

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI18 - Ponte ferroviario a Doppio Binario - Ltot=40 m

Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 09 RH VI1803 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Approvato	Data
A	Emissione esecutiva	S.Gasperoni	Novembre 2019	M.E. D'Effremo	Novembre 2019	F.Sparacino	Novembre 2019		

ITALFERR S.p.A.
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
 Dott. Ing. Paolo Vizzozzi
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
 N° A278
 10/2019

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	5
3.1	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	5
3.2	STRATIGRAFIA	5
3.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	7
3.4	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	7
4.	PALIFICATE DI FONDAZIONE	8
4.1	CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI.....	8
	4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo.....	8
	4.1.2 Calcolo della capacità portante	8
4.2	MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	14
4.3	MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO.....	14
4.4	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE AI CARICHI VERTICALI SINGOLO PALO	16
4.5	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	16
4.6	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE GRUPPO DI PALI	17
4.7	ANALISI PALIFICATA SPALLA E STIMA DEFORMAZIONI.....	18
5.	APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL ..	22
5.1	COMPRESSIONE. PALO D=1500 MM	22
5.2	TRAZIONE. PALO D=1500 MM	28
6.	APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR.....	34
6.1	D=1500 MM	34



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	3 di 41

7.	APPENDICE C: ANALISI PALIFICATA SPALLA. TABULATI DI CALCOLO MAP	36
7.1	SPALLA – ANALISI SLV	36

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del Viadotto VI18 nell'ambito del Progetto Definitivo lotto 5 della tratta denominata Dittaino – Catenanuova relativa al Nuovo Collegamento ferroviario Palermo-Catania.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- condizioni geotecniche;
- valutazione della capacità portante verticale dei pali di fondazione;
- definizione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno;
- valutazione del momento adimensionale lungo il palo e del parametro alfa (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita);
- verifica capacità portante ai carichi verticali del singolo palo;
- verifica a carico limite orizzontale dei pali;
- verifica capacità portante gruppo di pali;
- stima dei cedimenti delle fondazioni.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 14/01/2008).

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 09 RB	DOCUMENTO VI1803 001	REV. A	FOGLIO 4 di 41

2. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-2008 (NTC-2008).
- [N.2]. DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.
- [N.3]. Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.

2.2 **Documenti di riferimento**

- [DC1]. RS0L 00 D78 RH GE0005 001B - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica generale.
- [DC2]. Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Profilo longitudinale geotecnico;
- [DC3]. RS3E 50 D 09 RB VI1803 002 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Analisi risposta sismica locale.
- [DC4]. RS3E 50 D 09 RB VI0000 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Catenanuova-Raddusa. Progetto Definitivo. Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica per il viadotto in esame, valutata sulla base dell'interpretazione delle indagini geotecniche svolte in prossimità dell'opera.

La stratigrafia di riferimento finalizzata al dimensionamento delle palificate di fondazione è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale [DC2].

Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica si rimanda alla Relazione geotecnica generale (doc. rif. [DC1]).

3.1 Indagini geotecniche eseguite

L'opera in esame è ubicata tra le progressive km 12+570.148 e km 12+608.148. Le indagini più prossime all'opera sono le seguenti:

INDAGINI IN SITO									
Sondaggi / pozzetti	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni litoidi	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH
D30	30.0	134.6	2	7	-	5	2	2	TA[4÷9]
D31	30.0	139.7	2	8	-	6	2	2	DH [30]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]
CC [m]: piezometro del tipo a cella di Casagrande [quota cella]

In corrispondenza dell'opera è stata eseguita l'indagine sismica Masw-VI10.

Dalle misure piezometriche disponibili il livello di falda massimo è a quota +130 m s.l.m..

3.2 Stratigrafia

Nell'area in esame la stratigrafia è la seguente, con p.c. di riferimento a quota +141.0 m s.l.m.:

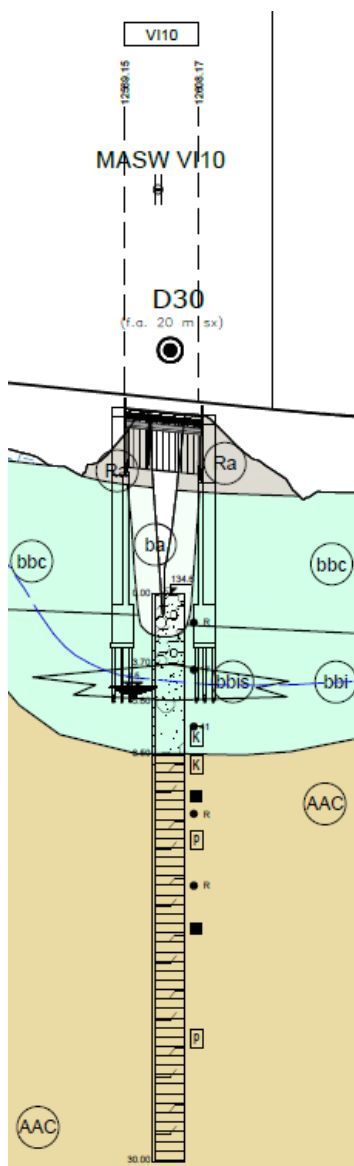
STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
bbc	Alluvioni recenti coesive	0.0-6.5
bbi/ba	Alluvioni recenti ghiaiose/ Alluvioni attuali	6.5 – 10.5

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	6 di 41

bbis	Alluvioni recenti sabbiose	10.5 – 12.5
bbi	Alluvioni recenti ghiaiose	12.5-15.0
AAC	Argille limose marnose di Catenanuova	15.0-30.0
FALDA: a +130 m s.l.m.		

Di seguito si riporta uno stralcio del profilo geotecnico:



3.3 Categoria di sottosuolo

Per l'opera è stata appositamente eseguita una analisi di risposta sismica locale (doc. rif. [DC2]), i cui risultati sono riportati in apposito documento, a cui si rimanda.

3.4 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate.

Tabella 1 – VI18 – Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	V_s [m/s]	G_o [MPa]	E_o [MPa]	$E'_{op,1}$ [MPa]	$E'_{op,2}$ [MPa]
bbc	19.5	80	0	25	150÷250 (*)	40÷120	100÷300	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbi/ba	19.5	-	0	38	250÷300 (*)	120÷170	300÷450	$E_o / 3$	$E_o / 10$
bbis	19.5	-	0	32	170÷270 (*)	100	250	$E_o / 3$	$E_o / 10$
AAC	20.5	160 (z<15 m) 250÷350 (z>15 m)	5	24	500÷800 (*)	500÷1200	400 (z<20 m) 600 (z>20 m)	$E_o / 3$	$E_o / 10$

Dove:

γ = peso di volume naturale

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

V_s = velocità delle onde di taglio

G_o = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E_o = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2}$ = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(*) da indagini sismiche (MASW e DH)

4. PALIFICATE DI FONDAZIONE

4.1 Capacità portante dei pali

Nel presente capitolo si riporta il calcolo della capacità portante dei pali per l'opera in esame.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC4]) a cui si rimanda.

4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali dell'opera in esame. La stratigrafia è definita da p.c. a quota +130 m s.l.m. (quota testa palo).

Tabella 2 – VI18 – Parametri geotecnici

Profondità [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	φ' [°]	qb [kPa]
da 0.0 a 1.5	bbis	19.5	-	32	$10 \cdot \sigma'v \leq 4300$
da 1.5 a 4.0	bbi	19.5	-	38	$23 \cdot \sigma'v \leq 5800$
da 4.0 a 40.0	AAC	20.5	160 (z<15m) 250÷350 (z>15m)	-	$9 \cdot cu + \sigma v$

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

φ' = angolo di resistenza al taglio

qb = portata limite di base

σv = tensione verticale totale

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace

4.1.2 Calcolo della capacità portante

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali di grande diametro D=1500 mm, considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 1 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$,
- F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ($=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.96$).
- $F_{SL,t}$ = fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione ($=\xi_3 \cdot \gamma_{st} = 2.13$).
- F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base ($=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.3$).

Quindi per la verifica di capacità portante del palo si dovranno verificare le seguenti due condizioni:

- $N_{max,SLU} < Q_d$, la massima sollecitazione assiale (sia statica, che sismica) allo SLU dovrà essere inferiore alla portata di progetto del palo (riportata nelle seguenti tabelle);
- $N_{max,SLE} < Q_{II} / 1.25$ la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo (Q_{II} , riportata nelle seguenti tabelle) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Inoltre si è considerato, cautelativamente per la presenza del fiume:

- testa palo a p.c.;
- falda a p.c..

