

# SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti  
tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11  
del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

## PROGETTO DEFINITIVO

**PROGETTAZIONE:** ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**I PROGETTISTI:**

*Ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n. 3594*

*Ing. Giuseppe Danilo Malgeri*  
*Ordine Ing. di Roma n. A34610*

*Geol. Serena Majetta*  
*Ordine Geologi del Lazio n. 928*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*Ing. Achille Devitofranceschi*

PROTOCOLLO

DATA

## OPERE D'ARTE MAGGIORI

Cavalcaferrovia Frizzone

Relazione di calcolo fondazioni

**CODICE PROGETTO**

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

**LO601A** **D** **1601**

**NOME FILE**

T00VI04GETRE01\_A.dwg

**CODICE  
ELAB.**

**T00VI04GETRE01**

REVISIONE

SCALA

**A**

-

D					
C					
B					
A	EMISSIONE	SETT 2018			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>PALI DI FONDAZIONE - CRITERI DI VERIFICA</b>	<b>7</b>
6.1	CRITERI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE	7
6.2	RESISTENZA CARATTERISTICA ( $R_k$ ) DI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI	9
6.3	RESISTENZA CARATTERISTICA ( $R_{TR,D}$ ) DI PALI SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI	10
<b>7</b>	<b>AZIONI DI CALCOLO IN FONDAZIONE</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>RISULTATI DELLE VERIFICHE</b>	<b>18</b>
8.1	VERIFICHE A CARICO VERTICALE	18
8.2	VERIFICHE A CARICO ORIZZONTALE	29

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto il dimensionamento e le verifiche geotecniche delle fondazioni del Cavalcaferrovia Frizzone.

Le fondazioni delle spalle e delle pile del viadotto saranno del tipo profondo su pali. Tale tipologia è stata scelta in funzione dell'entità dei carichi agenti a livello di imposta delle fondazioni e della natura dei terreni presenti

Le verifiche geotecniche fanno riferimento a quanto contenuto nell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" 20/02/2018 (NTC18 rif [1]).

Le verifiche strutturali dei pali e plinti che costituiscono le fondazione del viadotto, invece, sono contenute nella relazione di calcolo strutturale dell'opera a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8);
- [2] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, "Approvazione delle Nuove Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario.
- [3] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [4] AGI Associazione Geotecnica Italiana (1984) - Raccomandazioni sui pali di fondazione.

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

È previsto l'impiego dei seguenti materiali:

### Fondazioni e pali

#### Calcestruzzo

Calcestruzzo C28/35:

classe di esposizione: XA1

Copriferro: 75mm

#### Acciaio per armature ordinarie:

Barre nervate tipo B450C.

#### 4 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI FONDAZIONE

Le fondazioni del Cavalcaferrovia Frizzone saranno realizzate con pali trivellati le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 4-1:

Elemento	Plinto		PALI		
	B [m]	L [m]	diam [mm]	lunghezza [m]	num. [-]
Spalla1	9.6	16.8	φ1200	36	15
Spalla2	9.6	16.8	φ1200	25	15
Pile da 1 a 9	8.0	11.0	φ1000	28	12
Pile da 10 a 12	8.0	11.0	φ1000	24	12

Tabella 4-1 Caratteristiche fondazioni

Nelle figure seguenti viene riportata la pianta e la sezione delle fondazioni delle spalle e delle pile.

