

S.S. N. 9 "VIA EMILIA"

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

PROGETTO ESECUTIVO

 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.)
 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	SETAC Srl Servizi & Engineering Trasporti Ambiente Costruzioni	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102	PROGETTAZIONE STRADALE	PROGETTAZIONE IDRAULICA
			Ing. Gaetano Ranieri (Ga&M S.r.l.)	Ing. Fabrizio Bajetti (I.T. S.r.l.)
 Prof. Ing. Matteo Ranieri Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137	ECOPLAN Società di Ingegneria e Architettura	ARKE' INGEGNERIA s.r.l. Via Impugnatura Proditoria 4 - 70126 Bari	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.)
UNING SOCIETÀ DESIGNATA GA&M s.r.l.	Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	COMPUTI	CANTIERISTICA
			Ing. Valerio Bajetti (I.T. 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

HH04

H - PROGETTO STRUTTURALE OPERE PRINCIPALI

PO04 - PONTE SUL BREMBIOLO - ASSE 43

RELAZIONE DI CALCOLO GEOTECNICA - PALI DI FONDAZIONE

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	HH04-S43PO04STRRE04_B.dwg			
COMI	E	1701	CODICE ELAB.		B	-----
D						
C						
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA		LUGLIO 2018	ING. RENATO VAIRA	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	2
3.1	Calcestruzzo pali	2
3.2	Armature ordinarie c.a.	2
3.3	Caratteristiche di durabilità e copriferri	3
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	3
5	GENERALITÀ SULLE VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI DEI PALI	4
5.1	Verifiche di resistenza assiale (verticale)	4
5.2	Verifiche di resistenza ai carichi trasversali (orizzontali).....	7
5.3	Verifiche di deformazione	8
6	PALI SPALLE.....	8
6.1	Sollecitazioni di progetto alla testa dei pali.....	8
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.....	17
6.6	Verifiche strutturali palo	17
6.6.1	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	17
6.6.2	Verifiche tensionali allo stato limite di esercizio – Combinazioni rare	17
6.6.3	Verifiche di fessurazione – Combinazioni frequenti.....	18
6.6.4	Verifiche di fessurazione – Combinazioni quasi permanenti	18
6.6.5	Tabulato di calcolo.....	18

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e geotecnici necessari per la progettazione esecutiva dei pali di fondazione del Ponte sul Torrente Brembiolo posto sull' asse 43 della Variante di Casalpusterlengo alla S.S. n. 9 "Via Emilia". L'opera in oggetto presenta uno schema statico di trave semplicemente appoggiata con luceluci tra gli assi di appoggio pari a 42 m.

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

- numero pali: $N = 4$
- interasse trasv.: $l_t = 3.60 \text{ m}$
- lunghezza: $L = 26.00 \text{ m}$

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 ($Dr < 30\%$)	2.24	1.24
Sabbia media ($30 < Dr < 70\%$)	6.72	4.48
Sabbia e ghiaia ($Dr > 70\%$)	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

Falda: il terreno in situ si considera saturo a partire da 4 m di profondità.

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:

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

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

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

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

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

S_h : tensione orizzontale (efficace) lungo il palo:

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

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

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

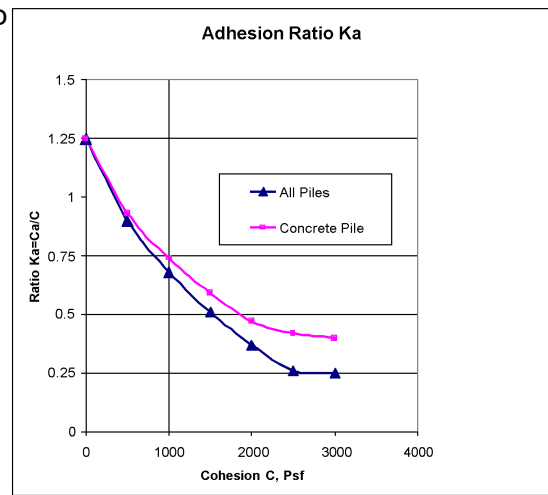
$$C_a = K_c \times K_a \times C$$

$$K_c = 1 : \text{fattore di adesione}$$

$$K_a : \text{rapporto di adesione (vedi figura a lato)}$$

$$P : \text{perimetro palo}$$

$$\Delta L : \text{lunghezza tratto di palo}$$



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_t : 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.

