

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	Prof. Ing. MARCO PETRANGELI	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

STRUTTURE DI APPROCCIO AL VIADOTTO dal km 8+639 al km 8+773 LATO BENEVENTO

Relazione geotecnica di calcolo delle fondazioni

APPALTATORE		SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 13/09/2018		-

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

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	C	L	V	I	0	5	3	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	M. Petrangeli
B	Rev. Istruttoria ITF 29/08/18	A. Tagliaferri	13/09/2018	G. Usai	13/09/2018	P. Mazzoli	13/09/2018	
								13/09/2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.05.3.3.001.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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>2 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	2 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	2 di 18								

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	14
7.4	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO.....	15
8	APPENDICE.....	16
8.1	CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO.....	16
8.2	CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA	17
8.3	CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO	18

  	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>3 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	3 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	3 di 18								

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 dell'opera di approccio al Viadotto Rio Secco – Lato Canello.

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.01.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:

- Lato Canello - Opera di approccio al VIADOTTO Rio Secco: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.05.3.0.001) – Doc Rif. [18].

  	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>4 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	4 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	4 di 18								

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.01.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.001);
- [18] Lato Cannello - Opera di approccio al VIADOTTO Rio Secco: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.05.3.0.001).

  	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>5 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	5 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	5 di 18								

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"> <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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>6 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	6 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	6 di 18								

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	<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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>7 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	7 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	7 di 18								

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.00.05.001) – Doc. Rif. [16].

Di seguito si riassumono le caratteristiche geotecniche e gli schemi stratigrafici delle formazioni presenti nel sottosuolo.

Parametri	Strato 1	Strato 2	Strato 2a	Strato 3	Strato 4
	CCU/TGCsl	TGCs	TGCI	MDLc	MDLb
γ_t (kN/m ³)	15.0 ÷ 16.0	16.0 ÷ 17.0	12.0 ÷ 14	16.0 ÷ 17.0	17.0 ÷ 18.0
ϕ' (°)	26-28	30-32	35	28	28
c' (kPa)	0	0	20	10	10
c_u (kPa)	-	-	-	50-100	100-200
E (MPa)	10-20	20-40	200	20-30	30-70
k (m/s)	5×10^{-6}	5×10^{-5}	1×10^{-6}	$1 \times 10^{-7} \div 1 \times 10^{-6}$	

	Quote s.l.m.	
	m da p.c.	m da p.c.
CCU	p.c.	3.0
TGC(sl)	3.0	14.0
TGC(S)	14.0	23.0
MDLc	23.0	40.0
MDLb	40.0	-
Quota della falda: 12 m dal p.c.		

Il coefficiente ζ assunto nel calcolo è pari a 1.7, corrispondente a 1 verticale di indagine.

	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>8 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	8 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	8 di 18								

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è composta da una soletta di 1.2 m di spessore con sbalzi laterali ed è sostenuta da una serie di pali. La struttura è stata proposta sulla base di condizioni geologiche sfavorevoli per una struttura scatolare più tradizionale e ricorrente sul tratto Cancello-Benevento.

I pali sono di diametro 1.5m, lunghi 28 m e sono disposti sia trasversalmente che longitudinalmente con interasse di 4.5m. I pali verranno realizzati come pali di fondazione standard fino al pian terreno. Il proseguimento dei pali in elevazione verrà realizzato con un getto successivo d'un calcestruzzo di classe superiore a quella usata in fondazione.

L'aria all'intradosso della struttura verrà riempita da blocchi isolanti di elementi EPS. La disposizioni di gabbioni con tasche vegetative costituirà il paramento finale dell'opera per un impatto ambientale minimo.

