

S.S. N. 9 "VIA EMILIA"

VARIANTE DI CASALPUSTERLENGO ED ELIMINAZIONE PASSAGGIO A LIVELLO SULLA S.P. EX S.S. N.234

PROGETTO ESECUTIVO

 STUDIO CORONA Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588	INTEGRAZIONE PRESTAZIONI	PROGETTISTA
			Ing. Renato Del Prete	Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)
			PROGETTAZIONE STRADALE	PROGETTAZIONE IDRAULICA
			Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)	Ing. Fabrizio Bajetti (I.T. S.r.l.)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	 SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni	 ENG Engineering & Graphics S.r.l.	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MAGGIORI	PROGETTAZIONE OPERE D'ARTE MINORI
			Ing. Renato Vaira (Studio Corona S.r.l.)	Ing. Nicola Ligas (I.T. S.r.l.)
			COMPUTI	CANTIERISTICA
			Ing. Valerio Bajetti (I.T. S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)
 CONSORZIO UNING	 ECOPLAN Edilizia e Ingegneria Ambientale	 ARKE' INGEGNERIA S.r.l. Via Impresaria Italiana n.4 - 70126 Bari	GEOLOGIA	GEOTECNICA
			Dott. Danilo Gallo	Ing. Gianfranco Sodero (Studio Corona S.r.l.)
			AMBIENTE	SICUREZZA
			Dott. Emilio Macchi (ECOPLAN S.r.l.)	Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  Dott. Ing. Fabrizio CARDONE	IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Renato DEL PRETE	PROGETTISTA  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Danilo GALLO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI

HF05

H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI

VI05 - PONTE SU ROTATORIA SVINCOLO DI RACCORDO S.S. 234

RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA - PALI DI FONDAZIONE

CODICE PROGETTO			NOME FILE					REVISIONE		SCALA:		
PROGETTO		LIV. PROG.	N. PROG.	HF05-P00VI05STRRE05_B.dwg								
COMI		E	1701	CODICE ELAB.	P00VI05STRRE05					B		-----
D												
C												
B	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA					LUGLIO 2018		ING. NICOLA LIGAS		PROF. ING. LUIGI MONTERISI		ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE					DICEMBRE 2017		ING. NICOLA LIGAS		PROF. ING. LUIGI MONTERISI		ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE					DATA		REDATTO		VERIFICATO		APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA.....	2
3	MATERIALI	3
3.1	Calcestruzzo pali	3
3.2	Armature ordinarie c.a.	3
3.3	Caratteristiche di durabilità e copriferri	3
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	3
5	GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI	5
5.1	Verifiche di resistenza assiale (verticale)	5
5.2	Verifiche di resistenza ai carichi trasversali (orizzontali).....	8
5.3	Verifiche di deformazione	9
6	PALI SPALLE.....	9
6.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	9
6.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	10
6.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	15
6.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno	15
6.5	Verifiche di deformazione palo	18
6.6	Verifiche strutturali palo	18
6.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	18
6.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare	18
6.6.3	Verifiche di fessurazione – Combinazioni frequenti.....	19
6.6.4	Verifiche di fessurazione – Combinazioni quasi permanenti	19
6.6.5	Tabulato di calcolo.....	19
7	PALI PILE	29
7.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	29
7.2	Calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo.....	30
7.3	Verifica dei pali soggetti a carico verticale.....	34
7.4	Pali soggetti a carico orizzontale - Verifica di resistenza del terreno	34
7.5	Verifiche di deformazione palo	37
7.6	Verifiche strutturali palo	37
7.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	37
7.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare	37
7.6.3	Verifiche di fessurazione	38
7.6.4	Tabulato di calcolo.....	38

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e geotecnici necessari per la progettazione esecutiva dei pali di fondazione del Viadotto sulla rotatoria dello svincolo con la S.S. 234, tra le Pk. 4+431.785 e Pk. 4.531.785 della Variante di Casalpusterlengo alla S.S. n. 9 "Via Emilia".

L'opera in oggetto presenta uno schema statico di trave continua su tre campate aventi luci tra gli assi di appoggio pari a 31+38+31 m.

I pali di fondazione sono trivellati in cls. armato, di diametro 1200 mm e hanno la seguente disposizione:

- Spalle (uniche per entrambe le carreggiate):

- numero pali: $N = 7$
- interasse trasv.: $It = 3.60 \text{ m}$
- lunghezza: $L = 21.00 \text{ m}$

- Pile (separate per ogni carreggiata):

- numero pali: $N = 8$
- interasse trasv.: $It = 3.60 \text{ m}$
- interasse long.: $Il = 3.60 \text{ m}$
- lunghezza: $L = 19.00 \text{ m}$

I pali delle spalle attraversano il rilevato in progetto; per evitare fenomeni di attrito negativo si dispone un rivestimento di lamiera metallica fino a 2 m di profondità dal piano di campagna.

2 NORMATIVA

Nella redazione dei calcoli statici ci si è attenuti alle prescrizioni della Normativa vigente; in particolare:

• **Legge n°1086 del 05/11/1971**

"Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

• **Legge n°64 del 02/02/1974:**

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

• **Decreto Ministeriale 14/01/2008**

"Norme tecniche per le costruzioni"

• **Circolare Min. 02/02/2009, n° 617**

"Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PALI

classe	C25/30
resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
resistenza allo stato limite ultimo:	$f_{cd} = 25 \times 0.85 / 1.5 = 14.17 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare):	$s_1 = 0.6 \times 25 = 15.00 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni quasi permanenti:	$s_2 = 0.45 \times 25 = 11.25 \text{ N/mm}^2$

3.2 ARMATURE ORDINARIE C.A.

acciaio tipo:	B450C
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
tensione limite per combinazioni caratteristiche (rare):	$s_3 = 0.8 \times 450 = 360 \text{ N/mm}^2$

3.3 CARATTERISTICHE DI DURABILITÀ E COPRIFERRI

Le caratteristiche minime di resistenza dei calcestruzzi per la durabilità e i copriferri vengono definiti in accordo con la Circolare 02/02/2009 n.617 e con UNI EN 206-1 per una vita nominale di 50 anni.

- Classe di esposizione ambientale: XC2 (cond. amb. ordinarie)
- Copriferro nominale: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c$ $c_{nom} = 80 \text{ mm}$
- Valori limite di apertura fessure: comb. frequenti: $w_3 = 0.4 \text{ mm}$
comb. quasi perm.: $w_2 = 0.3 \text{ mm}$

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Si adottano le seguenti caratteristiche derivate dalla Relazione geotecnica:

a) Unità geotecnica U1: terreni prevalentemente incoerenti (sabbie)

- Peso specifico: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace: $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 32^\circ$
- Coesione drenata: $c' = 0$
- Coefficiente di reazione laterale: $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$ in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

β : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente β [MN/m ³]		
	Secco / umido	Saturo
Sabbia soffice ($D_r < 30\%$)	2.24	1.24
Sabbia media ($30 < D_r < 70\%$)	6.72	4.48
Sabbia e ghiaia ($D_r > 70\%$)	17.92	10.88

b) Unità geotecnica U2: terreni prevalentemente coesivi (limi)

- Peso specifico: $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Peso specifico efficace: $\gamma' = 9.7 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 27^\circ$
- Coesione drenata: $c' = 17 \text{ kN/m}^2$
- Coefficiente di reazione laterale (Bowles): c_u : coesione non drenata

K_h [MN/m ³]		
	minimo	massimo
$c_u \leq 100 \text{ kN/m}^2$	12.2	24.5
$c_u \leq 200 \text{ kN/m}^2$	24.5	48.9
$c_u > 200 \text{ kN/m}^2$	48.9	490

Nella tabella seguente sono riportati i valori c_u e K_h in funzione della profondità.

Terreno coesivo U2		
Profondità [m]	C_u [kN/m ²]	K_h [MN/m ³]
2.00	5.40	12.86
4.00	15.60	14.12
6.00	25.90	15.39
8.00	36.20	16.65
10.00	46.40	17.91
12.00	56.70	19.17
14.00	67.00	20.44
16.00	77.20	21.70
18.00	87.50	22.96
20.00	97.80	24.23
22.00	108.00	26.45
24.00	118.30	28.97
26.00	128.60	31.48
28.00	138.80	33.97
30.00	149.10	36.48

c) Rilevato stradale (spalle): si nota che l'attrito laterale viene trascurato in quanto il palo è rivestito di lamierino; il coefficiente di reazione laterale viene cautelativamente valutato come per le sabbie (a), ma ridotto al 10 %.

- Peso specifico: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno: $\varphi = 35^\circ$ (trascurato per portanza laterale)
- Coesione drenata: $c' = 0$

- Coefficiente di reazione laterale: $K_h = \frac{\beta \cdot Z}{D}$ in cui:

Z: profondità

D: diametro del palo

β : coefficiente come da tabella seguente

Coefficiente β [MN/m ³]		
	Secco / umido	Saturo
Rilevato stradale	0.672	0.448

Falda: il terreno in situ si considera saturo a partire da 2 m di profondità per le spalle e 3 m di profondità per le pile.

5 GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI

Le verifiche sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi di calcolo:

- RC-Sec, realizzato da "GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC)", utilizzato per la verifica a pressoflessione e taglio delle sezioni in calcestruzzo armato agli stati limite.
- AllPile, realizzato da "CivilTech Software, Bellevue, WA U.S.A."; utilizzato per le verifiche geotecniche dei pali.

5.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ASSIALE (VERTICALE)

La verifica di resistenza assiale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze γ_R : segue estratto Tabella 6.4.II, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto

Fattore di correlazione (1 indagine): ξ_4 : segue estratto Tabella 6.4.IV, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

La verifica viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile", versione 7.12, prodotto da CivilTech Software, Bellevue, WA USA, il programma utilizza le procedure descritte in "Foundation & Earth Structures, Design Manual 7.02", pubblicato da "Department of Navy, Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC, USA)".

La resistenza ultima del palo per sforzo assiale è la somma delle resistenze di punta e laterale:

$$Q_{ult} = Q_{tip} + Q_{side}$$

Da cui deriva la resistenza di calcolo:

$$R_d = \frac{Q_{tip}}{\gamma_b \times \xi} + \frac{Q_{side}}{\gamma_s \times \xi} = \frac{Q_{tip}}{1.35 \times 1.70} + \frac{Q_{side}}{1.15 \times 1.70}$$

La resistenza ultima di base vale:

$$Q_{tip} = A_{tip} \times (N_q \times S_v + N_c \times C) \text{ in cui:}$$

A_{tip} : area sezione del palo alla punta

N_q : fattore di portanza per terreni sciolti, tabellato in funzione dell'angolo di attrito e del tipo di palo (infisso o trivellato) (ved. Tabella 4.1 seguente)

Table 4-1. Bearing Capacity Factor, N_q

Φ (Internal friction)	N_q (Displacement pile)	N_q (Non-Displacement pile)
26	11.0	5.6
28	15.2	7.6
30	21.0	10.3
31	24.6	12.1
32	29.1	14.2
33	34.5	16.9
34	41.3	20.3
35	49.9	24.6
36	60.9	30.1
37	75.0	37.1
38	93.0	46.1
39	116.	57.7
40	145.	72.3

S_v : tensione verticale (efficace) alla punta palo, salvo le limitazioni:

$$S_v < q_{\text{limit}} = 7.2 \text{ N/mm}^2$$

N_c : fattore di portanza per terreni coesivi, tabellato in funzione della profondità relativa della punta palo Z/D (ved. Tabella 4.2 seguente)

Table 4-2. Bearing Capacity Factor, N_c

z/B (Depth/Width)	N_c
0	6.3
1	7.8
2	8.4
3	8.8
4	9
>4	9

C : coesione terreno

In presenza di discontinuità stratigrafiche nel tratto inferiore alla punta, si tiene conto delle caratteristiche dei terreni sottostanti interpolando per una profondità di 4 volte il diametro del palo.

La resistenza ultima laterale vale:

$$Q_{\text{side}} = \sum S_f \times P \times \Delta L = \sum (f_0 + C_a) \times P \times \Delta L \text{ in cui:}$$

$$f_0 = K_{\text{down}} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in compressione)}$$

$$f_0 = K_{\text{up}} \times S_v \times \tan \delta \text{ (in trazione)}$$

$$K_{\text{down}} = S_h / S_v = 0.7 \text{ : (in compressione)}$$

$$K_{\text{up}} = S_h / S_v = 0.4 \text{ : (in trazione)}$$

S_h : tensione orizzontale (efficace) lungo il palo:

S_v : tensione verticale (efficace) lungo il palo, salvo le limitazioni:

$$S_f < (f_0 + C_a)_{\text{limit}} = 0.20 \text{ N/mm}^2 \text{ : portanza laterale limite}$$

$\delta = 0.8 \times \varphi$:angolo di attrito calcestruzzo/terreno

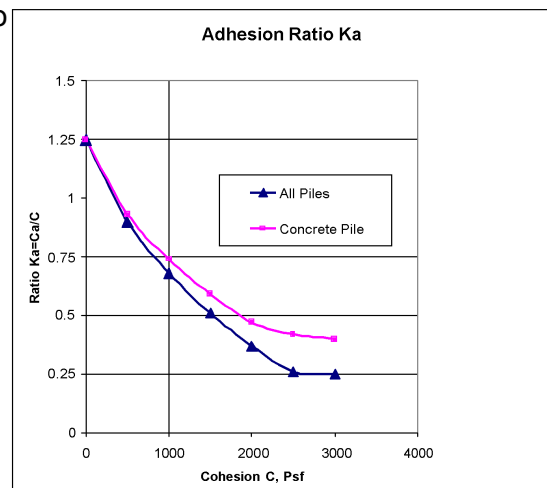
$$C_a = K_c \times K_a \times C$$

$K_c = 1$: fattore di adesione

K_a : rapporto di adesione (vedi figura a lato)

P : perimetro palo

ΔL : lunghezza tratto di palo



Il cedimento del palo viene calcolato secondo Reese e O'Neel (1988).

5.2 VERIFICHE DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (ORIZZONTALI)

La verifica di resistenza laterale dei pali viene svolta allo stato limite ultimo; facendo riferimento alle NTC 2008 si segue:

- Approccio 2: Combinazione: (A1/M1/R3)

Coefficienti parziali delle resistenze γ_T : segue estratto Tabella 6.4.VI, NTC 2008, con i coefficienti parziali adottati evidenziati.

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

La determinazione delle sollecitazioni lungo il palo viene eseguita tramite il programma di calcolo "AllPile" applicando direttamente il codice COM624P (FHWA-SA-91-048, COM624P – Laterally Loaded Pile Program for the Microcomputer, Version 2.0, Wang and Reese, 1993).

Il codice risolve l'analisi laterale nell'ipotesi che il modulo di deformazione sia proporzionale alla profondità, con l'integrazione iterativa alle differenze finite delle seguenti equazioni differenziali non lineari:

$$\begin{aligned}
 1) \quad & EI \frac{d^4 Y}{dz^4} + Q \frac{d^2 Y}{dz^2} - R - P_q = 0 \\
 2) \quad & EI \left(\frac{d^3 Y}{dz^3} \right) + Q \left(\frac{dY}{dz} \right) - T = 0 \\
 3) \quad & EI \left(\frac{d^2 Y}{dz^2} \right) - M = 0 \\
 4) \quad & \frac{dY}{dz} - S_t = 0
 \end{aligned}$$

In cui:

Q: carico assiale sul palo

Y: freccia laterale del palo alla profondità Z dalla testa palo

R: reazione del suolo per unità di lunghezza

E: modulo di elasticità del palo

I: momento d'inerzia del palo

P_q : carico laterale distribuito lungo il palo

T: sforzo di taglio

M: momento flettente

S_r: rotazione del palo

5.3 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

Per i pali si assumono le seguenti deformazioni limite ammissibili, allo SLU:

- deformazione orizzontale massima: 50 mm
- deformazione verticale massima: 20 mm