COMBINAZIONE	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
	N _{Sd,1} [kN]	N _{Sd,2} [kN]	N _{Sd,3} [kN]	N _{Sd,4} [kN]		
SLE - QUASI PERMANENTE	1701.85	1701.85	1701.85	1701.85	-567.55	338.83
SLE - FREQUENTE 01	1861.73	2017.48	2173.24	2329.00	-211.55	486.59
SLE - FREQUENTE 02	2095.80	2124.98	2154.16	2183.34	-213.23	485.82
SLE - FREQUENTE 03	1861.04	1924.82	1988.60	2052.38	-211.55	486.59
SLE - FREQUENTE 04	1925.18	1925.97	1926.75	1927.53	-213.23	485.82
SLE - FREQUENTE 05	1750.25	1752.90	1755.55	1758.19	-566.00	339.63
SLE - CARATTERISTICA 01	1903.11	2118.72	2334.34	2549.95	-92.89	536.38
SLE - CARATTERISTICA 02	2215.21	2262.05	2308.90	2355.75	-95.12	535.36
SLE - CARATTERISTICA 03	1902.19	1995.17	2088.15	2181.12	-92.89	536.37
SLE - CARATTERISTICA 04	1987.72	1996.70	2005.68	2014.67	-95.12	535.36
SLE - CARATTERISTICA 05	1797.45	1961.15	2124.84	2288.54	-213.10	486.48
SLE - CARATTERISTICA 06	2031.52	2068.64	2105.76	2142.88	-214.77	485.71
SLE - CARATTERISTICA 07	1796.76	1868.48	1940.20	2011.91	-213.10	486.48
SLE - CARATTERISTICA 08	1860.91	1869.63	1878.35	1887.07	-214.77	485.71
SLE - CARATTERISTICA 09	1797.45	1961.15	2124.84	2288.54	-343.03	427.50
SLE - CARATTERISTICA 10	2031.52	2068.64	2105.76	2142.88	-344.71	426.73
SLE - CARATTERISTICA 11	1796.76	1868.48	1940.20	2011.91	-343.03	427.50
SLE - CARATTERISTICA 12	1860.91	1869.63	1878.35	1887.07	-344.71	426.73
SLE - CARATTERISTICA 13	1859.34	2028.32	2197.31	2366.30	-211.04	488.46
SLE - CARATTERISTICA 14	2093.41	2135.82	2178.23	2220.65	-212.71	487.70
SLE - CARATTERISTICA 15	1858.65	1935.66	2012.67	2089.68	-211.04	488.46
SLE - CARATTERISTICA 16	1922.79	1936.81	1950.82	1964.84	-212.71	487.70
SLU - STR 01	2615.48	2907.75	3200.02	3492.29	-118.77	727.08
SLU - STR 02	3036.81	3101.25	3165.68	3230.11	-121.79	725.71
SLU - STR 03	2614.24	2740.95	2867.66	2994.37	-118.77	727.08
SLU - STR 04	2729.70	2743.02	2756.34	2769.66	-121.79	725.71
SLU - STR 05	2462.37	2684.55	2906.73	3128.91	-281.36	659.59
SLU - STR 06	2778.37	2829.67	2880.97	2932.27	-283.63	658.56
SLU - STR 07	2461.44	2559.45	2657.46	2755.47	-281.36	659.59
SLU - STR 08	2548.03	2561.00	2573.96	2586.93	-283.63	658.56
SLU - STR 09	2462.37	2684.55	2906.73	3128.91	-476.27	571.15
SLU - STR 10	2778.37	2829.67	2880.97	2932.27	-478.53	570.12
SLU - STR 11	2461.44	2559.45	2657.46	2755.47	-476.27	571.15
SLU - STR 12	2548.03	2561.00	2573.96	2586.93	-478.53	570.12
SLU - STR 13	2555.20	2785.32	3015.43	3245.55	-278.27	662.73
SLU - STR 14	2871.20	2930.44	2989.68	3048.92	-280.54	661.71
SLU - STR 15	2554.27	2660.21	2766.16	2872.11	-278.27	662.73
SLU - STR 16	2640.86	2661.77	2682.67	2703.58	-280.54	661.71
SLV 01	1688.96	1717.77	1746.58	1775.39	388.01	788.04
SLV 02	1654.16	1682.96	1711.76	1740.55	431.21	784.95
SLV 03	1768.37	1740.27	1712.17	1684.06	387.49	787.73
SLV 04	1733.57	1705.45	1677.34	1649.22	430.69	784.65
SLV 05	1670.14	1698.25	1726.37	1754.48	-1015.04	139.60
SLV 06	1635.33	1663.44	1691.54	1719.64	-971.84	136.86
SLV 07	1749.55	1720.75	1691.95	1663.15	-1015.56	139.75
SLV 08	1714.75	1685.93	1657.12	1628.31	-972.37	137.03
SLV 09	1589.73	1684.69	1779.66	1874.63	-295.21	521.46
SLV 10	1554.92	1649.88	1744.83	1839.79	-252.01	518.65
SLV 11	1584.08	1678.84	1773.60	1868.35	-716.13	350.68
SLV 12	1549.28	1644.02	1738.77	1833.52	-672.93	348.24
SLV 13	1854.43	1759.68	1664.94	1570.19	-296.94	520.64
SLV 14	1819.63	1724.87	1630.11	1535.35	-253.75	517.84
SLV 15	1848.78	1753.83	1658.87	1563.92	-717.86	350.19
SLV 16	1813.98	1719.01	1624.05	1529.08	-674.66	347.78
SLV 17	1722.98	1751.56	1780.14	1808.72	-346.21	481.97
SLV 18	1802.39	1774.06	1745.72	1717.39	-346.73	481.70
SLV 19	1717.33	1745.70	1774.08	1802.45	-767.13	286.53
SLV 20	1796.74	1768.20	1739.66	1711.12	-767.65	286.34
SLV 21	1606.96	1635.51	1664.05	1692.59	-202.22	471.76
SLV 22	1686.37	1658.00	1629.63	1601.26	-202.74	471.50
SLV 23	1601.32	1629.65	1657.98	1686.32	-623.14	276.49
SLV 24	1680.73	1652.15	1623.57	1594.99	-623.66	276.33