In **Appendice A** si riportano i tabulati di calcolo completi.

Tabella 3 – VI18 – Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3 Compressione

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Q _{II} kN	Q _{b1} kN	W _p kN	Q _u kN	Q _d kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	84.	5.	81.	32.
1.00	10.	168.	11.	167.	67.
1.50	22.	252.	16.	258.	105.
2.00	43.	481.	21.	503.	210.
2.50	71.	711.	27.	755.	319.
3.00	105.	940.	32.	1013.	430.
3.50	144.	1170.	37.	1277.	545.
4.00	204.	1399.	42.	1561.	670.
4.50	351.	1560.	48.	1863.	809.
5.00	512.	1720.	53.	2180.	956.
5.50	675.	1881.	58.	2498.	1104.
6.00	839.	2042.	64.	2818.	1252.
6.50	1005.	2203.	69.	3138.	1401.
7.00	1171.	2363.	74.	3460.	1551.
7.50	1339.	2524.	80.	3783.	1701.
8.00	1508.	2685.	85.	4108.	1852.
8.50	1678.	2846.	90.	4434.	2003.
9.00	1850.	2864.	95.	4618.	2093.
9.50	2022.	2882.	101.	4803.	2184.
10.00	2196.	2900.	106.	4990.	2275.
10.50	2372.	2918.	111.	5178.	2367.
11.00	2548.	2936.	117.	5368.	2460.
11.50	2726.	2954.	122.	5558.	2553.
12.00	2905.	2972.	127.	5750.	2647.
12.50	3085.	2990.	133.	5943.	2742.
13.00	3266.	3009.	138.	6137.	2837.
13.50	3449.	3027.	143.	6332.	2932.
14.00	3633.	3045.	148.	6529.	3029.
14.50	3818.	3063.	154.	6727.	3126.
15.00	4015.	3081.	159.	6937.	3229.
15.50	4278.	3290.	164.	7403.	3449.

16.00	4554.	3499.	170.	7883.	3675.
16.50	4834.	3708.	175.	8367.	3903.
17.00	5116.	3917.	180.	8853.	4133.
17.50	5399.	4126.	186.	9339.	4363.
18.00	5681.	4335.	191.	9825.	4593.
18.50	5964.	4544.	196.	10312.	4822.
19.00	6247.	4753.	201.	10798.	5052.
19.50	6530.	4962.	207.	11285.	5282.
20.00	6812.	5012.	212.	11612.	5443.
20.50	7095.	5062.	217.	11939.	5603.
21.00	7378.	5111.	223.	12267.	5764.
21.50	7661.	5161.	228.	12594.	5925.
22.00	7943.	5211.	233.	12921.	6085.
22.50	8226.	5261.	239.	13249.	6246.
23.00	8509.	5311.	244.	13576.	6407.
23.50	8792.	5361.	249.	13904.	6567.
24.00	9074.	5411.	254.	14231.	6728.
24.50	9357.	5461.	260.	14558.	6889.
25.00	9640.	5511.	265.	14886.	7049.
25.50	9923.	5561.	270.	15213.	7210.
26.00	10205.	5611.	276.	15540.	7371.
26.50	10488.	5661.	281.	15868.	7531.
27.00	10771.	5711.	286.	16195.	7692.
27.50	11054.	5760.	292.	16522.	7853.
28.00	11336.	5810.	297.	16850.	8013.
28.50	11619.	5860.	302.	17177.	8174.
29.00	11902.	5910.	307.	17505.	8335.
29.50	12185.	5960.	313.	17832.	8495.
30.00	12467.	6010.	318.	18159.	8656.
30.50	12750.	6060.	323.	18487.	8817.
31.00	13033.	6110.	329.	18814.	8977.
31.50	13316.	6160.	334.	19141.	9138.
32.00	13598.	6210.	339.	19469.	9298.
32.50	13881.	6260.	345.	19796.	9459.
33.00	14164.	6310.	350.	20123.	9620.
33.50	14446.	6360.	355.	20451.	9780.
34.00	14729.	6409.	360.	20778.	9941.
34.50	15012.	6459.	366.	21106.	10102.
35.00	15295.	6509.	371.	21433.	10262.
35.50	15577.	6559.	376.	21760.	10423.
36.00	15860.	6609.	382.	22088.	10584.
36.50	16143.	6659.	387.	22415.	10744.
37.00	16426.	6709.	392.	22742.	10905.
37.50	16708.	6759.	398.	23070.	11066.
38.00	16991.	6809.	403.	23397.	11226.
38.50	17274.	6859.	408.	23724.	11387.
39.00	17557.	6909.	414.	24052.	11548.
39.50	17839.	6959.	419.	24379.	11708.
40.00	18122.	7009.	424.	24707.	11869.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qb1 = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$

Tabella 4 – VI18 – Capacità portante palo D=1500 mm - A1+M1+R3 Trazione

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacità portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	0.	-13.	15.	14.
1.00	7.	0.	-27.	34.	30.
1.50	16.	0.	-40.	56.	47.
2.00	31.	0.	-53.	84.	68.
2.50	51.	0.	-66.	117.	90.
3.00	75.	0.	-80.	154.	115.
3.50	103.	0.	-93.	196.	141.
4.00	152.	0.	-106.	258.	177.
4.50	296.	0.	-119.	416.	258.
5.00	458.	0.	-133.	590.	348.
5.50	621.	0.	-146.	767.	437.
6.00	785.	0.	-159.	944.	528.
6.50	950.	0.	-172.	1122.	618.
7.00	1117.	0.	-186.	1302.	710.
7.50	1285.	0.	-199.	1483.	802.
8.00	1454.	0.	-212.	1666.	894.
8.50	1624.	0.	-225.	1849.	988.
9.00	1795.	0.	-239.	2034.	1081.
9.50	1968.	0.	-252.	2220.	1176.
10.00	2142.	0.	-265.	2407.	1271.
10.50	2317.	0.	-278.	2596.	1366.
11.00	2494.	0.	-292.	2785.	1462.
11.50	2671.	0.	-305.	2976.	1559.
12.00	2850.	0.	-318.	3168.	1656.
12.50	3030.	0.	-331.	3362.	1754.
13.00	3212.	0.	-345.	3556.	1853.
13.50	3394.	0.	-358.	3752.	1952.
14.00	3578.	0.	-371.	3949.	2051.
14.50	3763.	0.	-384.	4148.	2151.
15.00	3960.	0.	-398.	4358.	2257.
15.50	4223.	0.	-411.	4634.	2394.
16.00	4500.	0.	-424.	4924.	2537.
16.50	4779.	0.	-437.	5217.	2681.
17.00	5062.	0.	-451.	5512.	2827.
17.50	5344.	0.	-464.	5808.	2973.
18.00	5627.	0.	-477.	6104.	3119.
18.50	5910.	0.	-490.	6400.	3265.
19.00	6193.	0.	-504.	6696.	3411.
19.50	6475.	0.	-517.	6992.	3557.
20.00	6758.	0.	-530.	7288.	3703.
20.50	7041.	0.	-543.	7584.	3849.
21.00	7324.	0.	-557.	7880.	3995.
21.50	7606.	0.	-570.	8176.	4141.
22.00	7889.	0.	-583.	8472.	4287.
22.50	8172.	0.	-596.	8768.	4433.
23.00	8454.	0.	-610.	9064.	4579.
23.50	8737.	0.	-623.	9360.	4725.
24.00	9020.	0.	-636.	9656.	4871.
24.50	9303.	0.	-649.	9952.	5017.
25.00	9585.	0.	-663.	10248.	5163.
25.50	9868.	0.	-676.	10544.	5309.
26.00	10151.	0.	-689.	10840.	5455.
26.50	10434.	0.	-702.	11136.	5601.
27.00	10716.	0.	-716.	11432.	5747.
27.50	10999.	0.	-729.	11728.	5893.
28.00	11282.	0.	-742.	12024.	6039.
28.50	11565.	0.	-755.	12320.	6185.