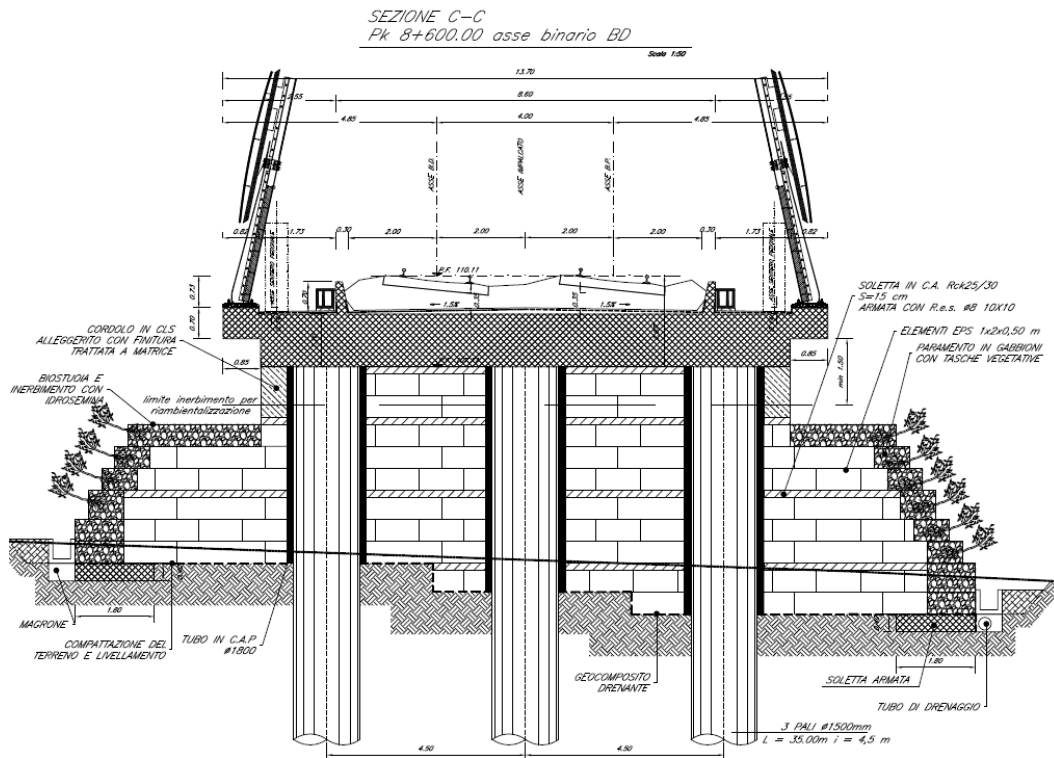


Figura 1: Sezione trasversale tipo

   	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>9 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	9 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	9 di 18								

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:

- Lato Canello - Opera di approccio al VIADOTTO Rio Secco: Relazione di calcolo (elaborato IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.05.3.0.001) – Doc Rif. [18].

Nella tabella che segue si riassumono i valori delle sollecitazioni utilizzate nella analisi. Ai fini del calcolo geotecnico delle fondazioni profonde, si considera esclusivamente la lunghezza di palo a partire dal piano campagna, posta pari a 28.0m.

Nella tabella seguente si riassumono i valori delle sollecitazioni agenti sui pali di fondazione maggiormente caricati agenti al livello del p.c..

	L _{pali} (m)		N _{GEO_max} (kN)	N _{GEO_min} (kN)
PALO P1	28.0	SLU_GEO_077	2354	-
PALO P1	28.0	SLU_GEO_069	-	1063

	L _{pali} (m)		N _{SLV_max}	N _{SLV_min}	T _{SLU/SLV_max}
			(kN)	(kN)	(kN)
PALO P3	28.0	SLV_SIS_040	2794	-84	-
PALO P10	28.0	SLV_SIS_008	-	-	933

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).

   	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>10 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	10 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	10 di 18								

	L _{pali} (m)		N _{SLE-qp_max}	N _{SLE-rara_max}	N _{SLE-rara_min}
			(kN)	(kN)	(kN)
PALO P1	28.0	SLE_STR_034	1066	-	-
PALO P1	28.0	SLE_STR_077	-	1624	1091

con:

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

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

$N_{SLE-rara_min}$ = sforzo assiale min agente in testa al 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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>11 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	11 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	11 di 18								

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 (-)
PALO P1	28.0	2811	2848	1.01

	L _{pali} (m)	N _{SLV_max*} (kN)	Q _{limite_compr} (kN)	FS (-)
PALO P1	28.0	3251	3590	1.10

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);

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).

