

Palificata.
Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN
CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

Descrizione palificata: Palificata.
Metodo di verifica: Stati limite secondo NTC18
Unità di misura, ove non indicate espressamente: [cm],[daN],[daN*cm],[daN/cm2],[cm2]

La seguente tabella riassume schematicamente tutte le verifiche eseguite nei vari casi di calcolo definiti. Per ciascuna verifica è indicato il confronto tra resistenza di calcolo R_d ed azione di calcolo S_d , ed il relativo coefficiente di sicurezza f_s .

Tutti i Punti maglia (4), Tutti i casi (6), Tutti i sestetti (6)					
Caso	C.Port. [daN][f.s.]	Cedim. [mm]	R.Tras. [daN][f.s.]	Sp.Ori. [mm]	Acc.:sig.id. [daN/cm ²][f.s.]
1: SLU	PM2-S1 ↓26748/30436 = 0.88	---	PM1-S1 97303/978 = 99.45	---	PM2-S1 3381/6492.1 = 0.52
2: SLV Sism.	PM1-S1 ↓26748/24515 = 1.09	---	PM2-S1 97303/3769 = 25.82	---	PM2-S1 3381/10145.4 = 0.33
3: Rara	---	PM2-S1 0 (max -50)	---	PM1-S1 8 (max 50)	---
4: Freq	---	---	---	---	---
5: QPerm	---	PM1-S1 0 (max -40)	---	PM1-S1 6 (max 40)	---
6: SLD Sism.	PM1-S1 ↓26748/25054 = 1.07	---	---	---	---

C.Port. = Capacità portante | Cedim. = Cedimento | R.Tras. = Resistenza trasversale | Sp.Ori. = Spostamento orizzontale | Acc.:sig.id. = Acciaio: tensione ideale | --- = Verifica non prevista

Normativa di riferimento.

Sisma.

Azione sismica di progetto.

Per definire l'azione sismica di progetto, viene valutata in riferimento ai dati seguenti (accelerazione di picco, categorie di sottosuolo e condizioni topografiche. Longitudine: **11.841860**[°]. Latitudine: **43.451500**[°]. Vita nominale dell'opera: **50.0**[anni]. Classe d'uso: **II**. Categoria topografica: **T1**. Categoria di sottosuolo: **C**.

Gli stati limite ultimi sismici adottano i parametri seguenti. Stato limite: **SLV**. F_0 : **2.4263**. a_g : **1.5395** [m/s.²]. La deformazione dei materiali strutturali è limitata all'interno del campo elastico, al di fuori dalle potenziali zone dissipative.

Gli stati limite di esercizio sismici adottano i parametri seguenti. Stato limite: **SLD**. F_0 : **2.5265**. a_g : **0.6390** [m/s.²].

Verifica a liquefazione.

Si escludono verifiche a **liquefazione**, perchè il caso in esame rientra almeno in una delle quattro circostanze elencate nello specifico paragrafo [7.11.3.4.2].

Interazione cinematica.

Si trascura l'incremento di sollecitazioni lungo il palo, dovuto all'**interazione cinematica**, perchè il caso in esame non rientra tra quelli previsti nello specifico paragrafo [7.11.5.3.2] (media o alta sismicità, sottosuoli di tipo D o peggiori).

Materiali.

Calcestruzzo.

Tipo	f_{ck} [daN/cm ²]	γ_c	f_{cd} [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
C25/30 (Cl. 1)	249	1.50	141.1	314471.61

Di seguito sono elencate le tensioni massime ammesse in esercizio.

Tipo	$\sigma_{dis, rara}^{(-)}$ [daN/cm ²]	$\sigma_{dis, q.p.}^{(-)}$ [daN/cm ²]
C25/30 (Cls 1)	149.4	112.05

Condizioni ambientali: a (poco aggressivo) [4.1.2.2.4.3].

Acciaio per carpenteria.

Tipo	$f_{yk}(0\div 40)$ [daN/cm ²]	γ_{mo}	$f_{yd}(0\div 40)$ [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
S 355 H (Acc 1)	3550	1.05	3380.95	2100000

Combinazioni dei carichi.

Tutte le verifiche sono eseguite secondo l'Approccio 2.

Si svolge l'analisi per i seguenti 6 casi di carico.

Caso	Nome	Tipo	Sisma	n° sestetti	Descr.
C1	Caso 1	SLU	No	1	
C2	Caso 2	SLV	Si	1	
C3	Caso 3	Rara	No	1	
C4	Caso 4	Freq	No	1	
C5	Caso 5	QPerm	No	1	
C6	Caso 6	SLD	Si	1	

Dati del progetto.

Tipi di palo.

Nel progetto è utilizzata una sola tipologia di micropalo.



Micr. 1

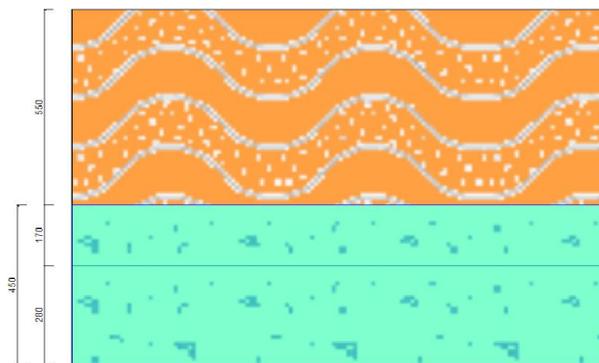
Stratigrafia.

Nel calcolo sono utilizzati 3 tipi di terreno, le cui caratteristiche sono di seguito elencate.

T1	Sedimenti argillosi OH - Argille organiche di media o alta plasticità, limi organici				
γ_d [daN/cm ³]	γ_t [daN/cm ³]	c'_k [daN/cm ²]	ϕ'_k [°]	$s_{u,k}$ [daN/cm ²]	$q_{u,k}$ [daN/cm ²]
0.0019	0.0019	-	-	1.1	-
E_s [daN/cm ²]	G_s [daN/cm ²]	V_s [m/s]	Liquefazione		
110	36.7	346	Questo terreno non è suscettibile di liquefazione.		
Descrizione: Terreno superficiale, sedimenti argillosi					
T2	Sabbie limose SM - Sabbie limose, miscele di sabbia e limo				
γ_d [daN/cm ³]	γ_t [daN/cm ³]	c'_k [daN/cm ²]	ϕ'_k [°]	$s_{u,k}$ [daN/cm ²]	$q_{u,k}$ [daN/cm ²]
0.0018	0.0018	0	29	-	-
E_s [daN/cm ²]	G_s [daN/cm ²]	V_s [m/s]	Liquefazione		
90	30	346	Questo terreno non è suscettibile di liquefazione.		
Descrizione: Sabbie limose					
T3	Granulometria eterogenea GW - Ghiaie a granulometria ben assortita o miscele di ghiaie e sabbia, con frazione fine scarsa o assente				
γ_d [daN/cm ³]	γ_t [daN/cm ³]	c'_k [daN/cm ²]	ϕ'_k [°]	$s_{u,k}$ [daN/cm ²]	$q_{u,k}$ [daN/cm ²]
0.0018	0.0018	0	30	-	-
E_s [daN/cm ²]	G_s [daN/cm ²]	V_s [m/s]	Liquefazione		
150	50	346	Questo terreno non è suscettibile di liquefazione.		
Descrizione: Granulometria eterogenea					

Seguono le caratteristiche della stratigrafia utilizzata nei calcoli.