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	12 di 41

29.00	11847.	0.	-769.	12616.	6331.
29.50	12130.	0.	-782.	12912.	6477.
30.00	12413.	0.	-795.	13208.	6623.
30.50	12696.	0.	-808.	13504.	6769.
31.00	12978.	0.	-822.	13800.	6915.
31.50	13261.	0.	-835.	14096.	7061.
32.00	13544.	0.	-848.	14392.	7207.
32.50	13827.	0.	-861.	14688.	7353.
33.00	14109.	0.	-875.	14984.	7499.
33.50	14392.	0.	-888.	15280.	7645.
34.00	14675.	0.	-901.	15576.	7791.
34.50	14958.	0.	-914.	15872.	7937.
35.00	15240.	0.	-928.	16168.	8083.
35.50	15523.	0.	-941.	16464.	8229.
36.00	15806.	0.	-954.	16760.	8375.
36.50	16089.	0.	-968.	17056.	8521.
37.00	16371.	0.	-981.	17352.	8667.
37.50	16654.	0.	-994.	17648.	8813.
38.00	16937.	0.	-1007.	17944.	8959.
38.50	17220.	0.	-1021.	18240.	9105.
39.00	17502.	0.	-1034.	18536.	9251.
39.50	17785.	0.	-1047.	18832.	9397.
40.00	18068.	0.	-1060.	19128.	9543.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qbl/FS,b - Wp$

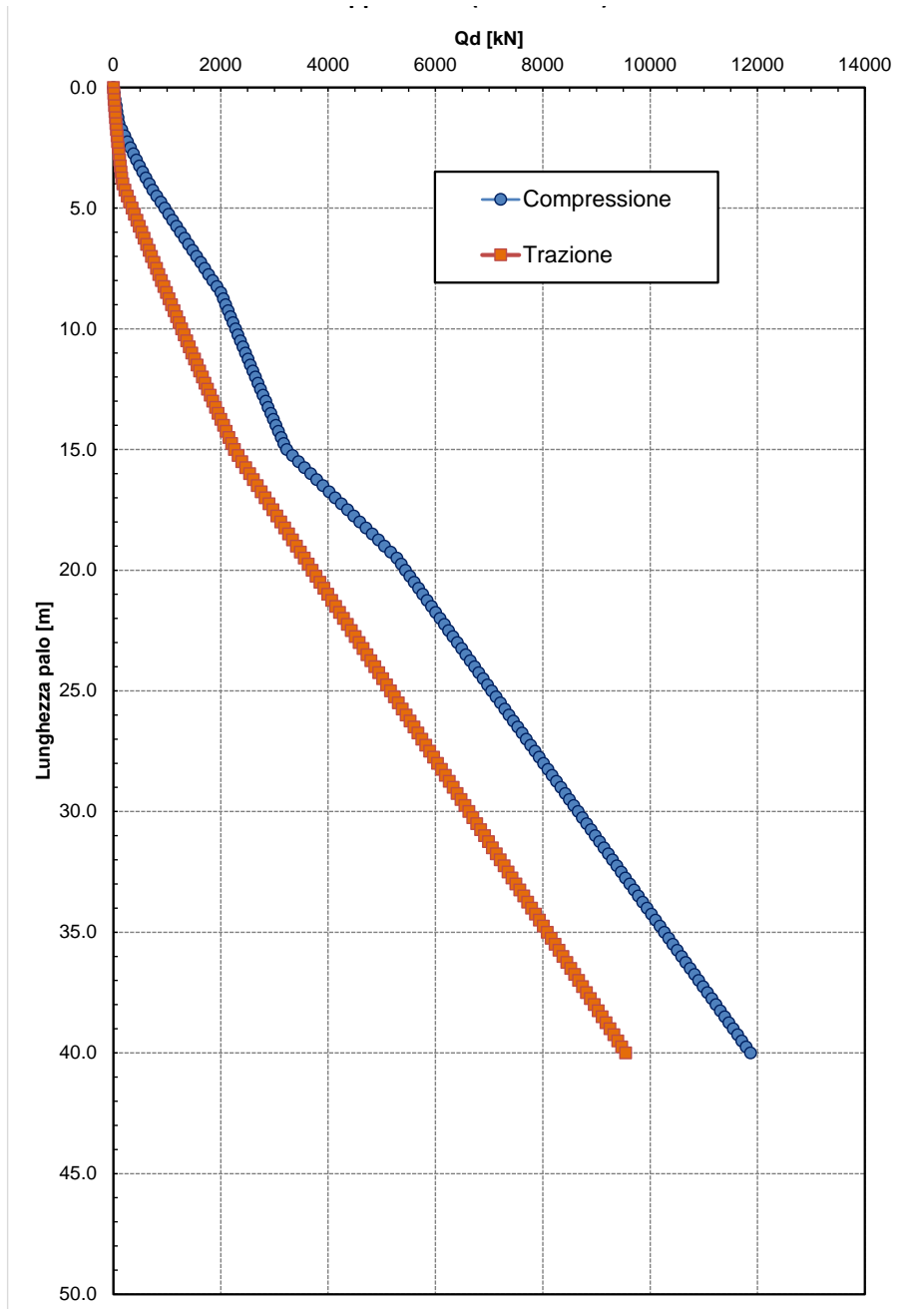


Figura 1 – Capacità portante palo D=1500 mm

4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (E_{MR}) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y): $E_{MR} = p / y$. Definito il coefficiente di sottofondo alla Winkler (K_W), per un palo di diametro D , si ha questa relazione con il modulo di reazione orizzontale palo-terreno:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC4]) a cui si rimanda.

In particolare per la valutazione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, si considera:

- nei depositi coesivi $\xi = 350$;
- nelle alluvioni sabbiose $k_h = 6000 \text{ kN/m}^3$;
- nelle alluvioni ghiaiose $k_h = 8000 \text{ kN/m}^3$.

Considerando la stratigrafia ed i parametri geotecnici precedentemente definiti, si ottiene il seguente profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, definito da testa palo:

Prof. m	E kN/m ²
.000	6000.00
4.000	32000.00
4.100	56000.00
15.000	56000.00
15.100	87500.00
40.000	122500.00

Nell'analisi delle fondazioni, tale profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, è stato cautelativamente fattorizzato con coefficiente pari a 0.8 per tenere conto che la deformabilità dei pali in gruppo è maggiore della deformabilità del singolo palo immerso nello stesso terreno.

4.3 Momento adimensionale lungo il 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.

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.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC4]) a cui si rimanda.

Nella seguente tabella si riportano i valori del parametro alfa ($\alpha_m = M_0/T_0$) ed a seguire dell'andamento del momento adimensionale con la profondità. La valutazione è stata fatta con riferimento ad una lunghezza palo indicativa di 30m.

Tabella 5 – VI18 – Valori di α_m

VI18	α_m [m]
D=1500mm	3.55

Nelle seguenti tabelle si riporta il momento adimensionale lungo il fusto del palo; tutti i tabulati di calcolo sono riportati in **Appendice B**.

Tabella 6 – VI18 – Momento adimensionale lungo il palo D=1500 mm

Coeff. di Matlock e Reese-palo VI18 D=1500
Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommità impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.938	.7416
1.875	.5007
2.813	.2842
3.750	.0970
4.688	-.0530
5.625	-.1540
6.563	-.2153
7.500	-.2457
9.000	-.2486

10.500	-.2181
12.000	-.1727
13.500	-.1244
15.000	-.0798
17.500	-.0235
20.000	.0034
22.500	.0106
26.250	.0051
30.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$

4.4 Verifica capacità portante ai carichi verticali singolo palo

Nel presente paragrafo si riporta la verifica della capacità portante ai carichi verticali del singolo palo. La verifica di capacità portante è sempre soddisfatta in quanto la portata di progetto del singolo palo è sempre maggiore della massima sollecitazione assiale sia a compressione che a trazione. Inoltre si è anche verificato che, per la lunghezza palo di progetto, la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA sia inferiore alla portata laterale limite del palo (Qll) con un fattore di sicurezza di 1.25.

Spalla/Pila	N _{max,c} SLU/SLV [kN]	Q _{d,c} [kN]	N _{max,t} SLU/SLV [kN]	Q _{d,t} [kN]	N _{max,c} SLE [kN]	Qll [kN]	Lpalo [kN]
Spalle	8842	10584	940	8375	6950	15860	36.0

Dove:

N_{max,c} = sollecitazione assiale massima a compressione

N_{max,t} = sollecitazione assiale massima a trazione

Qll = portata laterale limite

Q_{d,c} = portata di progetto a compressione

Q_{d,t} = portata di progetto a trazione

4.5 Verifica a carico limite orizzontale dei pali

Per la verifica del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita. Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione Tecnico-Descrittiva – Criteri di dimensionamento e verifica fondazioni profonde (doc. rif. [DC4]) a cui si rimanda.