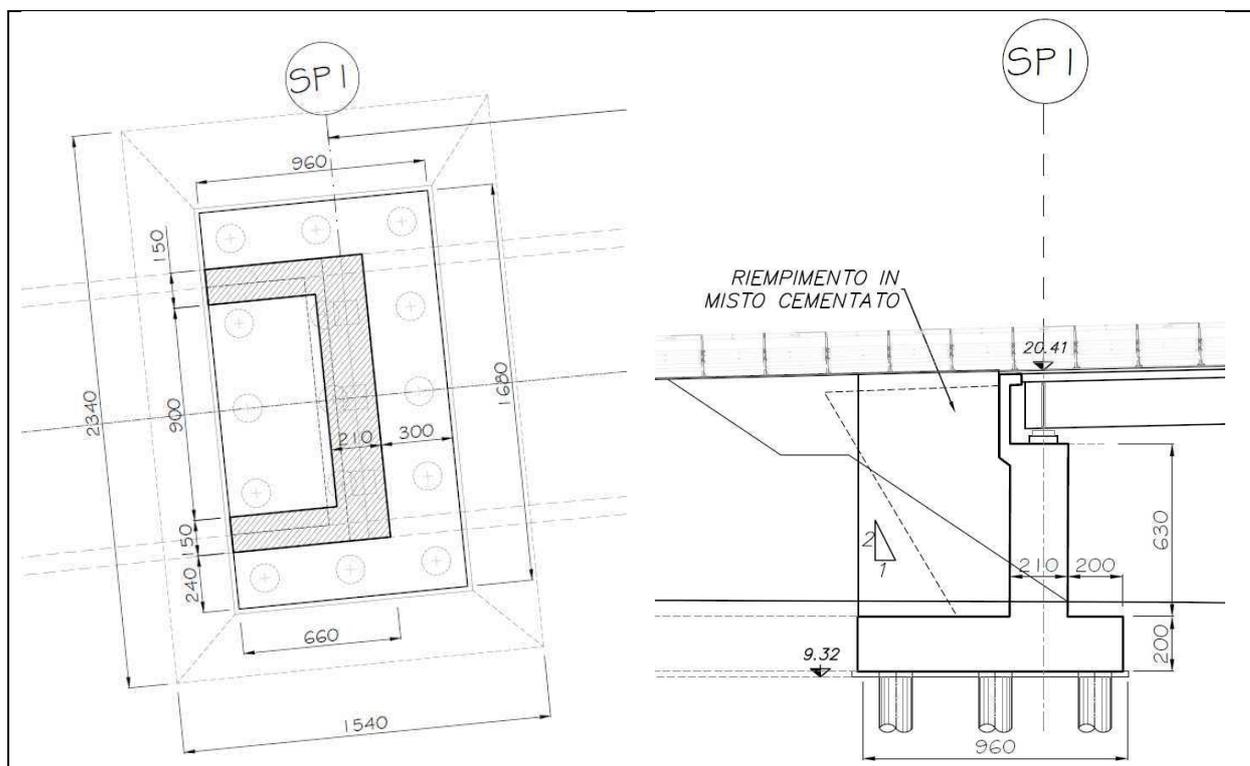


Figura 4-1: Spalla 1 - Pianta Fondazioni Sezione Fondazioni

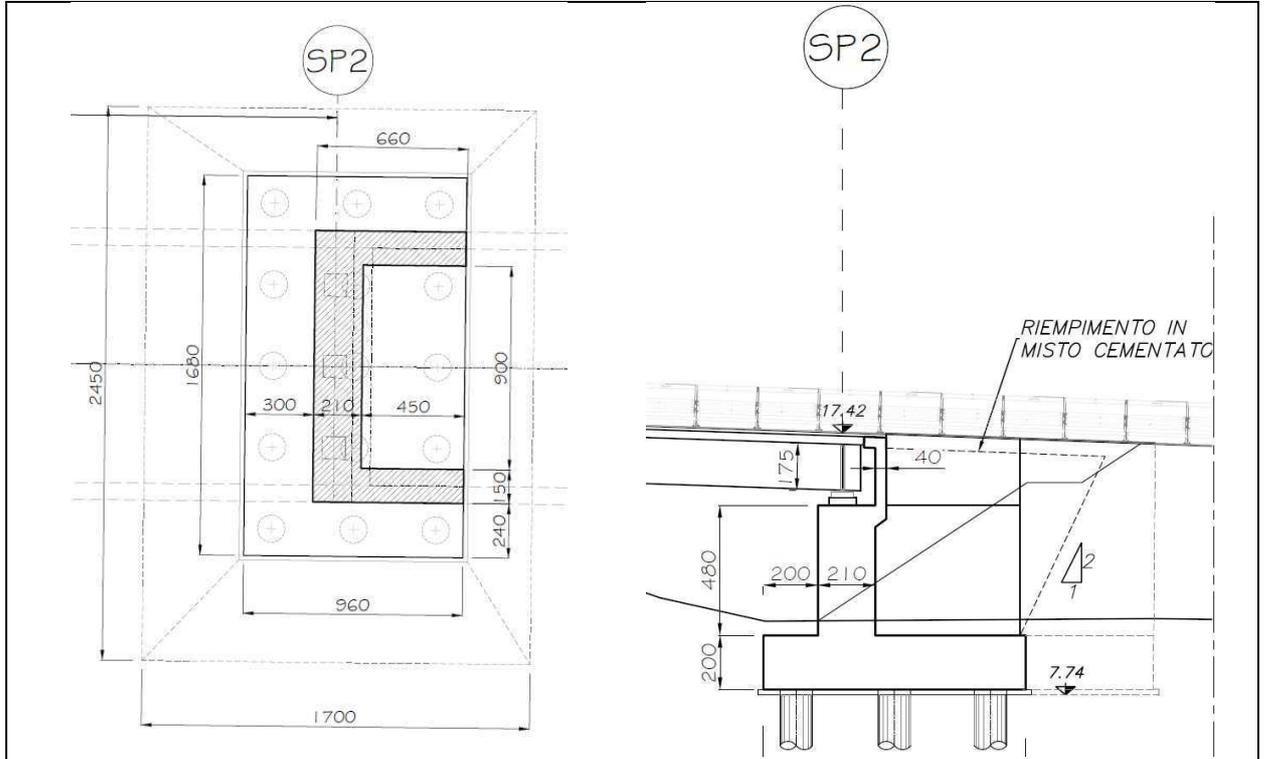


Figura 4-2: Spalla 2 - Pianta Fondazioni Sezione

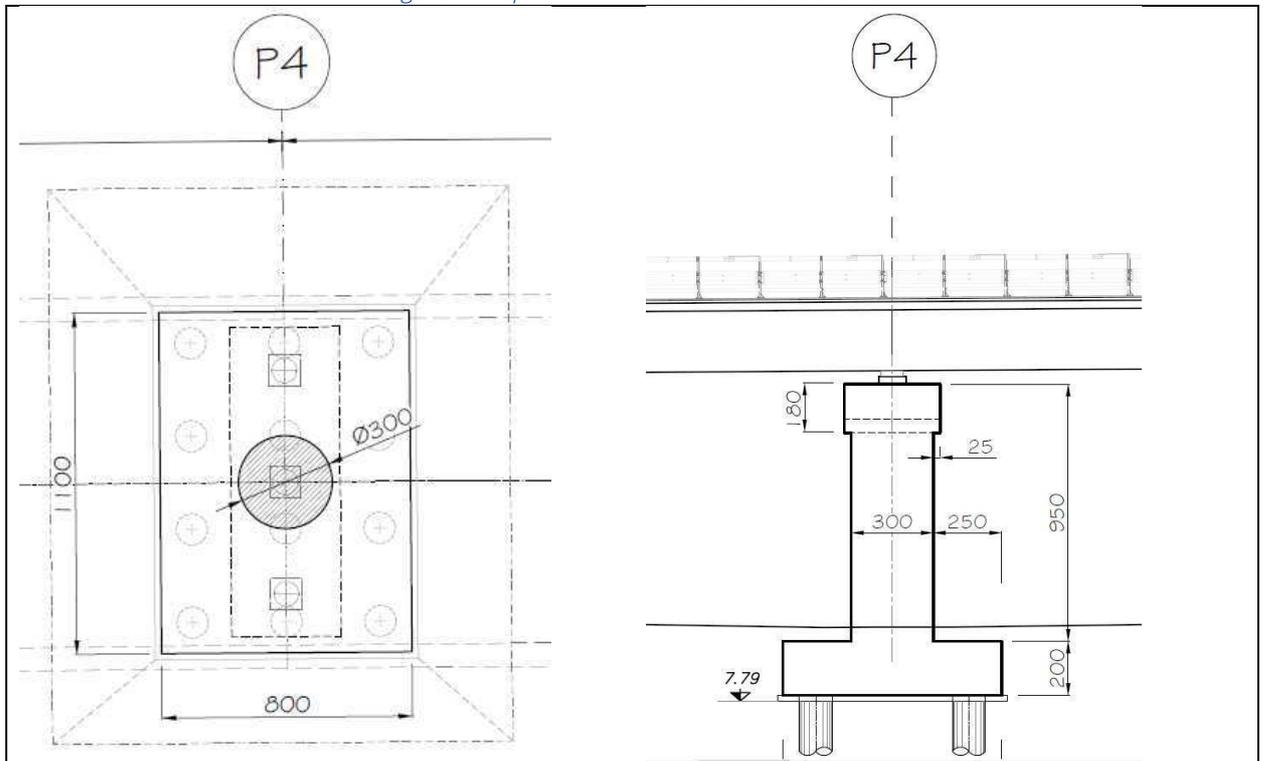


Figura 4-3: Pila4 - Pianta Fondazioni e Sezione

## 5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Il modello geotecnico di calcolo delle fondazioni è stato redatto in base alle risultanze delle indagini geognostiche 2018 e delle indagini pregresse. Per una descrizione dettagliata delle indagini geotecniche eseguite e della loro interpretazione si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" (Elab. T00GE00GETRE01A), nonché ai "Profili geotecnici" (Elabb. T00GE00GETFG01-02-03-04-05-06-07-08A). Nel seguito si riporta una breve sintesi dei parametri geotecnici di calcolo.

### Spalla 1 (SP1)

Da [m]	a [m]	Formazione [-]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	c' [KPa]	$\phi$ [°]	C <sub>u</sub> [KPa]	E MPa
0.0*	-3.7	LSA	19	20	25	25	10
-3.7	-10.1	GSL	19	0	34	-	20
-10.1	-32.5	A(1)	19	30	25	150	50
-32.5	-50	A(2)	19	30	25	200	50

\*quota da testa palo (Testa pali -2.5 m da p.c)

Falda: -3.0m da p.c.

*Tabella 5-1 Stratigrafia e parametri geotecnici Spalla 1(SP1)*

### Spalla 2 (SP2)

Da [m]	a [m]	Formazione [-]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	c' [KPa]	$\phi$ [°]	C <sub>u</sub> [KPa]	E MPa
0.0*	-2.1	LSA	19	20	25	25	10
-2.1	-30	GSL	19	0	34	-	20

\*quota da testa palo (Testa pali -2.5 m da p.c)

Falda: -3.0m da p.c.

*Tabella 5-2 Stratigrafia e parametri geotecnici Spalla 2(SP2)*

### Pila 4 (P4)

Da [m]	a [m]	Formazione [-]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	c' [KPa]	$\phi$ [°]	C <sub>u</sub> [KPa]	E MPa
0.0*	-3.1	LSA	19	20	25	25	10
-3.1	-11.8	GSL	19	0	34	-	20
-11.8	-32.5	A(1)	19	30	25	150	50
-32.5	-50	A(2)	19	30	25	200	50

\*quota da testa palo (Testa pali -2.5 m da p.c)

Falda: -3.0m da p.c.

*Tabella 5-3 Stratigrafia e parametri geotecnici Pila4(P4)*

Pila 11 (P11)

Da [m]	a [m]	Formazione [-]	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [KPa]	$\phi$ [°]	$C_u$ [KPa]	E MPa
0.0*	-2.2	LSA	19	20	25	25	10
-2.2	-30	GSL	19	0	34	-	20

\*quota da testa palo (Testa pali -2.5 m da p.c)

Falda: -3.0m da p.c.

*Tabella 5-4 Stratigrafia e parametri geotecnici Pila11(P11)*

## 6 PALI DI FONDAZIONE - CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche contenute nel presente documento fanno riferimento a quanto descritto per i sistemi di fondazione nelle Norme tecniche delle costruzioni NTC2018 (Doc. Rif.[1]).

Le verifiche sono state condotte sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

### 6.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

In accordo a quanto stabilito nelle suddette norme sono svolte le seguenti verifiche di sicurezza:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU Condizioni statiche)
- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU Condizioni sismiche)

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif}[1])$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza.

Per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche, quest'ultima relativamente a verifiche strutturali.

La verifica della condizione ( $E_d \leq R_d$ ) deve essere effettuata impiegando le combinazioni di gruppi di coefficienti parziali.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione 6.2.1 del Doc. Rif[1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
- stabilità globale;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza dei pali;

- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabella 6-1 e Tabella 6-2 per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tabella 6-3 per le resistenze globali (v. Tabb 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I delle NTC18). Si fa presente che nel caso in esame, tale verifica può essere omessa in quanto la geometria del problema non rende possibili fenomeni di instabilità globale della fondazione.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18 (Doc. Rif.[1]).

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti G1	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.3	1.0
Permanenti G2 (*)	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.3

(\*)Per i carichi permanenti G2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I delle NTC18 Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tabella 6-1 Coefficienti parziali sulle azioni

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.0	1.0

Tabella 6-2 Coefficienti parziali sulle caratteristiche meccaniche dei terreni

VERIFICA	Coefficiente parziale	( $\gamma_R$ )
Punta	$\gamma_b$	1.35
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.15
Totale	$\gamma_t$	1.30
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.25

Tabella 6-3: Coefficienti parziali sulle resistenze per pali trivellati

Le verifiche di sicurezza in campo sismico devono contemplare le medesime verifiche definite in campo statico, in cui tuttavia i coefficienti sulle azioni sono posti pari ad uno (Par.7.11.1 del Doc. Rif [1]).