S1	3 strati - Una falda		
Strato	Quota[cm]	Altezza[cm]	Terreno
1	0	550	T1
2	-550	170	T2
3	-720	280	T3
Falda	Quota[cm]	Altezza[cm]	Z piez.[cm]
1	-550	450	-



Str. 1

Punti maglia.

La palificata comprende 4 punti maglia, a ciascuno dei quali corrispondono delle coordinate, un tipo di palo ed i dati del terreno.

Punto	X[cm]	Y[cm]	Palo	β [°]	θ [°]	Rotaz.	Stratig.	SPT	CPT	Descr.
PM1	30	30	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	Palo 1
PM2	540	30	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	Palo 2
PM3	30	360	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	Palo 3
PM4	540	360	M1	0	0	Impedita	S1	-	-	Palo 4

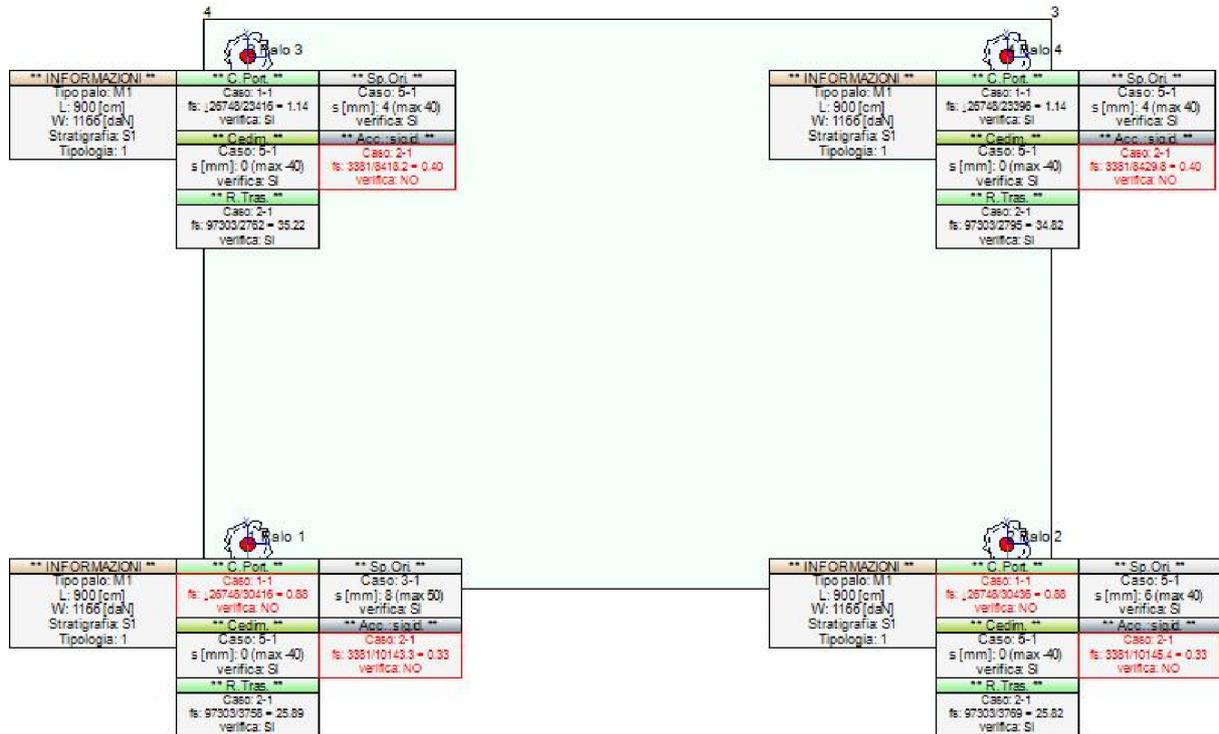
Fondazione.

I pali sono collegati da una fondazione, il cui contorno è definito da 4 vertici.

Vertice	X[cm]	Y[cm]
V1	0	0
V2	570	0

V3	570	385
V4	0	385

Vista in pianta della palificata.



Azioni.

Le azioni sono applicate direttamente in testa ai pali, espresse rispetto al sistema di riferimento globale.

Punto	Caso	Ses.	N _z [daN]	V _x [daN]	V _y [daN]	M _x [daN*cm]	M _y [daN*cm]	T _z [daN*cm]
Punto maglia:1: Palo 1								
Caso: Caso 1 -								
PM1	C1	1	-28900	379	902	247200	251000	3
Caso: Caso 2 -								
PM1	C2	1	-23349	2973	2299	411060	467110	4097
Caso: Caso 3 -								
PM1	C3	1	-21870	302	677	285900	192300	2
Caso: Caso 4 -								
PM1	C4	1	-20510	353	623	172000	187800	2
Caso: Caso 5 -								
PM1	C5	1	-20040	365	601	166400	186700	2
Caso: Caso 6 -								
PM1	C6	1	-23888	2530	2581	450620	511800	4765
Punto maglia:2: Palo 2								
Caso: Caso 1 -								
PM2	C1	1	-28920	376	900	247300	251200	1
Caso: Caso 2 -								
PM2	C2	1	-23116	2955	2339	413370	466070	4096
Caso: Caso 3 -								
PM2	C3	1	-21880	299	675	186000	192400	1
Caso: Caso 4 -								
PM2	C4	1	-20510	351	622	17000	187900	1

Caso: Caso 5 -								
PM2	C5	1	-20040	364	600	166500	186800	1
Caso: Caso 6 -								
PM2	C6	1	-23605	2510	2612	452990	510580	4764
Punto maglia:3: Palo 3								
Caso: Caso 1 -								
PM3	C1	1	-21900	177	900	248500	94500	3
Caso: Caso 2 -								
PM3	C2	1	-18113	1533	2298	411960	322900	4095
Caso: Caso 3 -								
PM3	C3	1	-16500	128	675	186900	71960	2
Caso: Caso 4 -								
PM3	C4	1	-15220	85	622	172900	68160	2
Caso: Caso 5 -								
PM3	C5	1	-14770	74	600	167300	67210	2
Caso: Caso 6 -								
PM3	C6	1	-18654	1773	2581	451520	364980	4765
Punto maglia:4: Palo 4								
Caso: Caso 1 -								
PM4	C1	1	-21880	173	902	248400	94220	1
Caso: Caso 2 -								
PM4	C2	1	-17866	1528	2340	414170	322940	4096
Caso: Caso 3 -								
PM4	C3	1	-16490	125	677	186800	71760	1
Caso: Caso 4 -								
PM4	C4	1	-15210	83	623	172800	68020	0
Caso: Caso 5 -								
PM4	C5	1	-14770	72	600	167300	67090	0
Caso: Caso 6 -								
PM4	C6	1	-18367	1755	2613	453790	363900	4764

Calcolo della capacità portante e curva di mobilitazione.