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.

  	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>12 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	12 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	12 di 18								

	L _{pali} (m)	N _{SLE-rara_max*} (kN)	R _{s_laterale} (kN)	FS _{lat} (-)
PALO P1	28.0	2081	5339	2.57

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).

   	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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>13 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	13 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	13 di 18								

7.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

Il calcolo dei cedimenti del palo singolo soggetto alle azioni caratteristiche massime (SLE) è condotto in accordo ai criteri indicati nell'elaborato IF1N.0.1.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)
	$N_{\text{SLE-qp_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo_1}}$ (mm)	$N_{\text{SLE-rara_max}}^*$ (kN)	$\delta_{\text{palo_2}}$ (mm)	
PALO P1	1066	5	1624	7	2

con:

δ_{palo} = cedimento verticale del palo singolo;

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

$N_{\text{SLE-qp_max}}^*$ = 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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>14 di 18</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	14 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	14 di 18								

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.			
Φ palo (mm)	n° barre	Φ barre (mm)	n° barre	Φ barre (mm)	ρ ^{long} (%)	ρ _{min} (%)
1500	24	24	24	24	1.23	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 (-)
Tensioni efficaci	966	933	1.04

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"> <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>VI0533 001</td> <td>B</td> <td>15 di 18</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	15 di 18
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	VI0533 001	B	15 di 18								

7.4 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI AGENTI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

Per la determinazione della sollecitazione flessionale agente lungo il palo di fondazione si rimanda alla Relazione di calcolo della sovrastruttura IF1N.0.1.E.ZZ.CL.VI.05.3.0.001.

  	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	COMMESSA IF1N	LOTTO 01 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0533 001	REV. B

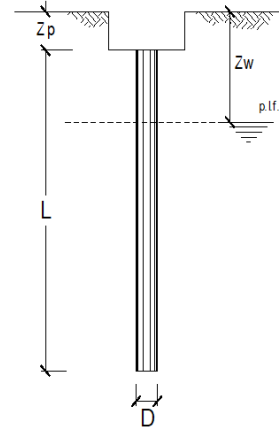
8 APPENDICE

8.1 CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO SINGOLO

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

OPERA: VI05 - MANUFATTO D'APPROCCIO

Diametro del Palo (D):	1.50	(m)	Area del Palo (Ap):	1.767	(m ²)
Quota testa Palo dal p.c. (z _p):	0.00	(m)	Quota falda dal p.c. (z _w):	12.0	(m)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1]		(kN)	N _{SLE} [Combinazione di carico - Statica SLE]	1624	(kN)
N _d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2]	2354	(kN)			
N _d [Combinazione di carico - SLV_Sismica]	2794	(kN)			
Numero di strati	4		L _{palo} =	28.00	(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°1 verticale

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	3.0	CCU	15.00	0.0	27.0		0.55	0.51										
2	11.0	TGC(S)	15.00	0.0	27.0		0.55	0.51										
3	9.0	TGC(S)	16.50	0.0	32.0		0.47	0.62										
4	5.0	MDLc	16.50			75.0	0.00	0.00			0.4							
													100.0	706.86	0.00	9.00	1116.0	1972.1

(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} =	1972.1 (kN)	Q _d = Q _{bm} /(ξ ₃ ·γ _b) + Q _{lm} /(ξ ₃ ·γ _s)	Peso palo depurato	458 (kN)
laterale	R _{sm} =	5339.2 (kN)	Q _d =	7311 (kN)	
totale	R _{cm} =	7311.4 (kN)			

	E _d (kN)	R _d (kN)	F _s (-)	
SLU - Approccio 1: A2+M1+R2	2811	2848	1.01	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	3251	3590	1.10	ok

