88	(-)
Cedimento del palo δ	3	(mm)	3	(mm)

$$\Delta\delta = 0.3 \text{ (mm)}$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

R =

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n * R_g * \delta =$$

	SLE-QP		SLE-RAR	
Coefficiente di Gruppo R	1.221		1.221	
Cedimento della palificata δ_p	16	(mm)	18	(mm)

$$\Delta\delta_p = 2 \text{ (mm)}$$

VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni

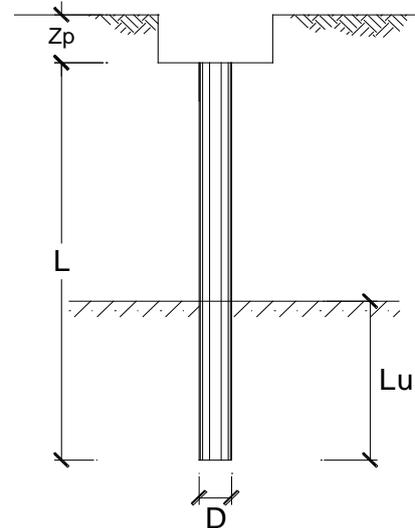
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0103002	A	21 di 25

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

OPERA: PILA 1

DATI DI INPUT:

	Fine costr. SLE-QP		Esercizio SLE-RAR	
Diametro del Palo (D):	1.20	(m)	1.20	(m)
Carico sul palo (P):	2664	(kN)	4097	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	35.0	(m)	35.0	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	35.0	(m)	35.0	(m)
Peso del Palo (P _{palo}):	990	(kN)	990	(kN)
Carico base palo (P _{base}):	3654	(kN)	5087	(kN)
Modulo di Deformazione (E):	90.0	(MPa)	90.0	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	8	(-)	8	(-)
Spaziatura dei pali (s)	3.6	(m)	3.6	(m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$

	SLE-QP		SLE-RAR	
Coefficiente di forma				
$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$	1.96	(-)	1.96	(-)
Cedimento del palo				
$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$	2	(mm)	3	(mm)

$\Delta\delta = 0.9 \text{ (mm)}$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$

Coefficiente di Gruppo

$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$

$R = (n * s / L)^{0,5}$

R =

Cedimento della palificata

$\delta_p = n * R_g * \delta =$

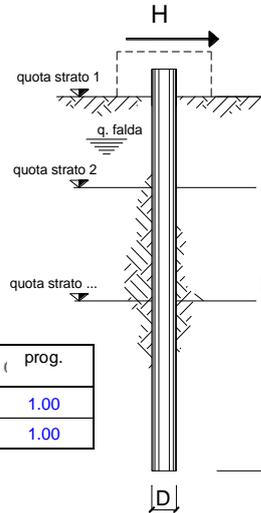
	SLE-QP		SLE-RAR	
R				
R =	0.907		0.907	
Cedimento della palificata				
$\delta_p = n * R_g * \delta =$	13	(mm)	18	(mm)

$\Delta\delta_p = 5 \text{ (mm)}$

8.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

opera **SPALLA 1**

coefficienti parziali		Metodo di calcolo	A		M		R
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{φ}	γ_{c_u}	γ_r
SLU	A1+M1+R1	(	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	(	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	(	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	(	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		(	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		(	1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



n	(1	(2	(3	(4	(5	(7	(≥10	(T.A.	(prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	φ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	37.60	19.5	9.5	25	2.46	180	25	2.46	180
	TGC2	35.50	18	8	34	3.54		34	3.54	
✓ strato 3	MDL3	25.50	20	10	25	2.46	175	25	2.46	175
✓ strato 4	MDL1	19.60	20	10	40	4.60		40	4.60	
strato 5						1.00			1.00	
strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **33** (m)
 Diametro del palo **D** **1.20** (m)
 Lunghezza del palo **L** **29.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo **My** **5388.43** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo

