

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA:

DIRETTORE DELLA
PROGETTAZIONE

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI

Ing. GAETANO USAI

Ing. PIETRO MAZZOLI



Responsabile integrazione fra le varie
prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

CAVALCAFERROVIA via Appia al km 2+114

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

APPALTATORE		SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 22/09/2018		-

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

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	C	L	I	V	0	2	0	3	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Tagliaferri	11/07/2018	G. Usai	11/07/2018	P. Mazzoli	11/07/2018	G. Usai
B	Rev. Istruttoria ITF 07/09/18	A. Tagliaferri	22/09/2018	G. Usai	22/09/2018	P. Mazzoli	22/09/2018	
								22/09/2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.3.001.B.doc

n. Elab.:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>2 di 24</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	2 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	2 di 24								

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.....	8
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	19
8.3	CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO	21
8.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	23

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>3 di 24</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	3 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	3 di 24								

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli-Bari si inserisce il *Raddoppio della Tratta Canello-Benevento – 1° Lotto Funzionale Canello-Frasso Telesino e Variante alla Linea Roma-Napoli Via Cassino di Maddaloni* (compreso il *Collegamento Merci con lo scalo di Marcianise – Collegamento Benevento-Marcianise*) ed *Interconnessione Nord su LS Roma-Napoli via Cassino*, oggetto di progettazione esecutiva.

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento geotecnico delle fondazioni profonde del cavalcaferrovia di via Appia – IV02.

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 IF1N.0.1.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 IF1N.0.1.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:

- Pile: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.5.001) – Doc Rif. [18];
- Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.4.001) – Doc. Rif. [19].

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>4 di 24</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	4 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	4 di 24								

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;
- [4] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [4] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 002 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali;
- [4] 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea (18/11/2014);
- [4] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [4] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [4] Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1977;
- [4] Raccomandazione AGI relative ai pali di fondazione – Associazione Geotecnica Italiana – Dicembre 1984;
- [4] Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1994;
- [4] 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;
- [4] 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 IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001);
- [17] Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni superficiali e profonde (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001);
- [18] Pile: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.5.001);
- [19] Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.4.001).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>5 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	5 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	5 di 24								

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
$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	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])

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>6 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	6 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	6 di 24								

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])

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0203 001	REV. B

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 IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001) – Doc. Rif. [16].

Parametri	Strato 1	Strato 2
	CCU	TGCs
γ_t (kN/m ³)	16	15÷16
GSI	-	-
σ_c (MPa)	-	-
φ' (°)	26	33÷34
c' (kPa)	0	0
E_{op} (MPa)	7 – 10	40
k (m/s)	5×10^{-6}	5×10^{-5}

Strato	Quota da (m s.l.m.)	Quota a (m s.l.m.)	Descrizione
1	p.c.	+53.0	Piroclastiti superficiali (CCU)
2	+53.0		Tufo grigio campano in facies sciolta (TGCs)
QUOTA DELLA FALDA: 25 m s.l.m.			
CLASSE DI SUOLO: C			

Avendo disponibili due sondaggi adeguatamente profondi, con un modello di sottosuolo relativamente omogeneo, è applicabile il coefficiente ζ per due verticali di indagine (1.65).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>8 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	8 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	8 di 24								

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.

IV02 - CAVALCAFERROVIA via APPIA						
Appoggio	Fondazione			n° pali	Φpali	L _{pali}
	B	L	H			
	(m)	(m)	(m)			
Spalla A	12	16.5	2.0	12	1500	21
Pila 1	7.5	12	2.5	6	1500	32
Pila 2	7.5	12	2.5	6	1500	32
Spalla B	12	16.5	2.0	12	1500	21

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>9 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	9 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	9 di 24								

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:

- Pile: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.5.001) – Doc Rif. [18];
- Spalle: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.IV.02.0.4.001) – Doc. Rif. [19].