6 PALI SPALLE

6.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

COMBINAZIONI DI CARICO		CONDIZIONE	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALI	
			N _{sd,1} [kN]	N _{sd,2} [kN]	N _{sd,3} [kN]	N _{sd,4} [kN]	N _{sd,5} [kN]	N _{sd,6} [kN]	N _{sd,7} [kN]	M _{sd} [kNm]	V _{sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	1	1 166.65	1 164.43	1 162.21	1 160.00	1 157.78	1 155.56	1 153.35	-361.21	246.79
	GEN Q.P.(min)	1	1 152.38	1 150.17	1 147.95	1 145.73	1 143.51	1 141.30	1 139.08	-393.66	232.80
	GEN Q.P.(max)	2	1 255.69	1 144.76	1 033.83	922.90	811.97	701.04	590.11	-364.12	244.86
	GEN Q.P.(min)	2	1 238.65	1 131.02	1 023.39	915.77	808.14	700.51	592.89	-365.69	237.87
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobili(max)	1	1 336.10	1 386.80	1 437.50	1 488.19	1 538.89	1 589.58	1 640.28	-99.15	378.91
	GEN FREQ Vento(max)	1	1 163.03	1 162.02	1 161.01	1 160.01	1 159.00	1 157.99	1 156.98	-102.29	377.56
	GEN FREQ Termico(max)	1	1 171.59	1 168.20	1 164.81	1 161.42	1 158.03	1 154.64	1 151.25	-99.05	379.03
	GEN FREQ Mobili(min)	1	1 259.73	1 221.73	1 183.73	1 145.73	1 107.73	1 069.73	1 031.74	-143.40	359.84
	GEN FREQ Vento(min)	1	1 150.62	1 149.00	1 147.37	1 145.74	1 144.11	1 142.48	1 140.86	-134.75	363.57
	GEN FREQ Termico(min)	1	1 154.47	1 151.08	1 147.69	1 144.30	1 140.91	1 137.52	1 134.14	-137.99	362.24
	GEN FREQ Mobili(max)	2	453.46	664.64	875.82	1 087.00	1 298.17	1 509.35	1 720.53	-105.21	376.30
	GEN FREQ Vento(max)	2	1 253.89	1 143.56	1 033.23	922.90	812.58	702.25	591.92	-106.78	375.62
	GEN FREQ Termico(max)	2	1 259.16	1 147.31	1 035.46	923.61	811.77	699.92	588.07	-105.16	376.34
	GEN FREQ Mobili(min)	2	1 292.32	1 166.80	1 041.28	915.77	790.25	664.73	539.21	-127.34	366.76
	GEN FREQ Vento(min)	2	1 237.77	1 130.44	1 023.10	915.77	808.44	701.10	593.77	-123.01	368.63
	GEN FREQ Termico(min)	2	1 238.70	1 130.82	1 022.94	915.05	807.17	699.29	591.40	-124.63	367.95
	GEN RARA Mobili(max)	1	1 435.41	1 516.81	1 598.22	1 679.63	1 761.03	1 842.44	1 923.84	-10.76	423.78
	GEN RARA Vento(max)	1	1 341.23	1 390.71	1 440.18	1 489.66	1 539.14	1 588.61	1 638.09	-9.58	425.29
	GEN RARA Frenam(max)	1	1 339.64	1 390.68	1 441.73	1 492.77	1 543.82	1 594.86	1 645.91	-76.06	395.26
	GEN RARA Termico(max)	1	1 345.04	1 395.14	1 445.25	1 495.35	1 545.45	1 595.56	1 645.66	3.39	429.95
SLE - RARE	GEN RARA Mobili(min)	1	1 337.11	1 272.85	1 208.59	1 144.33	1 080.07	1 015.81	951.55	-65.94	400.41
	GEN RARA Vento(min)	1	1 263.86	1 224.02	1 184.18	1 144.35	1 104.51	1 064.67	1 024.83	-60.33	403.84
	GEN RARA Frenam(min)	1	1 262.27	1 224.00	1 185.73	1 147.46	1 109.19	1 070.92	1 032.65	-126.81	373.38
	GEN RARA Termico(min)	1	1 256.25	1 217.04	1 177.83	1 138.62	1 099.41	1 060.20	1 020.99	-73.32	397.14
	GEN RARA Mobili(max)	2	370.10	640.97	911.84	1 182.71	1 453.58	1 724.45	1 995.32	-17.87	420.43
	GEN RARA Vento(max)	2	455.00	665.91	876.82	1 087.73	1 298.64	1 509.55	1 720.46	-17.28	420.94
	GEN RARA Frenam(max)	2	452.04	664.46	876.87	1 089.29	1 301.70	1 514.12	1 726.53	-50.52	406.27
	GEN RARA Termico(max)	2	452.95	665.49	878.03	1 090.58	1 303.12	1 515.66	1 728.20	-10.79	423.50
	GEN RARA Mobili(min)	2	1 330.04	1 191.72	1 053.39	915.07	776.74	638.42	500.09	-45.45	408.64
	GEN RARA Vento(min)	2	1 293.42	1 167.31	1 041.19	915.07	788.96	662.84	536.72	-42.65	410.10
	GEN RARA Frenam(min)	2	1 294.79	1 168.74	1 042.68	916.63	790.58	664.52	538.47	-75.89	395.33
	GEN RARA Termico(min)	2	1 285.64	1 161.17	1 036.69	912.21	787.74	663.26	538.78	-49.14	407.03
	GEN SLU Mobili(max)	1	1 966.65	2 076.06	2 185.48	2 294.89	2 404.31	2 513.73	2 623.14	-16.15	571.84
	GEN SLU Vento(max)	1	1 839.79	1 906.01	1 972.23	2 038.44	2 104.66	2 170.88	2 237.09	-14.56	574.20
	GEN SLU Frenamento(max)	1	1 836.93	1 905.50	1 974.07	2 042.64	2 111.21	2 179.78	2 248.35	-104.31	533.18
	GEN SLU Termico(max)	1	1 843.79	1 910.95	1 978.11	2 045.26	2 112.42	2 179.58	2 246.74	1.01	579.34
SLU - STR	GEN SLU Mobili(min)	1	1 836.52	1 749.28	1 662.05	1 574.81	1 487.58	1 400.34	1 313.11	-84.79	542.86
	GEN SLU Vento(min)	1	1 737.91	1 683.55	1 629.19	1 574.84	1 520.48	1 466.12	1 411.77	-77.22	547.82
	GEN SLU Frenamento(min)	1	1 735.05	1 683.04	1 631.04	1 579.03	1 527.03	1 475.03	1 423.02	-166.97	506.17
	GEN SLU Termico(min)	1	1 728.21	1 674.80	1 621.38	1 567.97	1 514.55	1 461.13	1 407.72	-92.81	539.28
	GEN SLU Mobili(max)	2	495.03	866.81	1 238.58	1 610.36	1 982.14	2 353.92	2 725.70	-23.03	568.37
	GEN SLU Vento(max)	2	609.78	900.57	1 191.35	1 482.14	1 772.92	2 063.71	2 354.49	-22.24	569.14
	GEN SLU Frenamento(max)	2	605.43	898.37	1 191.30	1 484.24	1 777.17	2 070.10	2 363.04	-67.11	549.21
	GEN SLU Termico(max)	2	607.04	899.88	1 192.71	1 485.55	1 778.38	2 071.22	2 364.06	-14.45	572.10
	GEN SLU Mobili(min)	2	1 832.08	1 638.16	1 444.24	1 250.32	1 056.40	862.48	668.56	-57.35	553.73
	GEN SLU Vento(min)	2	1 782.79	1 605.31	1 427.82	1 250.34	1 072.85	895.36	717.88	-53.57	555.78
	GEN SLU Frenamento(min)	2	1 784.28	1 607.00	1 429.71	1 252.43	1 075.15	897.87	720.59	-98.44	535.70
	GEN SLU Termico(min)	2	1 773.17	1 597.75	1 422.32	1 246.90	1 071.47	896.05	720.63	-61.36	551.97

COMBINAZIONI DI CARICO		CONDIZIONE	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALI	
			N _{sd,1} [kN]	N _{sd,2} [kN]	N _{sd,3} [kN]	N _{sd,4} [kN]	N _{sd,5} [kN]	N _{sd,6} [kN]	N _{sd,7} [kN]	M _{sd} [kNm]	V _{sd} [kN]
SLV	GEN SLV Long(max)	1-1	1 173.09	1 179.73	1 186.37	1 193.00	1 199.64	1 206.28	1 212.91	280.26	602.04
		1-2	1 142.13	1 148.77	1 155.40	1 162.04	1 168.68	1 175.31	1 181.95	311.84	602.04
		1-3	1 190.26	1 191.17	1 192.09	1 193.00	1 193.92	1 194.83	1 195.75	280.26	599.66
		1-4	1 159.30	1 160.21	1 161.13	1 162.04	1 162.95	1 163.87	1 164.78	311.84	599.66
	GEN SLV Trasv(max)	1-1	1 111.17	1 137.12	1 163.07	1 189.01	1 214.96	1 240.91	1 266.85	-179.60	394.71
		1-2	1 080.21	1 106.16	1 132.10	1 158.05	1 184.00	1 209.94	1 235.89	-148.02	394.71
		1-3	1 111.17	1 137.12	1 163.07	1 189.01	1 214.96	1 240.91	1 266.85	-365.33	297.17
		1-4	1 080.21	1 106.16	1 132.10	1 158.05	1 184.00	1 209.94	1 235.89	-333.76	297.17
	GEN SLV Vert(max)	1-1	1 220.50	1 227.30	1 234.11	1 240.91	1 247.71	1 254.52	1 261.32	-215.71	357.06
		1-2	1 237.66	1 238.75	1 239.83	1 240.91	1 241.99	1 243.07	1 244.16	-215.71	353.15
		1-3	1 220.50	1 227.30	1 234.11	1 240.91	1 247.71	1 254.52	1 261.32	-402.17	244.81
		1-4	1 237.66	1 238.75	1 239.83	1 240.91	1 241.99	1 243.07	1 244.16	-402.17	239.08
	GEN SLV Long(min)	1-1	1 159.73	1 154.39	1 149.04	1 143.69	1 138.34	1 132.99	1 127.64	-722.24	54.50
		1-2	1 128.77	1 123.42	1 118.07	1 112.72	1 107.38	1 102.03	1 096.68	-690.67	54.50
		1-3	1 176.90	1 165.83	1 154.76	1 143.69	1 132.62	1 121.55	1 110.48	-722.24	76.52
		1-4	1 145.94	1 134.87	1 123.80	1 112.72	1 101.65	1 090.58	1 079.51	-690.67	76.52
	GEN SLV Trasv(min)	1-1	1 238.82	1 208.44	1 178.06	1 147.68	1 117.30	1 086.92	1 056.54	-317.77	342.62
		1-2	1 207.86	1 177.48	1 147.10	1 116.72	1 086.33	1 055.95	1 025.57	-286.20	342.62
		1-3	1 238.82	1 208.44	1 178.06	1 147.68	1 117.30	1 086.92	1 056.54	-503.50	251.99
		1-4	1 207.86	1 177.48	1 147.10	1 116.72	1 086.33	1 055.95	1 025.57	-471.93	251.99
	GEN SLV Vert(min)	1-1	1 081.37	1 075.85	1 070.33	1 064.82	1 059.30	1 053.79	1 048.27	-250.08	292.98
		1-2	1 098.53	1 087.29	1 076.06	1 064.82	1 053.58	1 042.34	1 031.10	-250.08	297.72
		1-3	1 081.37	1 075.85	1 070.33	1 064.82	1 059.30	1 053.79	1 048.27	-435.82	178.94
		1-4	1 098.53	1 087.29	1 076.06	1 064.82	1 053.58	1 042.34	1 031.10	-435.82	186.60
	GEN SLV Long(max)	2-1	591.25	709.88	828.51	947.14	1 065.77	1 184.40	1 303.03	188.04	561.47
		2-2	560.29	678.92	797.55	916.18	1 034.81	1 153.44	1 272.07	219.61	561.47
		2-3	608.42	721.33	834.24	947.14	1 060.05	1 172.96	1 285.87	188.04	560.20
		2-4	577.46	690.36	803.27	916.18	1 029.09	1 142.00	1 254.90	219.61	560.20
	GEN SLV Trasv(max)	2-1	553.05	683.75	814.45	945.15	1 075.85	1 206.55	1 337.24	-210.51	367.21
		2-2	522.09	652.79	783.49	914.18	1 044.88	1 175.58	1 306.28	-178.94	367.21
		2-3	553.05	683.75	814.45	945.15	1 075.85	1 206.55	1 337.24	-396.25	265.34
		2-4	522.09	652.79	783.49	914.18	1 044.88	1 175.58	1 306.28	-364.68	265.34
	GEN SLV Vert(max)	2-1	624.83	746.27	867.72	989.16	1 110.60	1 232.04	1 353.49	-246.99	342.17
		2-2	642.00	757.72	873.44	989.16	1 104.88	1 220.60	1 336.32	-246.99	340.14
		2-3	624.83	746.27	867.72	989.16	1 110.60	1 232.04	1 353.49	-432.73	229.35
		2-4	642.00	757.72	873.44	989.16	1 104.88	1 220.60	1 336.32	-432.73	226.31
	GEN SLV Long(min)	2-1	1 233.60	1 129.89	1 026.19	922.49	818.78	715.08	611.38	-622.77	98.74
		2-2	1 202.63	1 098.93	995.23	891.52	787.82	684.12	580.41	-591.20	98.74
		2-3	1 250.76	1 141.34	1 031.91	922.49	813.06	703.64	594.21	-622.77	105.80
		2-4	1 219.80	1 110.37	1 000.95	891.52	782.10	672.67	563.25	-591.20	105.80
	GEN SLV Trasv(min)	2-1	1 294.51	1 171.17	1 047.82	924.48	801.14	677.80	554.45	-279.60	339.92
		2-2	1 263.55	1 140.20	1 016.86	893.52	770.17	646.83	523.49	-248.03	339.92
		2-3	1 294.51	1 171.17	1 047.82	924.48	801.14	677.80	554.45	-465.34	240.62
		2-4	1 263.55	1 140.20	1 016.86	893.52	770.17	646.83	523.49	-433.76	240.62
	GEN SLV Vert(min)	2-1	1 152.68	1 051.62	950.56	849.51	748.45	647.39	546.33	-211.55	310.25
		2-2	1 169.85	1 063.07	956.29	849.51	742.73	635.95	529.17	-211.55	312.50
		2-3	1 152.68	1 051.62	950.56	849.51	748.45	647.39	546.33	-397.29	196.50
		2-4	1 169.85	1 063.07	956.29	849.51	742.73	635.95	529.17	-397.29	200.03

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione:

MASSIMI / MINIMI	N _{sd,max} [kN]	N _{sd,min} [kN]	M _{sd} [kNm]	V _{sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 255.69	590.11	-361.21	246.79
SLE - FREQUENTI	1 720.53	453.46	-99.05	379.03
SLE - CARATTERISTICHE	1 995.32	370.10	3.39	429.95
SLU - STR	2 725.70	495.03	1.01	579.34
SLV	1 353.49	522.09	311.84	602.04

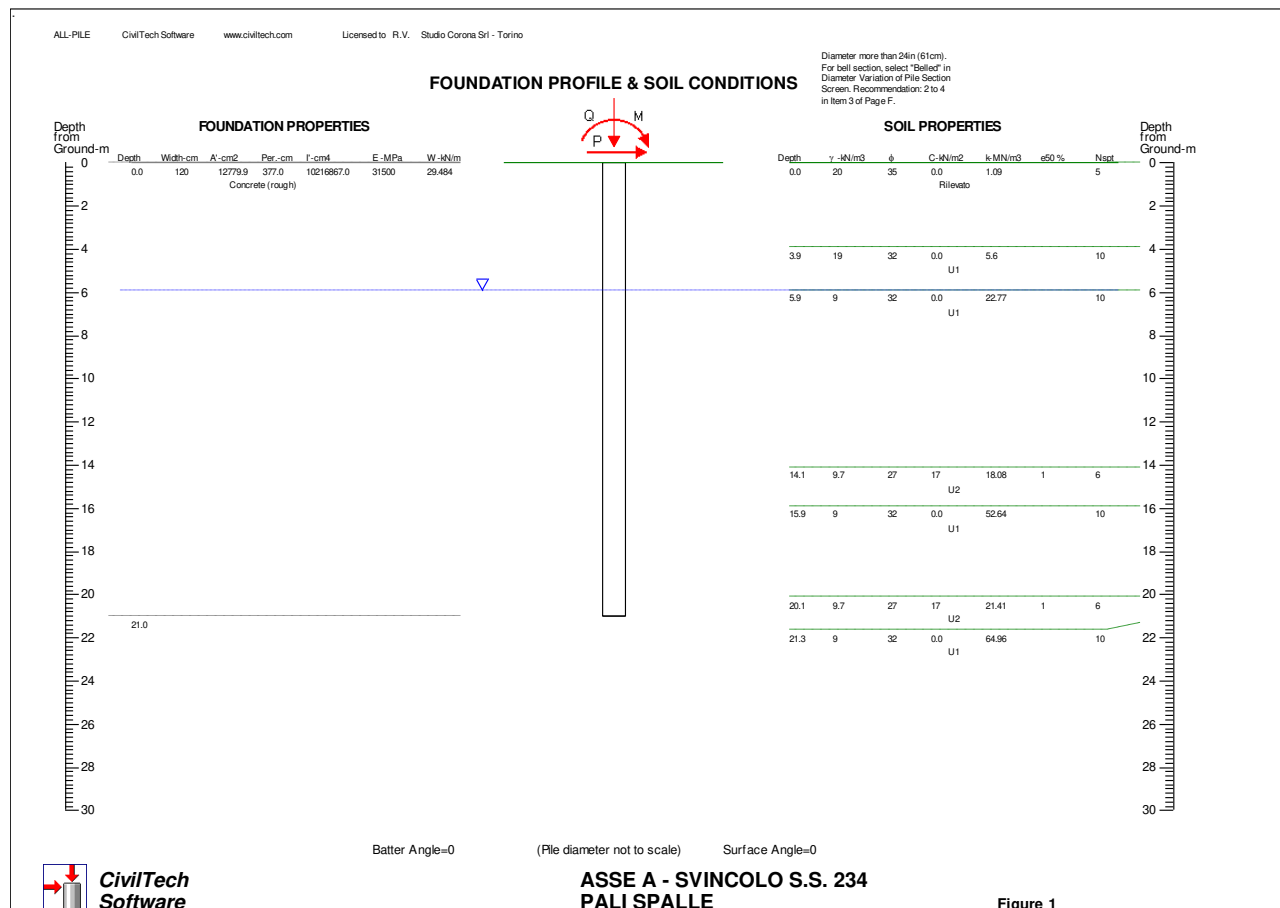
6.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a 3.9 m (max) di altezza sul rilevato; si trascura la portanza per attrito laterale per il tratto incamiciato con lamierino, pari a 5.9 m.