La verifica a carico limite è stata svolta includendo anche un fattore di effetto gruppo orizzontale di 0.8. In particolare il fattore di sicurezza di normativa per la verifica a carico orizzontale è $FS = \gamma_T \cdot \xi_3 = 1.30 \cdot 1.65 = 2.13$ (valutato con un numero di verticali di indagine pari a due considerando che tutti e due i sondaggi, indicati al

paragrafo 3.1, sono stati utilizzati per individuare i parametri di resistenza di progetto delle unità geotecniche). Includendo anche il fattore di effetto gruppo si ha: $FS_g = 2.68$. Quindi la resistenza di progetto è valutata a partire dalla resistenza caratteristica (calcolata con Broms) fattorizzata con FS_g , da cui: $H_d = H_{max} / 2.68$.

Il valore caratteristico della resistenza (H_{max}) è stato valutato con riferimento ad un momento di plasticizzazione M_y pari a 12332 kNm, considerando il diametro del palo $D=1500$ mm e l'armatura di $40+40+40\phi 26$.

Nella seguente tabella sono esplicitati i termini della verifica da cui si evince che la verifica è soddisfatta risultando la resistenza laterale di progetto maggiore della sollecitazione orizzontale massima ($H_d > F_d$).

OPERA	φ [°]	C_u [kPa]	H_{max} [kN]	H_d [kN]	F_d [kN]
VI18	-	250	7377.8	2753.0	2109

4.6 Verifica capacità portante gruppo di pali

Nel presente paragrafo si riporta la verifica della capacità portante ai carichi verticali della palificata.

La valutazione del carico limite verticale di una palificata è eseguito con la seguente relazione:

$$R_{d,G} = N \cdot E \cdot R_{d, \text{singolo palo}}$$

La resistenza a carico verticale della palificata è data dal prodotto della resistenza del palo singolo per il numero N di pali del gruppo e per il fattore E di efficienza della palificata. In particolare l'efficienza è valutata con la formulazione empirica di Converse Labarre. Per le metodologie generali si rimanda alla relazione geotecnica generale.

Le fondazioni del viadotto sono caratterizzate da 12 pali $D=1500$ mm.

La verifica è stata eseguita considerando il carico assiale massimo individuato in tutto il viadotto.

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle verifiche da cui si evince che la capacità portante del gruppo di pali è sempre soddisfatta in quanto il fattore di sicurezza $FS (= Q_{d, \text{gruppo}} / N_{max})$ è sempre > 1.0 .

Portanza Pali in Gruppo

SPALLE

Diametro	1.5 [m]
interasse	4.5 [m]
n. pali per fila	4 [-]
m n. file	3 [-]
Φ	18.435 [°]

E efficienza	0.71 [-]
---------------------	-----------------

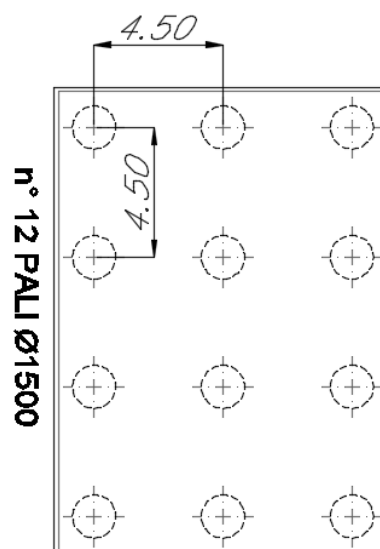
Palo Singolo

Rd = Q_d	10584 [kN]
---------------------------	-------------------

Gruppo di pali

N_{max,SLU}	70251 [kN]
Q_{d Gruppo}	90153 [kN]

FS	1.28 [-]
-----------	-----------------




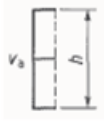


4.7 Analisi palificata spalla e stima deformazioni

Per la fondazione della spalla del viadotto in oggetto è stata svolta una analisi della palificata considerando i pali collegati (incastri) in testa ad un plinto di fondazione assimilabile ad un corpo infinitamente rigido. I valori massimi delle sollecitazioni agenti su ciascun palo e gli spostamenti della fondazione conseguenti ai carichi applicati sono stati determinati con l'ausilio del codice di calcolo MAP Matrix Analysis of Piles - (G. Guiducci - 1999).

Questa analisi è stata svolta considerando solo le combinazioni di carico sismiche, in quanto è finalizzata alla stima delle deformazioni massime in fondazione per la scelta dell'uso del coefficiente di spinta (k_0 , a riposo) o k_a (attiva) in condizioni sismiche per l'analisi delle palificate delle spalle. Infatti, in accordo alle linee guida Italferr relative alla valutazione della spinta del terreno sui muri di sostegno e sulle spalle di ponti fondati su pali, per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva

avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures), di seguito riportata.

Table C.1 — Ratios v_a/h

Kind of wall movement		v_a/h loose soil %	v_a/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure h is the height of the wall			

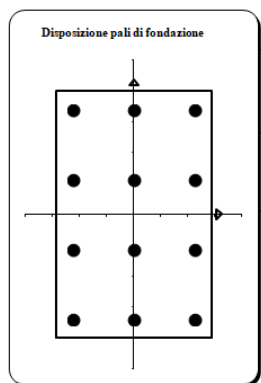
L'analisi è stata svolta in particolare per questa palificata in quanto tra i viadotti VI10-VI23 è quella soggetta alle massime sollecitazioni.

Nella seguente tabella si riassumono i carichi agenti nel baricentro fondazione a quota intradosso plinto.

CARICHI ESTERNI AGENTI A INTRADOSSO FONDAZIONE						
		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLV	SLV - N max	48287	11558	3827	23974	59908
	SLV - ML max gr.1	44043	24879	3827	23964	140125
	SLV - MT max gr.1	43550	11426	12346	77129	54027
	SLV - MT max gr.1	43550	11426	12346	77129	54027
	SLV - ML max gr.1	44043	24879	3827	23964	140125

Dove:
 Nz = sollecitazione assiale verticale
 Tx = taglio longitudinale (X= longitudinale)
 Ty = taglio trasversale (Y= trasversale)
 Mxx = momento trasversale (che ruota attorno asse X=longitudinale)
 Myy = momento longitudinale (che ruota attorno asse Y= trasversale)

Nella seguente figura è sintetizzata la geometria della palificata.



- 12 pali D=1500mm interasse = 4.5m
- Plinto: 11.5x16.0 m
- Altezza complessiva da testa palo: plinto+muro+paraghiaia= 2.0m+ 5.5m+ 4.05m= 11.55m.

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati dell'analisi con le deformazioni massime a quota testa palo; in Appendice C sono mostrati i tabulati di calcolo completi con esplicitati tutti i parametri di input (geometria palificata, carichi, rigidità assiale dei pali, modulo di reazione orizzontale palo-terreno).

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	21 di 41

LINEA DITTAINO - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

12 pali L = 36.00 m D = 1500 mm

Deformazioni massime del plinto

	dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	c.d.c.
D.1	2.683	8.758	.394	2.721	.080	1
D.2	2.447	19.007	.892	2.720	.080	2
D.3	2.447	19.007	.892	2.720	.080	2
D.4	2.419	8.586	.370	8.775	.258	3
D.5	2.419	8.586	.370	8.775	.258	3

D.1: cond. di carico con dz massimo
SLV 1

D.2: cond. di carico con dx massimo
SLV2 SLV5

D.3: cond. di carico con rx massimo
SLV2 SLV5

D.4: cond. di carico con dy massimo
SLV3 SLV4

D.5: cond. di carico con ry massimo
SLV3 SLV4

Lo spostamento orizzontale massimo è: 19.0 mm

Da cui:

$$V_s / h = 0.165 \%$$

La scelta dell'uso del coefficiente di spinta (k_0 , a riposo) o k_a (attiva) in condizioni sismiche per l'analisi delle palificate delle spalle è nella relazione di calcolo strutturale delle spalle, a cui si rimanda.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	22 di 41

5. APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

5.1 Compressione. Palo D=1500 mm

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = .00 m
Quota falda da p.c. = .00 m
Peso di volume del palo = 6.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.96 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 2.30 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "bbis " (Incoerente) da .00 a 1.50 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = K * \tan(\text{delta}) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .70 \quad \text{delta} = 32.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 10.0 * S'v < 4300. \text{ kPa}$$

