

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

VI01 - Ponte sul Torrente Minissale

Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni

SCALA:

-

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

RS2S 01 D 09 RB VI0103 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Formato 	Gennaio 2018	L. Utzeri 	Gennaio 2018	P. Carlesimo 	Gennaio 2018	A. Vittozzi Gennaio 2018

ITALFERR S.p.A.
Dipartimento Opere Civili e Gestione delle varianti
Progettista: Ing. Angelo Vittozzi
N° A20782
Provincia di Roma

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
4. CALCOLO PALI DI FONDAZIONE.....	5
4.1 CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI PALI	5
4.2 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO.....	8
4.3 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI	8
5. APPENDICE A	10

1. **PREMESSA**

Nella presente relazione si riporta il dimensionamento delle fondazioni del Ponte sul Torrente Minissale (VI01) nell'ambito del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta ferroviaria Giampilieri – Fiumefreddo, Lotto I Fiumefreddo-Taormina/Letojanni, della Linea Messina - Catania - Palermo.

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;
- verifica a carico limite orizzontale dei pali.

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni					
	U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI VI01 – Ponte sul Torrente Minissale - Relazione Geotecnica e di calcolo fondazioni	COMMESSA RS2S	LOTTO 01 D 09	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI0103 001	REV. A

2. *NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO*

2.1 Normativa di riferimento

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008).
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.
- [N.3]. RFI DTC SI CS MA IFS 001 A del 30-12-16 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.4]. RFI DTC SI SP IFS 001 A del 30-12-16 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

2.2 Documenti di riferimento

- [DC1]. RS2S01D78RHOC0005001B - Relazione geotecnica generale 1/3.
- [DC2]. RS2S01D78F6OC0005001B - Profilo longitudinale geotecnico - Tav.1/3.
- [DC3]. RS2S01D69RGGE0001001B - Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
- [DC4]. RS2S01D69F5GE0001001B - Profilo geologico tav. 1/4 da 0+000 a 3+500
- [DC5]. RS2S01D09CLVI0104001A - Relazione di calcolo Spalle

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per quanto riguarda la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni presenti in corrispondenza del ponte si rimanda alla relazione geotecnica generale (doc. rif. [DC1]).

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini: sondaggio S1v, MASW2.

Le fondazioni dell'opera interessano la formazione delle argille grigio azzurre (FAG).

Il livello massimo di falda rilevato in corrispondenza dell'opera è a quota +59 m s.l.m. (S1v). Tuttavia, considerando che la finestra temporale delle letture piezometriche potrebbe aver interessato anni poco piovosi, data la natura del torrente e dei terreni alluvionali su cui scorre, si ritiene plausibile considerare per i calcoli un livello di falda corrispondente al fondo alveo.

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

Unità	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	c_{uk} (kPa)
FAG	20,5	30	25	200

4. CALCOLO PALI DI FONDAZIONE

L'opera in esame è un ponte su due spalle fondato su un'unica platea su pali di grande diametro (D=1.5 m).

4.1 Capacità portante verticale dei pali

Nel presente capitolo si riportano le curve di capacità portante verticale (a compressione e trazione) per l'opera in esame ed i dati di base utilizzati per il calcolo. Il dettaglio dei calcoli è riportato in APPENDICE A.

Le metodologie di calcolo adottate per la determinazione della portanza verticale, invece, sono dettagliatamente illustrate nella Relazione geotecnica generale 1/3 (doc. rif.[DC1]).

La capacità portante per le fondazioni del ponte VI01 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:

- fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione $\gamma_s = 1.15$,

- fattore di sicurezza per la portata laterale a trazione $\gamma_{st} = 1.25$,
- fattore di sicurezza per la portata di base $\gamma_b = 1.35$,
- n.1 verticale di indagine, da cui $\xi_3 = 1.70$.

Per la verifica di capacità portante del palo sono state verificate 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;
- $N_{max,SLE} < S_{lim}/1.25$: la massima sollecitazione assiale allo SLE RARA dovrà essere inferiore alla portata laterale limite del palo, con un fattore di sicurezza di 1.25.