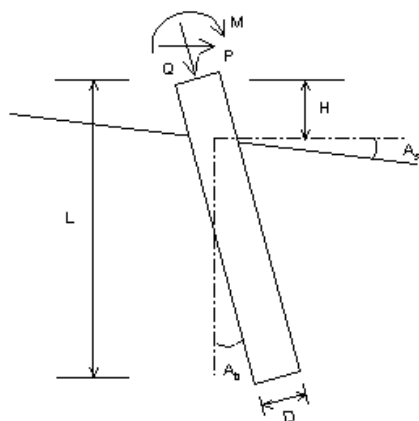
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 2725.7 -kN
Shear Load, P= 602.0 -kN
Moment, M= 311.8 -kN-m

Profile:

Pile Length, L= 21.0 -m
Top Height, H= 0 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

* Zero Friction *

Zero Friction Start: 0 -m End: 5.9 -m

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	20	35	0.0	1.09	30	5
3.9	19	32	0.0	5.6	60	10
5.9	9	32	0.0	22.77	60	10
14.1	9.7	27	17	18.08	1	6
15.9	9	32	0.0	52.64	60	10
20.1	9.7	27	17	21.41	1	6
21.3	9	32	0.0	64.96	60	10

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MPa	Weight -kN/m
0.0	120	12779.9	377.0	10216867.0	1500	29.484
21.0						

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 452.18-kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 3574.219-kN Side Resistance (Up)= 2116.215-kN
Tip Resistance (Down)= 3898.433-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
Total Ultimate Capacity (Down)= 7472.652-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2568.394-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 3482.080-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1459.900-kN
OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:

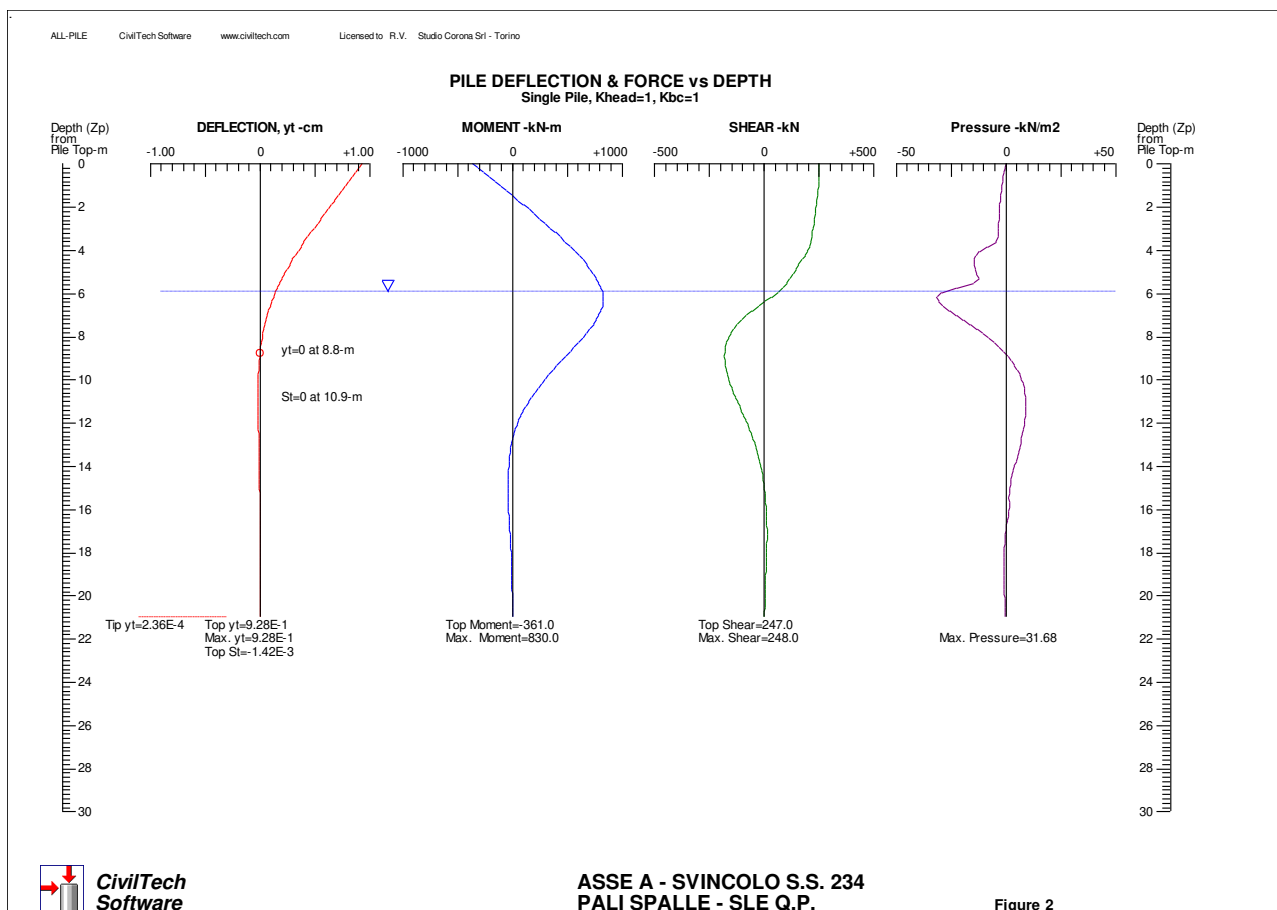
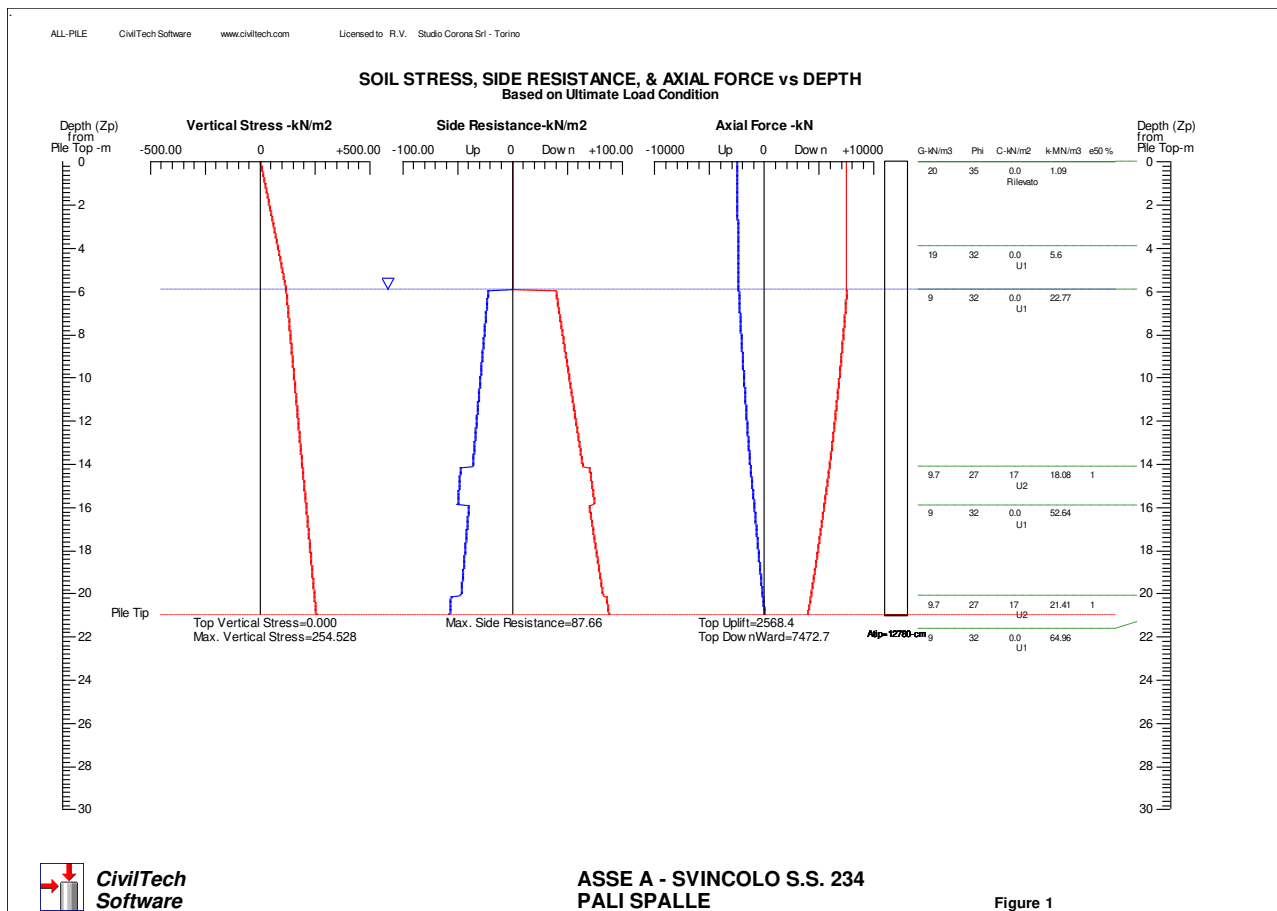
At Q= 2725.70-kN Settlement= 0.50574-cm
At Xallow= 2.00-cm Qallow= 4760.15625-kN

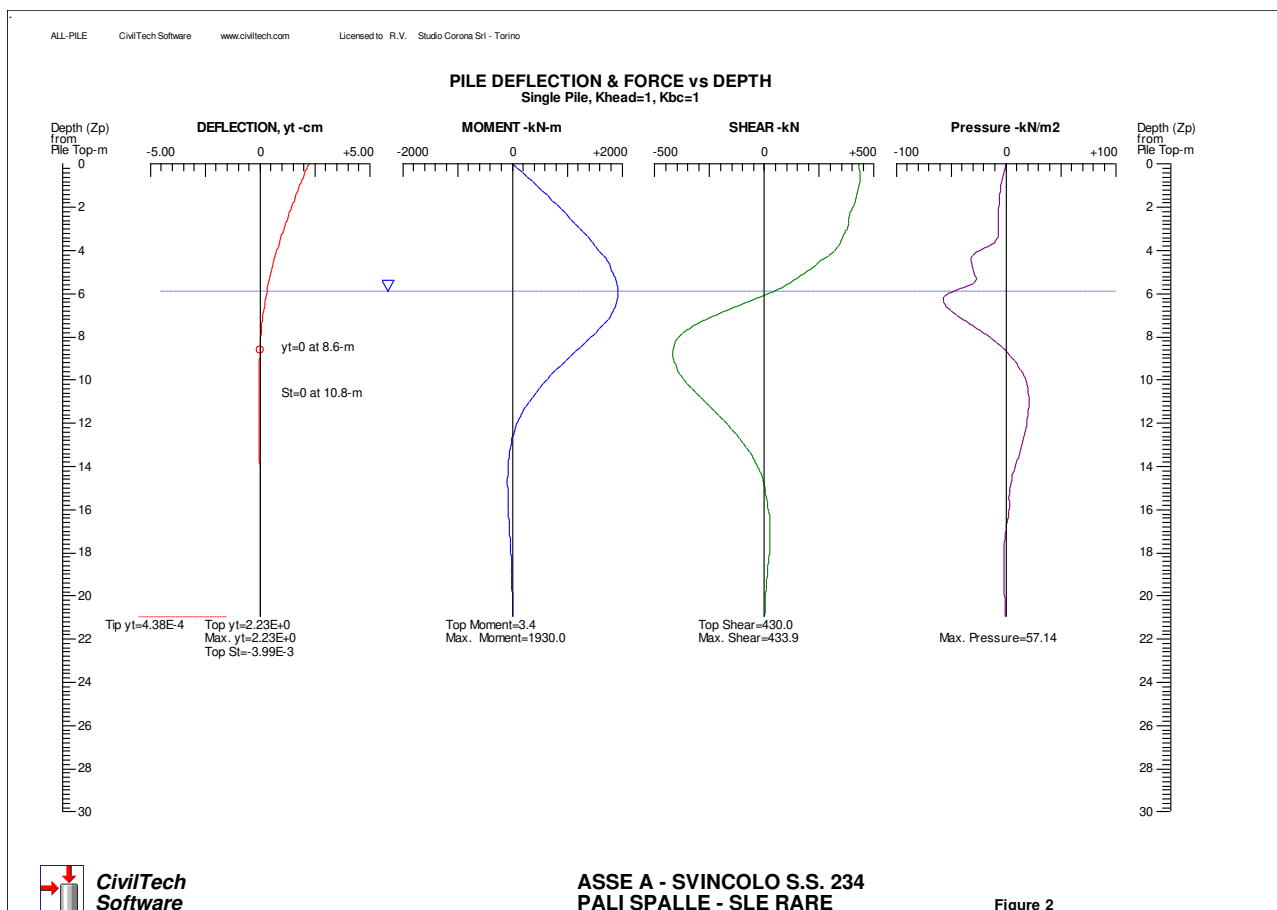
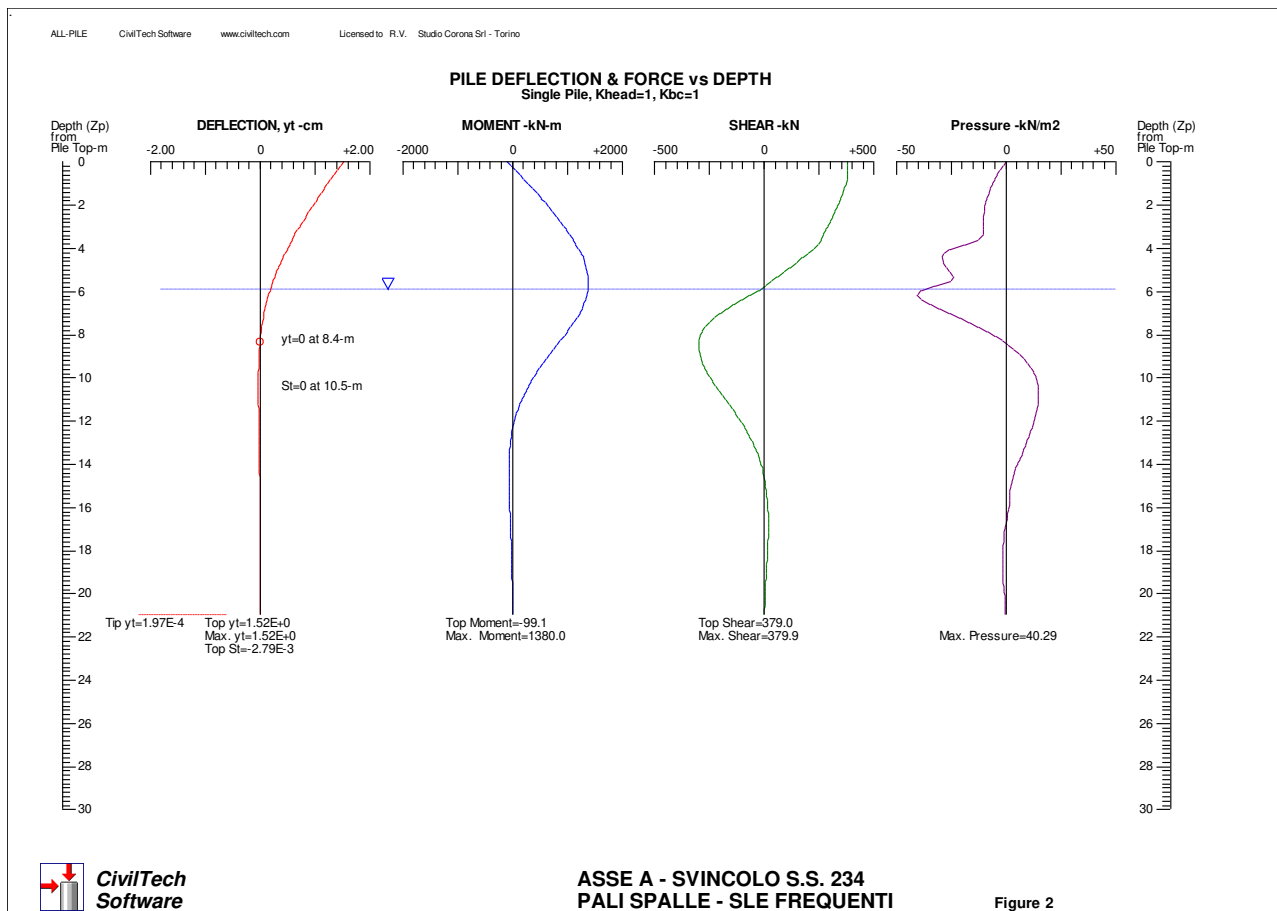
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.