Strato 2 "bbi " (Incoerente) da 1.50 a 4.00 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = K * \tan(\text{delta}) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .70 \quad \text{delta} = 38.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 23.0 * S'v < 5800. \text{ kPa}$$

Strato 3 "AAC " (Coesivo) da 4.00 a 15.00 m

$$G_n = 20.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 10.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = \text{beta} * S'v < 120.0 \text{ kPa}$$

$$\text{beta} = .10 + .40 \text{ Cu/S'v}$$

$$Q_b = 9.0 * \text{Cu} + S_v$$

$$\text{Cu} \text{ variabile lin. da } 160.0 \text{ a } 160.0 \text{ kPa}$$

pag. / 4

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AAC " (Coesivo) da 15.00 a 40.00 m

$$G_n = 20.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 10.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tau} = \text{beta} * S'v < 120.0 \text{ kPa}$$

$$\text{beta} = .10 + .40 \text{ Cu/S'v}$$

$$Q_b = 9.0 * \text{Cu} + S_v$$

$$\text{Cu} \text{ variabile lin. da } 250.0 \text{ a } 350.0 \text{ kPa}$$

pag. / 5

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "bbis "	1.00	1.00	-
2 "bbi "	1.00	1.00	-
3 "AAC "	1.00	1.00	1.00
4 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag. / 6

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	0.
.50	4.8	9.8	--	.44	2.1	48.
1.00	9.5	19.5	--	.44	4.2	95.
1.50	14.3	29.3	--	.49	7.0	143.
2.00	19.0	39.0	--	.55	10.4	272.
2.50	23.8	48.8	--	.55	13.0	402.
3.00	28.5	58.5	--	.55	15.6	532.
3.50	33.3	68.3	--	.55	18.2	662.
4.00	38.0	78.0	--	1.17	44.3	792.
4.50	43.3	88.3	160.0	1.58	68.3	883.
5.00	48.5	98.5	160.0	1.42	68.8	974.
5.50	53.8	108.8	160.0	1.29	69.4	1065.
6.00	59.0	119.0	160.0	1.18	69.9	1155.
6.50	64.3	129.3	160.0	1.10	70.4	1246.
7.00	69.5	139.5	160.0	1.02	70.9	1337.
7.50	74.8	149.8	160.0	.96	71.5	1428.
8.00	80.0	160.0	160.0	.90	72.0	1519.
8.50	85.3	170.3	160.0	.85	72.5	1610.
9.00	90.5	180.5	160.0	.81	73.1	1621.
9.50	95.8	190.8	160.0	.77	73.6	1631.
10.00	101.0	201.0	160.0	.73	74.1	1641.
10.50	106.3	211.3	160.0	.70	74.6	1651.
11.00	111.5	221.5	160.0	.67	75.2	1662.
11.50	116.8	231.8	160.0	.65	75.7	1672.
12.00	122.0	242.0	160.0	.62	76.2	1682.
12.50	127.3	252.3	160.0	.60	76.7	1692.
13.00	132.5	262.5	160.0	.58	77.3	1703.
13.50	137.8	272.8	160.0	.56	77.8	1713.
14.00	143.0	283.0	160.0	.55	78.3	1723.
14.50	148.3	293.3	160.0	.53	78.8	1733.

pag. / 7

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	153.5	303.5	160.0	.63	97.3	1744.
15.50	158.8	313.8	252.0	.73	116.7	1862.
16.00	164.0	324.0	254.0	.72	118.0	1980.
16.50	169.3	334.3	256.0	.71	119.3	2098.
17.00	174.5	344.5	258.0	.69	120.0	2217.
17.50	179.8	354.8	260.0	.67	120.0	2335.
18.00	185.0	365.0	262.0	.65	120.0	2453.
18.50	190.3	375.3	264.0	.63	120.0	2571.
19.00	195.5	385.5	266.0	.61	120.0	2690.
19.50	200.8	395.8	268.0	.60	120.0	2808.
20.00	206.0	406.0	270.0	.58	120.0	2836.
20.50	211.3	416.3	272.0	.57	120.0	2864.
21.00	216.5	426.5	274.0	.55	120.0	2893.
21.50	221.8	436.8	276.0	.54	120.0	2921.
22.00	227.0	447.0	278.0	.53	120.0	2949.
22.50	232.3	457.3	280.0	.52	120.0	2977.
23.00	237.5	467.5	282.0	.51	120.0	3006.
23.50	242.8	477.8	284.0	.49	120.0	3034.
24.00	248.0	488.0	286.0	.48	120.0	3062.
24.50	253.3	498.3	288.0	.47	120.0	3090.
25.00	258.5	508.5	290.0	.46	120.0	3119.
25.50	263.8	518.8	292.0	.45	120.0	3147.
26.00	269.0	529.0	294.0	.45	120.0	3175.
26.50	274.3	539.3	296.0	.44	120.0	3203.
27.00	279.5	549.5	298.0	.43	120.0	3232.
27.50	284.8	559.8	300.0	.42	120.0	3260.
28.00	290.0	570.0	302.0	.41	120.0	3288.
28.50	295.3	580.3	304.0	.41	120.0	3316.
29.00	300.5	590.5	306.0	.40	120.0	3345.
29.50	305.8	600.8	308.0	.39	120.0	3373.

pag. / 8

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
30.00	311.0	611.0	310.0	.39	120.0	3401.
30.50	316.3	621.3	312.0	.38	120.0	3429.
31.00	321.5	631.5	314.0	.37	120.0	3458.
31.50	326.8	641.8	316.0	.37	120.0	3486.
32.00	332.0	652.0	318.0	.36	120.0	3514.
32.50	337.3	662.3	320.0	.36	120.0	3542.
33.00	342.5	672.5	322.0	.35	120.0	3571.
33.50	347.8	682.8	324.0	.35	120.0	3599.
34.00	353.0	693.0	326.0	.34	120.0	3627.
34.50	358.3	703.3	328.0	.33	120.0	3655.
35.00	363.5	713.5	330.0	.33	120.0	3684.
35.50	368.8	723.8	332.0	.33	120.0	3712.
36.00	374.0	734.0	334.0	.32	120.0	3740.
36.50	379.3	744.3	336.0	.32	120.0	3768.
37.00	384.5	754.5	338.0	.31	120.0	3797.
37.50	389.8	764.8	340.0	.31	120.0	3825.
38.00	395.0	775.0	342.0	.30	120.0	3853.
38.50	400.3	785.3	344.0	.30	120.0	3881.

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	26 di 41

39.00	405.5	795.5	346.0	.30	120.0	3910.
39.50	410.8	805.8	348.0	.29	120.0	3938.
40.00	416.0	816.0	350.0	.29	120.0	3966.

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

pag. / 9

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	84.	5.	81.	32.
1.00	10.	168.	11.	167.	67.
1.50	22.	252.	16.	258.	105.
2.00	43.	481.	21.	503.	210.
2.50	71.	711.	27.	755.	319.
3.00	105.	940.	32.	1013.	430.
3.50	144.	1170.	37.	1277.	545.
4.00	204.	1399.	42.	1561.	670.
4.50	351.	1560.	48.	1863.	809.
5.00	512.	1720.	53.	2180.	956.
5.50	675.	1881.	58.	2498.	1104.
6.00	839.	2042.	64.	2818.	1252.
6.50	1005.	2203.	69.	3138.	1401.
7.00	1171.	2363.	74.	3460.	1551.
7.50	1339.	2524.	80.	3783.	1701.
8.00	1508.	2685.	85.	4108.	1852.
8.50	1678.	2846.	90.	4434.	2003.
9.00	1850.	2864.	95.	4618.	2093.
9.50	2022.	2882.	101.	4803.	2184.
10.00	2196.	2900.	106.	4990.	2275.
10.50	2372.	2918.	111.	5178.	2367.
11.00	2548.	2936.	117.	5368.	2460.
11.50	2726.	2954.	122.	5558.	2553.
12.00	2905.	2972.	127.	5750.	2647.
12.50	3085.	2990.	133.	5943.	2742.
13.00	3266.	3009.	138.	6137.	2837.
13.50	3449.	3027.	143.	6332.	2932.
14.00	3633.	3045.	148.	6529.	3029.
14.50	3818.	3063.	154.	6727.	3126.