In condizioni sismiche le fondazioni su pali devono essere verificate per gli stati limite ultimi SLV.

Le verifiche a carico limite consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione 6.2.1 Doc. Rif [1] e con le prescrizioni di cui al § 7.11.1 delle NTC18 (Doc. Rif [1]).

## 6.2 RESISTENZA CARATTERISTICA ( $R_k$ ) DI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

La resistenza caratteristica ( $R_k$ ) del palo singolo è stata determinata da metodi di calcolo analitici a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Il valore caratteristico della resistenza a compressione e a trazione è ottenuto come:

$$R_k = \min \left\{ \frac{R_{MEDIA}}{\xi_3}; \frac{R_{MIN}}{\xi_4} \right\}$$

con:  $R_{MEDIA}$  e  $R_{MIN}$  le resistenze calcolate e i fattori di correlazione  $\xi$  in funzione del numero di verticali indagate.

Numero prove di indagine	1	2	3	4	5	7	≥10
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 6-4: Fattori di correlazione  $\xi$  (vedi tab. 6.4.IV NTC18)

La resistenza di progetto  $R_d$  si ottiene applicando alla resistenza caratteristica  $R_k$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati Tabella 6-3.

In seguito la resistenza di progetto  $R_d$  viene confrontata con le azioni assiali, di compressione o di trazione, provenienti dall'analisi della fondazione di pali al variare delle combinazioni di carico.

La portata limite ( $Q_{LIM}$ ) del palo è stata calcolata con riferimento all'equazione:

$$Q_{LIM} = Q_{B,LIM} + Q_{L,LIM} = q_b \cdot A_B + \sum_i \pi \cdot D_{Si} \cdot \Delta H_i \cdot \tau_{LIM,i} \quad \text{compressione}$$

$$Q_{LIM} = W + Q_{L,LIM} = \gamma'_{cls} \left( \sum_i \Delta H_i \right) \cdot A_B + \sum_i \pi \cdot D_{Si} \cdot \Delta H_i \cdot \tau_{LIM,i} \quad \text{trazione}$$

con:

$Q_{B,LIM}$  = portata limite di base (nulla nel caso di verifiche a trazione);

$Q_{L,LIM}$  = portata limite laterale;

$W$  = peso proprio del palo;

$q_b$  = portata unitaria di base;

$\gamma'_{cls}$  = peso di volume sommerso del calcestruzzo armato

$A_B$  = area di base;

$D_{Si}$  = diametro del concio  $i^{mo}$  di palo;

$\Delta H_i$  = altezza del concio  $i^{mo}$  di micropalo della zona iniettata;

$\tau_{LIM,i}$  = attrito laterale unitario limite del concio  $i^{mo}$  di palo.

### 6.3 RESISTENZA CARATTERISTICA ( $R_{TR,d}$ ) DI PALI SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI

Per la determinazione del valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza di pali soggetti a carichi trasversali valgono le indicazioni del §6.4.3.1.1 delle NTC18, applicando il coefficiente parziale  $\gamma_T$  della Tabella 6-5.

VERIFICA	Coefficiente parziale	( $\gamma_T$ )
Carichi trasversali	$\gamma_T$	1.30

Tabella 6-5 Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

La resistenza alle azioni trasversali del palo è stata stimata con il metodo di Broms (Broms,1964). I possibili meccanismi di rottura per i pali impediti di ruotare in testa in terreni coesivi e incoerenti sono riportati in Figura 6-1. Il meccanismo di rottura reale è quello associato al carico limite minore.

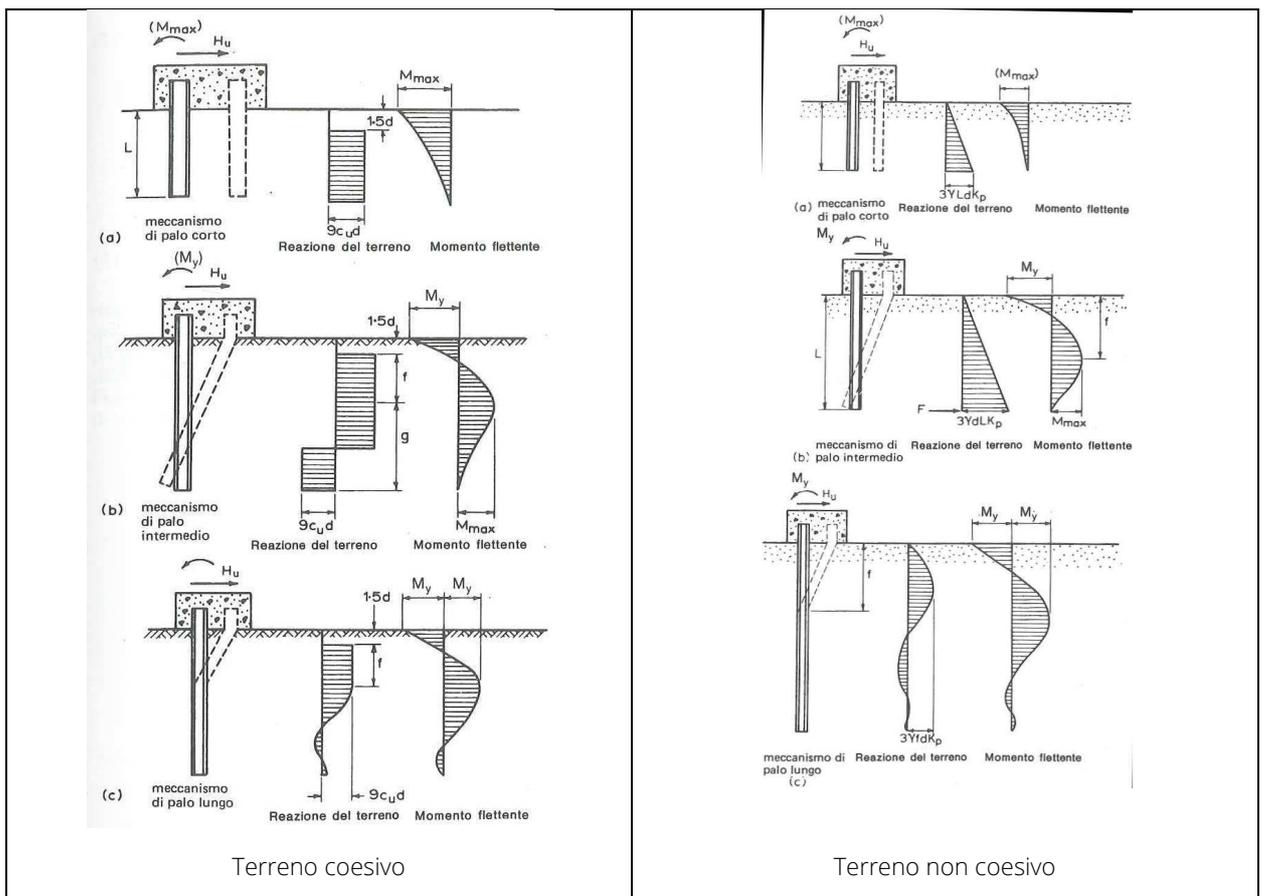


Figura 6-1: Meccanismo di rottura del palo soggetto a carichi orizzontali

## 7 AZIONI DI CALCOLO IN FONDAZIONE

Nel presente paragrafo sono riassunti i carichi di progetto in fondazione ottenute dalle analisi di calcolo strutturale, secondo le combinazioni prescritte dal D.M. 2018. Le sollecitazioni derivanti dalle analisi strutturali sono riportate nelle tabelle da 7-1 a 7-4. Il sistema di riferimento è riportato in Figura 7-1.