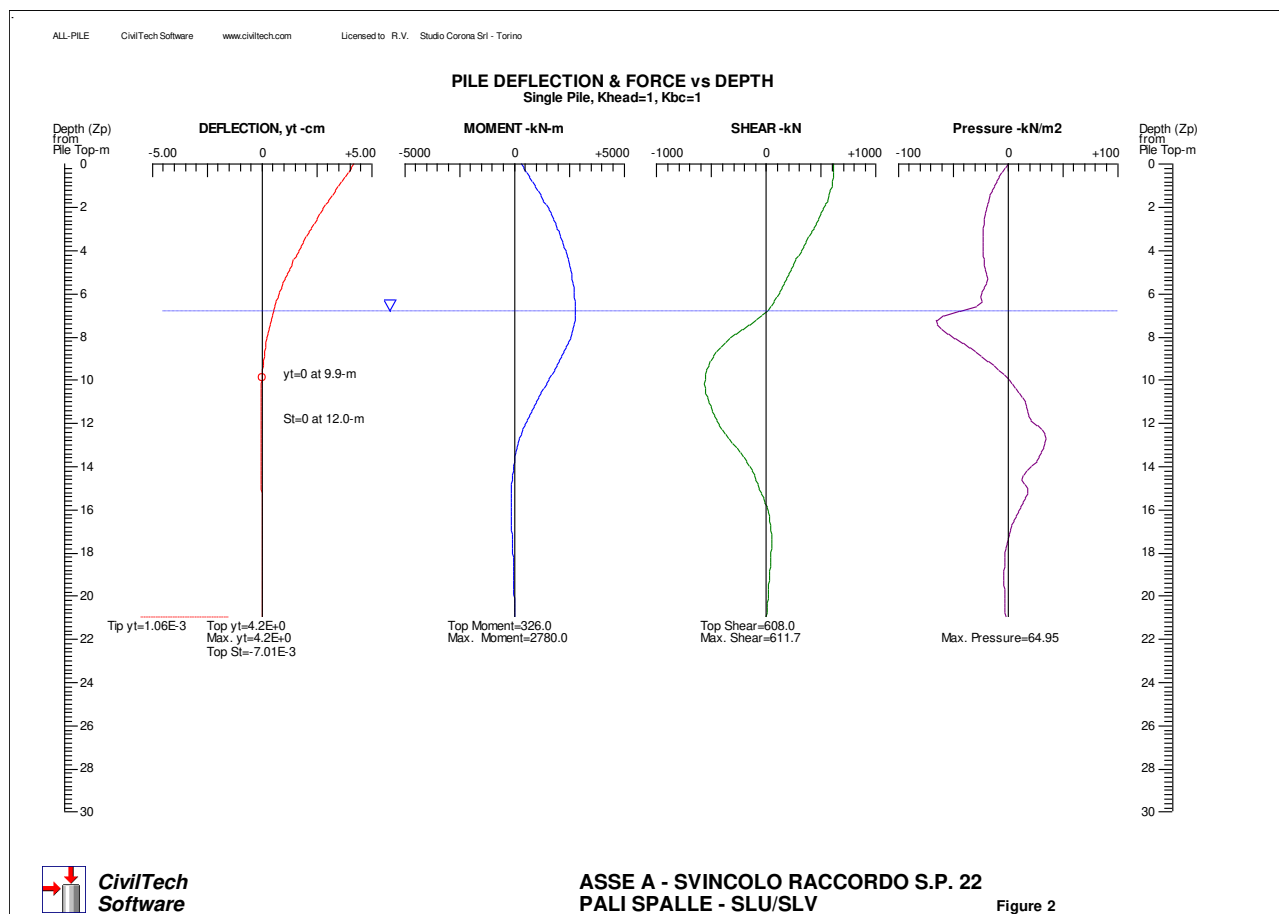


**CivilTech
Software**

**ASSE A - SVINCOLO S.S. 234
PALI SPALLE**







6.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione: $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base: $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 2725.7 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto: $R_{sd} = 3482.1 \text{ kN}$ ($R_{sd} > N_{sd}$)
- Cedimento verticale: $DZ = 5.06 \text{ mm}$ (<20 mm: ammissibile)

6.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno: $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

$\alpha = 3$: coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco

λ_p : coefficiente di spinta passiva

σ_v : pressione geostatica efficace

c' : coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto; si nota che per il rilevato si è tenuto conto dell'inclinazione 2:3 ($\varepsilon = -33.69^\circ$) del terreno nel calcolo della spinta passiva.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a $Z_p = 0.40$ m e vale:

$$R_{sd} / P_d = 9.53 / 3.0 = 3.18 \quad (>1: \text{verificato})$$

VIADOTTO SVINCOLO S.S. 234 – PALI DI FONDAZIONE – RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

Zp - Depth from pile Top
yt - Pile top deflection
Moment - Internal moment in pile shaft
Shear - Internal shear force in pile shaft
Pressure - Soil-Pile interactive pressure (Arching is considered)
Slope - Deflection slope at pile top

Zp (m)	yt (cm)	Moment (kN.m)	Shear (kN)	Pressure (kN/m2)	Slope	Terreno	Gamma (kN/m3)	C' (kN/m2)	Ap	σv (kN/m2)	R_Sd (kN/m2)	Verifica ? R/P > 1
0	3.44	312	602	0	-0.00635	Rilevato	20	0	0.8775	0	0	0
0.2	3.31	443	606	-1.5	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	4	4.765	3.176
0.4	3.17	574	608	-3	-0.00667	Rilevato	20	0	0.8775	8	9.529	3.176
0.6	3.04	705	608.4	-4.3	-0.00591	Rilevato	20	0	0.8775	12	14.294	3.324
0.9	2.91	834	606.6	-5.5	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	18	21.441	3.898
1.1	2.78	962	602	-6.6	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	22	26.206	3.971
1.3	2.65	1090	595.7	-7.5	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	26	30.971	4.129
1.5	2.52	1210	588.5	-8.4	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	30	35.735	4.254
1.7	2.39	1340	579.7	-9.1	-0.00591	Rilevato	20	0	0.8775	34	40.500	4.451
1.9	2.27	1460	568.9	-9.7	-0.00571	Rilevato	20	0	0.8775	38	45.265	4.666
2.1	2.15	1580	557.5	-10.2	-0.00571	Rilevato	20	0	0.8775	42	50.029	4.905
2.3	2.02	1690	546.7	-10.6	-0.00619	Rilevato	20	0	0.8775	46	54.794	5.169
2.5	1.91	1810	535.7	-10.9	-0.005	Rilevato	20	0	0.8775	50	59.559	5.464
2.8	1.79	1920	524.5	-11.1	-0.00571	Rilevato	20	0	0.8775	56	66.706	6.010
3	1.68	2030	513.4	-11.2	-0.00524	Rilevato	20	0	0.8775	60	71.471	6.381
3.2	1.57	2130	502.3	-11.3	-0.00524	Rilevato	20	0	0.8775	64	76.235	6.746
3.4	1.46	2240	491	-11.2	-0.00524	Rilevato	20	0	0.8775	68	81.000	7.232
3.6	1.36	2340	476.7	-15.9	-0.00455	Rilevato	20	0	0.8775	72	85.765	5.394
3.8	1.26	2440	454.3	-28.6	-0.00476	Rilevato	20	0	0.8775	76	90.529	3.165
4	1.16	2540	422.6	-40.8	-0.00476	U1	19	0	3.2546	79.8	352.557	8.641
4.2	1.07	2620	383.9	-46.6	-0.00429	U1	19	0	3.2546	83.6	369.346	7.926
4.4	0.98	2690	340.3	-48.1	-0.00438	U1	19	0	3.2546	87.4	386.134	8.028
4.7	0.89	2760	293.2	-47.3	-0.00391	U1	19	0	3.2546	93.1	411.317	8.696
4.9	0.81	2810	246.1	-45.5	-0.0039	U1	19	0	3.2546	96.9	428.105	9.409
5.1	0.73	2850	200.7	-43.1	-0.00376	U1	19	0	3.2546	100.7	444.894	10.322
5.3	0.66	2880	156.6	-40.5	-0.00352	U1	19	0	3.2546	104.5	461.682	11.400
5.5	0.59	2910	111.3	-43.6	-0.00318	U1	19	0	3.2546	108.3	478.470	10.974
5.7	0.52	2920	60.2	-56.4	-0.00314	U1	19	0	3.2546	112.1	495.259	8.781
5.9	0.46	2930	-0.3	-69	-0.00295	U1	19	0	3.2546	115.9	512.047	7.421
6.2	0.4	2920	-69.2	-74.3	-0.00276	U1	9	0	3.2546	118.6	523.976	7.052
6.4	0.35	2890	-142.9	-74.7	-0.00257	U1	9	0	3.2546	120.4	531.928	7.121
6.6	0.3	2840	-217.3	-72.4	-0.00227	U1	9	0	3.2546	122.2	539.960	2.486
6.8	0.25	2780	-289	-68.6	-0.00219	U1	9	0	3.2546	124	548.011	2.662
7	0.21	2700	-356	-63.2	-0.002	U1	9	0	3.2546	125.8	556.062	2.931
7.2	0.17	2610	-417.5	-55.8	-0.00186	U1	9	0	3.2546	127.6	564.113	3.368
7.4	0.14	2510	-472.8	-47.1	-0.00162	U1	9	0	3.2546	129.4	572.164	4.046
7.6	0.1	2390	-520.8	-38.1	-0.00141	U1	9	0	3.2546	131.2	580.215	5.071
7.8	0.08	2270	-560.4	-29.1	-0.00133	U1	9	0	3.2546	133	588.266	6.731
8.1	0.05	2140	-589.9	-20.6	-0.00117	U1	9	0	3.2546	135.7	596.317	9.701
8.3	0.03	2010	-609.7	-12.8	-0.00103	U1	9	0	3.2546	137.5	604.368	15.820
8.5	0.01	1870	-623.7	-5.5	-0.00089	U1	9	0	3.2546	139.3	612.419	37.299
8.7	0	1740	-633	1	-0.00074	U1	9	0	3.2546	141.1	620.470	207.794
8.9	-0.02	1600	-634.5	6.8	-0.00065	U1	9	0	3.2546	142.9	628.521	30.948
9.1	-0.03	1460	-626.8	12	-0.00055	U1	9	0	3.2546	144.7	636.572	17.758
9.3	-0.04	1330	-613	16.5	-0.00045	U1	9	0	3.2546	146.5	644.623	13.076
9.6	-0.05	1200	-596.8	20.4	-0.00034	U1	9	0	3.2546	149.2	652.674	10.771
9.8	-0.05	1080	-578.2	23.6	-0.00028	U1	9	0	3.2546	151	660.725	9.423
10	-0.06	959	-555.8	26.2	-0.00021	U1	9	0	3.2546	152.8	668.776	8.589
10.2	-0.06	846	-529.5	28.3	-0.00015	U1	9	0	3.2546	154.6	676.827	8.045
10.4	-0.06	739	-501	29.9	-0.00009	U1	9	0	3.2546	156.4	684.878	7.703
10.6	-0.06	638	-471.8	31	-0.00004	U1	9	0	3.2546	158.2	692.929	7.515
10.8	-0.06	544	-441.7	31.6	0	U1	9	0	3.2546	160	700.980	7.457
11	-0.06	457	-410.1	31.9	0.00004	U1	9	0	3.2546	161.8	708.931	7.470
11.2	-0.06	377	-377.4	31.8	0.00007	U1	9	0	3.2546	163.6	716.982	7.576
11.4	-0.06	304	-344.9	31.3	0.0001	U1	9	0	3.2546	165.4	725.033	7.782
11.7	-0.06	238	-313.6	30.6	0.00011	U1	9	0	3.2546	168.1	733.084	8.090
11.9	-0.05	178	-283.2	29.6	0.00013	U1	9	0	3.2546	169.9	741.135	8.453
12.1	-0.05	125	-253.3	28.5	0.00014	U1	9	0	3.2546	171.7	749.186	8.872
12.3	-0.05	77.4	-224.4	27.2	0.00015	U1	9	0	3.2546	173.5	757.237	9.394
12.5	-0.04	36.2	-197	25.8	0.00015	U1	9	0	3.2546	175.3	765.288	10.006
12.7	-0.04	0.6	-171.3	24.2	0.00016	U1	9	0	3.2546	177.1	773.339	10.777
12.9	-0.04	-29.8	-146.8	22.6	0.00016	U1	9	0	3.2546	178.9	781.390	11.658
13.1	-0.03	-55.3	-123.7	21	0.00016	U1	9	0	3.2546	180.7	789.441	12.672
13.4	-0.03	-76.3	-102.3	19.3	0.00015	U1	9	0	3.2546	183.4	797.492	13.994
13.6	-0.03	-93.1	-82.7	17.6	0.00014	U1	9	0	3.2546	185.2	805.543	15.497
13.8	-0.02	-106	-64.9	15.7	0.00014	U1	9	0	3.2546	187	813.594	17.541
14	-0.02	-116	-49.1	13.3	0.00014	U1	9	0	3.2546	188.8	821.645	20.905
14.2	-0.02	-122	-35.5	11.1	0.00012	U2	9.7	17	2.6629	190.74	829.696	22.967
14.4	-0.02	-126	-23.7	9.4	0.00012	U2	9.7	17	2.6629	192.68	837.747	27.369
14.6	-0.01	-129	-13.6	8	0.0001	U2	9.7	17	2.6629	194.62	845.798	32.451
14.9	-0.01	-129	-5.1	6.8	0.0001	U2	9.7	17	2.6629	197.53	853.849	38.693
15.1	-0.01	-128	1.9	5.8	0.0001	U2	9.7	17	2.6629	199.47	861.900	45.768
15.3	-0.01	-126	7.7	4.8	0.00008	U2	9.7	17	2.6629	201.41	869.951	55.790
15.5	-0.01	-123	12.7	4.5	0.00008	U2	9.7	17	2.6629	203.35	878.002	60.028
15.7	-0.01	-119	17.5	4.9	0.00006	U2	9.7	17	2.6629	205.29	886.053	55.605
15.9	0	-115	22.5	5.1	0.00006	U2	9.7	17	2.6629	207.23	894.104	53.883
16.1	0	-109	27.5	4.4	0.00005	U1	9	0	3.2546	209.03	902.155	69.962
16.3	0	-102	31.8	3.3	0.00004	U1	9	0	3.2546	210.83	910.206	94.086
16.5	0	-93.6	35.2	2.2	0.00004	U1	9	0	3.2546	212.63	918.257	142.334
16.8	0	-85.2	37.6	1	0.00003	U1	9	0	3.2546	215.33	926.308	317.110
17	0	-76.6	38.7	0.1	0.00003	U1	9	0	3.2546	217.13	934.359	319.768
17.2	0	-68	38.8	-0.8	0.00002	U1	9	0	3.2546	218.93	942.410	403.014
17.4	0	-59.5	38.1	-1.4	0.00002	U1	9	0	3.2546	220.73	950.461	232.187
17.6	0	-51.5	36.8	-2	0.00001	U1	9	0	3.2546	222.53	958.512	163.857
17.8	0	-43.9	35	-2.4	0.00001	U1	9	0	3.2546	224.33	966.563	137.652
18	0	-36.8	32.7	-2.7	0.00001	U1	9	0	3.2546	226.13	974.614	123.339
18.2	0	-30.3	30	-2.9	0	U1	9	0	3.2546	227.93	982.665	115.747
18.5	0	-24.5	27.1	-3	0	U1	9	0	3.2546	230.63	990.716	113.214
18.7	0	-19.3	24.1	-3.1								

6.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale: $DZ = 5.06 \text{ mm}$ ($< 20 \text{ mm}$: ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima: $DZ = 42.0 \text{ mm}$ ($< 50 \text{ mm}$: ammissibile)

6.6 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio: $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.: $16 \text{ } \varnothing 30, r = 60 - 8 - 1.2 - 3/2 = 49.3 \text{ cm}$
 $16 \text{ } \varnothing 30, r = 49.3 - 2 \times 3 = 43.3 \text{ cm}$
- spirale: $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm}.$

6.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

6.6.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2725.8 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2930.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 3968.3 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$ Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 634.5 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2787.0 \text{ kN}$	$\rightarrow$ Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

6.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 495.0 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2930.0 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 3560.6 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$ Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 634.5 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2412.4 \text{ kN}$	$\rightarrow$ Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

6.6.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

6.6.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1995.3 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1930.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 13.21 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 214.65 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

6.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 370.1 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1930.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 13.02 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 293.00 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

6.6.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI FREQUENTI

6.6.3.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1720.5 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1380.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 9.46 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 140.25 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.260 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.3.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 453.5 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1380.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 9.37 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 190.20 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.393 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.4 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

6.6.4.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1255.7 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 830.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 5.70 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 74.83 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.089 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

6.6.4.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 590.1 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 830.0 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 5.66 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 104.86 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.161 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_2 = 0.3 \text{ mm}$

6.6.5 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: SV SS 234 SPALLE

Descrizione Sezione: SVINCOLO S.S. 234 - PALI SPALLE
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30
Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 141.60 daN/cm²
Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 70.80 daN/cm²
Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
Def.unit. ultima ecu : 0.0035
Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale E_c : 314750 daN/cm²
Coeff. di Poisson : 0.20
Resis. media a trazione f_{ctm} : 25.60 daN/cm²
Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 150.00 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 150.00 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
Sc Limite : 112.50 daN/cm²
Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
Modulo Elastico E_f : 2100000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1
Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30
Raggio circonferenza: 60.00 cm
Ascissa X centro circ.: 0.00 cm
Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre

Xcentro barre gen.	Ascissa del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
Ycentro barre gen.	Ordinata del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
Raggio barre gen.	Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.
N.Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonf.
Diam.	Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.30	16	30
2	0.00	0.00	43.30	16	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.
d'inerzia	con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.
d'inerzia	con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	272570	293000	0	63450	0
2	49503	293000	0	63450	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.
d'inerzia	con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.
d'inerzia	con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	199532	193000	0
2	37010	193000	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.
d'inerzia	

della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.
d'inerzia
della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro

N.Comb.	N	Mx	My
1	172053	138000	0
2	45346	138000	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ.
d'inerzia
della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore
My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ.
d'inerzia
della sez. con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro

N.Comb.	N	Mx	My
1	125569	83000	0
2	59011	83000	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 8.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult
Mis.Sic.							