Sulla base di quanto affermato nel 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 verticale 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

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	21.0	3899	3283	5624	1013	2103
PILA 1	32.0	4960	2204	9584	-3023	1338
PILA 2	32.0	4960	2204	9584	-3023	1338
SPALLA S2	21.0	3899	3283	5624	1013	2103

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>10 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	10 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	10 di 24								

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	21.0	3620	3860	3318	505
PILA 1	32.0	3481	4546	2352	126
PILA 2	32.0	3481	4546	2352	126
SPALLA S2	21.0	3620	3860	3318	505

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).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>12 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	12 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	12 di 24								

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

FS = coefficiente di sicurezza (≥ 1).

oooo

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)	$N_{\text{SLE-rara_max}^*}$ (kN)	$R_{\text{s_laterale}}$ (kN)	FS_{lat} (-)
SPALLA S1	21.0	4194	5843	1.39
PILA 1	32.0	5055	13980	2.77
PILA 2	32.0	5055	13980	2.77
SPALLA S2	21.0	4194	5843	1.39

con:

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

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

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

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>13 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	13 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	13 di 24								

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 nel 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	3620	10	45	3860	11	48	1	3
PILA 1	3481	6	24	4546	7	30	2	6
PILA 2	3481	6	24	4546	7	30	2	6
SPALLA S2	3620	10	45	3860	11	48	1	3

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.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>14 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	14 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	14 di 24								

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.

	$N_{SLE-qp_max^*}$ (kN)	$\delta_{palificata}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff}$ (mm)	$\Delta\delta_{diff_limite}$ (mm)
SPALLA S1	3620	3	-	-
PILA 1	3481	6	4	23.4
PILA 2	3481	6	0	34.7
SPALLA S2	3620	3	-4	23.4

con:

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

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

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

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0203 001	REV. B

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.

	1° strato long.			2° strato long.		ρ_{long} (%)	ρ_{min} (%)
	Φ palo (mm)	n° barre	Φ barre (mm)	n° barre	Φ barre (mm)		
SPALLA S1	1500	30	30	30	30	2.40%	1.00%
PILA 1	1500	24	30	24	30	1.92%	1.00%
PILA 2	1500	24	30	24	30	1.92%	1.00%
SPALLA S2	1500	30	30	30	30	2.40%	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 S1	Tensioni efficaci	2161	2103	1.03
PILA 1	Tensioni efficaci	1725	1338	1.29
PILA 2	Tensioni efficaci	1725	1338	1.29
SPALLA S2	Tensioni efficaci	2161	2103	1.03

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).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>IV0203 001</td> <td>B</td> <td>16 di 24</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	16 di 24
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	16 di 24								

7.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

La sollecitazione flessionale agenti lungo il palo di fondazione viene determinata nell'ipotesi di comportamento elastico lineare del palo e del terreno di fondazione.

La costante di reazione orizzontale del terreno viene determinata con la relazione proposta da Vesic:

$$k_s = E_s/D$$

con:

k_s = costante di reazione del terreno;

E_s = modulo elastico del terreno di fondazione.

Nella tabella che segue si riassumono i valori di E_s e k_h utilizzati nel calcolo e le relative sollecitazioni di taglio e momento massimi. Per ulteriori dettagli si rimanda alle schede di verifica riportate in Appendice.

	Φ palo (mm)	E_s (Mpa)	k_h (kN/m ³)	T_{SLU/SLV_max} (kN)	λ (cm)	M_{SLU/SLV_max} (kNm)
SPALLA S1	1500	8500	5667	2103	779	8191
PILA 1	1500	30000	20000	1338	568	3802
PILA 2	1500	30000	20000	1338	568	3802
SPALLA S2	1500	8500	5667	2103	779	8191

con:

Φ_{palo} = diametro del palo;

E_s = modulo elastico del terreno;

k_h = coefficiente di reazione orizzontale;

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

$\lambda = (4 \cdot EJ/k_h \cdot D)^{1/4}$ = lunghezza elastica del palo;

M_{SLU/SLV_max} = massimo momento flettente agente sul singolo palo allo SLU/SLV.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0203 001	REV. B

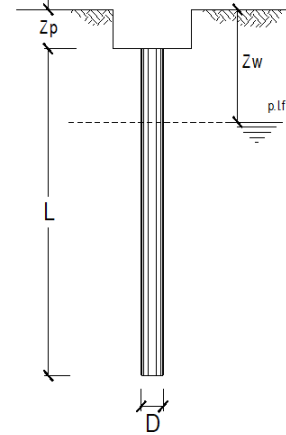
8 APPENDICE

8.1 CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

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

OPERA: IV02 - SPALLE

Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	Area del Palo (A _p):	1.767 (m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	2.00 (m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	29.00 (m)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)	N _{SLE} [Combinazione di carico - Statica SLE]	3860 (kN)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	3899 (kN)		
N _d [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	5624 (kN)		
Numero di strati	2	L _{palo} =	21.00 (m)



Fattori di correlazione x 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	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°2 verticali