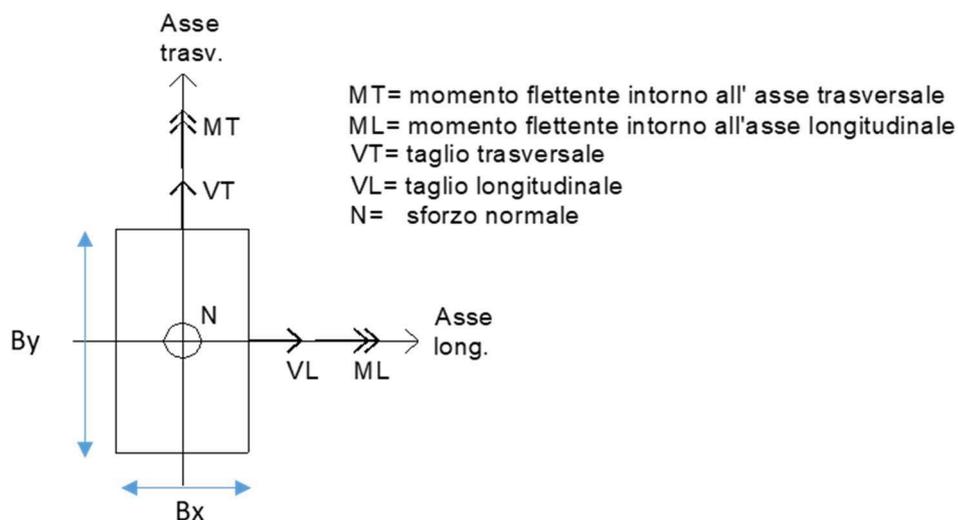


Figura 7-1 Sistema di riferimento calcolo strutturale

SPALLA 1					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	32437	7163	0	0	2417
2	34030	7250	101	3726	4606
3	33807	7250	101	4373	4405
4	35650	8782	101	3726	8263
5	34030	7163	169	4313	3851
6	33807	7163	169	4960	3650
7	35030	7163	101	5511	4751
8	34680	7163	101	6597	4436
9	27664	5213	0	3429	-4129
10	27431	7163	101	5511	12116
11	26431	8782	101	3726	19759
SL 1	26540	14412	971	5505	48595
SL 2	21300	12243	971	5505	42905
ST1	26540	8431	3238	18349	15869
ST2	21300	6969	3238	18349	13907

Tabella 7-1 Azioni di calcolo Spalla1

SPALLA 2					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	29543	5639	0	0	-2025
2	31136	5726	101	3574	33
3	30913	5726	101	4221	-167
4	32756	7073	101	3574	1973
5	31136	5639	169	4060	-592
6	30913	5639	169	4707	-792
7	32136	5639	101	5359	308
8	31786	5639	101	6445	-6
9	25160	4104	0	3429	-6426
10	25287	5639	101	5359	6822
11	24287	7073	101	3574	12618
SL 1	24162	11578	831	4064	31644
SL 2	19391	9875	831	4064	28300
ST1	24162	6705	2768	13546	8243
ST2	19391	5556	2768	13546	7487

Tabella 7-2: Azioni di calcolo Spalla2

PILA 4					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SLU-G1	20117	0	0	0	0
SLU-E4	20117	0	297	5639	0
SLU-Q5 (+)	22682	0	496	13302	0
SLU-Q5 (-)	22682	0	-496	-5495	0
SLU -Q3	22682	87	297	9542	1015
SLU -Q4	20165	0	297	9542	0
SLU-Q1 Nmax	25112	0	297	12917	0
SLU-Q1 Max	23563	0	297	15574	0
SLU-Q5 (+)	21968	0	496	14578	0
SLU-Q5 (-)	21968	0	-496	-4220	0
SLU -Q3	21968	87	297	10818	1015
SLU -Q4	21968	0	297	10818	0
SLU-Q5 (+)	18114	0	-496	-1313	0
SLU-Q5 (+)	15129	0	496	13302	0
SLU-Q5 (-)	15129	0	-496	-5495	0



PILA 4					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SLV-V	13438	-234	249	3415	-2735

Tabella 7-3: Azioni di calcolo Pila4

PILA 11					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SLU-G1	20615	0	0	0	0
SLU-E4	20615	0	264	3876	0
SLU-Q5 (+)	23009	0	440	13062	0
SLU-Q5 (-)	23009	0	-440	142	0
SLU -Q3	23009	87	264	10478	642
SLU -Q4	20557	0	307	10908	0
SLU-Q1 Nmax	25183	0	264	15391	0
SLU-Q1 Max	23828	0	264	18777	0
SLU-Q5 (+)	22373	0	440	14462	0
SLU-Q5 (-)	22373	0	-440	1541	0
SLU -Q3	22373	87	264	11878	642
SLU -Q4	22373	0	264	11878	0
SLU-Q5 (+)	18269	0	-440	6334	0
SLU-Q5 (+)	15587	0	440	13062	0
SLU-Q5 (-)	15587	0	-440	142	0
SLU -Q3	18269	87	264	16671	642
SLU -Q3	15587	87	264	10478	642
SLU -Q4	15587	0	307	10908	0
SLU -Q4	13193	0	307	4306	0
SLU-Q1 Nmax	17761	0	264	15391	0
SLU-Q1 Max	16406	0	264	18777	0
SLU-Q5 (+)	14950	0	440	14462	0
SLU-Q5 (-)	14950	0	-440	1541	0
SLU -Q3	14950	87	264	11878	642
SLU -Q4	14950	0	264	11878	0
SLV-L+	15432	679	204	1918	5025
SLV-L	14694	679	204	1918	5025
SLV-L	15432	679	-204	-1918	5025
SLV-L	14694	679	-204	-1918	5025

PILA 11					
COMBINAZIONE	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SLV-L	14694	-679	-204	-1918	-5025
SLV-L	15432	-679	204	1918	-5025
SLV-L	15432	-679	-204	-1918	-5025
SLV-L	14694	-679	204	1918	-5025
SLV-T	15432	204	680	6392	1507
SLV-T	14694	-204	680	6392	-1507
SLV-T	14694	204	680	6392	1507
SLV-T	15432	-204	680	6392	-1507
SLV-T	15432	204	-680	-6392	1507
SLV-T	14694	-204	-680	-6392	-1507
SLV-T	14694	204	-680	-6392	1507
SLV-T	15432	-204	-680	-6392	-1507
SLV-V	16293	204	204	1918	1507
SLV-V	16293	-204	-204	-1918	-1507
SLV-V	16293	204	-204	-1918	1507
SLV-V	16293	-204	204	1918	-1507
SLV-V	13833	204	204	1918	1507
SLV-V	13833	-204	-204	-1918	-1507
SLV-V	13833	204	-204	-1918	1507
SLV-V	13833	-204	204	1918	-1507

Tabella 7-4: Azioni di calcolo Pila11

Le azioni di calcolo sui pali sono ottenute sulla base delle sollecitazioni ad intradosso plinto. Alle azioni derivanti dalle sovrastrutture si aggiunge il momento d'incastro che nasce dalla condizione di vincolo tra plinto e testa palo che ne impedisce la rotazione.

La ripartizione è effettuata come segue:

- Forze verticali: la forza verticale agente su ciascun palo è determinata considerando una ripartizione rigida ad opera della platea di fondazione, si suppone quindi che una forza verticale si traduca in azioni assiali di compressione;
- Forze longitudinali e/o trasversali: si traducono in azioni taglianti alla testa dei pali.

Per maggior chiarezza viene riportato il criterio di calcolo applicato per risalire al massimo sforzo sul singolo palo (v.anche Figura 7-2):

$$Q_i = \frac{N}{n} + \frac{N e_x}{\sum_1^n x_i^2} x_i + \frac{N e_y}{\sum_1^n y_i^2} y_i$$

$$H_{long,i} = \frac{V_L}{n}$$

$$H_{trasv,i} = \frac{V_T}{n}$$

Dove:

$Q_i$  è il carico assiale sul singolo palo;

$N$  è il carico verticale derivante dalle analisi strutturali;

$e_x$  ed  $e_y$  rappresentano rispettivamente l'eccentricità del carico in direzione  $x$  ed  $y$ ;

$n$  è il numero complessivo di pali;

$V_L$  e  $V_T$  sono rispettivamente le azioni orizzontali in direzione longitudinale e trasversale.

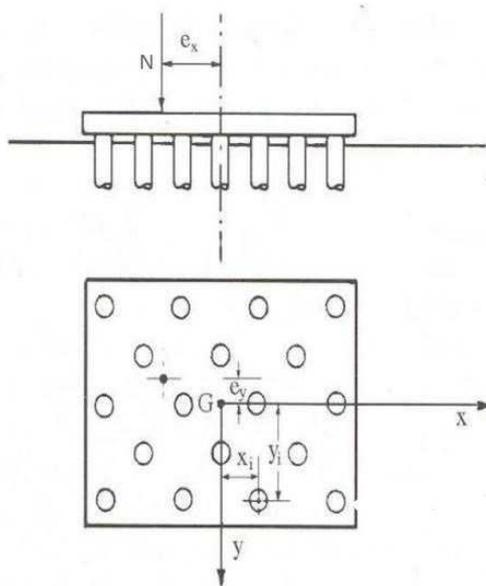


Figura 7-2. Schema di una palificata

Nella Tabella 7-5 sono riportate le azioni sul singolo palo utilizzate per il dimensionamento geotecnico della fondazione.  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  e  $T_{max}$  rappresentano, nell'ordine, l'azione assiale massima, l'azione assiale minima (se negativa di trazione) e l'azione massima orizzontale agente sul singolo palo.