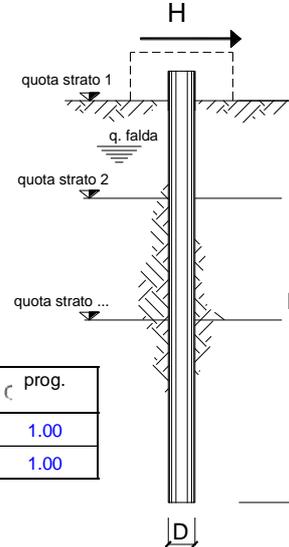
	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	3132.3 (kN)		3132.3 (kN)	
Palo intermedio	19185.3 (kN)		19185.3 (kN)	
Palo corto	72721.6 (kN)		72721.6 (kN)	
	H_{med} 3132.3 (kN)	Palo lungo	H_{min} 3132.3 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1898.37 (kN)	
	H_d = H_k/γ_r		1460.29 (kN)	
Carico Orizzontale (G):		G =	1405 (kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		1405.00 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		1.04	

VI01 – Relazione geotecnica di calcolo delle
fondazioni

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ CL VI0103002 A 23 di 25

opera **PILA 1**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R	
			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ψ	γ_{cu}	γ_T	
SLU	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	☐	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88			☐	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			☐	1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



n	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 7	☐ ≥10	☐ T.A.	☐ prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	37.1	19.5	9.5	25	2.46	180	25	2.46	180
strato 2	TGC2	33.5	18	8	34	3.54		34	3.54	
☑ strato 3	TGC1	25.5	18	8	34	3.54		34	3.54	
☑ strato 4	MDL3	22.3	20	10	25	2.46	175	25	2.46	175
☑ strato 5	MDL1	19.6	20	10	40	4.60		40	4.60	0
☐ strato 6										

Quota falda 33 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 35.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 4140.63 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

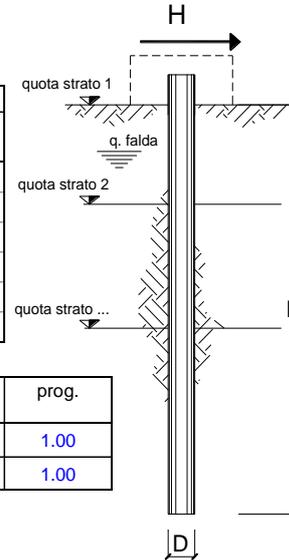
- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo

	H medio		H minimo	
Palo lungo	3159.0 (kN)		3159.0 (kN)	
Palo intermedio	28881.9 (kN)		28881.9 (kN)	
Palo corto	106622.3 (kN)		106622.3 (kN)	
	H_{med} 3159.0 (kN)	Palo lungo	H_{min} 3159.0 (kN)	Palo lungo
	H_k = Min(H_{med}/ξ₃ ; R_{min}/ξ₄)		1914.55 (kN)	
	H_d = H_k/γ_T		1472.73 (kN)	
Carico Orizzontale (G):		G =	1252 (kN)	
	F_d = G · γ_G + Q · γ_Q =		1252.48 (kN)	
	FS = H_d / F_d =		1.18	

opera **SPALLA 2**

coefficienti parziali		A		M		R
		permanenti γ_G	variabili γ_Q	$\gamma_{\phi'}$	γ_{cu}	γ_T
SLS	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.30	1.50	1.25	1.40	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	ba3	38.10	19.5	9.5	25	2.46	180	25	2.46	180
	TGC2	35.50	18	8	34	3.54		34	3.54	
✓ strato 3	MDL3	25.50	20	10	25	2.46	175	25	2.46	175
✓ strato 4	MDL1	19.60	20	10	40	4.60		40	4.60	
□ strato 5						1.00			1.00	
□ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **33** (m)
 Diametro del palo D **1.20** (m)
 Lunghezza del palo L **29.00** (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y **5388.43** (kNm)
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	3501.5 (kN)		3501.5 (kN)	
Palo intermedio	19969.8 (kN)		19969.8 (kN)	
Palo corto	73490.9 (kN)		73490.9 (kN)	
H_{med}	3501.5 (kN)	Palo lungo	H_{min}	3501.5 (kN) Palo lungo
$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			2188.45 (kN)	
$H_d = H_k/\gamma_T$			1683.42 (kN)	
Carico Orizzontale (G):		G =	1478 (kN)	
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$			1478.00 (kN)	
$FS = H_d / F_d =$			1.14	

8.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