Per il calcolo della capacità portante si è considerata cautelativamente la testa palo a 3.5 m da p.c. e la falda a p.c..

Nella tabella seguente si riportano la stratigrafia di calcolo ed i principali dati utilizzati.

Stratigrafia di calcolo da testa palo							
Unità	Met. Calcolo	Prof. base strato (m)	γ (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)	c_{uk} (kPa)	α
FAG	Coesivo	35	20,5	-	-	200	0.4

Nel diagramma seguente si riporta l'andamento della capacità portante in funzione della lunghezza del palo.

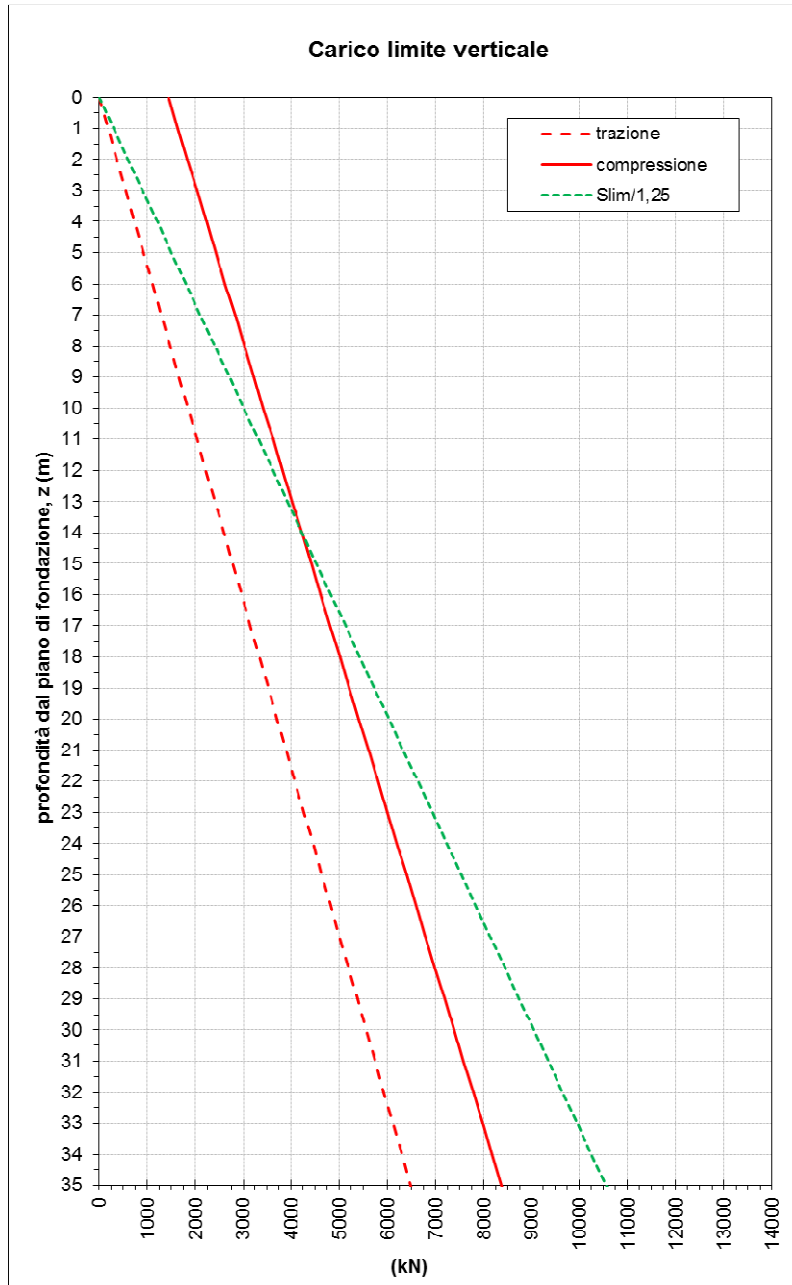


Figura 1 – VI01 - Capacità portante palo D=1500 mm

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO LOTTO 1: Fiumefreddo – Taormina/Letojanni					
	U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI VI01 – Ponte sul Torrente Minissale - Relazione Geotecnica e di calcolo fondazioni	COMMESSA RS2S	LOTTO 01 D 09	CODIFICA RB	DOCUMENTO VI0103 001	REV. A

4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali e terreno (riportato nella relazione di calcolo delle spalle del ponte) viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (k_h).