Le azioni assiali massime e minime e quelle orizzontali devono essere confrontate con i valori delle resistenze riportati al paragrafo delle verifiche (par. 8).

Per le verifiche strutturali del palo si rimanda alla relazione di calcolo strutturale allegata al progetto.

Elemento	Combinazione	N <sub>pmax</sub> kN	N <sub>pmin</sub> kN	T <sub>pmax</sub> kN
SP1	4-STA (Nmax e Tmax)	3681	1073	586
	12-SL1 (SIS:Nmax/min e Tmax)	4930	-1394	963
SP2	4-STA (Nmax e Tmax)	3203	1165	472
	12-SL1 (Nmax sis e Tmax)	4091	-869	774
	13-SL2 (Nmin sis)	3465	-880	661
Pila 4	7-SLU-Q1 (Mmax)	2561	1625	25
	26-SLV-L+	1901	606	68
Pila 11	7-SLU-Q1 (Mmax)	2645	1552	22
	26-SLV-L+	1692	880	59

*Tabella 7-5: Azioni di calcolo singolo palo*

## 8 RISULTATI DELLE VERIFICHE

### 8.1 VERIFICHE A CARICO VERTICALE

Di seguito si riportano le schede di verifica per le Spalle e la Pila più caricata del Cavalcaferrovia Frizzone.

Tutte le verifiche sono soddisfatte essendo sempre rispettata la seguente diseuguaglianza  $E_d < R_d$ , con  $E_d$  ed  $R_d$  rispettivamente sollecitazione e resistenze di calcolo.

In tabella una sintesi dei risultati per le verifiche sotto carichi verticali.

Elemento	Combinazione	$E_d$ kN	$R_d$ kN	Stato Verifica
SP1	4-STA (Nmax e Tmax)	3681	5195	Soddisfatta
	12-SL1 (SIS:Nmax/min e Tmax)	4930	4939	Soddisfatta
	12-SL1 (SIS:Nmax/min e Tmax)	-1394	3396	Soddisfatta
SP2	4-STA (Nmax e Tmax)	3203	4340	Soddisfatta
	12-SL1 (Nmax sis e Tmax)	4091	4344	Soddisfatta
	13-SL2 (Nmin sis)	-880	2172	Soddisfatta
Pila 4	7-SLU-Q1 (Mmax)	2651	2885	Soddisfatta
	26-SLV-L+ (Nmax e Tmax)	1901	2763	Soddisfatta
Pila 11	7-SLU-Q1 (Mmax)	2645	3132	Soddisfatta
	26-SLV-L+	1692	3135	Soddisfatta

Tabella 8-1: Risultato delle verifiche

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

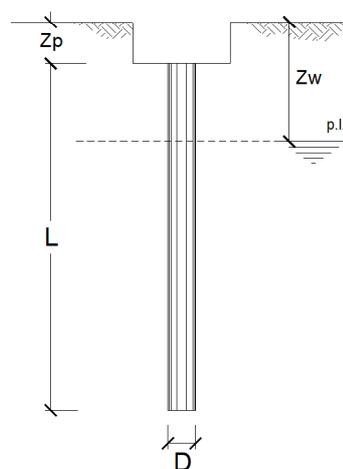
**Analisi:** CONDIZIONI STATICHE

**OPERA:** SPALLA1\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 3681 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 4  Lpalo = 36.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s</sub> traz
			γ <sub>G</sub>	γ <sub>Q</sub>			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>med</sub> (kPa)	φ <sub>med</sub> (°)	C <sub>u med</sub> (kPa)
1	3.70	LSA	19.00	20.0	25.0	
2	6.40	GSL	19.00		34.0	
3	22.40	A	19.00	30.0	25.0	
4	3.50	A	19.00	30.0	25.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.58	0.47		0.70
0.44	0.67		
0.58	0.47		0.40
0.58	0.47		0.40

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	
1	3.70	LSA	258.4					258.4					
2	6.40	GSL	822.1					822.1					
3	22.40	A	5552.1					5552.1					
4	3.50	A	1281.6	5.42	9.49	2326.8	2631.5	1281.6	5.42	9.49	2326.8	2631.5	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = 3681.0 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal med} = 2631.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 7914.2 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 10545.8 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal min} = 2631.5 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 7914.2 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 10545.8 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 1548.0 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 4655.4 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 6203.4 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 5194.8 \text{ (kN)}$$

**VERIFICA**

$$R_{c,d} = 5195 \text{ (kN)}$$

$$E_d = 3681 \text{ (kN)}$$

R<sub>c,d</sub> > E<sub>d</sub> Verifica Soddisfatta

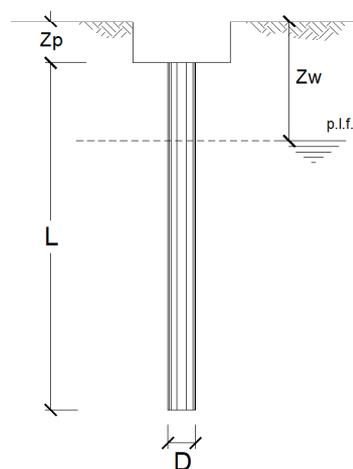
**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE **OPERA:** SPALLA1\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 4930 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 4  $\frac{\Delta}{\square}$  Lpalo = 36.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$	
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$				
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'_{med}$ (kPa)	$\phi'_{med}$ (°)	$c_{u\text{ med}}$ (kPa)
1	3.70	LSA	19.00	20.0		25.0
2	6.40	GSL	19.00		34.0	
3	22.40	A	19.00			150.0
4	3.50	A	19.00			200.0

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		
0.00	0.00		0.40
0.00	0.00		0.40

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q <sub>s</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>s</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	
1	3.70	LSA	244.1					244.1					
2	6.40	GSL	850.8					850.8					
3	22.40	A	5066.8					5066.8					
4	3.50	A	1055.6	0.00	9.00	2531.5	2863.1	1055.6	0.00	9.00	2531.5	2863.1	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$   
 $N_d = 4930.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal\ med} = 2863.1 \text{ (kN)}$   
laterale  $R_{s,cal\ med} = 7217.2 \text{ (kN)}$   
totale  $R_{c,cal\ med} = 10080.3 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal\ min} = 2863.1 \text{ (kN)}$   
laterale  $R_{s,cal\ min} = 7217.2 \text{ (kN)}$   
totale  $R_{c,cal\ min} = 10080.3 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 1684.2 \text{ (kN)}$   
 $R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 4245.4 \text{ (kN)}$   
 $R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 5929.6 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$   
 $R_{c,d} = 4939.2 \text{ (kN)}$

**VERIFICA**

$R_{c,d} = 4939 \text{ (kN)}$   
 $E_d = 4930 \text{ (kN)}$   
 $R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

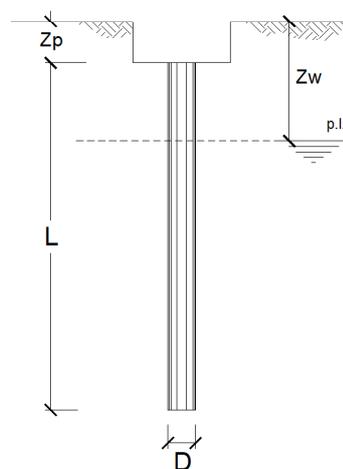
**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE (trazione) **OPERA:** SPALLA1\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): -1394 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 4  Lpalo = 36.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s traz</sub>	
			γ <sub>G</sub>	γ <sub>Q</sub>				
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c <sub>med</sub> (kPa)	φ <sub>med</sub> (°)	c <sub>u med</sub> (kPa)
1	3.70	LSA	19.00	20.0		25.0
2	6.40	GSL	19.00		34.0	
3	22.40	A	19.00			150.0
4	3.50	A	19.00			200.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		
0.00	0.00		0.40
0.00	0.00		0.40

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q <sub>s</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>s</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	
1	3.70	LSA	244.1					244.1					
2	6.40	GSL	850.8					850.8					
3	22.40	A	5066.8					5066.8					
4	3.50	A	1055.6	0.00	9.00	2531.5	2863.1	1055.6	0.00	9.00	2531.5	2863.1	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$   
 $N_d = -1394.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal med} = .0 \text{ (kN)}$   
laterale  $R_{s,cal med} = 7217.2 \text{ (kN)}$   
totale  $R_{c,cal med} = 7217.2 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal min} = .0 \text{ (kN)}$   
laterale  $R_{s,cal min} = 7217.2 \text{ (kN)}$   
totale  $R_{c,cal min} = 7217.2 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = .0 \text{ (kN)}$   
 $R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 4245.4 \text{ (kN)}$   
 $R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 4245.4 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$   
 $R_{c,d} = 3396.4 \text{ (kN)}$