pag. / 10

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	4015.	3081.	159.	6937.	3229.
15.50	4278.	3290.	164.	7403.	3449.
16.00	4554.	3499.	170.	7883.	3675.
16.50	4834.	3708.	175.	8367.	3903.
17.00	5116.	3917.	180.	8853.	4133.
17.50	5399.	4126.	186.	9339.	4363.
18.00	5681.	4335.	191.	9825.	4593.
18.50	5964.	4544.	196.	10312.	4822.
19.00	6247.	4753.	201.	10798.	5052.
19.50	6530.	4962.	207.	11285.	5282.
20.00	6812.	5012.	212.	11612.	5443.
20.50	7095.	5062.	217.	11939.	5603.
21.00	7378.	5111.	223.	12267.	5764.
21.50	7661.	5161.	228.	12594.	5925.
22.00	7943.	5211.	233.	12921.	6085.
22.50	8226.	5261.	239.	13249.	6246.
23.00	8509.	5311.	244.	13576.	6407.
23.50	8792.	5361.	249.	13904.	6567.
24.00	9074.	5411.	254.	14231.	6728.
24.50	9357.	5461.	260.	14558.	6889.
25.00	9640.	5511.	265.	14886.	7049.
25.50	9923.	5561.	270.	15213.	7210.
26.00	10205.	5611.	276.	15540.	7371.
26.50	10488.	5661.	281.	15868.	7531.
27.00	10771.	5711.	286.	16195.	7692.
27.50	11054.	5760.	292.	16522.	7853.
28.00	11336.	5810.	297.	16850.	8013.
28.50	11619.	5860.	302.	17177.	8174.
29.00	11902.	5910.	307.	17505.	8335.
29.50	12185.	5960.	313.	17832.	8495.

pag. / 11

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	12467.	6010.	318.	18159.	8656.
30.50	12750.	6060.	323.	18487.	8817.
31.00	13033.	6110.	329.	18814.	8977.
31.50	13316.	6160.	334.	19141.	9138.
32.00	13598.	6210.	339.	19469.	9298.
32.50	13881.	6260.	345.	19796.	9459.
33.00	14164.	6310.	350.	20123.	9620.
33.50	14446.	6360.	355.	20451.	9780.
34.00	14729.	6409.	360.	20778.	9941.
34.50	15012.	6459.	366.	21106.	10102.
35.00	15295.	6509.	371.	21433.	10262.
35.50	15577.	6559.	376.	21760.	10423.
36.00	15860.	6609.	382.	22088.	10584.
36.50	16143.	6659.	387.	22415.	10744.
37.00	16426.	6709.	392.	22742.	10905.
37.50	16708.	6759.	398.	23070.	11066.
38.00	16991.	6809.	403.	23397.	11226.
38.50	17274.	6859.	408.	23724.	11387.
39.00	17557.	6909.	414.	24052.	11548.
39.50	17839.	6959.	419.	24379.	11708.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	28 di 41

40.00 18122. 7009. 424. 24707. 11869.

Lp = Lunghezza utile del palo
Ql1 = Portata laterale limite
Qb1 = Portata di base limite
Wp = Peso efficace del palo
Qu = Portata totale limite
Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$

5.2 Trazione. Palo D=1500 mm

*** P A L ***
Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione
(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

Quota testa palo da p.c. = .00 m
Quota falda da p.c. = .00 m
Peso di volume del palo = -15.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 2.13 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1500. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.500 = 4.50$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "bbis " (Incoerente) da .00 a 1.50 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .50 \quad \delta = 32.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 0. \text{ a } 0. \text{ kPa}$$

Strato 2 "bbi " (Incoerente) da 1.50 a 4.00 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .50 \quad \delta = 38.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 0. \text{ a } 0. \text{ kPa}$$

Strato 3 "AAC " (Coesivo) da 4.00 a 15.00 m

$$G_n = 20.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 10.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta * S'v < 120.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = .10 + .40 C_u / S'v$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 0. \text{ a } 0. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 160.0 \text{ a } 160.0 \text{ kPa}$$

pag./ 4

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AAC " (Coesivo) da 15.00 a 40.00 m

$$G_n = 20.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 10.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta * S'v < 120.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = .10 + .40 C_u / S'v$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 0. \text{ a } 0. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 250.0 \text{ a } 350.0 \text{ kPa}$$

pag./ 5

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "bbis "	1.00	1.00	-
2 "bbi "	1.00	1.00	-
3 "AAC "	1.00	1.00	1.00
4 "AAC "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

pag. / 6

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	0.
.50	4.8	9.8	--	.31	1.5	0.
1.00	9.5	19.5	--	.31	3.0	0.
1.50	14.3	29.3	--	.35	5.0	0.
2.00	19.0	39.0	--	.39	7.4	0.
2.50	23.8	48.8	--	.39	9.3	0.
3.00	28.5	58.5	--	.39	11.1	0.
3.50	33.3	68.3	--	.39	13.0	0.
4.00	38.0	78.0	--	1.09	41.3	0.
4.50	43.3	88.3	160.0	1.58	68.3	0.
5.00	48.5	98.5	160.0	1.42	68.8	0.
5.50	53.8	108.8	160.0	1.29	69.4	0.
6.00	59.0	119.0	160.0	1.18	69.9	0.
6.50	64.3	129.3	160.0	1.10	70.4	0.
7.00	69.5	139.5	160.0	1.02	70.9	0.
7.50	74.8	149.8	160.0	.96	71.5	0.
8.00	80.0	160.0	160.0	.90	72.0	0.
8.50	85.3	170.3	160.0	.85	72.5	0.
9.00	90.5	180.5	160.0	.81	73.1	0.
9.50	95.8	190.8	160.0	.77	73.6	0.
10.00	101.0	201.0	160.0	.73	74.1	0.
10.50	106.3	211.3	160.0	.70	74.6	0.
11.00	111.5	221.5	160.0	.67	75.2	0.
11.50	116.8	231.8	160.0	.65	75.7	0.
12.00	122.0	242.0	160.0	.62	76.2	0.
12.50	127.3	252.3	160.0	.60	76.7	0.
13.00	132.5	262.5	160.0	.58	77.3	0.
13.50	137.8	272.8	160.0	.56	77.8	0.
14.00	143.0	283.0	160.0	.55	78.3	0.
14.50	148.3	293.3	160.0	.53	78.8	0.

pag. / 7

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
15.00	153.5	303.5	160.0	.63	97.3	0.
15.50	158.8	313.8	252.0	.73	116.7	0.
16.00	164.0	324.0	254.0	.72	118.0	0.
16.50	169.3	334.3	256.0	.71	119.3	0.
17.00	174.5	344.5	258.0	.69	120.0	0.
17.50	179.8	354.8	260.0	.67	120.0	0.
18.00	185.0	365.0	262.0	.65	120.0	0.
18.50	190.3	375.3	264.0	.63	120.0	0.
19.00	195.5	385.5	266.0	.61	120.0	0.
19.50	200.8	395.8	268.0	.60	120.0	0.
20.00	206.0	406.0	270.0	.58	120.0	0.
20.50	211.3	416.3	272.0	.57	120.0	0.
21.00	216.5	426.5	274.0	.55	120.0	0.
21.50	221.8	436.8	276.0	.54	120.0	0.
22.00	227.0	447.0	278.0	.53	120.0	0.
22.50	232.3	457.3	280.0	.52	120.0	0.
23.00	237.5	467.5	282.0	.51	120.0	0.
23.50	242.8	477.8	284.0	.49	120.0	0.
24.00	248.0	488.0	286.0	.48	120.0	0.
24.50	253.3	498.3	288.0	.47	120.0	0.
25.00	258.5	508.5	290.0	.46	120.0	0.
25.50	263.8	518.8	292.0	.45	120.0	0.
26.00	269.0	529.0	294.0	.45	120.0	0.
26.50	274.3	539.3	296.0	.44	120.0	0.
27.00	279.5	549.5	298.0	.43	120.0	0.
27.50	284.8	559.8	300.0	.42	120.0	0.
28.00	290.0	570.0	302.0	.41	120.0	0.
28.50	295.3	580.3	304.0	.41	120.0	0.
29.00	300.5	590.5	306.0	.40	120.0	0.
29.50	305.8	600.8	308.0	.39	120.0	0.
30.00	311.0	611.0	310.0	.39	120.0	0.
30.50	316.3	621.3	312.0	.38	120.0	0.
31.00	321.5	631.5	314.0	.37	120.0	0.
31.50	326.8	641.8	316.0	.37	120.0	0.
32.00	332.0	652.0	318.0	.36	120.0	0.
32.50	337.3	662.3	320.0	.36	120.0	0.
33.00	342.5	672.5	322.0	.35	120.0	0.
33.50	347.8	682.8	324.0	.35	120.0	0.
34.00	353.0	693.0	326.0	.34	120.0	0.
34.50	358.3	703.3	328.0	.33	120.0	0.
35.00	363.5	713.5	330.0	.33	120.0	0.
35.50	368.8	723.8	332.0	.33	120.0	0.
36.00	374.0	734.0	334.0	.32	120.0	0.
36.50	379.3	744.3	336.0	.32	120.0	0.
37.00	384.5	754.5	338.0	.31	120.0	0.
37.50	389.8	764.8	340.0	.31	120.0	0.
38.00	395.0	775.0	342.0	.30	120.0	0.
38.50	400.3	785.3	344.0	.30	120.0	0.
39.00	405.5	795.5	346.0	.30	120.0	0.
39.50	410.8	805.8	348.0	.29	120.0	0.
40.00	416.0	816.0	350.0	.29	120.0	0.