1.354	1	S	272570	293000	0	272579	396829	0
1.215	2	S	49503	293000	0	49519	356059	0

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max
1	0.00350	-0.00032	0.0	60.0	0.00271	0.0	49.3	-0.00461
2	0.00350	-0.00110	0.0	60.0	0.00254	0.0	49.3	-0.00628

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000074182	-0.000950902		
2	0.000000000	0.000089509	-0.001870515		

ARMATURE A TAGLIO

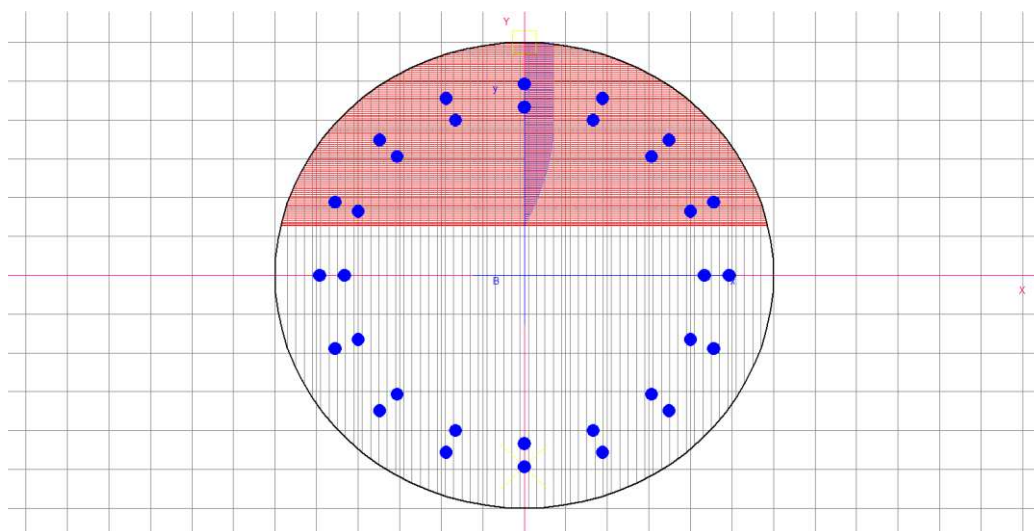
Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm
25.0 cm]	[Passo massimo di normativa =
N.Bracci staffe:	2

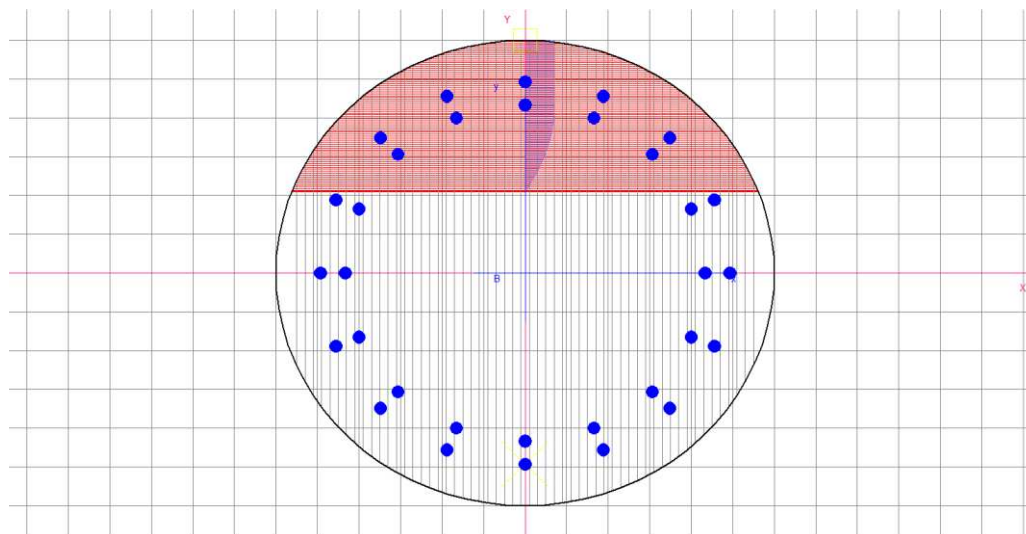
METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro

Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog.
all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo
compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze
delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel.
all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce
resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di
conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per
compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro
di pil.[cm²/m]
A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di
combinaz.[cm²/m]
(Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle
sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con
L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile
nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast
A_Eff									
1	S	63450	278704	97657	98.1	110.5	21.80°	1.170	7.3
11.3(0.0)									
2	S	63450	241236	98884	99.3	107.2	21.80°	1.031	7.3
11.3(0.0)									

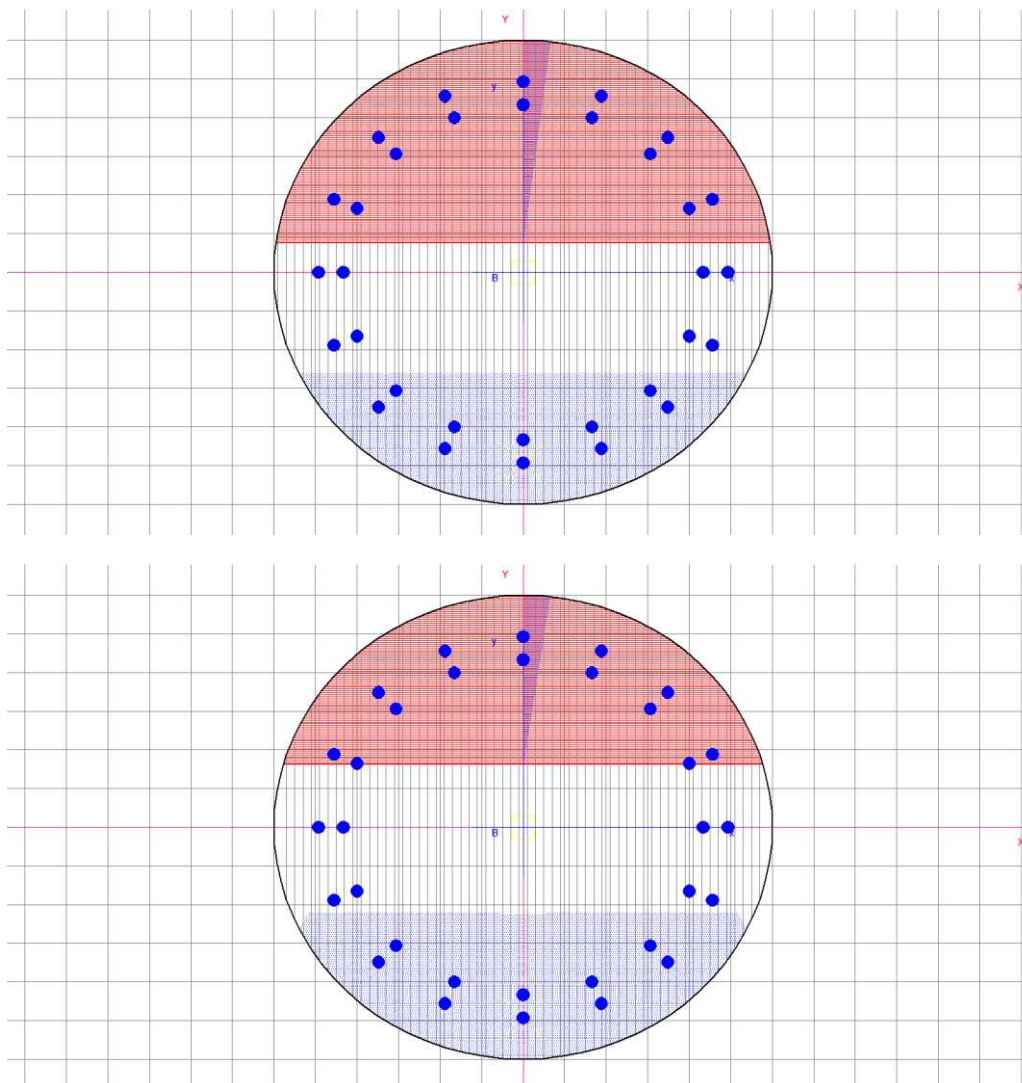




COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

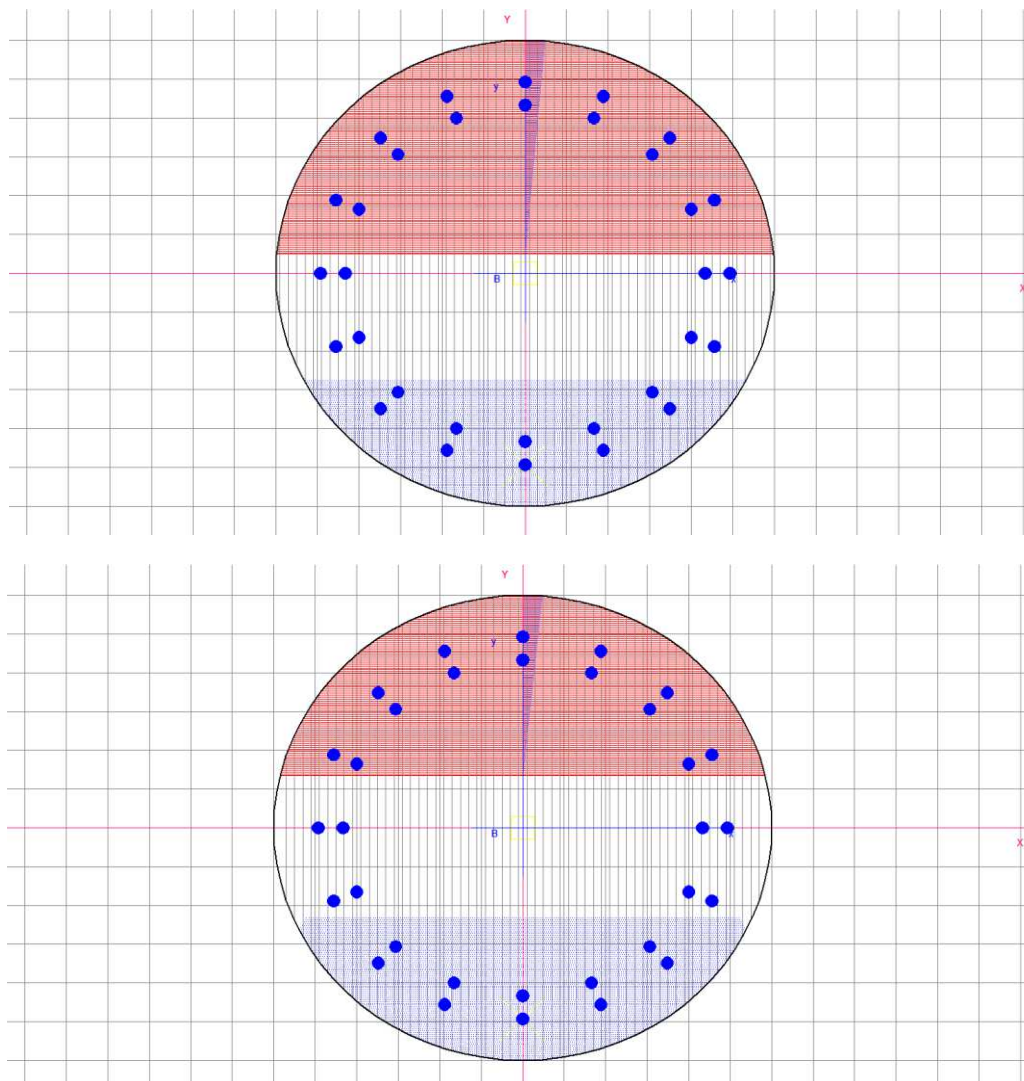
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata	
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato	
[daN/cm ²]		
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.	
X,Y,O)		
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.	
X,Y,O)		
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]	
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.	
X,Y,O)		
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.	
X,Y,O)		
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente	
alle barre		
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm	
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma	
delle tensioni		
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm	

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min
1	S	132.1	0.0	0.0	-2146	0.0	-49.3
2	S	130.2	0.0	0.0	-2930	0.0	-49.3



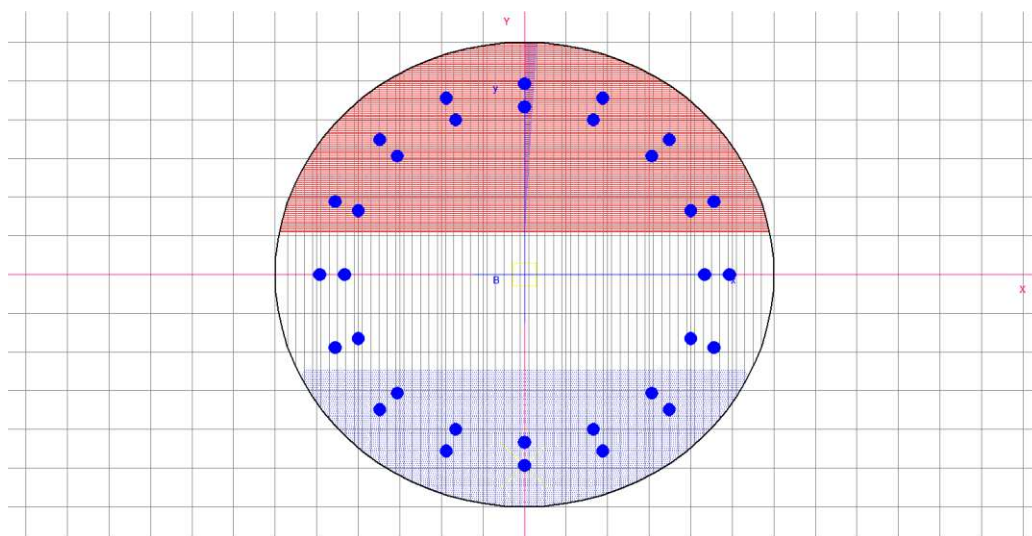
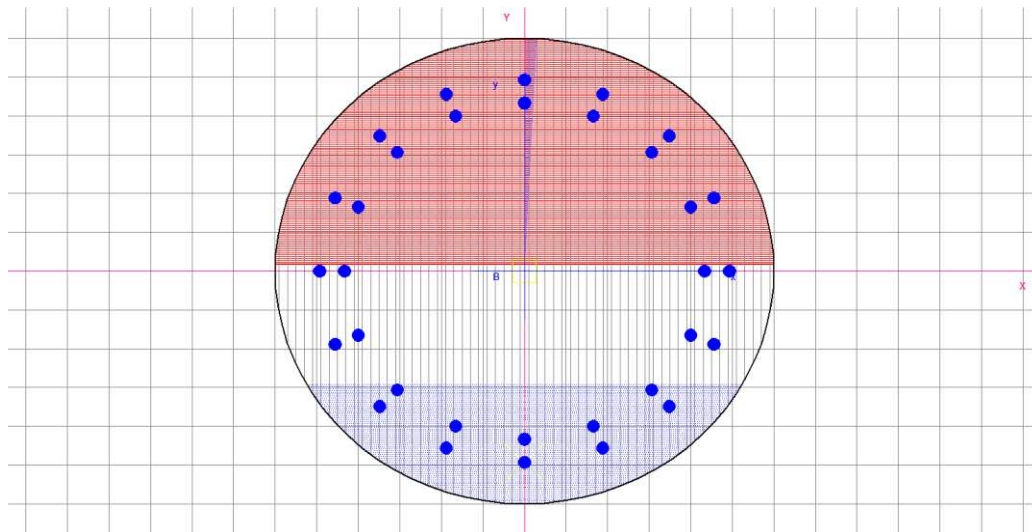
COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.
K3	Ap.Fess.								
1	S	94.6	0.0	0.0	-1403	0.0	-49.3	2475	267
0.168	0.260								
2	S	93.7	0.0	0.0	-1902	0.0	-49.3	2954	286
0.179	0.393								



COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.
K3	Ap.Fess.								
1	S	57.0	0.0	0.0	-748	0.0	-49.3	2316	260
0.163	0.089								
2	S	56.6	0.0	0.0	-1049	0.0	-49.3	2796	279
0.176	0.161								



7 PALI PILE

7.1 SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA TESTA DEI PALI

Seguono tabelle delle sollecitazioni alla testa dei pali ricavate dalla Relazione di calcolo delle sovrastrutture per le diverse combinazioni di carico.