**VERIFICA**

$R_{c,d} = 3396 \text{ (kN)}$   
 $E_d = -1394 \text{ (kN)}$   
 $R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

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

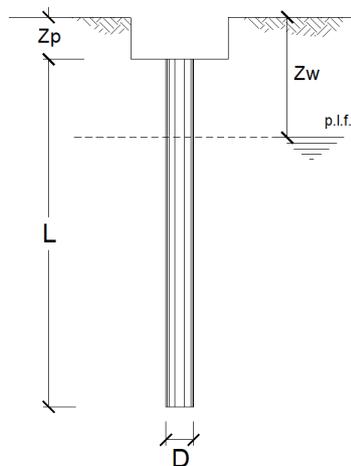
**Analisi:** CONDIZIONI STATICHE

**OPERA:** SPALLA2\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 3203 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 2  $\frac{\Delta}{\Delta}$  Lpalo = 25.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>med</sub> (kPa)	$\phi$ <sub>med</sub> (°)	C <sub>u</sub> <sub>med</sub> (kPa)
1	2.10	LSA	19.00	20.0	25.0	
2	22.90	GSL	19.00		34.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
0.58	0.47		
0.44	0.67		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	
1	2.10	LSA	130.8					130.8					
2	22.90	GSL	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = 3203.0 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal \text{ med}} = 4550.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ med}} = 4608.7 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ med}} = 9159.1 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal \text{ min}} = 4550.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal \text{ min}} = 4608.7 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal \text{ min}} = 9159.1 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = 2676.7 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 2711.0 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 5387.7 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 4340.1 \text{ (kN)}$$

**VERIFICA**

$$R_{c,d} = 4340 \text{ (kN)}$$

$$E_d = 3203 \text{ (kN)}$$

$R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

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

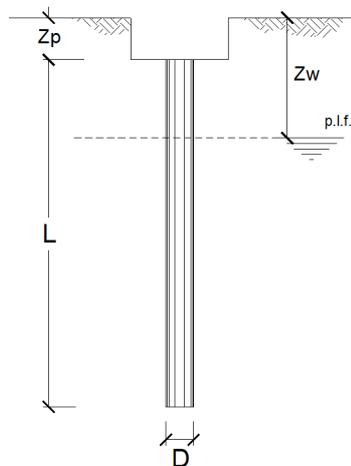
**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE

**OPERA:** SPALLA2\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 4091 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 2  $\frac{1}{2}$  Lpalo = 25.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_{med}$ (kPa)	$\varphi_{med}$ (°)	$C_{u,med}$ (kPa)
1	2.10	LSA	19.00	0.0		25.0
2	22.90	GSL	19.00		34.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	2.10	LSA	138.5					138.5				
2	22.90	GSL	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = 4091.0 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal med} = 4550.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 9166.9 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal min} = 4550.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 9166.9 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 2676.7 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 2715.6 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 5392.3 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 4344.1 \text{ (kN)}$$

**VERIFICA**

$$R_{c,d} = 4344 \text{ (kN)}$$

$$E_d = 4091 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,d} > E_d \quad \text{Verifica Soddisfatta}$$

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

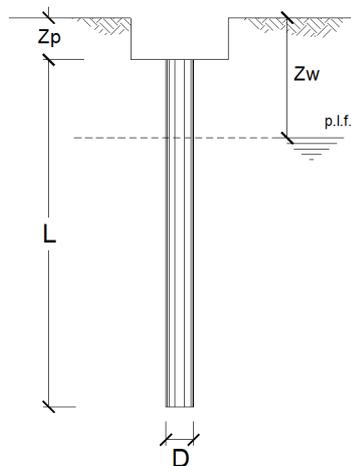
**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE (trazione)

**OPERA:** SPALLA2\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.20 (m) Area del Palo (Ap): 1.131 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): -880 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 2  $\frac{\Delta}{\nabla}$  Lpalo = 25.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_{med}$ (kPa)	$\varphi_{med}$ (°)	$C_{u,med}$ (kPa)
1	2.10	LSA	19.00	0.0		25.0
2	22.90	GSL	19.00		34.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)	Qsi (kN)	Nq (-)	Nc (-)	qb (kPa)	Qbm (kN)
1	2.10	LSA	138.5					138.5				
2	22.90	GSL	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4	4477.9	14.50	0.00	4023.5	4550.4

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = -880.0 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal med} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal min} = .0 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 4616.4 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = .0 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 2715.6 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 2715.6 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 2172.4 \text{ (kN)}$$

**VERIFICA**

$$R_{c,d} = 2172 \text{ (kN)}$$

$$E_d = -880 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,d} > E_d \quad \text{Verifica Soddisfatta}$$

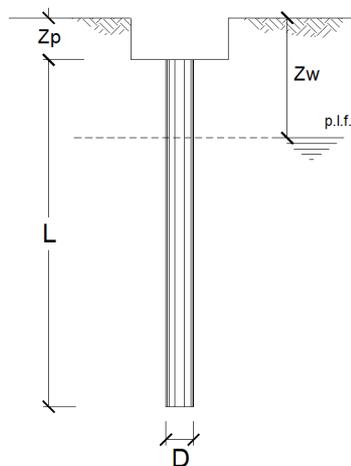
**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

**Analisi:** CONDIZIONI STATICHE **OPERA:** Pila4\_V104- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.00 (m) Area del Palo (Ap): 0.785 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 2561 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 3 Lpalo = 28.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s traz</sub>
			γ <sub>G</sub>	γ <sub>Q</sub>			
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	○	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c' med (kPa)	φ' med (°)	c <sub>u</sub> med (kPa)
1	3.10	LSA	19.00	20.0	25.0	
2	11.80	GSL	19.00		34.0	
3	13.10	A	19.00	30.0	25.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.58	0.47		
0.44	0.67		
0.58	0.47		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media				minima (solo SLU)					
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	3.10	LSA	173.2					173.2				
2	11.80	GSL	1471.5					1471.5				
3	13.10	A	2720.8	5.34	9.32	1906.7	1497.5	2720.8	5.34	9.32	1906.7	1497.5

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$

$N_d = 2561.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal \text{ med}} = 1497.5 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ med}} = 4365.4 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ med}} = 5863.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal \text{ min}} = 1497.5 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ min}} = 4365.4 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ min}} = 5863.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = 880.9 \text{ (kN)}$

$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 2567.9 \text{ (kN)}$

$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3448.8 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$

$R_{c,d} = 2885.5 \text{ (kN)}$

**VERIFICA**

$R_{c,d} = 2885 \text{ (kN)}$

$E_d = 2561 \text{ (kN)}$

$R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

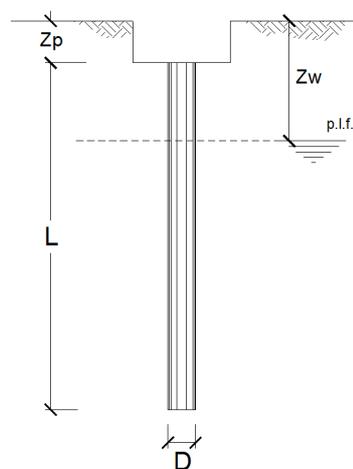
**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE **OPERA:** Pila4\_V104- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.00 (m) Area del Palo (Ap): 0.785 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 1901 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 3  Lpalo = 28.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base			
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ <sub>b</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>s traz</sub>	
			γ <sub>G</sub>	γ <sub>Q</sub>				
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25	
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25	
DM88			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
ξ <sub>3</sub>	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ <sub>4</sub>	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m <sup>3</sup> )	c' med (kPa)	φ' med (°)	c <sub>u</sub> med (kPa)
1	3.10	LSA	19.00			25.0
2	11.80	GSL	19.00		34.0	
3	13.10	A	19.00			150.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		
0.00	0.00		0.40

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)					
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	
1	3.10	LSA	170.4					170.4					
2	11.80	GSL	1471.5					1471.5					
3	13.10	A	2469.3	0.00	9.00	1929.5	1515.4	2469.3	0.00	9.00	1929.5	1515.4	

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$

$N_d = 1901.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal \text{ med}} = 1515.4 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ med}} = 4111.2 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ med}} = 5626.6 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal \text{ min}} = 1515.4 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ min}} = 4111.2 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ min}} = 5626.6 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = 891.4 \text{ (kN)}$

$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 2418.3 \text{ (kN)}$

$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3309.8 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$