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	1 701.85	1 701.85	-567.55	338.83
SLE - FREQUENTI	2 329.00	1 750.25	-211.55	486.59
SLE - CARATTERISTICHE	2 549.95	1 796.76	-92.89	536.38
SLU - STR	3 492.29	2 461.44	-118.77	727.08
SLV	1 874.63	1 529.08	431.21	788.04

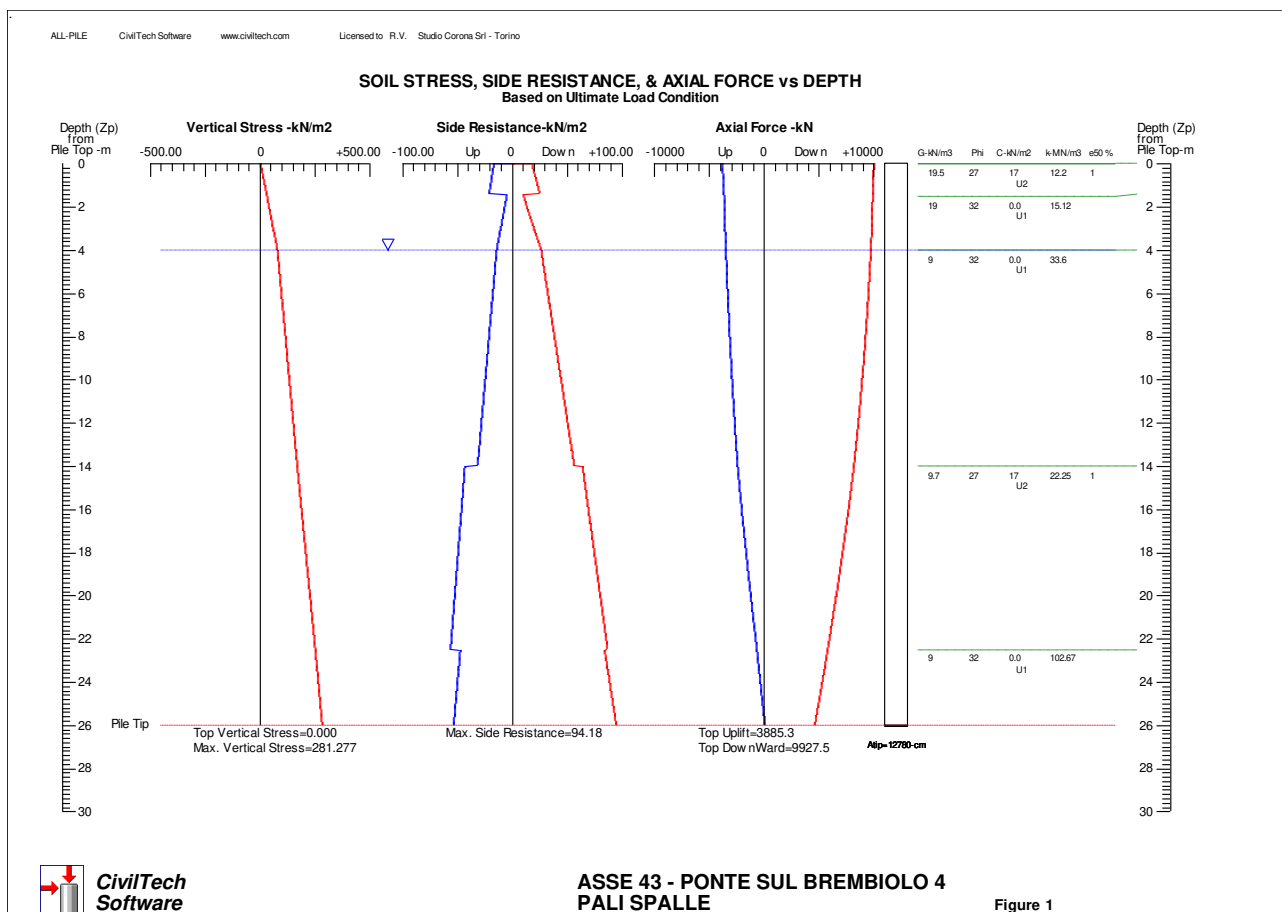
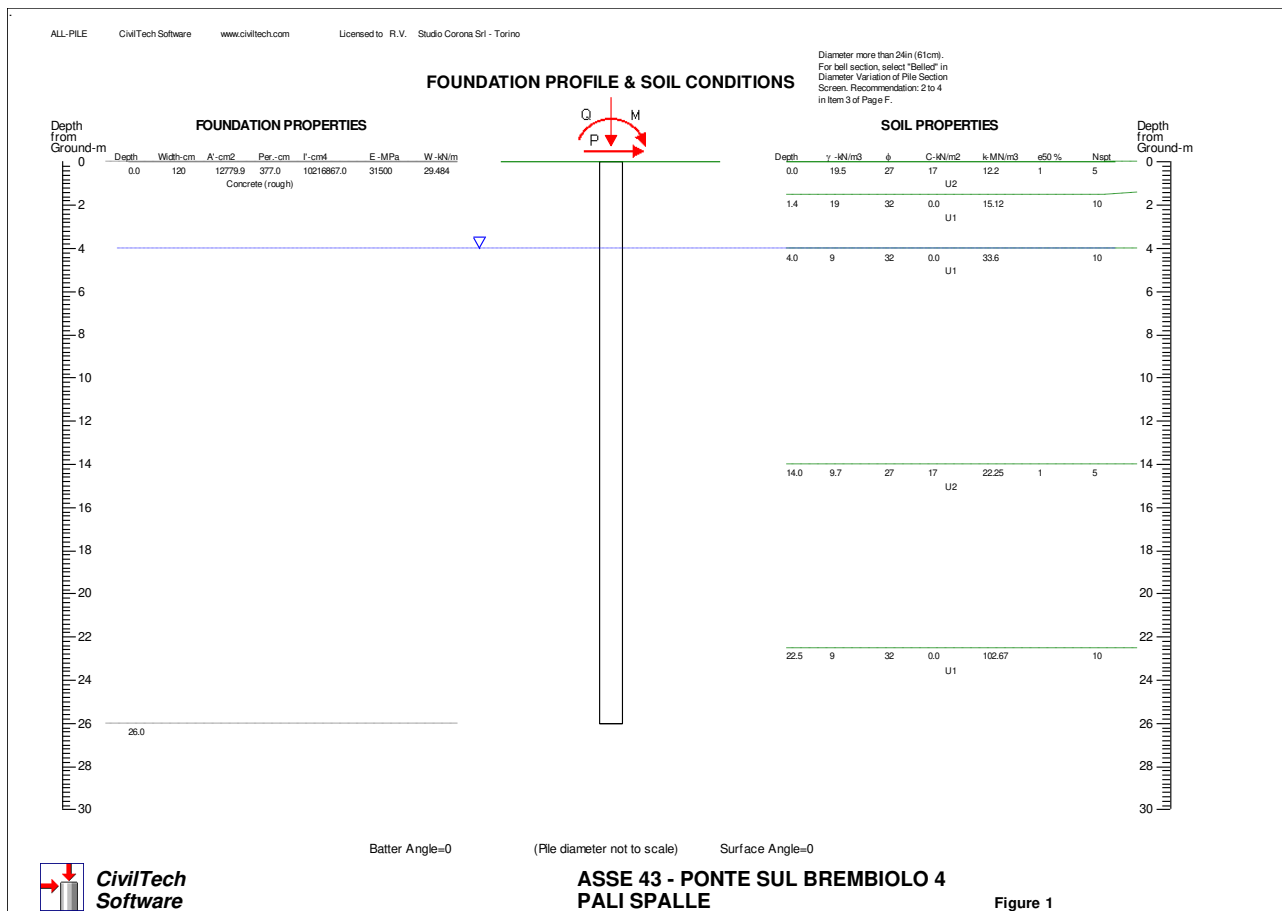
6.2 CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE E DEFORMAZIONE DEL PALO

