

LAVORI DI RIPRISTINO DELLA CARREGGIATA DELLA STRADA
INTERCOMUNALE VODO-ZOPPE' FRANATA PARZIALMENTE
IN CORRISPONDENZA DEL FG. 16, MAPP. 340

STUDIO TECNICO
DOTT. GIANLUCA
MEZZACASA
INGEGNERE

COMMITTENTE:

COMUNE DI VODO DI CADORE

DOTT. ING. GIANLUCA MEZZACASA
VIA FADES, 38 - 32020 LA VALLE AG. (BL)

TELEFONO 333.5669906

E-MAIL: g.mezzacasa@libero.it

PEC: gianluca.mezzacasa@ingpec.eu

TITOLO ELABORATO:

Progetto Esecutivo
RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Rev.	Data	Descrizione	Red.	Ver.	App.	ELABORATO
00	12/18	consegna Progetto Esecutivo	GM	GM	GM	10
						SCALA
						DATA
						28/12/2018
File 10_Rel ...ioni.doc		Vodo di Cadore				

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Gianluca Mezzacasa

PREMESSE

La presente relazione viene redatta ai sensi del punto 6 delle NTC D.M. 14 gennaio 2008 (e succ. aggiornamenti) e circolare C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009 n. 617.

Il manufatto oggetto della presente relazione è un muro di sostegno dell'altezza pari a circa 3.00 m, con paramento di valle inclinato e spessore variabile da circa 80 cm alla base fino a 50 cm in testa; la fondazione del muro poggia su una fila di micropali verticali del diametro di 300 mm, armati con tubo in acciaio diam. 127 mm – sp 8, interasse 70 cm.

In sommità del muro viene eseguita una mensola di spessore 30 cm e larghezza 150 cm, per distribuire i carichi veicolari previsti; il muro è ancorato a monte mediante tiranti eseguiti con barre autoperforanti D 32 mm, ad interasse 2.00 m.

Dati di calcolo

L'area di intervento è nel Comune di Vodo di Cadore.

Sono stati definiti i seguenti parametri:

Dati Generali					
Località			Dati opera		
Indirizzo			Tipo opera		
Vodo di cadore			2 - Opere ordinarie		
Lat. Long. 46,415705 12,246008			Classe d'uso		
			Classe II		
			V. Nominale		
			50		
			V. Rif.		
			50		
Parametri sismici su sito di riferimento					
SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]	Zona simica
SLO	30,00	0,34	2,60	0,23	amax>0.075 Sismicità ordinaria
SLD	50,00	0,46	2,51	0,26	Categoria sottosuolo
SLV	475,00	1,21	2,50	0,36	A
SLC	975,00	1,57	2,55	0,37	Categoria topografica
					T4
Coefficienti sismici orizzontali e verticali					
Opera	Muri di sostegno (NTC 2018)	SL	amax [m/s ²]	β	khk [-]
		SLO	0,476	1,0	0,0485
		SLD	0,644	0,47	0,0309
		SLV	1,694	0,38	0,0656
		SLC	2,198	1,0	0,2241
					kvk [-]
					0,0243
					0,0154
					0,0328
					0,1121

Classe di esposizione:	XF2 (Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti)
Categoria di suolo	E

Vita Utile	50 anni (Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari)
Classe d'uso dell'opera:	II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali)
Categoria topografica	T4 (Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$)
Zona sismica	$a_{max} > 0.075$ Sismicit� ordinaria

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinch  la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d   il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d   il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B \cdot L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u = Coesione non drenata;

q = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c = Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$ per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastroformi

d_c = Fattore di profondit ;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

i_c = Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f = Area efficace della fondazione;

c_a = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

VESIC - Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi') \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u = Coesione non drenata;

q = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c = Fattore di forma, $s_c = 0$ per fondazioni nastriformi;

d_c = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

i_c = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

A_f = Area efficace della fondazione;

c_a = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

HANSEN- Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastriforme}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \cdot K$$