zz = Profondita' da piano campagna
S'v = Tensione verticale efficace
Sv = Tensione verticale totale
Cu = Coesione non drenata
Tau = Tensione di adesione laterale limite
qb = Portata di base limite unitaria

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	2.	0.	-13.	15.	14.
1.00	7.	0.	-27.	34.	30.
1.50	16.	0.	-40.	56.	47.
2.00	31.	0.	-53.	84.	68.
2.50	51.	0.	-66.	117.	90.
3.00	75.	0.	-80.	154.	115.
3.50	103.	0.	-93.	196.	141.
4.00	152.	0.	-106.	258.	177.
4.50	296.	0.	-119.	416.	258.
5.00	458.	0.	-133.	590.	348.
5.50	621.	0.	-146.	767.	437.
6.00	785.	0.	-159.	944.	528.
6.50	950.	0.	-172.	1122.	618.
7.00	1117.	0.	-186.	1302.	710.
7.50	1285.	0.	-199.	1483.	802.
8.00	1454.	0.	-212.	1666.	894.
8.50	1624.	0.	-225.	1849.	988.
9.00	1795.	0.	-239.	2034.	1081.
9.50	1968.	0.	-252.	2220.	1176.
10.00	2142.	0.	-265.	2407.	1271.
10.50	2317.	0.	-278.	2596.	1366.
11.00	2494.	0.	-292.	2785.	1462.
11.50	2671.	0.	-305.	2976.	1559.
12.00	2850.	0.	-318.	3168.	1656.
12.50	3030.	0.	-331.	3362.	1754.
13.00	3212.	0.	-345.	3556.	1853.
13.50	3394.	0.	-358.	3752.	1952.
14.00	3578.	0.	-371.	3949.	2051.
14.50	3763.	0.	-384.	4148.	2151.
15.00	3960.	0.	-398.	4358.	2257.
15.50	4223.	0.	-411.	4634.	2394.
16.00	4500.	0.	-424.	4924.	2537.
16.50	4779.	0.	-437.	5217.	2681.
17.00	5062.	0.	-451.	5512.	2827.
17.50	5344.	0.	-464.	5808.	2973.
18.00	5627.	0.	-477.	6104.	3119.
18.50	5910.	0.	-490.	6400.	3265.
19.00	6193.	0.	-504.	6696.	3411.
19.50	6475.	0.	-517.	6992.	3557.
20.00	6758.	0.	-530.	7288.	3703.
20.50	7041.	0.	-543.	7584.	3849.
21.00	7324.	0.	-557.	7880.	3995.
21.50	7606.	0.	-570.	8176.	4141.
22.00	7889.	0.	-583.	8472.	4287.
22.50	8172.	0.	-596.	8768.	4433.
23.00	8454.	0.	-610.	9064.	4579.
23.50	8737.	0.	-623.	9360.	4725.
24.00	9020.	0.	-636.	9656.	4871.
24.50	9303.	0.	-649.	9952.	5017.
25.00	9585.	0.	-663.	10248.	5163.
25.50	9868.	0.	-676.	10544.	5309.
26.00	10151.	0.	-689.	10840.	5455.
26.50	10434.	0.	-702.	11136.	5601.
27.00	10716.	0.	-716.	11432.	5747.
27.50	10999.	0.	-729.	11728.	5893.
28.00	11282.	0.	-742.	12024.	6039.
28.50	11565.	0.	-755.	12320.	6185.
29.00	11847.	0.	-769.	12616.	6331.
29.50	12130.	0.	-782.	12912.	6477.

LINEA FS PALOMBA-CATENANUOVA VI18 VI13
Capacita' portante palo D=1500 mm-SLU A1+M1+R3 Trazione

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	12413.	0.	-795.	13208.	6623.
30.50	12696.	0.	-808.	13504.	6769.
31.00	12978.	0.	-822.	13800.	6915.
31.50	13261.	0.	-835.	14096.	7061.
32.00	13544.	0.	-848.	14392.	7207.
32.50	13827.	0.	-861.	14688.	7353.
33.00	14109.	0.	-875.	14984.	7499.
33.50	14392.	0.	-888.	15280.	7645.
34.00	14675.	0.	-901.	15576.	7791.
34.50	14958.	0.	-914.	15872.	7937.
35.00	15240.	0.	-928.	16168.	8083.
35.50	15523.	0.	-941.	16464.	8229.
36.00	15806.	0.	-954.	16760.	8375.
36.50	16089.	0.	-968.	17056.	8521.
37.00	16371.	0.	-981.	17352.	8667.
37.50	16654.	0.	-994.	17648.	8813.
38.00	16937.	0.	-1007.	17944.	8959.
38.50	17220.	0.	-1021.	18240.	9105.
39.00	17502.	0.	-1034.	18536.	9251.
39.50	17785.	0.	-1047.	18832.	9397.
40.00	18068.	0.	-1060.	19128.	9543.

Lp = Lunghezza utile del palo
 Ql1 = Portata laterale limite
 Qbl = Portata di base limite
 Wp = Peso efficace del palo
 Qu = Portata totale limite
 Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qbl/FS,b - Wp$

6. APPENDICE B: VALUTAZIONE DEL MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO MR

6.1 D=1500 mm

Coef. di Matlock e Reese-palo VI18 D=1500

Lunghezza palo	Lp	=	30.00 m
Diametro palo	D	=	1.50 m
Modulo elastico palo	Ep	=	30000.00 MPa
Rigidezza flessionale	EJ	=	7455148.00 kN*m ²

Definizione per punti del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m ²
.000	4800.00
4.000	25600.00
4.100	44800.00
15.000	44800.00
15.100	70000.00
40.000	98000.00

Per il primo segmento:

Modulo iniziale	Eo	=	4800.000 kN/m ²
Gradiente del modulo	Kh	=	5200.000 kN/m ³

Lunghezza elastica	$T = (EJ/Kh)^{0.20}$	=	4.278 m
$R = Eo/(Kh*T)$		=	.216
$Z_{max} = Lp/T$		=	7.012

Coefficienti adimensionali di flessibilita' della sommita' del palo:

Ay =	1.8034
As = By =	1.3107
Bs =	1.5811

$$\begin{aligned} \text{Spostamento: } d &= A_y F_o T^3/EJ + B_y M_o T^2/EJ \\ \text{Rotazione: } r &= A_s F_o T^2/EJ + B_s M_o T / EJ \end{aligned}$$

Per sommita' palo impedita di ruotare:

$$M_o = - (T A_s/B_s) * F_o = - \alpha * F_o \quad \alpha = 3.5466 \text{ m}$$

Sollecitazioni lungo il fusto del palo

$$\begin{aligned} \text{Taglio: } F &= A_v F_o + B_v M_o/T \\ \text{Momento: } M &= A_m F_o T + B_m M_o \end{aligned}$$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	35 di 41

Coeff. di Matlock e Reese-palo VI18 D=1500

Momento adimensionale lungo il fusto del palo
 con sommita' impedita di ruotare

z m	Mad -
.000	1.0000
.938	.7416
1.875	.5007
2.813	.2842
3.750	.0970
4.688	-.0530
5.625	-.1540
6.563	-.2153
7.500	-.2457
9.000	-.2486
10.500	-.2181
12.000	-.1727
13.500	-.1244
15.000	-.0798
17.500	-.0235
20.000	.0034
22.500	.0106
26.250	.0051
30.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$