Il seguente calcolo di capacità portante vale per tutti i pali.

Si riporta integralmente il calcolo di capacità portante per la situazione peggiore (coef. di sicurezza minore): Punto maglia PM2, Caso C1 (Stato limite ultimo).

Descrizione dei metodi di calcolo utilizzati

Descrizione dei metodi di calcolo utilizzati per la portata di base.

Il calcolo della portata per attrito laterale viene effettuato con i seguenti metodi: Metodo: [Jamiolkowski e Lancellotta](#), Metodo: [Reese e O'Neill](#), Metodo: [Berezantzev](#).

Metodo: [Jamiolkowski e Lancellotta](#)

Jamiolkowski e Lancellotta (1988) propongono un metodo di calcolo empirico per pali trivellati in sabbie, basato sui risultati di prove penetrometriche statiche. La correlazione proposta tiene conto dell'influenza del diametro del palo e fornisce la capacità portante corrispondente ad un rapporto s/D pari a 0.05 (5%).

Metodo: [Reese e O'Neill](#)

Reese e O'Neill (1988) propongono un metodo di calcolo empirico per pali trivellati in sabbie, basato sui risultati di prove penetrometriche dinamiche. La correlazione proposta fornisce la capacità portante corrispondente ad un rapporto s/D pari a 0.05 (5%).

$$q_{lim} = 0.06 N_{SPT} < 4.3 \text{ MPa}$$

Metodo: [Berezantzev](#)

Berezantzev (1965,1970) propone un metodo di calcolo semiempirico per pali trivellati, basato su un fattore adimensionale di capacità portante M, funzione dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' , e sulla tensione verticale efficace σ'_v agente alla profondità critica z_c . Questo metodo e' applicabile a terreni non coesivi, solo nel caso di pali trivellati, e fornisce la portata di base corrispondente ad un s/D pari a 0.05 (5%). Il valore di M e della

profondità critica viene ricavato dalla seguente tabella, con interpolazione lineare, utilizzando il valore di ϕ' del terreno.

$$q_{lim} = M \sigma'_c$$

ϕ' [°]	30	32	34	36	38	40	42	44
M	7.5	8.8	10.7	12.9	15.8	19.8	24.7	31.4
z_c/D	7	8.5	10	12	14	16	18	22

Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la portata laterale.

Il calcolo della portata per attrito laterale viene effettuato col metodo **Bustamante e Doix**.

L'attrito laterale è valutato secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (1985), di carattere empirico, basate sull'interpretazione di prove in scala reale. Secondo la stratigrafia e la tipologia di iniezione, viene valutato il diametro medio del bulbo di malta iniettata e l'attrito limite da questa sviluppato col terreno circostante. Questo metodo è applicabile a terreni coesivi e non coesivi, per micropali.

$$Q_{s,lim} = D_s L_s q$$

Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per il modulo di reazione orizzontale.

Il calcolo del modulo di reazione orizzontale viene effettuato col metodo **Lineare**.

Il valore del modulo di reazione orizzontale varia linearmente con la quota, e viene calcolato come somma di un termine costante (A) più un coefficiente (B) moltiplicato per l'approfondimento (z) sotto il piano campagna.

Descrizione del metodo di calcolo utilizzato per la resistenza trasversale laterale.

Il calcolo della resistenza trasversale laterale viene effettuato col metodo **Broms**.

La teoria pubblicata da Broms nel 1964 propone due approcci differenti per terreni coesivi e non coesivi. Per terreni sciolti, propone una distribuzione di resistenza ultima pari a tre volte la pressione di resistenza passiva valutata secondo la teoria di Rankine, $p_1 = 3K_p \sigma'_v$. Per terreni coesivi, propone una distribuzione di p_1 che vede un tratto nullo per i primi 1.5 diametri dalla superficie, seguito da un tratto con valore di resistenza pari a $9s_u$ (resistenza al taglio non drenata) per profondità maggiori.

$$p_{lim} = 3 K_p \sigma'_{v0} \text{ (terreno non coesivo)}$$

$$p_{lim} = 9 s_u \text{ (terreno coesivo)}$$

Caso 1 -

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali per le azioni: $\gamma_{G1,f}=1.00$, $\gamma_{G1,s}=1.30$, $\gamma_{G2,f}=0.80$, $\gamma_{G2,s}=1.50$, $\gamma_{Q1,f}=0.00$, $\gamma_{Q1,s}=1.50$.

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza, secondo il numero di verticali indagate:

n. vert.	1	2	3	4	5	7	10
ξ_{med}	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_{min}	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Si applicano i seguenti coefficienti di sicurezza parziali alle portate calcolate, secondo il tipo di palo:

Tipo di palo	Infisso	Trivellato	A elica continua	Micropalo	Avvitato
γ_b	1.15	1.35	1.30	1.35	1.15
γ_s	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
γ_{st}	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Alle sollecitazioni applicate viene aggiunto il peso proprio del palo, amplificato col coefficiente parziale $\gamma_{G1,fav}=1.00$ o $\gamma_{G1,fa}=1.30$, secondo il caso.

Calcolo della portata di base.

La portata di base viene calcolata come media dei risultati ottenuti applicando i seguenti metodi:

Jamiolkowski e Lancellotta = **errore**, Reese e O'Neill = **errore**, Berezantzev = 278.21 [daN]

Non è possibile calcolare la portata di base media, a causa degli errori.

Calcolo della portata laterale.

Il fusto del palo attraversa 3 strati.

Strato 1: Sedimenti argillosi

Metodo **Bustamante e Doix** per il calcolo della portata laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -30 [cm] a quota -550 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -290 [cm].

Il diametro della perforazione vale 25 [cm]. Nel terreno interessato da un'iniezione in pressione (IGU - iniezione globale unica in pressione), il diametro medio del bulbo di malta è incrementato rispetto a quello di perforazione. Gli Autori suggeriscono di considerare un incremento del 20%. Il diametro medio del bulbo di malta pari a 30 [cm], il che equivale ad incrementare l'attrito per 1.20. L'attrito bulbo-terreno è stimato in funzione della resistenza al taglio non drenata s_{uk} (1.1 [daN/cm²]). Il valore complessivo dell'attrito laterale calcolato è 1.28 [daN/cm²].

La portata laterale calcolata vale 52292.44 [daN] (36604.71 [daN]). Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applicano $\gamma_s=1.15$ e $\gamma_{st}=1.25$. Portate di calcolo: $Q_{sc,d} = 26748.05$ [daN] ($s/D=0.40\%$). $Q_{st,d} = 17225.74$ [daN] ($s/D=0.40\%$).

Strato 2: Sabbie limose

Metodo **Bustamante e Doix** per il calcolo della portata laterale.

Non sono definite prove SPT, necessarie per il calcolo.

Strato 3: Granulometria eterogenea

Metodo **Bustamante e Doix** per il calcolo della portata laterale.