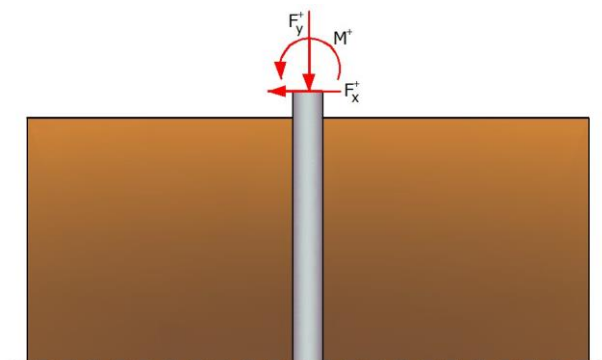
$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso.
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra.
- La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x .



Convenzione sui segni

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;

D Lunghezza del palo;

N_c e N_q Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare).

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α , β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo α , proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = \alpha \cdot c + q \cdot K \cdot \tan \delta$$

c Valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate;

q Pressione verticale del terreno;

K Coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + \tan^2 \varphi$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - \tan^2 \varphi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$\delta = \frac{3}{4} \cdot \tan\varphi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan\varphi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

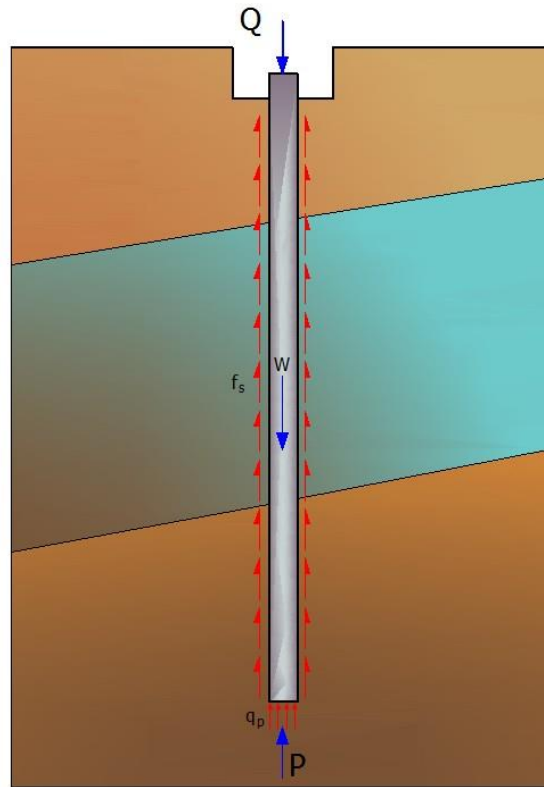
Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{reduct_coeff}} = 1 - k_h$$

Infine

- Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , φ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%.
- Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.



Schema delle aliquote di resistenza del carico limite

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo. Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = \left(\frac{\tau_j}{E} \right) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E Modulo elastico del terreno;
- B Diametro del palo;
- $I_{i,j}$ Coefficiente di influenza.

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree.

Dati generali

Zona	Vodo di cadore
Lat./Long. [WGS84]	46,415705/12,246008
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	300,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	30,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	30,0 cm
Lunghezza dei pali	300,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	40,0 cm
Interasse longitudinale	70,0 cm
Disposizione in pianta	Sfalsati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	0,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1,0
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,34	2,6	0,23
S.L.D.	50,0	0,46	2,51	0,26
S.L.V.	475,0	1,21	2,5	0,36

S.L.C.	975,0	1,57	2,55	0,37
--------	-------	------	------	------

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,476	1,0	0,0485	0,0243
S.L.D.	0,644	0,47	0,0309	0,0154
S.L.V.	1,694	0,38	0,0656	0,0328
S.L.C.	2,198	1,0	0,2241	0,1121

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terramuro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	300	37	18,00	40	8,00	27	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
2	600	34	26,00	30	250,00	20	No		Substrato roccioso

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1

	Riduzione resistenza	Parziale
--	----------------------	----------

A_Unitari+M1+RSLV

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R3 [GEO+STR]

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	26,0	214,0	30,0	20,0	250,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
200,0	0,75	-0,71	-0,26