COMBINAZIONI DI CARICO			PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALI
			N _{Sd,1} [kN]	N _{Sd,2} [kN]	N _{Sd,3} [kN]	N _{Sd,4} [kN]	N _{Sd,5} [kN]	N _{Sd,6} [kN]	N _{Sd,7} [kN]	N _{Sd,8} [kN]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTI	GEN Q.P.(max)	-	1 533.81	1 524.47	1 515.13	1 505.80	1 512.25	1 502.91	1 493.57	1 484.24	3.29
	GEN Q.P.(min)	-	1 544.63	1 535.29	1 525.95	1 516.61	1 488.95	1 479.61	1 470.27	1 460.93	8.49
SLE - FREQUENTI	GEN FREQ Mobili(max)	-	1 575.62	1 671.06	1 766.51	1 861.96	1 573.61	1 669.06	1 764.51	1 859.96	0.87
	GEN FREQ Vento(max)	-	1 516.77	1 518.79	1 520.81	1 522.83	1 495.20	1 497.23	1 499.25	1 501.27	7.97
	GEN FREQ Termico(max)	-	1 532.73	1 523.39	1 514.05	1 504.72	1 514.58	1 505.24	1 495.90	1 486.57	2.77
	GEN FREQ Mobili(min)	-	1 674.00	1 583.04	1 492.08	1 401.12	1 604.44	1 513.48	1 422.52	1 331.56	10.65
	GEN FREQ Vento(min)	-	1 527.58	1 529.60	1 531.63	1 533.65	1 471.90	1 473.93	1 475.95	1 477.97	11.17
	GEN FREQ Termico(min)	-	1 545.71	1 536.37	1 527.03	1 517.69	1 486.62	1 477.28	1 467.94	1 458.60	9.01
SLE - RARE	GEN RARA Mobili(max)	-	1 565.24	1 785.87	2 006.49	2 227.12	1 574.01	1 794.64	2 015.26	2 235.89	20.44
	GEN RARA Vento(max)	-	1 489.31	1 641.56	1 793.81	1 946.06	1 490.72	1 642.97	1 795.22	1 947.47	35.68
	GEN RARA Frenam(max)	-	1 663.27	1 758.72	1 854.17	1 949.62	1 486.56	1 582.01	1 677.46	1 772.91	26.97
	GEN RARA Termico(max)	-	1 519.07	1 648.60	1 778.13	1 907.66	1 534.13	1 663.66	1 793.19	1 922.72	21.21
	GEN RARA Mobili(min)	-	1 747.16	1 609.45	1 471.74	1 334.03	1 670.26	1 532.55	1 394.84	1 257.13	26.35
	GEN RARA Vento(min)	-	1 589.87	1 555.71	1 521.55	1 487.39	1 516.88	1 482.73	1 448.57	1 414.41	39.03
SLU - STR	GEN RARA Frenam(min)	-	1 763.82	1 672.86	1 581.90	1 490.94	1 512.72	1 421.76	1 330.80	1 239.84	38.31
	GEN RARA Termico(min)	-	1 628.28	1 571.40	1 514.52	1 457.64	1 541.65	1 484.77	1 427.89	1 371.01	26.37
	GEN SLU Mobili(max)	-	2 152.73	2 454.28	2 755.82	3 057.37	2 165.92	2 467.47	2 769.02	3 070.56	30.87
	GEN SLU Vento(max)	-	2 045.12	2 257.76	2 470.41	2 683.06	2 048.37	2 261.02	2 473.66	2 686.31	53.63
	GEN SLU Frenamento(max)	-	2 292.74	2 420.18	2 547.63	2 675.07	2 055.53	2 182.98	2 310.42	2 437.87	36.20
	GEN SLU Termico(max)	-	2 091.06	2 269.62	2 448.19	2 626.75	2 110.69	2 289.25	2 467.82	2 646.38	31.87
SLV	GEN SLU Mobili(min)	-	2 396.37	2 214.17	2 031.96	1 849.75	2 300.05	2 117.85	1 935.64	1 753.43	38.08
	GEN SLU Vento(min)	-	2 178.91	2 139.91	2 100.90	2 061.90	2 087.88	2 048.88	2 009.87	1 970.87	57.66
	GEN SLU Frenamento(min)	-	2 426.54	2 302.33	2 178.12	2 053.92	2 095.05	1 970.84	1 846.63	1 722.42	50.58
	GEN SLU Termico(min)	-	2 235.24	2 162.15	2 089.07	2 015.98	2 127.83	2 054.75	1 981.66	1 908.57	37.80
	GEN SLV Long(max)	1	705.27	746.84	788.41	829.99	1 309.75	1 351.32	1 392.89	1 434.47	164.70
	GEN SLV Long(max)	2	683.98	725.56	767.13	808.70	1 288.46	1 330.04	1 371.61	1 413.18	164.70
	GEN SLV Long(max)	3	721.00	752.09	783.17	814.25	1 325.48	1 356.57	1 387.65	1 418.73	156.34
	GEN SLV Long(max)	4	699.72	730.80	761.88	792.97	1 304.20	1 335.28	1 366.36	1 397.45	156.34
	GEN SLV Trasv(max)	1	754.59	907.92	1 061.25	1 214.59	927.09	1 080.42	1 233.75	1 387.08	172.74
	GEN SLV Trasv(max)	2	733.30	886.64	1 039.97	1 193.30	905.80	1 059.13	1 212.47	1 365.80	172.74
	GEN SLV Trasv(max)	3	780.82	934.15	1 087.48	1 240.82	900.86	1 054.19	1 207.52	1 360.86	166.47
	GEN SLV Trasv(max)	4	759.53	912.87	1 066.20	1 219.53	879.57	1 032.91	1 186.24	1 339.57	166.47
	GEN SLV Vert(max)	1	957.41	1 001.51	1 045.61	1 089.71	1 141.13	1 185.23	1 229.34	1 273.44	73.85
	GEN SLV Vert(max)	2	973.14	1 006.75	1 040.36	1 073.97	1 156.87	1 190.48	1 224.09	1 257.70	50.20
	GEN SLV Vert(max)	3	983.63	1 027.74	1 071.84	1 115.94	1 114.91	1 159.01	1 203.11	1 247.21	56.05
	GEN SLV Vert(max)	4	999.37	1 032.98	1 066.59	1 100.20	1 130.64	1 164.25	1 197.86	1 231.47	14.42
	GEN SLV Long(min)	1	1 435.90	1 386.14	1 336.39	1 286.63	754.18	704.42	654.67	604.91	168.09
	GEN SLV Long(min)	2	1 414.62	1 364.86	1 315.10	1 265.34	732.90	683.14	633.38	583.63	168.09
	GEN SLV Long(min)	3	1 451.64	1 391.39	1 331.14	1 270.89	769.92	709.67	649.42	589.17	175.88
	GEN SLV Long(min)	4	1 430.35	1 370.10	1 309.86	1 249.61	748.63	688.39	628.14	567.89	175.88
	GEN SLV Trasv(min)	1	1 376.09	1 204.08	1 032.07	860.06	1 178.81	1 006.80	834.79	662.78	167.07
	GEN SLV Trasv(min)	2	1 354.80	1 182.80	1 010.79	838.78	1 157.52	985.52	813.51	641.50	167.07
	GEN SLV Trasv(min)	3	1 402.32	1 230.31	1 058.30	886.29	1 152.58	980.57	808.56	636.56	176.18
	GEN SLV Trasv(min)	4	1 381.03	1 209.02	1 037.02	865.01	1 131.30	959.29	787.28	615.27	176.18
	GEN SLV Vert(min)	1	1 136.25	1 083.96	1 031.68	979.39	927.74	875.45	823.17	770.89	21.98
	GEN SLV Vert(min)	2	1 151.99	1 089.21	1 026.43	963.66	943.48	880.70	817.92	755.15	58.39
	GEN SLV Vert(min)	3	1 162.48	1 110.19	1 057.91	1 005.62	901.51	849.23	796.94	744.66	61.63
	GEN SLV Vert(min)	4	1 178.21	1 115.44	1 052.66	989.89	917.25	854.47	791.70	728.92	82.01

Nella tabella successiva sono riepilogati i valori massimi e minimi delle azioni agenti sui pali di fondazione (involuppati per le due pile):

MASSIMI / MINIMI	N _{Sd,max} [kN]	N _{Sd,min} [kN]	V _{Sd} [kN]
SLE - QUASI PERMANENTE	1 544.63	1 460.93	8.49
SLE - FREQUENTI	1 861.96	1 331.56	11.17
SLE - CARATTERISTICHE	2 235.89	1 239.84	39.03
SLU - STR	3 070.56	1 722.42	57.66
SLV	1 451.64	567.89	176.18

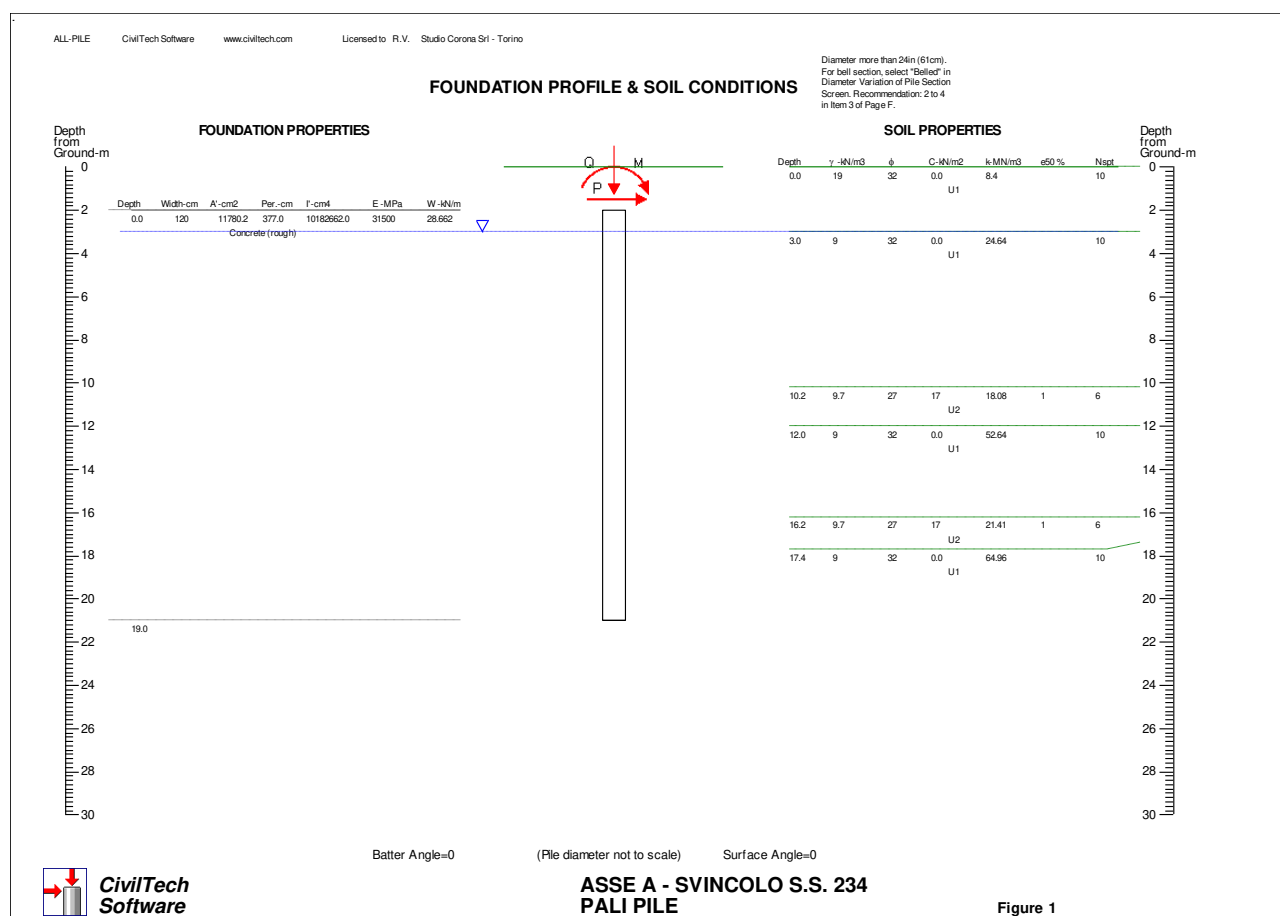
7.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

Il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione del palo viene effettuato mediante il programma di calcolo "Allpile", vers. 7.12, CivilTech Software, Bellevue, WA USA.

La testa del palo risulta a circa 2 m di profondità dal p.c.

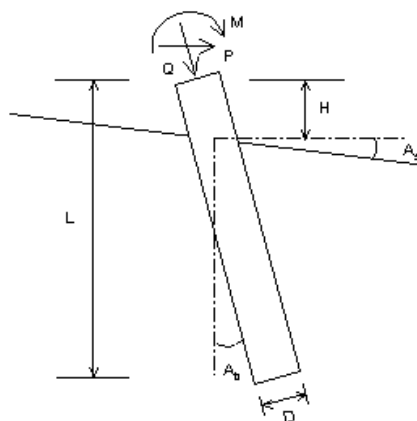
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

Si omettono i tabulati in quanto i risultati grafici del programma AllPile sono completamente esaustivi.



VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3070.6 -kN
Shear Load, P= 176.2 -kN
Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 19.0 -m
Top Height, H= -2 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0
Fixed Head Condition

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	19	32	0.0	8.4	60	10
3	9	32	0.0	24.64	60	10
10.2	9.7	27	17	18.08	1	6
12	9	32	0.0	52.64	60	10
16.2	9.7	27	17	21.41	1	6
17.4	9	32	0.0	64.96	60	10

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MPa	Weight -kN/m
0.0	120	11780.2	377.0	10182662.0	1500	28.662
19.0						

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 344.83-kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 3327.258-kN Side Resistance (Up)= 1985.653-kN
Tip Resistance (Down)= 3569.033-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
Total Ultimate Capacity (Down)= 6896.292-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2330.486-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 3215.383-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1290.383-kN
OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:

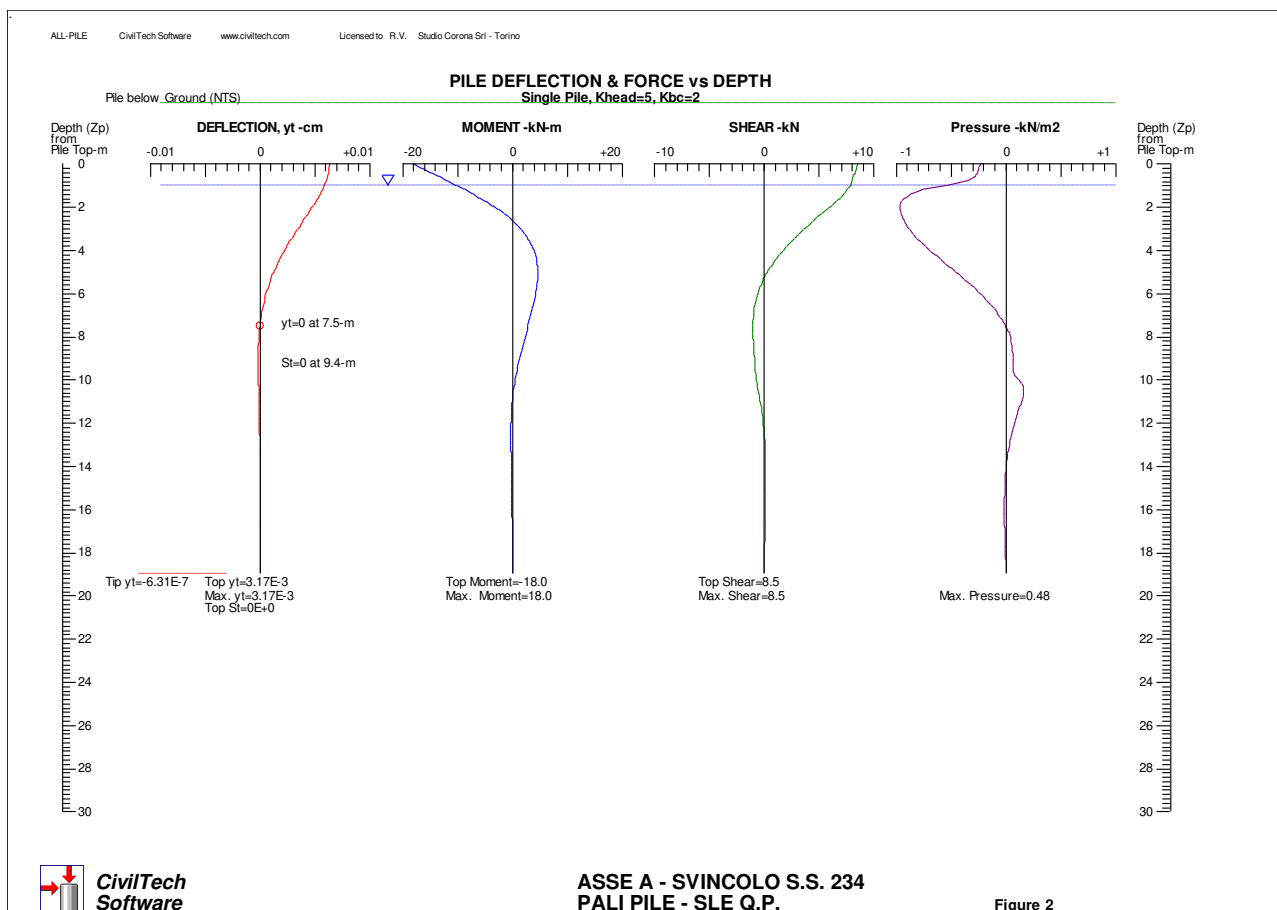
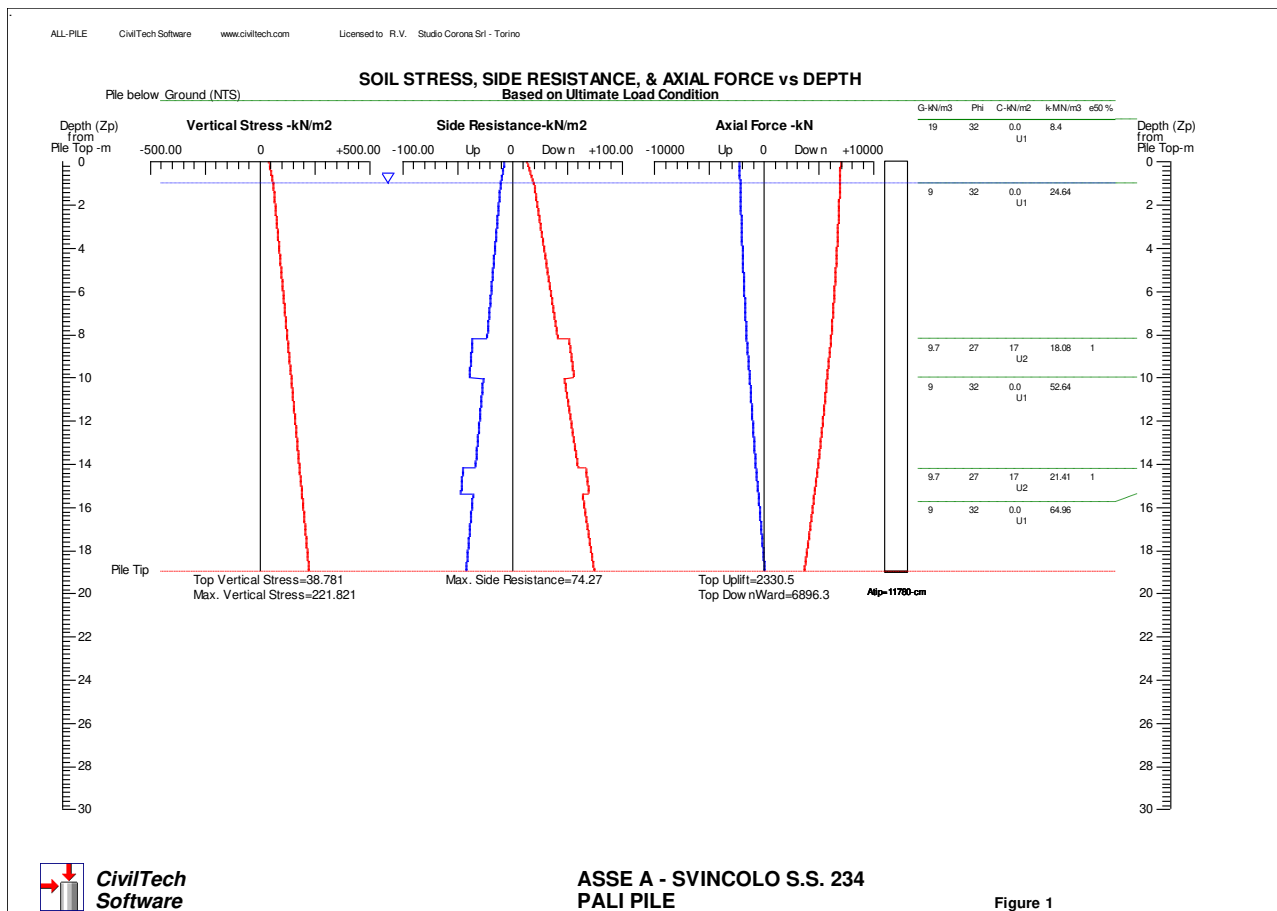
At Q= 3070.56-kN Settlement= 0.74124-cm
At Xallow= 2.00-cm Qallow= 4342.17334-kN