Non sono definite prove SPT, necessarie per il calcolo.

Portata laterale totale

La portata di calcolo $Q_{sc,d}$ è 26748.05 [daN], $Q_{st,d}$ è 17225.74 [daN].

Portata totale (base + laterale)

La portata di calcolo $Q_{tc,d}$ è 26748.05 [daN], $Q_{tt,d}$ è 17225.74 [daN].

Calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il fusto del palo attraversa 3 strati.

Strato 1: Sedimenti argillosi

Metodo **Lineare** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -30 [cm] a quota -550 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -290 [cm].

L'approfondimento vale 260 [cm]. Il modulo di reazione orizzontale calcolato vale 6.5 [daN/cm³].

Modulo di reazione orizzontale medio: $k_{S_{o,med}} = 6.47$ [daN/cm³].

Strato 2: Sabbie limose

Metodo **Lineare** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -550 [cm] a quota -720 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -635 [cm].

L'approfondimento vale 605 [cm]. Il modulo di reazione orizzontale calcolato vale 6 [daN/cm³].

Modulo di reazione orizzontale medio: $k_{S_{o,med}} = 6$ [daN/cm³].

Strato 3: Granulometria eterogenea

Metodo **Lineare** per il calcolo del modulo di reazione orizzontale.

Il palo attraversa questo strato da quota -720 [cm] a quota -900 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -810 [cm].

L'approfondimento vale 780 [cm]. Il modulo di reazione orizzontale calcolato vale 15 [daN/cm³].

Modulo di reazione orizzontale medio: $k_{s_{o,med}} = 15$ [daN/cm³].

Calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il fusto del palo attraversa 3 strati.

Strato 1: Sedimenti argillosi

Metodo **Broms** per il calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -30 [cm] a quota -550 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -290 [cm].

La resistenza al taglio non drenata s_{uk} vale 1.1. La pressione limite laterale calcolata vale 9.9 [daN/cm²].

La resistenza trasversale laterale calcolata vale 123131.25 [daN]. Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applica $\gamma_{tr}=1.30$.

Resistenza trasversale di calcolo: $R_{tr,d} = 55715.5$ [daN].

Strato 2: Sabbie limose

Metodo **Broms** per il calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -550 [cm] a quota -720 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -635 [cm].

L'angolo di resistenza al taglio φ'_k vale 29. La tensione verticale efficace vale $\sigma'_v = 1.11$ [daN/cm²]. La pressione limite laterale calcolata vale 9.64 [daN/cm²].

La resistenza trasversale laterale calcolata vale 40958.99 [daN]. Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applica $\gamma_{tr}=1.30$.

Resistenza trasversale di calcolo: $R_{tr,d} = 18533.48$ [daN].

Strato 3: Granulometria eterogenea

Metodo **Broms** per il calcolo della resistenza trasversale laterale.

Il palo attraversa questo strato da quota -720 [cm] a quota -900 [cm]. Segue il calcolo alla quota intermedia di -810 [cm].

L'angolo di resistenza al taglio φ'_k vale 30. La tensione verticale efficace vale $\sigma'_v = 1.26$ [daN/cm²]. La pressione limite laterale calcolata vale 11.32 [daN/cm²].

La resistenza trasversale laterale calcolata vale 50950.1 [daN]. Si applica $\xi_{med}=1.70$. Si applica $\gamma_{tr}=1.30$.

Resistenza trasversale di calcolo: $R_{tr,d} = 23054.34$ [daN].

Resistenza laterale totale

Per palo in grado di traslare rigidamente (meccanismo di palo "corto", assumendo che non via sia rottura strutturale), la resistenza laterale di calcolo $R_{tr,d}$ è **97303.32 [daN]**. Per palo che ruota in testa (meccanismo di palo "intermedio" o "lungo", assumendo che non via sia rottura strutturale), la resistenza laterale di calcolo $R_{tr,d}$ è **119500.79 [daN]**.

Curva di mobilitazione verticale

La curva di mobilitazione del palo è definita dalle seguenti coppie di valori, dove s è il cedimento, misurato in [cm], ed E_d è la sollecitazione di sforzo normale (comprensiva del peso proprio del palo), espressa in [daN].

	1	2	3
s	-0.09	0	0.08

E_d	-26748.05	0	17225.74
-------	-----------	---	----------

Si riassume in seguito il valore di capacità portante per tutti i casi.

Caso	Qst[daN]	Qsc[daN]	Qbc[daN]	Qtt[daN]	Qtc[daN]
C1	17225.74	26748.05	0	17225.74	26748.05
C2	17225.74	26748.05	0	17225.74	26748.05
C3	36604.71	52292.44	0	36604.71	52292.44
C4	36604.71	52292.44	0	36604.71	52292.44
C5	36604.71	52292.44	0	36604.71	52292.44
C6	17225.74	26748.05	0	17225.74	26748.05

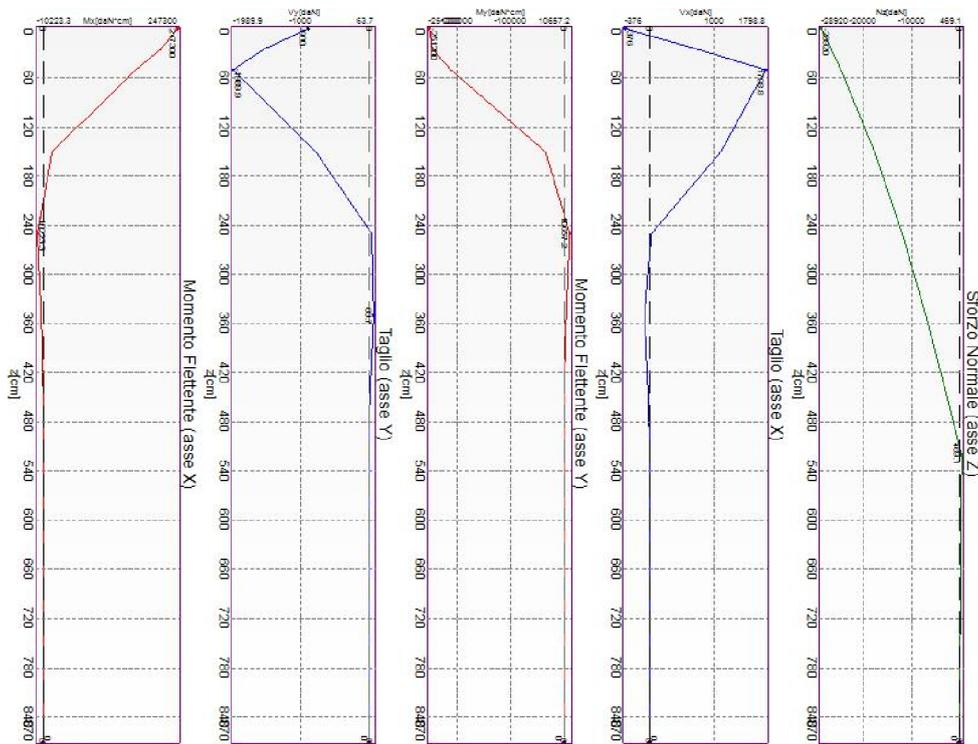
Qst = Portata Laterale in Trazione | Qsc = Portata Laterale in Compressione | Qbc = Portata di Base in Compressione | Qtt = Portata TOTALE in Trazione | Qtc = Portata TOTALE in Compressione

Calcolo delle sollecitazioni.