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-206,4	0,0	24,91	0,0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	19,33	8,66	16,5
Carichi esterni	-12,96	454,72	-1086,7
Peso muro	2,32	47,81	-18,53
Peso fondazione	0,49	10,05	-4,0
Sovraccarico	0,01	0,13	-0,09
Terr. fondazione	0,03	0,7	-0,52
Spinte fondazione	-206,4	0,0	-51,41
	-197,19	522,07	-1144,74

Momento stabilizzante -1121,5 kNm
Momento ribaltante -23,24 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	6,45 kN
Forza verticale (P)	365,45 kN
Momento	-16,27 kNm

Dati palo

Lunghezza	300,0 cm
Diametro	30,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	300,0 cm
Peso unità di volume	26,0 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	250,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	85,72 cm
Cedimento del palo	0,11 cm
Spostamento in x	-0,03 cm
Rotazione in testa	-0,06 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2450,58 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	994,0 kN
Carico limite laterale (Qs)	264,26 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1258,27 kN
Peso palo (W)	530,14 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3,39

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
1,0	-206,4	0,12	0,19	50,0

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
81,0	6,5	9,46	-0,11	50,0

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	26,0	214,0	30,0	20,0	250,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
---	----	-----	-----

200,0 0,75 -0,71 -0,26

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-206,4	0,0	24,91	0,0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	14,21	6,59	11,74
Carichi esterni	-12,96	304,72	-738,7
Peso muro	2,32	47,81	-18,53
Peso fondazione	0,49	10,05	-4,0
Sovraccarico	0,0	0,09	-0,06
Terr. fondazione	0,03	0,54	-0,39
Spinte fondazione	-206,4	0,0	-51,41
	-202,32	369,79	-801,34

Momento stabilizzante -771,63 kNm

Momento ribaltante -29,71 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	2,86 kN
Forza verticale (P)	258,86 kN
Momento	-20,8 kNm

Dati palo

Lunghezza	300,0 cm
Diametro	30,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	300,0 cm
Peso unità di volume	26,0 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	250,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	85,72 cm
Cedimento del palo	0,08 cm
Spostamento in x	-0,06 cm
Rotazione in testa	-0,08 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2450,58 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	994,0 kN
Carico limite laterale (Qs)	264,26 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1258,27 kN
Peso palo (W)	530,14 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	4,77

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
1,0	-206,4	0,12	0,19	50,0

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);

Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
81,0	4,67	7,34	-0,09	50,0

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	26,0	214,0	30,0	20,0	250,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
200,0	0,75	-0,71	-0,26

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

1	50,0	0,0	-206,4	0,0	24,91	0,0
---	------	-----	--------	-----	-------	-----

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	16,71	7,8	13,75
Carichi esterni	-12,96	304,72	-738,7
Peso muro	3,48	47,81	-16,34
Peso fondazione	0,73	10,05	-3,94
Sovraccarico	0,01	0,09	-0,05
Terr. fondazione	0,04	0,54	-0,36
Spinte fondazione	-206,4	0,0	-51,41
	-198,39	371,01	-797,05

Momento stabilizzante -772,63 kNm
Momento ribaltante -24,42 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	5,6 kN
Forza verticale (P)	259,7 kN
Momento	-17,09 kNm

Dati palo

Lunghezza	300,0 cm
Diametro	30,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	300,0 cm
Peso unità di volume	26,0 KN/m ³
Angolo di attrito	30,0 °
Coesione	250,0 kPa
Modulo di elasticità	98066,55 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199,5 KN/m ³

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	85,72 cm
------------------	----------

Cedimento del palo	0,08 cm
Spostamento in x	-0,04 cm
Rotazione in testa	-0,06 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 2450,58 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	994,0 kN
Carico limite laterale (Qs)	264,26 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	1258,27 kN
Peso palo (W)	530,14 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	4,75

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
1,0	-206,4	0,12	0,19	50,0

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
81,0	5,43	8,55	-0,11	50,0

Il tecnico
Dott. Ing. Gianluca Mezzacasa