$R_{c,d} = 2763.2 \text{ (kN)}$

**VERIFICA**

$R_{c,d} = 2763 \text{ (kN)}$

$E_d = 1901 \text{ (kN)}$

$R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

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

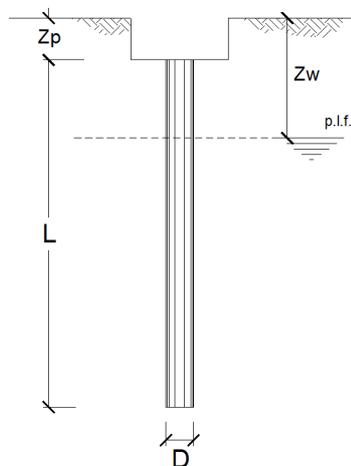
**Analisi:** CONDIZIONI STATICHE

**OPERA:** Pila11\_VI04- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.00 (m) Area del Palo (Ap): 0.785 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 2645 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 2  $\frac{\Delta}{\square}$  Lpalo = 24.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>med</sub> (kPa)	$\varphi$ <sub>med</sub> (°)	C <sub>u</sub> <sub>med</sub> (kPa)
1	2.20	LSA	19.00	20.0	25.0	
2	21.80	GSL	19.00		34.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
0.58	0.47		
0.44	0.67		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	2.20	LSA	115.1					115.1				
2	21.80	GSL	3469.9	14.13	0.00	3792.9	2978.9	3469.9	14.13	0.00	3792.9	2978.9

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$

$N_d = 2645.0 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

base  $R_{b,cal \text{ med}} = 2978.9 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ med}} = 3584.9 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ med}} = 6563.8 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

base  $R_{b,cal \text{ min}} = 2978.9 \text{ (kN)}$

laterale  $R_{s,cal \text{ min}} = 3584.9 \text{ (kN)}$

totale  $R_{c,cal \text{ min}} = 6563.8 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{b,cal \text{ min}}/\xi_4) = 1752.3 \text{ (kN)}$

$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal \text{ med}}/\xi_3 ; R_{s,cal \text{ min}}/\xi_4) = 2108.8 \text{ (kN)}$

$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3861.1 \text{ (kN)}$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$

$R_{c,d} = 3131.7 \text{ (kN)}$

**VERIFICA**

$R_{c,d} = 3132 \text{ (kN)}$

$E_d = 2645 \text{ (kN)}$

$R_{c,d} > E_d$  Verifica Soddisfatta

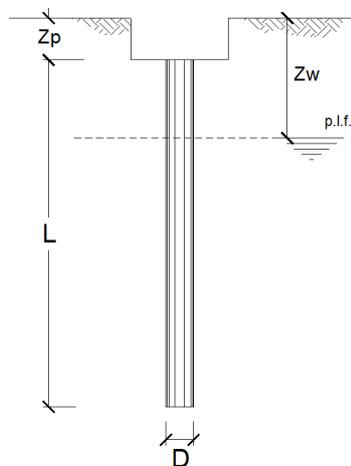
**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO**

**Analisi:** CONDIZIONI SISMICHE **OPERA:** Pila11\_V104- Cavalcaferrovia Frizzone

**DATI DI INPUT:**

Diametro del Palo (D): 1.00 (m) Area del Palo (Ap): 0.785 (m<sup>2</sup>)  
Quota testa Palo dal p.c. (z<sub>p</sub>): 2.50 (m) Quota falda dal p.c. (z<sub>w</sub>): 3.00 (m)  
Carico Assiale Permanente (G): 1692 (kN) Carico Assiale variabile (Q): (kN)  
Numero di strati 2  $\frac{\Delta}{\square}$  Lpalo = 24.00 (m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{s\text{traz}}$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$			
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

**PARAMETRI MEDI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C <sub>med</sub> (kPa)	$\phi$ <sub>med</sub> (°)	C <sub>u med</sub> (kPa)
1	2.20	LSA	19.00			25.0
2	21.80	GSL	19.00		34.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	$\mu$	a	$\alpha$
0.00	0.00		0.70
0.44	0.67		

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

**RISULTATI**

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)	Q <sub>si</sub> (kN)	N <sub>q</sub> (-)	N <sub>c</sub> (-)	q <sub>b</sub> (kPa)	Q <sub>bm</sub> (kN)
1	2.20	LSA	121.0					121.0				
2	21.80	GSL	3469.9	14.13	0.00	3792.9	2978.9	3469.9	14.13	0.00	3792.9	2978.9

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$$

$$N_d = 1692.0 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

$$\text{base } R_{b,cal med} = 2978.9 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal med} = 3590.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal med} = 6569.7 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE MINIMA**

$$\text{base } R_{b,cal min} = 2978.9 \text{ (kN)}$$

$$\text{laterale } R_{s,cal min} = 3590.8 \text{ (kN)}$$

$$\text{totale } R_{c,cal min} = 6569.7 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA**

$$R_{b,k} = \text{Min}(R_{b,cal med}/\xi_3 ; R_{b,cal min}/\xi_4) = 1752.3 \text{ (kN)}$$

$$R_{s,k} = \text{Min}(R_{s,cal med}/\xi_3 ; R_{s,cal min}/\xi_4) = 2112.2 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3864.5 \text{ (kN)}$$

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$$

$$R_{c,d} = 3134.7 \text{ (kN)}$$

**VERIFICA**

$$R_{c,d} = 3135 \text{ (kN)}$$

$$E_d = 1692 \text{ (kN)}$$

$$R_{c,d} > E_d \quad \text{Verifica Soddisfatta}$$

## 8.2 VERIFICHE A CARICO ORIZZONTALE

Di seguito si riportano le schede di verifica per le sollecitazioni orizzontali delle Spalle e della Pila più caricata del Cavalcaferrovia Frizzone.

Tutte le verifiche sono soddisfatte essendo sempre rispettata la seguente disequaglianza  $E_d < R_d$ , con  $H_d$  ed  $R_d$  rispettivamente sollecitazione e resistenze di calcolo.

Le verifiche a carico orizzontale sono state svolte con il metodo di Broms. Per l'armatura dei pali è stata considerata un'incidenza media di circa 150 kg/mc per i pali  $\phi 1200$  mm e 127 kg/mc per i pali  $\phi 1000$  mm.

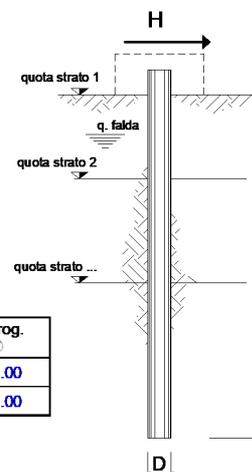
In tabella una sintesi dei risultati per le verifiche sotto carichi orizzontali.

Elemento	Combinazione	$E_d$ kN	$R_d$ kN	Stato Verifica
SP1	4-STA (Nmax e Tmax)	586	833	Soddistatta
	12-SL1 (SIS:Nmax/min e Tmax)	963	993	Soddistatta
SP2	4-STA (Nmax e Tmax)	472	878	Soddistatta
	12-SL1 (Nmax sis e Tmax)	774	793	Soddistatta
Pila 4	7-SLU-Q1 (Mmax)	25	490	Soddistatta
	26-SLV-L+ (Nmax e Tmax)	68	438	Soddistatta
Pila 11	7-SLU-Q1 (Mmax)	22	508	Soddistatta
	26-SLV-L+	59	460	Soddistatta

Tabella 8-2: Risultato delle verifiche

opera **SP1\_Cavalcaferrovia Frizzone (condizioni statiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	96.30	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	A(1)	89.90	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input type="checkbox"/> strato 4	A(2)	67.50	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.20** (m)  
 Lunghezza del palo L **36.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **3195.65** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

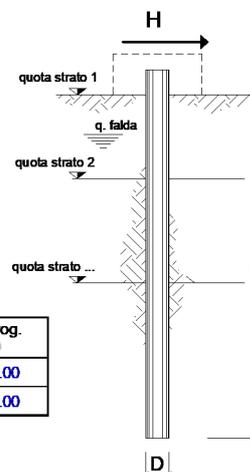
palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1842.0	(kN)	1842.0	(kN)
Palo intermedio	17639.7	(kN)	17639.7	(kN)
Palo corto	62240.9	(kN)	62240.9	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>1842.0</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>1842.0</b> <b>(kN)</b>
	<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>		1083.51	(kN)
	<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>		833.47	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	586	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
	<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>	<b>586.00</b>	<b>(kN)</b>	
	<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>	<b>1.42</b>		

opera **SP1\_Cavalcaferrovia Frizzone (condizioni sismiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\psi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\phi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10		1.00	25		1.00	25
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	96.30	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	A(1)	89.90	19	10		1.00	150		1.00	150
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	A(2)	67.50	19	10		1.00	200		1.00	200
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.20** (m)  
 Lunghezza del palo L **36.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **4835.75** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