Si riporta di seguito il dettaglio delle sollecitazioni calcolate, solo per i punti maglia con i pali più sollecitati. Le caratteristiche di sollecitazione sono espresse nel sistema di riferimento locale del palo.

Casi a SLU

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

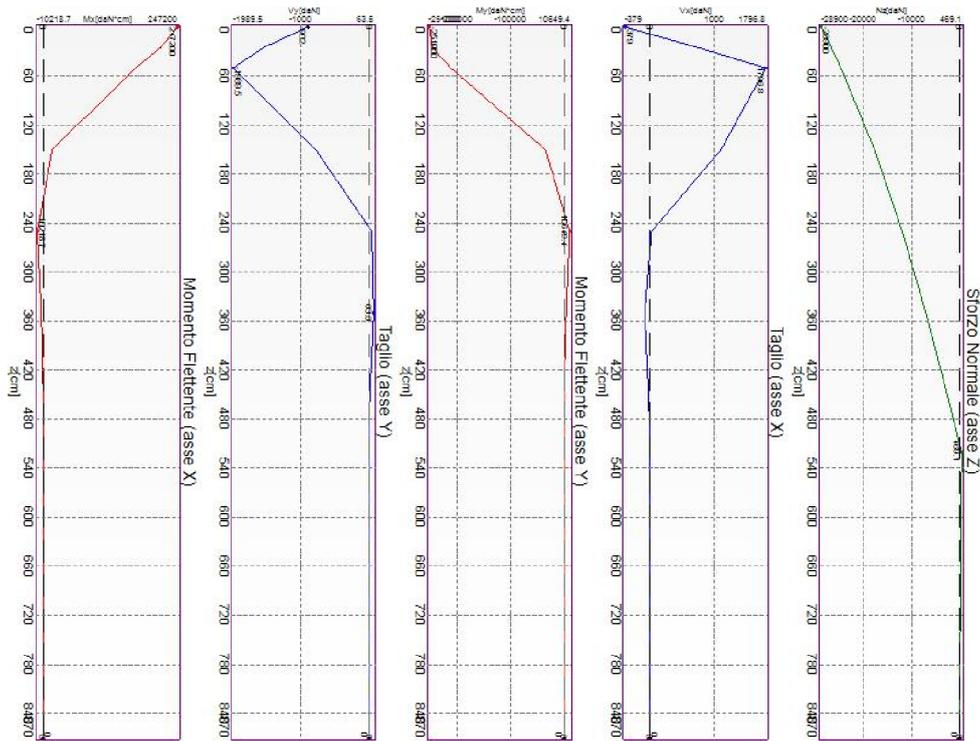


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM2, caso C1)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-28920	376	900	247300	251200	1
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C1)					
Z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-28920	975.39	352504		
0	-28920	975.39	352504		
25	-26802.19	1715.62	326506		
50	-24799.66	2682.44	271297		
150	-17776.85	1353.77	38818		

250	-11984.1	43.84	14768
350	-7020.59	100.99	5060
450	-2542.86	15.64	388
520	469.13	4.1	575
520	469.13	4.1	575
545	435.62	5.18	458
570	402.11	5.03	329
670	268.08	1.46	12
690	241.27	1	20
690	241.27	1	20
715	207.76	0.34	34
740	174.25	0.2	35
840	40.21	0.17	3
865	6.7	0.04	0
870	0	0	0

I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C1** (Stato limite ultimo).

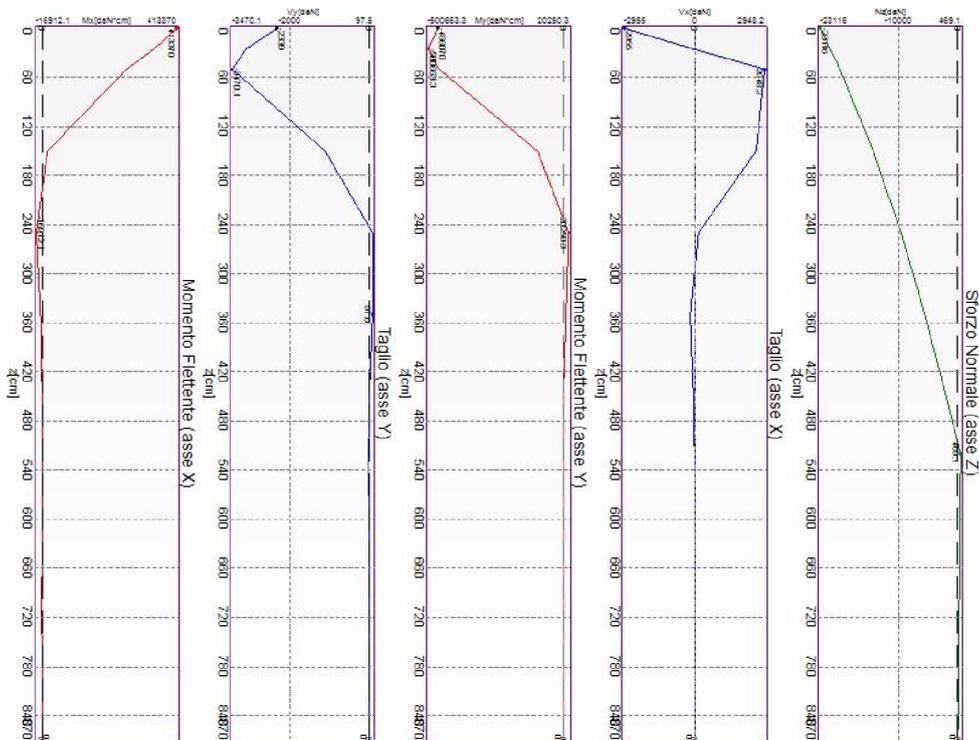


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C1)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-28900	379	902	247200	251000	3
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C1)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-28900	978.39	352291		
0	-28900	978.39	352291		
25	-26783.64	1715.25	326321		
50	-24782.49	2680.81	271155		
150	-17764.49	1353.19	38816		
250	-11975.69	44.01	14759		
350	-7015.54	100.94	5058		
450	-2540.83	15.65	387		
520	469.13	4.09	575		
520	469.13	4.09	575		

545	435.62	5.18	458
570	402.11	5.03	329
670	268.08	1.46	12
690	241.27	1	20
690	241.27	1	20
715	207.76	0.34	34
740	174.25	0.2	35
840	40.21	0.17	3
865	6.7	0.04	0
870	0	0	0

I massimi valori di **Taglio (in valore assoluto)**, **Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C2** (Stato limite di salvaguardia della Vita).