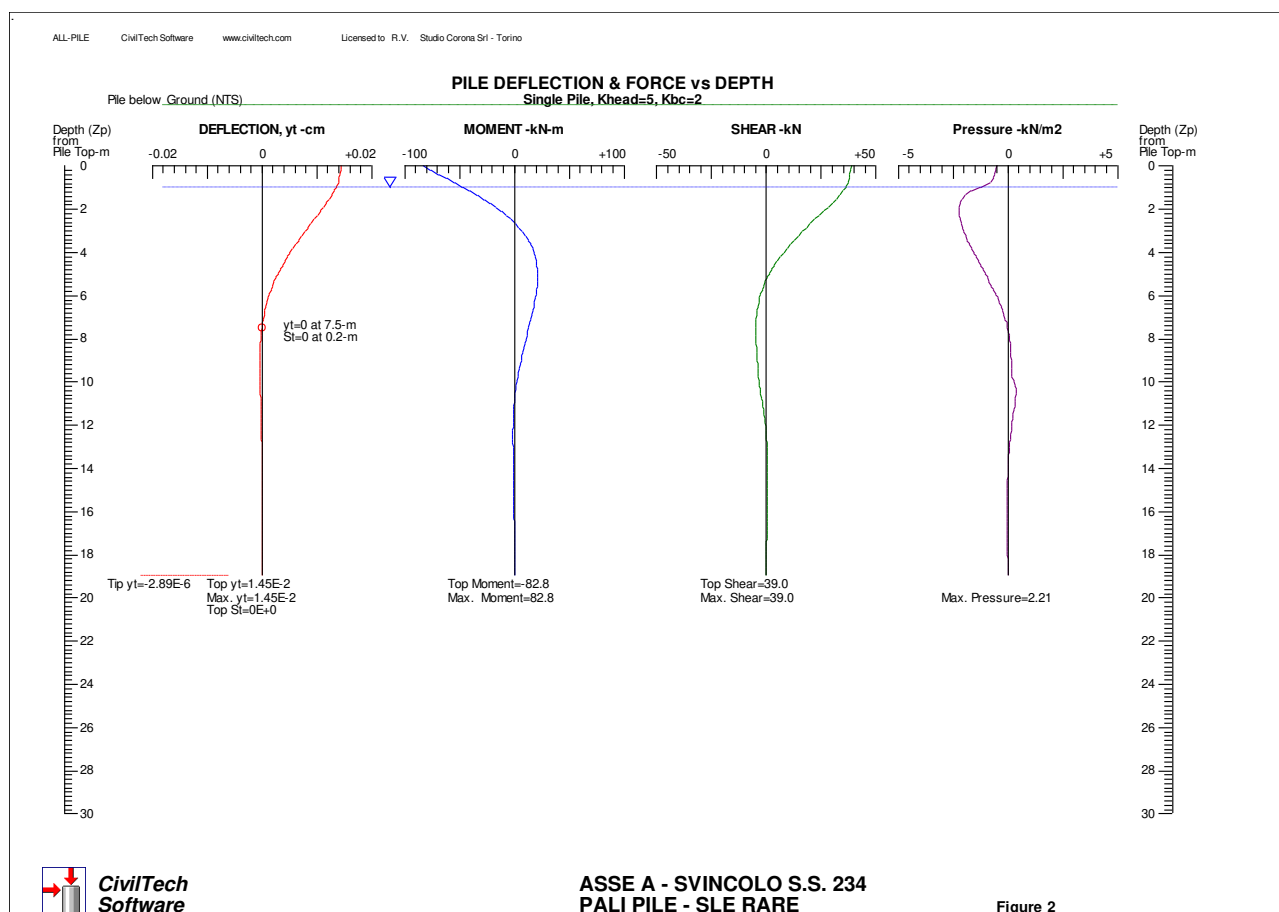
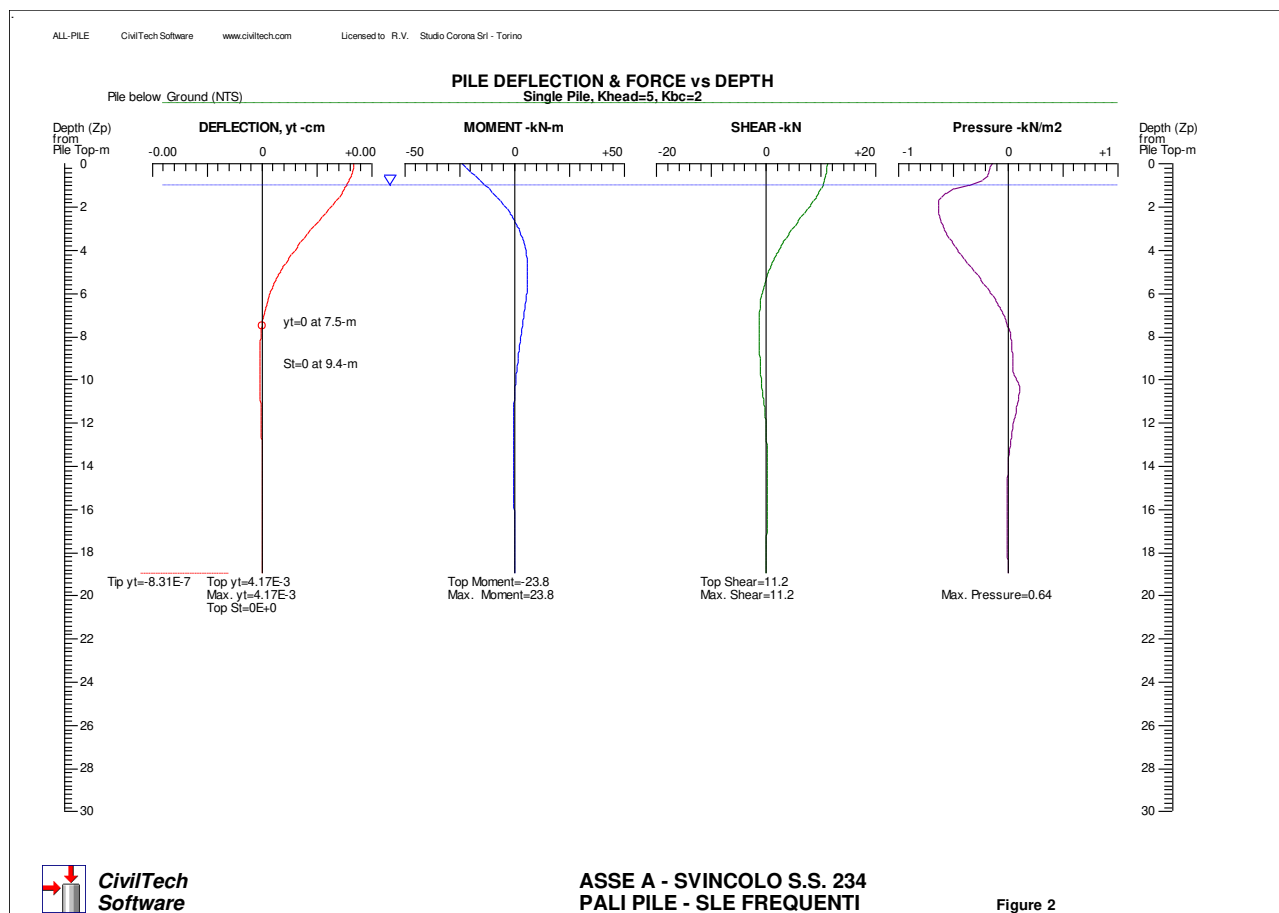
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.

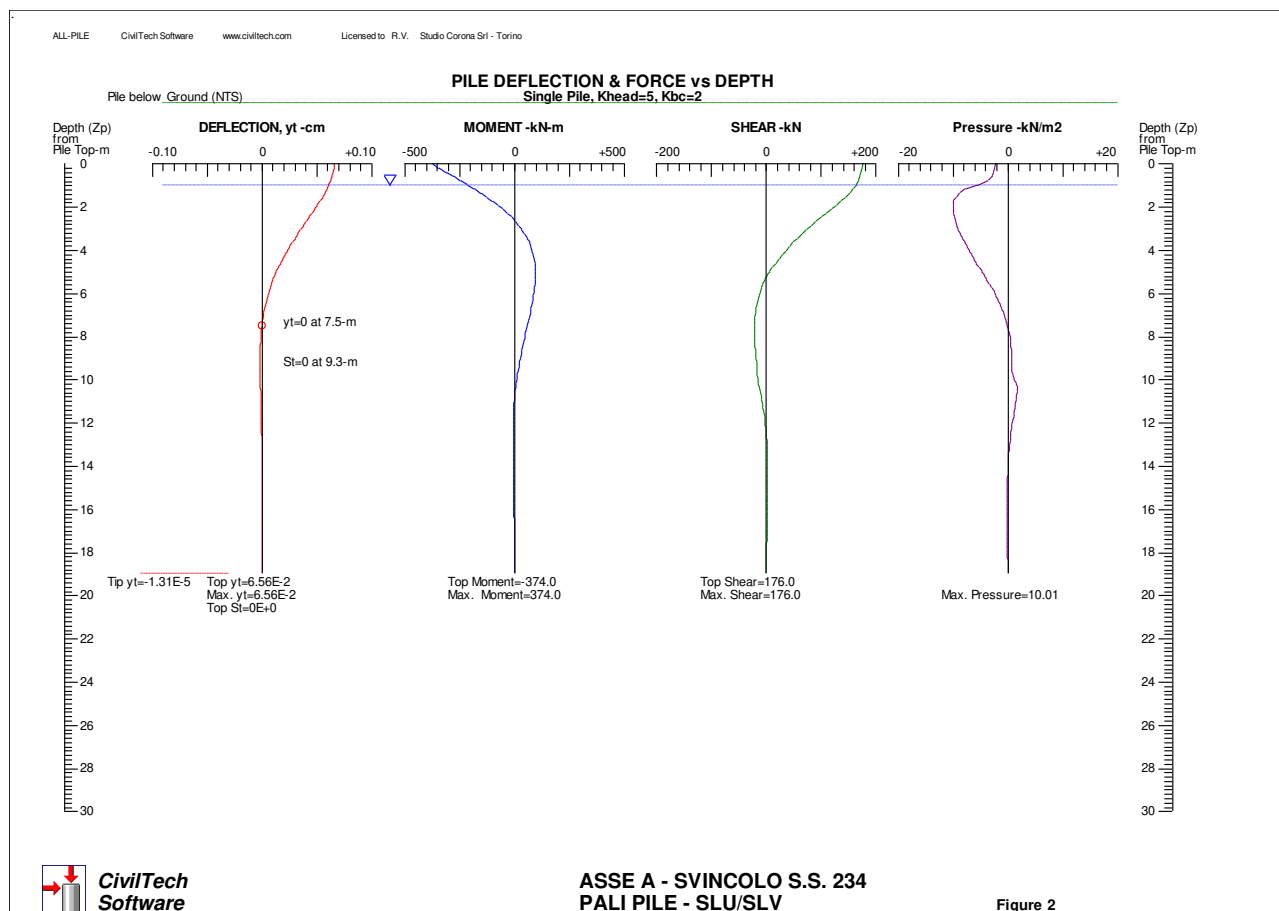


CivilTech
Software

ASSE A - SVINCOLO S.S. 234
PALI PILE







7.3 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICO VERTICALE

La verifica viene svolta allo stato limite ultimo; in riferimento alle NTC 2008, si sceglie l'approccio 2, con le combinazioni A1/M1/R3 in cui si applicano i coefficienti parziali alle caratteristiche resistenti del palo:

- resistenza laterale in compressione: $\gamma_s = 1.15$
- resistenza alla base: $\gamma_b = 1.35$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

Si ottiene:

- Sforzo verticale di progetto: $N_{sd} = 3071 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto: $R_{sd} = 3215 \text{ kN}$ ($R_{sd} > N_{sd}$)
- Cedimento verticale: $DZ = 7.41 \text{ mm}$ (ammissibile)

7.4 PALI SOGGETTI A CARICO ORIZZONTALE - VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO

I coefficienti parziali (A1/M1/R3) risultano:

- resistenza laterale terreno: $\gamma_t = 1.30$
- fattore di correlazione: $\xi_4 = 1.70$

La resistenza di progetto del terreno si ottiene dalla formula:

$$R_{sd} = \alpha \frac{\lambda_p \times \sigma_v + 2 \times c' \times \sqrt{\lambda_p}}{\gamma_t \times \xi_3} \quad \text{in cui:}$$

$\alpha = 3$: coefficiente correttivo per tener conto dell'effetto arco

 λ_p : coefficiente di spinta passiva

σ_v : pressione geostatica efficace

c': coesione drenata

Segue il tabulato del calcolo svolto.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a $Z_p = 1.70$ m e vale:

$$R_{sd} / P_d = 279.66 / 9.9 = 28.25 \quad (>1: \text{verificato})$$

VIADOTTO SVINCOLO S.S. 234 – PALI DI FONDAZIONE – RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

Zp - Depth from pile Top
yt - Pile top deflection
Moment - Internal moment in pile shaft
Shear - Internal shear force in pile shaft
Pressure - Soil-Pile interactive pressure (Arching is considered)
Slope - Deflection slope at pile top