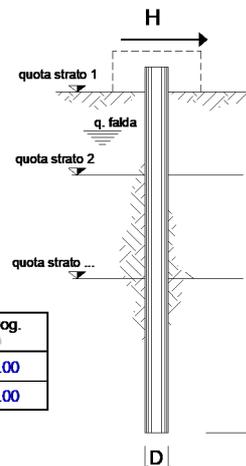
- palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2195.3	(kN)	2195.3	(kN)
Palo intermedio	16759.8	(kN)	16759.8	(kN)
Palo corto	50720.4	(kN)	50720.4	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>2195.3</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>2195.3 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			1291.38	(kN)
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			<b>993.37</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	963	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>963.00</b>	<b>(kN)</b>	
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>1.03</b>		

opera **SP2\_Cavalferrovia Frizzone (condizioni statiche)**

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\phi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
S	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\phi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	97.90	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.20** (m)  
 Lunghezza del palo L **25.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **3195.65** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

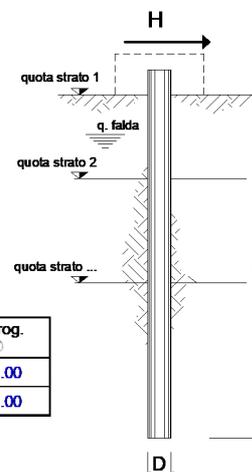
palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

	<b>H medio</b>		<b>H minimo</b>	
Palo lungo	1940.4 (kN)		1940.4 (kN)	
Palo intermedio	11524.4 (kN)		11524.4 (kN)	
Palo corto	42459.7 (kN)		42459.7 (kN)	
	<b>H<sub>med</sub> 1940.4 (kN)</b>	<b>Palo lungo</b>	<b>H<sub>min</sub> 1940.4 (kN)</b>	<b>Palo lungo</b>
	<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>		<b>1141.40 (kN)</b>	
	<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>·γ<sub>T</sub></b>		<b>878.00 (kN)</b>	
Carico Assiale Permanente (G):	G =		<b>472 (kN)</b>	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		<b>0 (kN)</b>	
	<b>F<sub>d</sub> = G·γ<sub>G</sub> + Q·γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>472.00 (kN)</b>	
	<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>1.86</b>	

opera **SP2\_Cavalferrovia Frizzone (condizioni sismiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo		A		M		R	
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$	
S.U.	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10		1.00	25		1.00	25
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	97.90	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.20** (m)  
 Lunghezza del palo L **25.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **3195.65** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

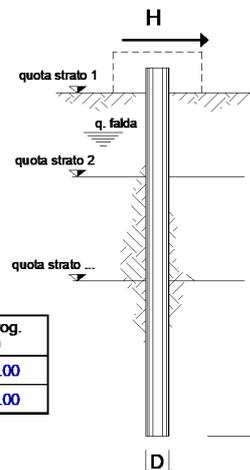
- palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctr+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1753.4	(kN)	1753.4	(kN)
Palo intermedio	11284.8	(kN)	11284.8	(kN)
Palo corto	42220.1	(kN)	42220.1	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>1753.4</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>1753.4 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			1031.39	(kN)
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			793.37	(kN)
Carico Assiale Permanente (G):	G =	774	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>774.00</b>	<b>(kN)</b>	
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>1.03</b>		

opera **P4\_Cavalcaferrovia Frizzone (condizioni statiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\psi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\phi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	96.90	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	A(1)	85.10	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	A(2)	67.50	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.00** (m)  
 Lunghezza del palo L **28.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **1548.56** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

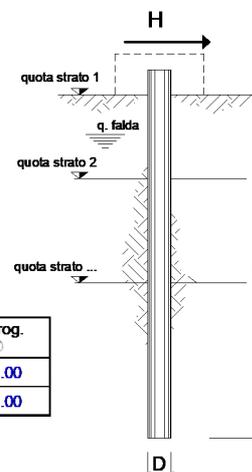
palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctr+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1083.7	(kN)	1083.7	(kN)
Palo intermedio	10366.9	(kN)	10366.9	(kN)
Palo corto	34566.3	(kN)	34566.3	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>1083.7</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>1083.7 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			<b>637.47</b>	<b>(kN)</b>
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			<b>490.36</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	<b>25</b>		<b>(kN)</b>
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	<b>0</b>		<b>(kN)</b>
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>			<b>25.00</b>	<b>(kN)</b>
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>			<b>19.61</b>	

opera **P4\_Cavalcaferrovia Frizzone (condizioni sismiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
S.U.	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10		1.00	25		1.00	25
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	96.90	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	A(1)	85.10	19	10		1.00	150		1.00	150
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	A(2)	67.50	19	10		1.00	200		1.00	200
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda	99	(m)
Diametro del palo D	1.00	(m)
Lunghezza del palo L	28.00	(m)
Momento di plasticizzazione palo My	1548.56	(kNm)
Step di calcolo	0.01	(m)

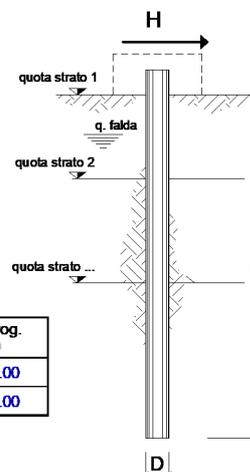
- palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(cfr+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	967.4	(kN)	967.4	(kN)
Palo intermedio	9532.0	(kN)	9532.0	(kN)
Palo corto	30443.5	(kN)	30443.5	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>967.4</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>967.4 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			569.05	(kN)
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			<b>437.73</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	68	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>68.00</b>	<b>(kN)</b>	
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>6.44</b>		

opera **P11\_Cavallerferrovia Frizzone (condizioni statiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo			A		M		R
			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{\varphi}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10	25	2.46		25	2.46	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	97.80	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.00** (m)  
 Lunghezza del palo L **24.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **1548.56** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

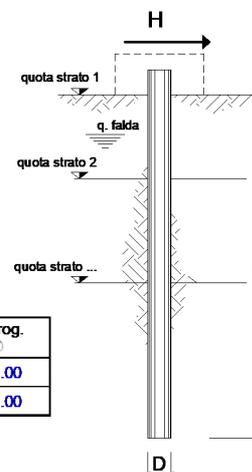
palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1121.8	(kN)	1121.8	(kN)
Palo intermedio	8845.1	(kN)	8845.1	(kN)
Palo corto	32678.0	(kN)	32678.0	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>1121.8</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>1121.8 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			<b>659.89</b>	<b>(kN)</b>
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			<b>507.61</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	<b>22</b>		<b>(kN)</b>
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	<b>0</b>		<b>(kN)</b>
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>			<b>22.00</b>	<b>(kN)</b>
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>			<b>23.07</b>	

opera **P11\_Cavallerferrovia Frizzone (condizioni sismiche)**

coefficienti parziali Metodo di calcolo		A		M		R	
		permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_\varphi$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$	
S.U.	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		⊕	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						$k_p$	$c_u$ (kPa)	$\varphi$ (°)	$k_p$	$c_u$ (kPa)
p.c.=strato 1	LSA	100.00	19	10		1.00	25		1.00	25
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	GSL	97.80	19	10	34	3.54		34	3.54	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda **99** (m)  
 Diametro del palo D **1.00** (m)  
 Lunghezza del palo L **24.00** (m)  
 Momento di plasticizzazione palo My **1548.56** (kNm)  
 Step di calcolo **0.01** (m)

palo impedito di ruotare  
 palo libero

**Calcolo**  
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	1016.4	(kN)	1016.4	(kN)
Palo intermedio	8712.9	(kN)	8712.9	(kN)
Palo corto	32545.7	(kN)	32545.7	(kN)
<b>H<sub>med</sub></b>	<b>1016.4</b>	<b>(kN)</b>	<b>H<sub>min</sub></b>	<b>1016.4 (kN)</b>
<b>H<sub>k</sub> = Min(H<sub>med</sub>/ξ<sub>3</sub> ; R<sub>min</sub>/ξ<sub>4</sub>)</b>			597.88	(kN)
<b>H<sub>d</sub> = H<sub>k</sub>γ<sub>T</sub></b>			<b>459.90</b>	<b>(kN)</b>
Carico Assiale Permanente (G):	G =	59	(kN)	
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
<b>F<sub>d</sub> = G · γ<sub>G</sub> + Q · γ<sub>Q</sub> =</b>		<b>59.00</b>	<b>(kN)</b>	
<b>FS = H<sub>d</sub> / F<sub>d</sub> =</b>		<b>7.79</b>		