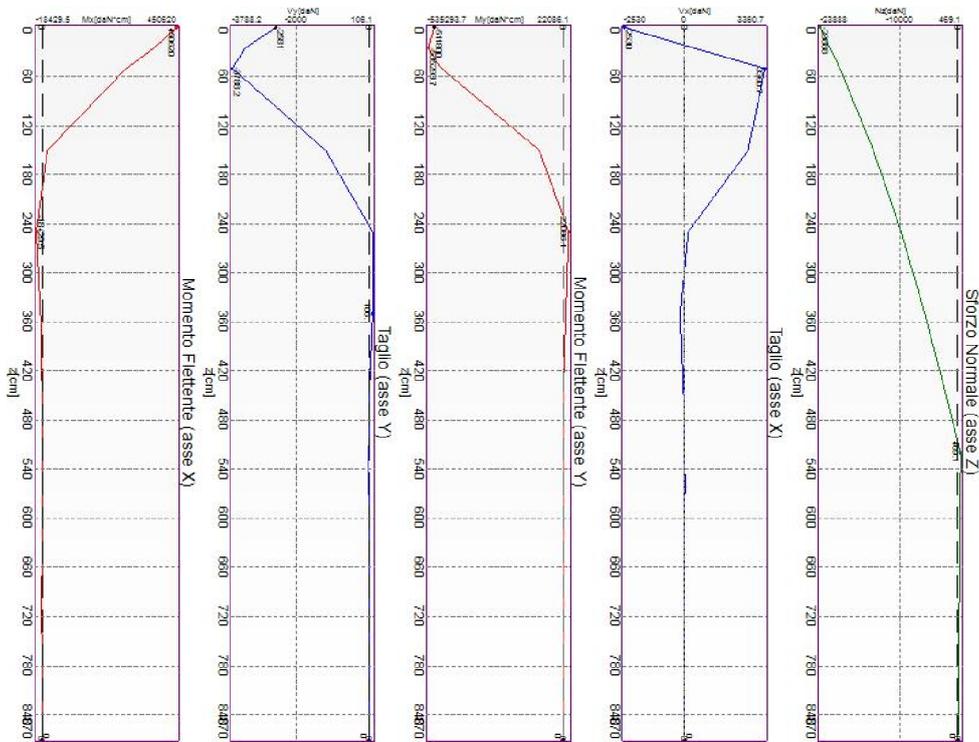
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C2)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM2, caso C2)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-23116	2955	2339	413370	466070	4096
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C2)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-23116	3768.68	622974		
0	-23116	3768.68	622974		
25	-21419.83	3123.89	607171		
50	-19815.8	4553.42	527959		
150	-14188.4	2812.51	97089		
250	-9542.75	189.57	26384		
350	-5557.4	195.45	10887		
450	-1956.6	38.37	700		
520	469.13	6.76	1090		
520	469.13	6.76	1090		
545	435.62	9.07	904		
570	402.11	9.31	677		
670	268.08	3.23	52		
690	241.27	2.33	35		
690	241.27	2.33	35		

715	207.76	0.99	60
740	174.25	0.34	65
840	40.21	0.36	6
865	6.7	0.06	0
870	0	0	0

Casi a SLE

I massimi valori di **Sforzo Normale di compressione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C6** (Stato limite di danno).

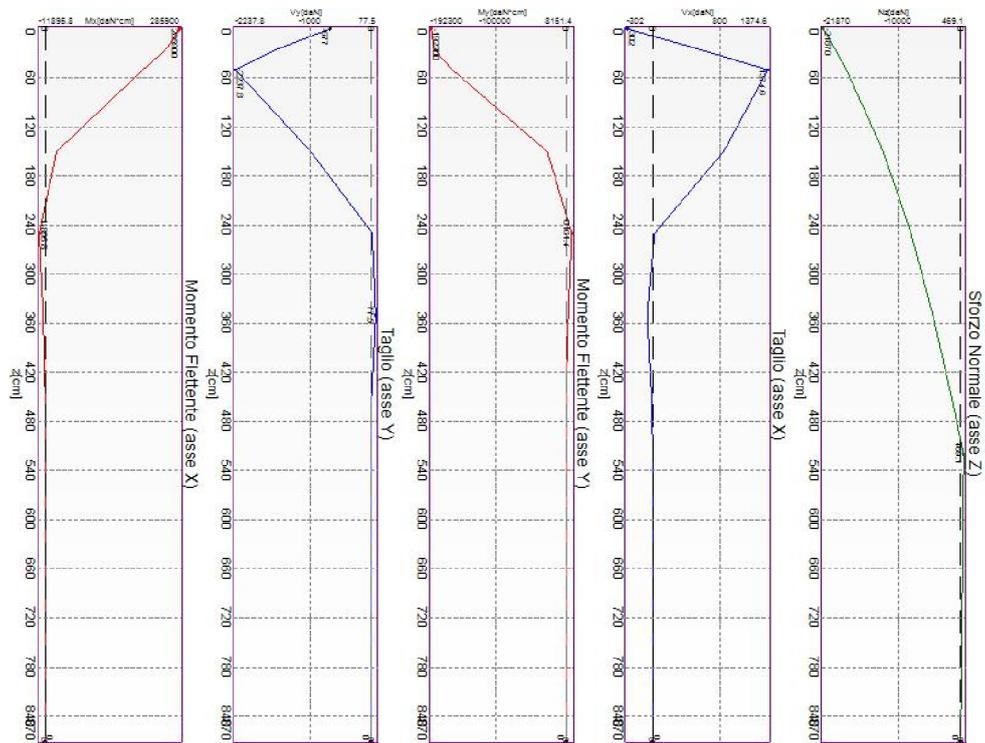


Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C6)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C6)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-23888	2530	2581	450620	511800	4765
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C6)					
Z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-23888	3614.2	681907		
0	-23888	3614.2	681907		
25	-22135.75	3445.04	652903		
50	-20478.72	5064.11	559650		
150	-14665.7	2926.62	96907		
250	-9867.47	179.41	28765		
350	-5752.02	207.53	11227		
450	-2034.58	38.45	774		
520	469.13	7.64	1165		
520	469.13	7.64	1165		
545	435.62	9.96	955		
570	402.11	10.03	706		
670	268.08	3.31	49		
690	241.27	2.35	39		
690	241.27	2.35	39		
715	207.76	0.97	66		
740	174.25	0.39	70		