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N _{SPT} (-)	Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)		k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	τ _{lim} (kPa)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)
1	2.00	CCU	16.00	0.0	26.0		0.56	0.49				124				
2	19.00	TGC(S)	16.00	0.0	33.0		0.46	0.65				5719.01	13.67	0.00	4000.0	7068.6

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Q_{b,lim} = 4000 (kPa)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base	R _{bm} =	7068.6 (kN)
laterale	R _{sim} =	5842.9 (kN)
totale	R _{cm} =	12911.5 (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q _d = Q _{bm} /(ξ·γ _b) + Q _{lim} /(ξ·γ _s)	Peso palo depurato	334 (kN)
Q _d =	12912 (kN)	

	E _d (kN)	R _d (kN)	F _s (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	4233	4962	1.17	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	5958	6253	1.05	ok

$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$

	N _{SLE/SLD} (kN)	R _{c,cal,lat} (kN)	F _s (-)	
SLE	4194	5843	1.39	ok

$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$

VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	(kN)
N _d [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	(kN)

	E _d (kN)	R _d (kN)	F _s (-)
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2			
SLV - EQK+M1+R3_sisma			

Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	IV0203 001	B	18 di 24

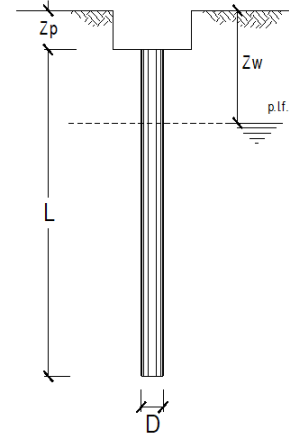
CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**OPERA:** IV02 - PILA 01-02

Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	Area del Palo (Ap):	1.767 (m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	5.00 (m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	25.00 (m)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)	N _{SLE} [Combinazione di carico - Statica SLE]	4546 (kN)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	4960 (kN)		
N _d [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	9584 (kN)		
Numero di strati	1	L _{palo} =	32.00 (m)

Fattori di correlazione x 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	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°2 verticali

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N _{SPT}	Coefficienti di Calcolo				Risultati						
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _u (kPa)		k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	τ _{lim} (kPa)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)	Q _{bm} (kN)	
1	32.00	TGC(S)	16.00	0.0	33.0		0.46	0.65						13980	12.95	0.00	4000.0	7068.6

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Q_{b lim} 4000 (kPa)**CAPACITA' PORTANTE MEDIA****CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

alla base	R _{bm} =	7068.6 (kN)
laterale	R _{sm} =	13979.8 (kN)
totale	R _{cm} =	21048.4 (kN)

$$Q_d = Q_{bm}/(\xi \cdot \gamma b) + Q_{lim}/(\xi \cdot \gamma s)$$

$$Q_d = 21048 \text{ (kN)}$$

Peso palo depurato 509 (kN)

	E _d (kN)	R _d (kN)	F _s (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	5469	8363	1.53	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	10093	10541	1.04	ok

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

	N _{SLE/SLD} (kN)	R _{c,cal,lat} (kN)	F _s (-)	
SLE	5055	13980	2.77	ok

$$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$$

VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]	(kN)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	(kN)
N _d [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	-3023 (kN)

	E _d (kN)	R _d (kN)	F _s (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2				
SLV - EQK+M1+R3_sisma	-3023	-6778	2.24	ok

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO					
	Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0203 001	REV. B

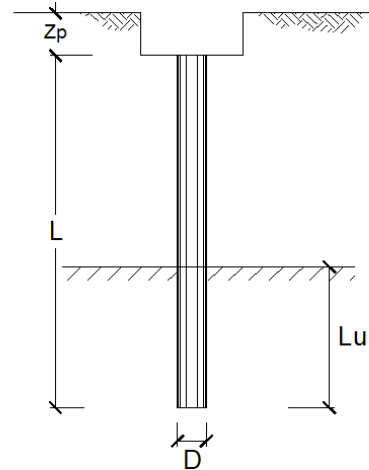
8.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

OPERA: IV02 - SPALLE

DATI DI INPUT:

	Fine costr. SLE-QP	Esercizio SLE-RAR
Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	1.50 (m)
Carico sul palo (P):	3620 (kN)	3860 (kN)
Lunghezza del Palo (L):	21.0 (m)	21.0 (m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	21.0 (m)	21.0 (m)
Peso del Palo (P _{palo}):	334 (kN)	334 (kN)
Carico base palo (P _{base}):	3954 (kN)	4194 (kN)
Modulo di Deformazione (E):	30.0 (MPa)	30.0 (MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	12 (-)	12 (-)
Spaziatura dei pali (s)	4.5 (m)	4.5 (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
1.65 (-)
10 (mm)