Coefficienti adimensionali di Matlock e Reese

z/T	Av	Am	Bv	Bm
.000	1.0000	.0000	.0000	1.0000
.219	.8799	.2072	-.0820	.9916
.438	.7184	.3831	-.1813	.9629
.657	.5337	.5205	-.2793	.9122
.876	.3489	.6170	-.3620	.8413
1.096	.1006	.6679	-.4459	.7527
1.315	-.1028	.6656	-.4891	.6489
1.534	-.2378	.6266	-.4912	.5406
1.753	-.3216	.5644	-.4623	.4352
2.104	-.3620	.4416	-.3895	.2841
2.454	-.3412	.3163	-.2980	.1634
2.805	-.2879	.2052	-.2103	.0748
3.155	-.2246	.1153	-.1368	.0147
3.506	-.1609	.0473	-.0775	-.0227
4.090	-.0631	-.0192	-.0063	-.0467
4.675	-.0013	-.0344	.0252	-.0381
5.259	.0208	-.0267	.0262	-.0216
6.135	.0166	-.0077	.0118	-.0042
7.012	.0000	.0000	.0000	.0000



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

VI18 – Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 RB	VI1803 001	A	36 di 41

7. APPENDICE C: ANALISI PALIFICATA SPALLA. TABULATI DI CALCOLO MAP

7.1 Spalla – Analisi SLV

M A P - Matrix Analysis of Piles
Programma per l'analisi di palificate collegate da un plinto rigido

(C) G.Guiducci, S.G.I. - luglio 1994

pag./ 2

LINEA PALOMBA - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

Geometria Palificata

palo	vin	X m	Y m	Z m	axz deg	ayz deg	axy deg	Box m	Boy m
1	0	4.500	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
2	0	4.500	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
3	0	4.500	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
4	0	4.500	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
5	0	.000	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
6	0	.000	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
7	0	.000	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
8	0	.000	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
9	0	-4.500	6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
10	0	-4.500	2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
11	0	-4.500	-2.250	.000	.00	.00	.00	1.50	.00
12	0	-4.500	-6.750	.000	.00	.00	.00	1.50	.00

vin = 0 - incastro; 1 - cerniera; 2 - appoggio
X, Y, Z = Coordinate testa pali
axz = Inclinazione palo nel piano Xp Z rispetto alla verticale
(positiva se verso Xp positivo)
ayz = Inclinazione palo nel piano Yp Z rispetto alla verticale
(positiva se verso Yp positivo)
axy = Rotazione assi Xp Yp (positiva se antioraria)
Box = Lato dell'elemento parallelo all'asse Xp
Boy = Lato dell'elemento parallelo all'asse Yp
se Boy = 0 D = Box: diametro
altrimenti D = $\sqrt{\text{Box} * \text{Boy} * 1.273}$: diametro equivalente

pag. / 3

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi assiali e torsionali
(uguali per tutti i pali)

palo	AK kN/m	TK kN*m/rad
1	1500000.	.0

AK = Rigidezza assiale palo-terreno
TK = Rigidezza torsionale palo-terreno

Baricentro palificata: Xg = .000 m Yg = .000 m
Rotazione direzioni princip. di inerzia: .00 deg

Caratterizzazione del terreno per pali soggetti a carichi trasversali

Terreno tipo 1

Prof. m	E kN/m ²
.00	4800.0
4.00	25600.0
4.10	44800.0
15.00	44800.0
15.10	70000.0
40.00	98000.0

Caratterizzazione dei pali soggetti a carichi trasversali
(uguali per tutti i pali)

palo	Lp m	EJx kN*m ²	Itx	Ridx	EJy kN*m ²	Ity	Ridy
1	36.00	7455147.	1	1.000	7455147.	1	1.000

Lp = Lunghezza palo (compreso eventuale tratto fuori terra)
EJ = Rigidezza flessionale del palo
It = Tipo di terreno
Rid = Moltiplicatore del modulo di reazione orizzontale

pag. / 4

LINEA PALOMBA - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

CONDIZIONE DI CARICO 1
SLV 1

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	48287.0	11558.0	59908.0	3827.0	23974.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
48287.0	11558.0	59908.0	3827.0	23974.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 1.241 m Yv = .496 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.683	8.758	.394	2.721	.080	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	7497.8	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
2	6956.6	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
3	6415.3	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
4	5874.0	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
5	4835.8	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
6	4294.5	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
7	3753.3	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
8	3212.0	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
9	2173.8	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
10	1632.5	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
11	1091.3	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4
12	550.0	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	.0	3171.4

Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}

LINEA PALOMBA - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

CONDIZIONE DI CARICO 1
SLV 1

Sollecitazioni Taglianti e Flettenti lungo il fusto del palo 1
(riferimento locale)

profond. m	Txp kN	Mxp kN*m	Typ kN	Myp kN*m	Tris kN	Mris kN*m
.00	963.2	-2993.7	318.9	-1046.7	1014.6	3171.4
1.13	888.1	-1946.2	295.4	-699.2	936.0	2068.0
2.25	772.7	-1007.1	258.8	-385.9	814.9	1078.5
3.38	631.7	-214.5	213.5	-119.4	666.8	245.5
4.50	459.8	411.8	157.8	93.6	486.1	422.3
5.63	251.8	803.9	89.6	230.2	267.2	836.2
6.75	98.4	993.7	38.9	300.2	105.8	1038.0
7.88	-7.9	1038.6	3.2	321.9	8.5	1087.4
9.00	-79.6	986.9	-21.4	310.9	82.4	1034.7
10.80	-126.1	791.8	-38.1	254.2	131.7	831.6
12.60	-131.2	553.1	-41.1	180.5	137.4	581.8
14.40	-114.4	329.2	-36.5	109.7	120.1	347.0
16.20	-81.2	149.9	-26.4	52.0	85.4	158.7
18.00	-45.0	35.6	-15.0	14.4	47.4	38.4
21.00	-10.0	-41.1	-3.7	-11.9	10.7	42.7
24.00	4.7	-42.2	1.3	-13.3	4.9	44.2
27.00	6.2	-22.7	1.9	-7.4	6.5	23.9
31.50	2.2	-2.8	.7	-1.0	2.3	3.0
36.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Tris = (Txp² + Typ²)^{0.5}
Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}

pag. / 6

LINEA PALOMBA - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

CONDIZIONE DI CARICO 2
SLV2 SLV5

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	44043.0	24879.0	140125.0	3827.0	23964.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
44043.0	24879.0	140125.0	3827.0	23964.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 3.182 m Yv = .544 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.447	19.007	.892	2.720	.080	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	10506.3	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
2	9965.2	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
3	9424.0	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
4	8882.9	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
5	4481.9	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
6	3940.8	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
7	3399.7	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
8	2858.6	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
9	-1542.4	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
10	-2083.5	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
11	-2624.7	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1
12	-3165.8	2073.3	-6396.0	318.9	-1046.8	.0	6481.1

Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}

pag. / 7

LINEA PALOMBA - CATENANUOVA
VI18 spalla SLV

CONDIZIONE DI CARICO 3
SLV3 SLV4

Coordinate Centri di Carico (c.c.)

c.c.	Xc m	Yc m	Zc m	Alfc deg
1	.000	.000	.000	.00

Componenti di Azioni Esterne riferite ai Centri di Carico

c.c.	Fzc kN	Fxc kN	Mxc kN*m	Fyc kN	Myc kN*m	Mzc kN*m
1	43550.0	11426.0	54027.0	12346.0	77129.0	.0

Componenti di Carico Risultanti (riferimento globale)

Fz kN	Fx kN	Mx kN*m	Fy kN	My kN*m	Mz kN*m
43550.0	11426.0	54027.0	12346.0	77129.0	.0

Punto di applic. carico verticale: Xv = 1.241 m Yv = 1.771 m

Componenti di Spostamento del Plinto (riferimento globale)

dz mm	dx mm	rx mRad	dy mm	ry mRad	rz mRad
2.419	8.586	.370	8.775	.258	.000

Sollecitazioni in Sommita' ai Singoli Pali (riferimento locale)

palo	Fzp kN	Fxp kN	Mxp kN*m	Fyp kN	Myp kN*m	Mzp kN*m	Mris kN*m
1	8738.5	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
2	6995.4	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
3	5252.3	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
4	3509.3	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
5	6243.8	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
6	4500.7	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
7	2757.6	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
8	1014.6	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
9	3749.1	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
10	2006.0	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
11	262.9	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3
12	-1480.1	952.2	-2981.8	1028.8	-3377.3	.0	4505.3

Mris = (Mxp² + Myp²)^{0.5}