840	40.21	0.38	6
865	6.7	0.07	0
870	0	0	0

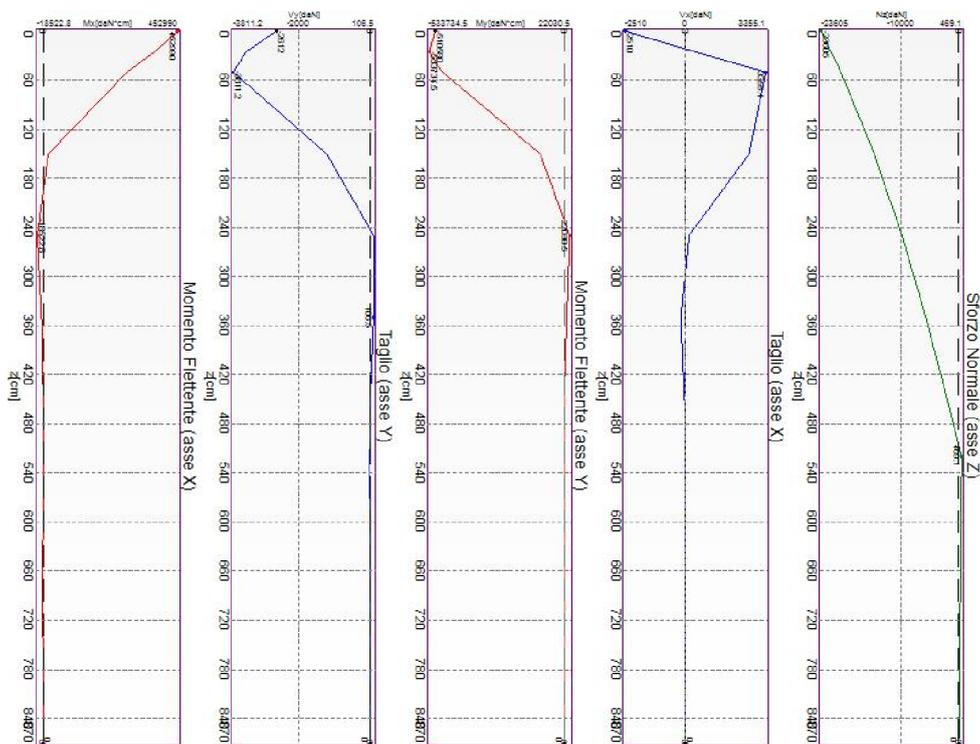
I massimi valori di **Sforzo Normale di trazione**, si ottengono nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3** (Rara).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM1, caso C3)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-21870	302	677	285900	192300	2
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM1, caso C3)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_{xy} [daN]	M_{xy} [daN*cm]		
0	-21870	741.3	344555		
0	-21870	741.3	344555		
25	-19953.93	1652.03	318126		
50	-18183.8	2626.29	263385		
150	-12317.94	1306.02	36473		
250	-7906.87	30.58	14426		
350	-4429.62	98.09	4862		
450	-1475.52	14.75	374		
520	469.13	4	560		
520	469.13	4	560		
545	435.62	5.08	444		
570	402.11	4.9	318		
670	268.08	1.4	9		
690	241.27	0.95	19		
690	241.27	0.95	19		
715	207.76	0.31	33		
740	174.25	0.19	34		
840	40.21	0.17	3		
865	6.7	0.03	0		
870	0	0	0		

I massimi valori di **Taglio (in valore assoluto)**, **Momento flettente (in valore assoluto)**, si ottengono nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C6** (Stato limite di danno).



Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C6)

Azioni applicate in testa (punto maglia PM2, caso C6)					
N_z [daN]	V_x [daN]	V_y [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
-23605	2510	2612	452990	510580	4764
Caratteristiche di sollecitazione lungo il palo (punto maglia PM2, caso C6)					
z_{loc} [cm]	N_z [daN]	V_x [daN]	M_x [daN*cm]	M_y [daN*cm]	T_z [daN*cm]
0	-23605	3622.52	682563	682563	
0	-23605	3622.52	682563	682563	
25	-21873.31	3474.97	652552	652552	
50	-20235.7	5077.59	558776	558776	
150	-14490.73	2918.73	96470	96470	
250	-9748.44	179.39	28783	28783	
350	-5680.68	207.23	11191	11191	
450	-2005.99	38.28	780	780	
520	469.13	7.69	1164	1164	
520	469.13	7.69	1164	1164	
545	435.62	9.97	953	953	
570	402.11	10.02	704	704	
670	268.08	3.3	49	49	
690	241.27	2.35	39	39	
690	241.27	2.35	39	39	
715	207.76	0.96	66	66	
740	174.25	0.39	70	70	
840	40.21	0.38	6	6	
865	6.7	0.07	0	0	
870	0	0	0	0	

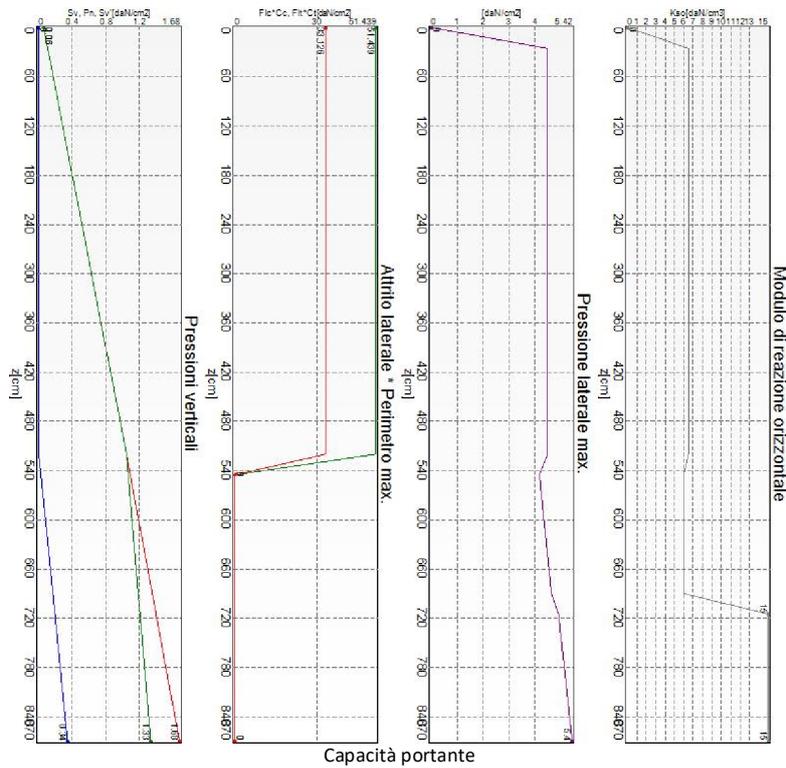
Verifiche geotecniche.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo.

Verifica: Capacità portante

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C1**, sestetto **1** (Stato

limite ultimo).