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

	N _{SLE/SLD} (kN)	R _{c,calLat} (kN)	F _s (-)	
SLE	2081	5339	2.57	ok

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

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			

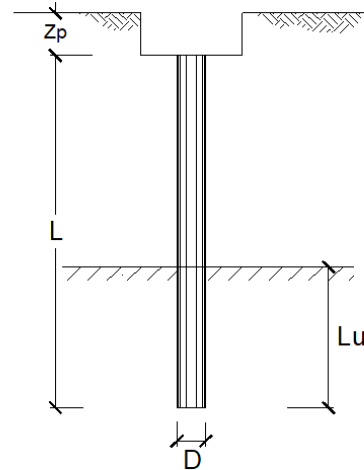
8.2 CALCOLO DEI CEDIMENTI VERTICALI DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

CALCOLO DEL PALO SINGOLO

OPERA: VI05 - MANUFATTO D'APPROCCIO

DATI DI INPUT:

	Fine costr. SLE-QP	Esercizio SLE-RAR
Diametro del Palo (D):	1.50 (m)	1.50 (m)
Carico sul palo (P):	1066 (kN)	1624 (kN)
Lunghezza del Palo (L):	28.0 (m)	28.0 (m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	28.0 (m)	28.0 (m)
Peso del Palo (P _{palo}):	458 (kN)	458 (kN)
Carico base palo (P _{base}):	1524 (kN)	2081 (kN)
Modulo di Deformazione (E):	20.0 (MPa)	20.0 (MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1 (-)	1 (-)
Spaziatura dei pali (s)	4.5 (m)	4.5 (m)



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

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

Coefficiente di forma

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

Cedimento del palo

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

SLE-QP	SLE-RAR
1.77 (-)	1.77 (-)
5 (mm)	7 (mm)

SLE-QP	SLE-RAR
1.77 (-)	1.77 (-)
5 (mm)	7 (mm)

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

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

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

Coefficiente di Gruppo

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

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

$$R =$$

Cedimento della palificata

$$\delta_p = n \cdot R_g \cdot \delta =$$

SLE-QP	SLE-RAR
0.401	0.401
10 (mm)	14 (mm)

SLE-QP	SLE-RAR
0.401	0.401
10 (mm)	14 (mm)

$$\Delta\delta_p = 4 \text{ (mm)}$$

8.3 CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEL PALO SINGOLO

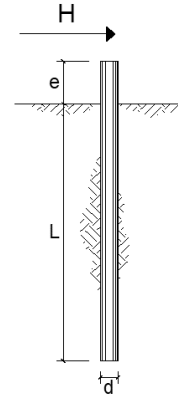
CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI LIBERI DI RUOTARE IN TESTA

OPERA: VI05 - MANUFATTO D'APPROCCIO

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_ϕ	γ_T
			γ_G	γ_Q		
SLS	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	J.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:

$$H = \frac{d}{2(e+L)} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^3$$

Palo lungo:
(soluzione dell'equazione)

$$\frac{H}{k_p \gamma d^3} \left(\frac{e}{d} + 0.544 \sqrt{\frac{H}{k_p \gamma d^3}} \right) = \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}$$

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	28.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.50	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	4680.38	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\phi'_{med} =$	27.00	(°)	$\phi'_{min} =$	27.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\phi'_{med,d} =$	27.00	(°)	$\phi'_{min,d} =$	27.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ($k_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')$)	$k_{p,med} =$	2.66	(-)	$k_{p,min} =$	2.66 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	$\gamma =$	15.00	(kN/m ³)		
Carico trasv					
Carico trasv (Q):	Q =	933	(kN)		

Palo corto:

$$H1_{med} = 30533.27 \text{ (kN)} \quad H1_{min} = 30533.27 \text{ (kN)}$$

Palo lungo:

Calcola

$$H2_{med} = 2135.89 \text{ (kN)} \quad H2_{min} = 2135.89 \text{ (kN)}$$

$$H_{med} = 2135.89 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo} \quad H_{min} = 2135.89 \text{ (kN)} \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3; R_{min}/\xi_4) = 1256.41 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 966.47 \text{ (kN)}$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 933.00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.04$$