SLE-RAR
1.65 (-)
11 (mm)

$$\Delta\delta = 1 \text{ (mm)}$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

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

Coefficiente di Gruppo

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

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

$$R =$$

SLE-QP
1.604
45 (mm)

SLE-RAR
1.604
48 (mm)

$$\Delta\delta_p = 3 \text{ (mm)}$$

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA**OPERA:** IV02 - PILA 01-02**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}):

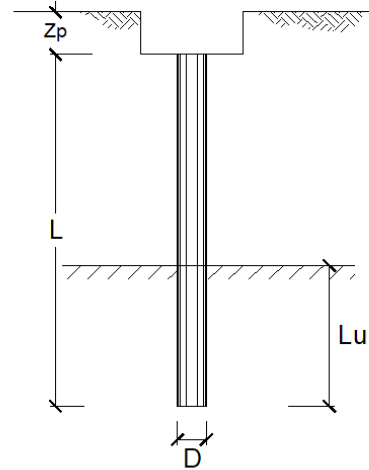
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP
1.50 (m)	
3481 (kN)	
32.0 (m)	
32.0 (m)	
509 (kN)	
3990 (kN)	
40.0 (MPa)	
6 (-)	
4.5 (m)	

Esercizio	SLE-RAR
1.50 (m)	
4546 (kN)	
32.0 (m)	
32.0 (m)	
509 (kN)	
5055 (kN)	
40.0 (MPa)	
6 (-)	
4.5 (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
1.83 (-)
6 (mm)

SLE-RAR
1.83 (-)
7 (mm)

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

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

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

Coefficiente di Gruppo

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

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

$$R =$$

SLE-QP
0.919
24 (mm)

SLE-RAR
0.919
30 (mm)

$$\Delta\delta_p = 6 \text{ (mm)}$$

8.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

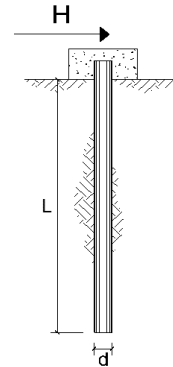
CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: IV02 - SPALLE

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_ϕ	γ_r
			γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊕	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	1.00



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

Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	21.00 (m)		
Diametro del palo	d =	1.50 (m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	8329.7 (kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min} =$	26.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	26.00 (°)	$\phi'_{min,d} =$	26.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$)	$k_{p,med} =$	2.56 (-)	$k_{p,min} =$	2.56 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	16.00 (kN/m ³)		

Carico trasversale (A1)	$F_{d,A1} =$	(kN)
SLU/SLV Carico trasversale (A2)	$F_{d,A2} =$	(kN)
Carico trasversale (Sisma)	$F_{d,SIS} =$	2103 (kN)
SLE Carico trasversale	$F_{d,sle} =$	(kN)
Def. Prog. Carico trasversale	$F_{d,def} =$	(kN)

Palo corto:

$$H1_{med} = 48791.47 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 48791.47 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 16680.47 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 16680.47 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 4635.12 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 4635.12 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 4635.12 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 4635.12 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2809 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_r = 2161 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.03$$

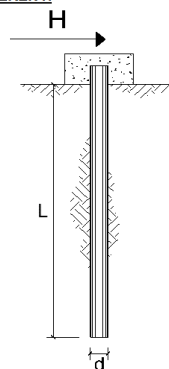
CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: IV02 - PILA 01-02

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_{ϕ}	γ_r
			γ_G	γ_Q		
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	⊕	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	1.00



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

Palo corto:
$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \left\{ 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right\}^2$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	32.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	6862.2	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	34.00	(°)	$\phi'_{min} =$	34.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	34.00	(°)	$\phi'_{min,d} =$	34.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$)	$k_{p,med} =$	3.54	(-)	$k_{p,min} =$	3.54 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	15.00	(kN/m ³)		

Carico trasversale (A1)	Fd_A1 =	(kN)
SLU/SLV Carico trasversale (A2)	Fd_A2 =	(kN)
Carico trasversale (Sisma)	Fd_SIS =	1338 (kN)
SLE Carico trasversale	Fd_sle =	(kN)
Def. Prog. Carico trasversale	Fd_def =	(kN)

Palo corto:

$$H1_{med} = 122243.28 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 122243.28 \text{ (kN)}$$