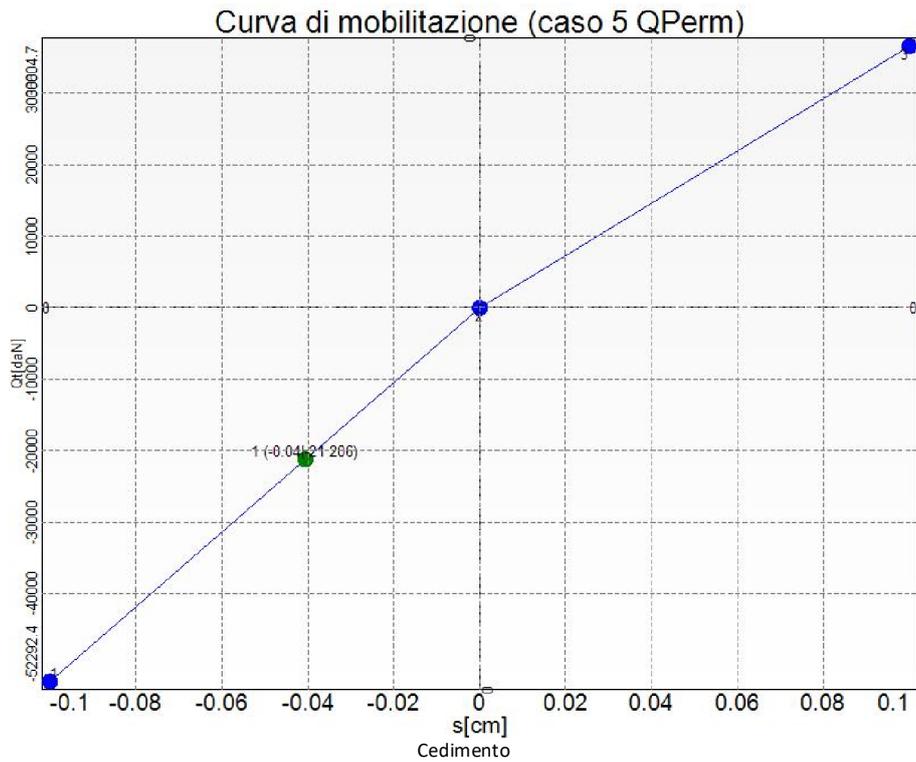
Capacità portante
Situazione peggiore: Punto maglia PM2, Caso C1, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Capacità portante					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Qt[daN]	S _d : Qt[daN]	fs[-]
PM1	C1	1	26748	30416	0.88
PM2	C1	1	26748	30436	0.88
PM3	C1	1	26748	23416	1.14
PM4	C1	1	26748	23396	1.14

Verifica: Cedimento

I cedimenti del singolo palo sono calcolati utilizzando la relativa curva di mobilitazione. L'interazione tra i pali è valutata con il metodo dei fattori di interazione (Poulos e Davis, 1980). La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C5**, sestetto **1** (Quasi Permanente). Si ottengono i seguenti valori: cedimento del palo singolo = -0.41 [mm], cedimento indotto dal gruppo = 0.00 [mm], cedimento totale: -0.41 [mm].



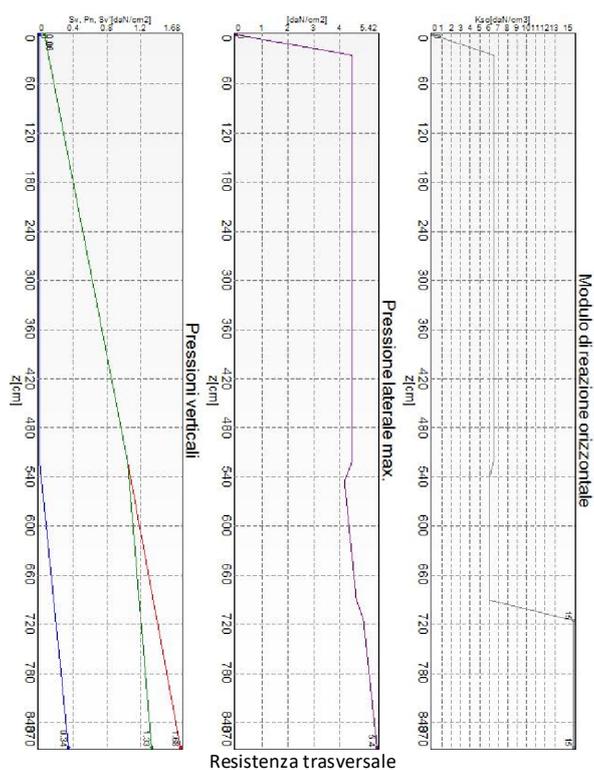
Situazione peggiore: Punto maglia PM1, Caso C5, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Cedimento					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Ced.[mm]	S _d : Ced.[mm]	f _s [-]
PM1	C5	1	-40	0	10.00
PM2	C5	1	-40	0	10.00
PM3	C5	1	-40	0	10.00
PM4	C5	1	-40	0	10.00

Verifica: Resistenza trasversale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C2**, sestetto **1** (Stato limite di salvaguardia della Vita).



Situazione peggiore: Punto maglia PM2, Caso C2, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Resistenza trasversale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Rtr[daN]	S _d : Rtr[daN]	fs[-]
PM1	C2	1	97303	3758	10.00
PM2	C2	1	97303	3769	10.00
PM3	C2	1	97303	2762	10.00
PM4	C2	1	97303	2795	10.00

Verifiche strutturali.

Si riporta di seguito il dettaglio delle verifiche eseguite, per ciascun palo, solo in corrispondenza della progressiva dove si ottiene la situazione più severa.

Verifica: Spostamento orizzontale

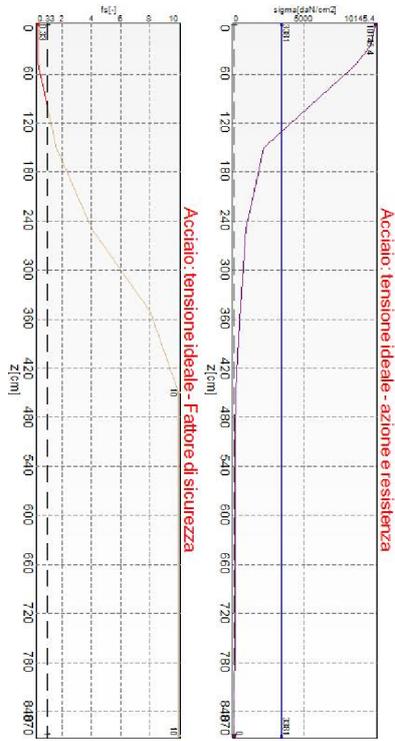
La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM1**, nel caso di carico **C3**, sestetto **1** (Rara).

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Spostamento orizzontale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : Sor[mm]	S _d : Sor[mm]	fs[-]
PM1	C3	1	50	8	6.09
PM2	C5	1	40	6	6.25
PM3	C5	1	40	4	10.00
PM4	C5	1	40	4	10.00

Verifica: Acciaio: tensione ideale

La situazione di verifica più severa, si ottiene nel punto maglia **PM2**, nel caso di carico **C2**, sestetto **1** (Stato limite di salvaguardia della Vita).



Acciaio: tensione ideale

Situazione peggiore: Punto maglia PM2, Caso C2, Sestetto 1

Segue il riassunto della verifica, per tutti i punti maglia, per il caso ed il sestetto che danno il fattore di sicurezza minore.

Verifica: Acciaio: tensione ideale					
Punto	Caso	Ses.	R _d : sigma[daN/cm ²]	S _d : sigma[daN/cm ²]	fs[-]
PM1	C2	1	3381	10143.3	0.33
PM2	C2	1	3381	10145.4	0.33
PM3	C2	1	3381	8418.2	0.40
PM4	C2	1	3381	8429.8	0.40