Zp (m)	yt (cm)	Moment (kN.m)	Shear (kN)	Pressure (kN/m ²)	Slope	Terreno	Gamma (kN/m ³)	C' (kN/m ²)	lp	ov (kN/m ²)	R_Sd (kN/m ²)	Verifica ? R/P > 1
0	0.07	-374	176	-2.3	0	U1	19	0	3.2546	38	167.884	72.993
0.2	0.07	-341	173.9	-2.5	-0.00001	U1	19	0	3.2546	41.8	184.673	73.869
0.4	0.06	-307	171.8	-2.7	-0.00003	U1	19	0	3.2546	45.6	201.461	74.615
0.6	0.06	-275	169.6	-2.9	-0.00005	U1	19	0	3.2546	49.4	218.250	75.258
0.8	0.06	-242	167	-3.7	-0.00007	U1	19	0	3.2546	53.2	235.038	63.524
1	0.06	-211	163.3	-5.7	-0.00008	U1	19	0	3.2546	57	251.827	44.180
1.1	0.06	-180	157.8	-7.8	-0.00009	U1	9	0	3.2546	57.9	255.803	32.795
1.3	0.06	-150	150.7	-9	-0.00011	U1	9	0	3.2546	59.7	263.755	29.306
1.5	0.06	-122	142.9	-9.6	-0.0001	U1	9	0	3.2546	61.5	271.708	28.303
1.7	0.05	-96.4	134.7	-9.9	-0.00012	U1	9	0	3.2546	63.3	279.660	28.248
1.9	0.05	-72.2	126	-10	-0.00013	U1	9	0	3.2546	65.1	287.612	28.761
2.1	0.05	-49.8	117	-10	-0.00013	U1	9	0	3.2546	66.9	295.565	29.556
2.3	0.05	-29.2	107.6	-9.9	-0.00013	U1	9	0	3.2546	68.7	303.517	30.658
2.5	0.04	-10.4	98.3	-9.8	-0.00014	U1	9	0	3.2546	70.5	311.470	31.783
2.7	0.04	6.7	89.4	-9.6	-0.00013	U1	9	0	3.2546	72.3	319.422	33.273
2.9	0.04	22.1	80.7	-9.3	-0.00014	U1	9	0	3.2546	74.1	327.374	35.202
3.1	0.03	35.9	72.2	-9	-0.00013	U1	9	0	3.2546	75.9	335.327	37.259
3.3	0.03	48	63.8	-8.7	-0.00014	U1	9	0	3.2546	77.7	343.279	39.457
3.5	0.03	58.6	55.8	-8.3	-0.00013	U1	9	0	3.2546	79.5	351.232	42.317
3.7	0.03	67.7	48.1	-7.9	-0.00013	U1	9	0	3.2546	81.3	359.184	45.466
3.8	0.03	75.4	40.9	-7.5	-0.00012	U1	9	0	3.2546	82.2	363.160	48.421
4	0.02	81.8	34	-7.1	-0.00012	U1	9	0	3.2546	84	371.113	52.269
4.2	0.02	86.9	27.5	-6.6	-0.00012	U1	9	0	3.2546	85.8	379.065	57.434
4.4	0.02	90.8	21.3	-6.1	-0.00011	U1	9	0	3.2546	87.6	387.018	63.445
4.6	0.02	93.7	15.6	-5.7	-0.00009	U1	9	0	3.2546	89.4	394.970	69.293
4.8	0.01	95.5	10.4	-5.2	-0.00009	U1	9	0	3.2546	91.2	402.922	77.485
5	0.01	96.4	5.7	-4.7	-0.00009	U1	9	0	3.2546	93	410.875	87.420
5.2	0.01	96.5	1.4	-4.2	-0.00008	U1	9	0	3.2546	94.8	418.827	99.721
5.4	0.01	95.9	-2.6	-3.8	-0.00008	U1	9	0	3.2546	96.6	426.780	112.310
5.6	0.01	94.5	-6.1	-3.3	-0.00007	U1	9	0	3.2546	98.4	434.732	131.737
5.8	0.01	92.6	-9.2	-2.9	-0.00007	U1	9	0	3.2546	100.2	442.685	152.650
5.9	0.01	90.2	-12	-2.5	-0.00006	U1	9	0	3.2546	101.1	448.887	59.555
6.1	0.01	87.3	-14.3	-2.1	-0.00006	U1	9	0	3.2546	102.9	456.839	72.161
6.3	0	84	-16.3	-1.8	-0.00005	U1	9	0	3.2546	104.7	464.792	85.660
6.5	0	80.4	-17.9	-1.4	-0.00004	U1	9	0	3.2546	106.5	472.744	100.267
6.7	0	76.6	-19.3	-1.1	-0.00004	U1	9	0	3.2546	108.3	480.697	114.991
6.9	0	72.6	-20.3	-0.8	-0.00004	U1	9	0	3.2546	110.1	488.649	130.766
7.1	0	68.5	-21.1	-0.5	-0.00003	U1	9	0	3.2546	111.9	496.602	147.593
7.3	0	64.3	-21.5	-0.3	-0.00003	U1	9	0	3.2546	113.7	504.554	165.466
7.5	0	60	-21.8	0	-0.00002	U1	9	0	3.2546	115.5	512.507	184.393
7.7	0	55.7	-21.9	0.2	-0.00002	U1	9	0	3.2546	117.3	520.459	204.481
7.9	0	51.5	-21.8	0.3	-0.00002	U1	9	0	3.2546	119.1	528.412	225.727
8.1	0	47.3	-21.6	0.4	-0.00001	U1	9	0	3.2546	120.9	536.364	248.039
8.3	0	43.2	-21.2	0.5	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	122.84	544.317	271.414
8.4	0	39.2	-20.7	0.6	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	123.81	552.270	295.849
8.6	0	35.3	-20.2	0.6	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	124.78	560.223	321.344
8.8	0	31.5	-19.7	0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	125.75	568.176	347.899
9	0	27.8	-19.2	0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	126.72	576.129	375.574
9.2	0	24.3	-18.5	0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	127.69	584.082	404.379
9.4	0	20.8	-17.9	0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	128.66	592.035	434.314
9.6	0	17.5	-17.2	0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	129.63	600.000	465.389
9.8	0	14.3	-16.5	0.9	0	U2	9.7	17	2.6629	130.60	608.000	497.604
10	0	11.3	-15.6	1.2	0	U2	9.7	17	2.6629	131.57	616.000	530.959
10.2	0	8.3	-14.4	1.5	0	U1	9	0	3.2546	132.54	624.000	565.464
10.4	0	5.8	-13.1	1.7	0	U1	9	0	3.2546	133.51	632.000	601.119
10.6	0	3.5	-11.6	1.7	0	U1	9	0	3.2546	134.48	640.000	637.934
10.8	0	1.6	-10.2	1.6	0.00001	U1	9	0	3.2546	135.45	648.000	675.909
10.9	0	-0.1	-8.8	1.5	0.00001	U1	9	0	3.2546	136.42	656.000	715.044
11.1	0	-1.5	-7.4	1.4	0.00001	U1	9	0	3.2546	137.39	664.000	755.339
11.3	0	-2.6	-6.1	1.3	0.00001	U1	9	0	3.2546	138.36	672.000	796.794
11.5	0	-3.5	-4.9	1.2	0	U1	9	0	3.2546	139.33	680.000	839.409
11.7	0	-4.2	-3.9	1	0	U1	9	0	3.2546	140.30	688.000	883.184
11.9	0	-4.7	-2.9	0.9	0	U1	9	0	3.2546	141.27	696.000	928.119
12.1	0	-5.1	-2.1	0.8	0	U1	9	0	3.2546	142.24	704.000	974.214
12.3	0	-5.3	-1.4	0.7	0	U1	9	0	3.2546	143.21	712.000	1021.469
12.5	0	-5.4	-0.7	0.6	0	U1	9	0	3.2546	144.18	720.000	1069.884
12.7	0	-5.4	-0.2	0.5	0	U1	9	0	3.2546	145.15	728.000	1119.459
12.9	0	-5.3	0.3	0.4	0	U1	9	0	3.2546	146.12	736.000	1170.194
13.1	0	-5.2	0.7	0.3	0	U1	9	0	3.2546	147.09	744.000	1222.089
13.2	0	-5	1	0.2	0	U1	9	0	3.2546	148.06	752.000	1275.144
13.4	0	-4.7	1.2	0.2	0	U1	9	0	3.2546	149.03	760.000	1329.359
13.6	0	-4.4	1.4	0.1	0	U1	9	0	3.2546	150.00	768.000	1384.734
13.8	0	-4.1	1.5	0.1	0	U1	9	0	3.2546	150.97	776.000	1441.269
14	0	-3.8	1.6	0	0	U1	9	0	3.2546	151.94	784.000	1498.964
14.2	0	-3.5	1.6	0	0	U2	9.7	17	2.6629	152.91	792.000	1557.819
14.4	0	-3.2	1.6	0	0	U2	9.7	17	2.6629	153.88	800.000	1617.834
14.6	0	-2.8	1.6	0	0	U2	9.7	17	2.6629	154.85	808.000	1679.019
14.8	0	-2.5	1.6	0	0	U2	9.7	17	2.6629	155.82	816.000	1741.374
15	0	-2.2	1.6	0	0	U2	9.7	17	2.6629	156.79	824.000	1804.909
15.2	0	-1.9	1.5	-0.1	0	U2	9.7	17	2.6629	157.76	832.000	1869.624
15.4	0	-1.6	1.5	-0.1	0	U2	9.7	17	2.6629	158.73	840.000	1935.519
15.6	0	-1.4	1.4	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	159.70	848.000	2002.594
15.7	0	-1.1	1.3	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	160.67	856.000	2070.939
15.9	0	-0.9	1.1	-0.2	0	U1	9	0	3.2546	161.64	864.000	2140.554
16.1	0	-0.7	1	-0.2	0	U1	9	0	3.2546	162.61	872.000	2211.449
16.3	0	-0.5	0.9	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	163.58	880.000	2283.624
16.5	0	-0.4	0.7	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	164.55	888.000	2357.079
16.7	0	-0.3	0.6	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	165.52	896.000	2431.814
16.9	0	-0.2	0.5	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	166.49	904.000	2507.829
17.1	0	-0.1	0.4	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	167.46	912.000	2585.124
17.3	0	0	0.3	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	168.43	920.000	2663.709
17.5	0	0	0.2	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	169.40	928.000	2743.584
17.7	0	0	0.1	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	170.37	936.000	2824.759
17.9	0	0	0.1	-0.1	0	U1	9	0	3.2546	171.34	944.000	2907.224
18	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	172.31	952.000	2991.000
18.2	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	173.28	960.000	3076.085
18.4	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	174.25	968.000	3162.480
18.6	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	175.22	976.000	3250.185
18.8	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	176.19	984.000	3339.190
19	0	0	0	0	0	U1	9	0	3.2546	177.16	992.000	3429.505

7.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale: $DZ = 7.41 \text{ mm}$ ($< 20 \text{ mm}$: ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima: $DZ = 0.66 \text{ mm}$ ($< 50 \text{ mm}$: ammissibile)

7.6 VERIFICHE STRUTTURALI PALO

Si effettuano le verifiche a pressoflessione e taglio allo stato limite ultimo (verifiche di resistenza) e agli stati limite di esercizio (limitazione tensioni e fessurazione).

La sezione ha le seguenti caratteristiche:

- raggio: $r = 60 \text{ cm}$
- armature long.: $16 \text{ } \varnothing 24, r = 60 - 8 - 1.2 - 2.4/2 = 49.6 \text{ cm}$
- spirale: $\varnothing 12, \text{ passo } 20 \text{ cm}.$

7.6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

7.6.1.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 3071 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 374 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 2269 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 176 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2808 \text{ kN}$	$\rightarrow$	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

7.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 567.9 \text{ kN}$			
Momento flettente:	$M_{Sd} = 374 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 1546 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$	Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 176 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2279 \text{ kN}$	$\rightarrow$	Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

7.6.2 VERIFICHE TENSIONALI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI RARE

7.6.2.1 Massimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 2236 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 82.8 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 2.24 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -21.71 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

7.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni		
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1240 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 82.8 \text{ kN.m}$		
Tensione massima cls.:	$s_c = 1.43 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = -9.65 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$	Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

Nota: sezione interamente reagente

7.6.3 VERIFICHE DI FESSURAZIONE

La sezione risulta interamente reagente per ogni combinazione di esercizio.
Si omettono le verifiche di fessurazione.

7.6.4 TABULATO DI CALCOLO

Segue tabulato di calcolo eseguito con il programma "RC-Sec", realizzato da GeoStru Software S.a.s., Lungomare snc, 89032 – Bianco (RC).

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SV SS 234 PILE

(Percorso File: D:\Documenti\Lavori\A819 -Casalpusterlengo\Viadotti rotatorie\Pali\SV SS 234 PILE.sez)

Descrizione Sezione: SVINCOLO S.S. 234 - PALI PILE

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi

Tipologia sezione: Sezione generica

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C25/30

Resis. compr. di calcolo fcd : 141.60 daN/cm²

Resis. compr. ridotta fcd' : 70.80 daN/cm²

Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020

Def.unit. ultima ecu : 0.0035

Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec : 314750 daN/cm²

Coeff. di Poisson : 0.20

Resis. media a trazione fctm: 25.60 daN/cm²

Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):

Sc Limite : 150.00 daN/cm²

Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm²

Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm²

Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm²

Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068

Modulo Elastico Ef : 2100000 daN/cm²

Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito

Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1.00 daN/cm²

Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0.50 daN/cm²

Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Circolare

Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circonferenza: 60.00 cm
 Ascissa X centro circ.: 0.00 cm
 Ordinata Y centro circ.: 0.00 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
 Ycentro Ordinata del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre gen.
 Raggio Raggio in cm della circonferenza lungo cui sono disposte le barre gen.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonf.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	Xcentro,cm	Ycentro,cm	Raggio,cm	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	0.00	0.00	49.60	16	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	56789	37400	0	17600	0
2	307056	37400	0	17600	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	123984	8280	0
2	223589	8280	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 8.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver N S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
compressione) Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x
princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y
princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di
compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ.
d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ.
d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My
ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult
4.133	1	S	56789	37400	0	56771	154570
6.067	2	S	307056	37400	0	307061	226916

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza
efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif.
X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif.
X,Y,O sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif.
X,Y,O sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif.
X,Y,O sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif.
X,Y,O sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif.
X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max
Xf max Yf max								

1	0.00350	-0.00324	0.0	60.0	0.00214	0.0	49.6	-0.01085
0.0 -49.6								
2	0.00350	-0.00077	0.0	60.0	0.00264	0.0	49.6	-0.00561
0.0 -49.6								

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000130965	-0.004357897		
2	0.000000000	0.000083077	-0.001484625		

ARMATURE A TAGLIO

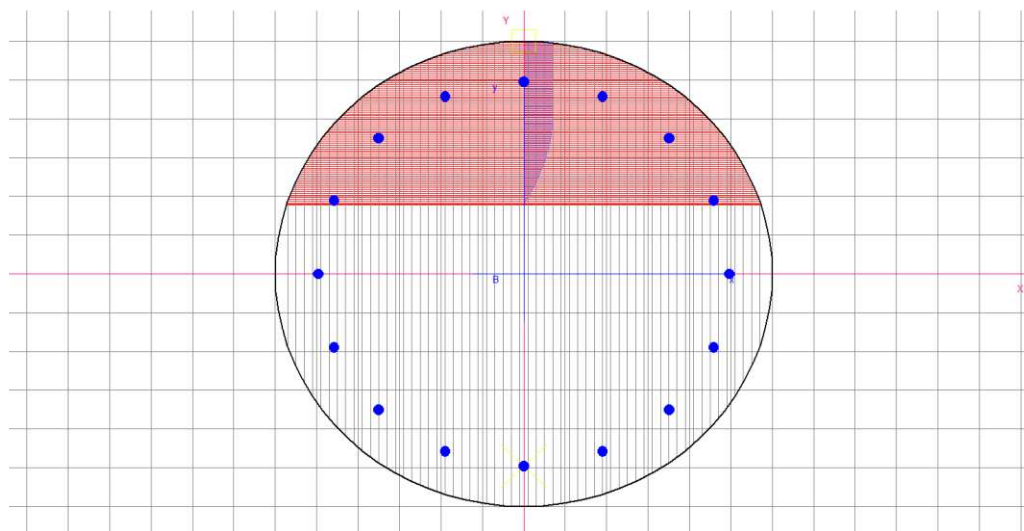
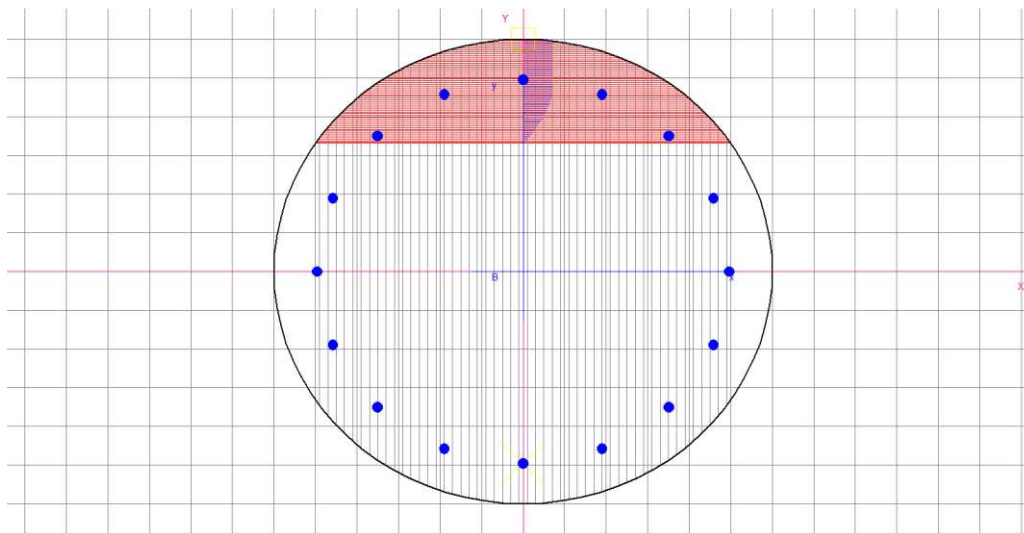
Diametro staffe:	8 mm
Passo staffe:	24.9 cm
25.0 cm]	[Passo massimo di normativa =
N.Bracci staffe:	2

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale
all'asse neutro	
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog.
all'asse neutro.	
compresso.	Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo
delle strisce.	I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel.
all'asse neutro.	
resistenti e Dmed.	E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di
conglomerato	
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per
compressione	
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro
di pil.[cm ² /m]	
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di
combinaz.[cm ² /m]	
	(Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle
sole legature.	
	L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con
L=lunghezza legatura	
proietta-	
ta sulla direz. del taglio e d_{max} =	massima altezza utile
nella direz.del taglio)	

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast
A_Eff									

1	S	17600	227926	36369	102.3	97.9	21.80°	1.035	2.0
4.0 (0.0)									
2	S	17600	280853	35138	98.9	108.5	21.80°	1.192	2.0
4.0 (0.0)									



COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato
[daN/cm ²]	
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X,Y,O)	
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.
X,Y,O)	
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X,Y,O)	
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif.
X,Y,O)	

Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente
alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma
delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min
1	S	14.3	0.0	0.0	97	0.0	-49.6
2	S	22.4	0.0	0.0	217	0.0	-49.6