Il modulo di reazione orizzontale è definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo, $p(z)$, ed il corrispondente spostamento orizzontale, $y(z)$:

$$k_h = p(z) / y(z).$$

Nel caso di terreni argillosi, k_h viene assunto costante con la profondità e , secondo Davisson (1970), può essere valutato con la seguente espressione:

$$k_h = 67 c_u/D$$

in cui D è il diametro del palo.

Nel caso in esame, quindi, si ottiene $k_h = 8933 \text{ kN/m}^3$.

4.3 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 sono riportate in dettaglio nella Relazione geotecnica generale 1/3 (doc. rif.[DC1]). Nel caso di terreni stratificati o falda non a piano campagna, le verifiche a carico limite orizzontale sono state svolte con un programma di calcolo (Mancina, Nori, Iasiello, 2010) che opera con le stesse ipotesi di base di Broms e ricerca per tentativi le posizioni di cerniere plastiche e centri di rotazione che garantiscono le condizioni di equilibrio.

Data la lunghezza dei pali di fondazione, il meccanismo di rottura è quello di palo lungo.

Il valore caratteristico della resistenza ($H_{lim,k}$) è ottenuto applicando alla resistenza calcolata il fattore di correlazione $\xi_3 = 1.70$ (per l'opera in esame è stata considerata una verticale di indagine). Quindi, per ottenere il valore di progetto del carico limite del palo nella palificata (H_d), il valore caratteristico del palo singolo è stato diviso per $\gamma_T (=1.3$ per combinazione A1+M1+R3) e poi moltiplicato per un coefficiente pari a 0.8 al fine di tenere conto dell'effetto gruppo.

$$H_d = 0.8 \times H_{lim,d} = 0.8 \times H_{lim,k} / \gamma_T$$

A seguire si riporta la tabella riepilogativa delle valutazioni effettuate considerando, ad esempio, un momento di plasticizzazione pari a $M_y = 7000$ kN m. Il calcolo del carico limite per le fondazioni in esame, con il valore del momento di plasticizzazione di riferimento, è riportato nella relazione di calcolo delle spalle.

VI01				
<i>stratigrafia di calcolo</i>				
	z da testa palo (m)	γ (kN/m ³)	cu (kPa)	prof. falda da testa palo (m)
FAG	0 - 35	20.5	200	0
<i>valutazione H_d</i>				
D palo (m)	M_y (kN m)	$H_{lim,k}$ (kN)	$H_{lim,d}$ (kN)	H_d (kN)
1,5	7000	2665,8	2051	1640

5. APPENDICE A

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale	peso secco gamma _d	gamma _{sat}	coesione non dren. cu	coesione dren. c'	angolo attrito phi'	coeff. adesione palo-terr. alpha	coeff. tensione orizz. k0	coeff. attrito palo-terr. mu
1° strato	FAG	45	0	45	(kN/m ³) 20.5	(kN/m ³) 20.5	(kPa) 200	(kPa) 0	(°) 25	0.40	0.58	0.47
		45										
lunghezza palo	incrementi	unità	diametro	peso secco gamma _d	γ	coesione non dren. cu	coesione dren. c'	angolo attrito phi'	coeff. adesione palo-terr. alpha	coeff. tensione orizz. k0	coeff. attrito palo-terr. mu	coeff. Nc (cond. non drenate)
(m)			m	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(°)				
0	0.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
1	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
2.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
3.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
4.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
5.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
6.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
7.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
8.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
9.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
10.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
11.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
12.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
13.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
14.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
15.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
16.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
17.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
18.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
19.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
20.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
21.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
22.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
23.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
24.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
25.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
26.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
27.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
28.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
29.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
30.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
31.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
32.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
33.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
34.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
35.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
36.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
37.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
38.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
39.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
40.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
41.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
42.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
43.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
44.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00
45.00	1.00	FAG	1.5	20.5	20.5	200	30	25	0.40	0.58	0.47	9.00