Palo intermedio:

$$H2_{med} = 40962.21 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 40962.21 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

$$H3_{med} = 3699.75 \text{ (kN)} \quad H3_{min} = 3699.75 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 3699.75 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 3699.75 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2242 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_r = 1725 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.29$$

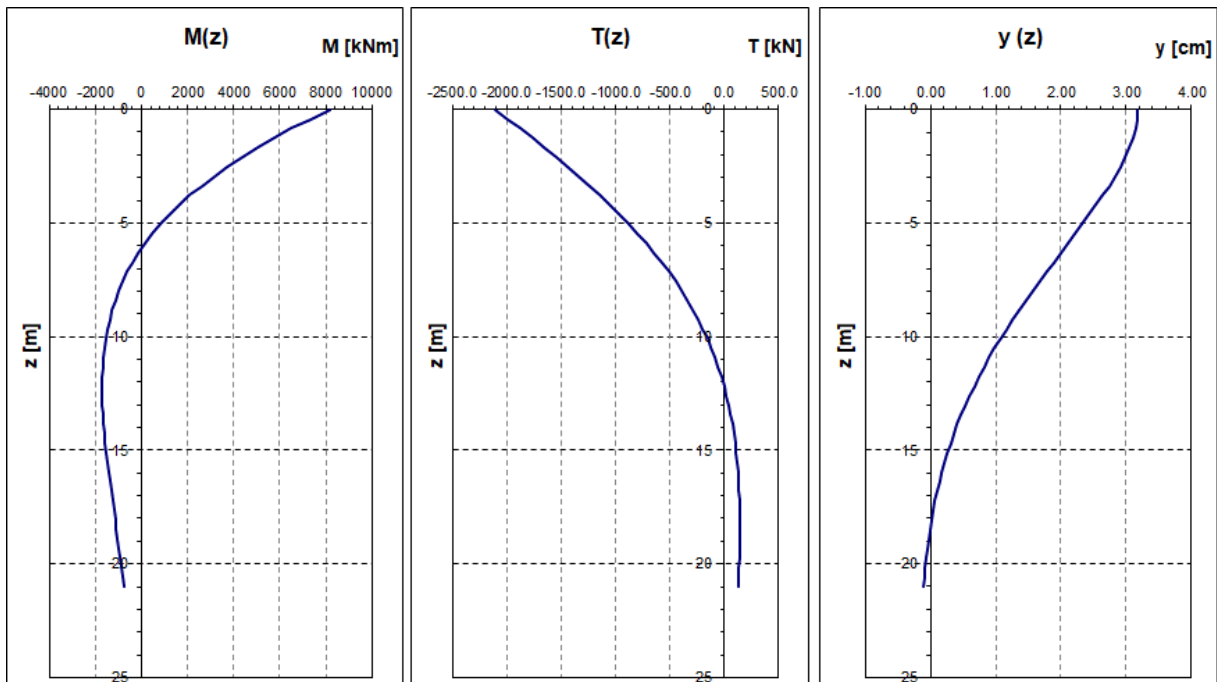
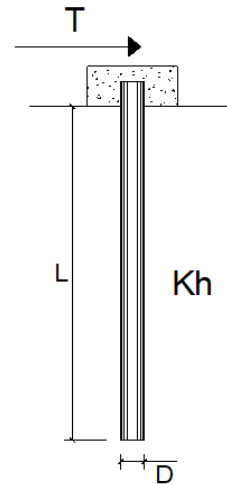
8.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

OPERA: IV02 - SPALLE

DATI DI INPUT:

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	21.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	✓	5.7	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	✓	2103	(kN)
f _{ck} del calcestruzzo:		25.0	(MPa)
f _{cm} del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
E _{cls} ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):		31476	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):		24850489	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$):		778.91	(cm)
Momento flettente massimo (M_{p_max}):		8191	(kNm)



PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI**OPERA:** IV02 - PILA 01-02**DATI DI INPUT:**

Diametro del palo (D):	✓	1.50	(m)
Lunghezza del palo (L)	✓	32.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	✓	20.0	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	✓	1338	(kN)
fck del calcestruzzo:		25.0	(MPa)
fcm del calcestruzzo:		33.0	(MPa)
Ecls ($E = 22000(fcm/10)^{0.3}$):		31476	(MPa)
J ($J = \pi * D^4 / 64$):		24850489	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 * EJ / k_h * D)^{1/4}$):		568.28	(cm)
Momento flettente massimo (M_{p_max}):		3802	(kNm)