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 circa coincidente con il piano di campagna.

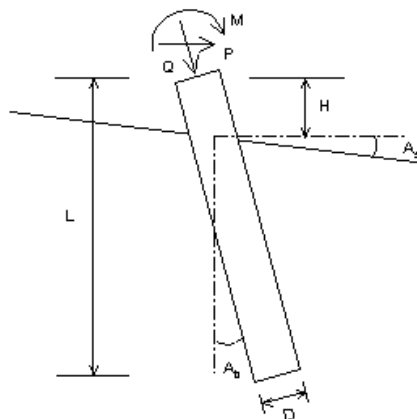
Seguono i diagrammi risultanti dalle analisi verticale e laterale del palo.

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



VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Cyclic
Number of Cycles: 2
Vertical Load, Q= 3492.3 -kN
Shear Load, P= 788.0 -kN
Moment, M= 431.2 -kN-m

Profile:

Pile Length, L= 26.0 -m
Top Height, H= 0 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

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

Soil Data:

Depth	Gamma	Phi	C	K	e50 or Dr	Nspt
-m	-kN/m3		-kN/m2	-MN/m3	%	
0	19.5	27	17	12.2	1	5
1.4	19	32	0.0	15.12	60	10
4	9	32	0.0	33.6	60	10
14	9.7	27	17	22.25	1	5
22.5	9	32	0.0	102.67	60	10

Pile Data:

Depth	Width	Area	Per.	I	E	Weight
-m	-cm	-cm2	-cm	-cm4	-MPa	-kN/m
0.0	120	12779.9	377.0	10216867.0	1500	29.484
26.0						

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 522.88-kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 5401.875-kN Side Resistance (Up)= 3362.414-kN
Tip Resistance (Down)= 4525.659-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
Total Ultimate Capacity (Down)= 9927.533-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 3885.294-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 4668.615-kN Total Allowable Capacity (Up)= 2124.030-kN
OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:

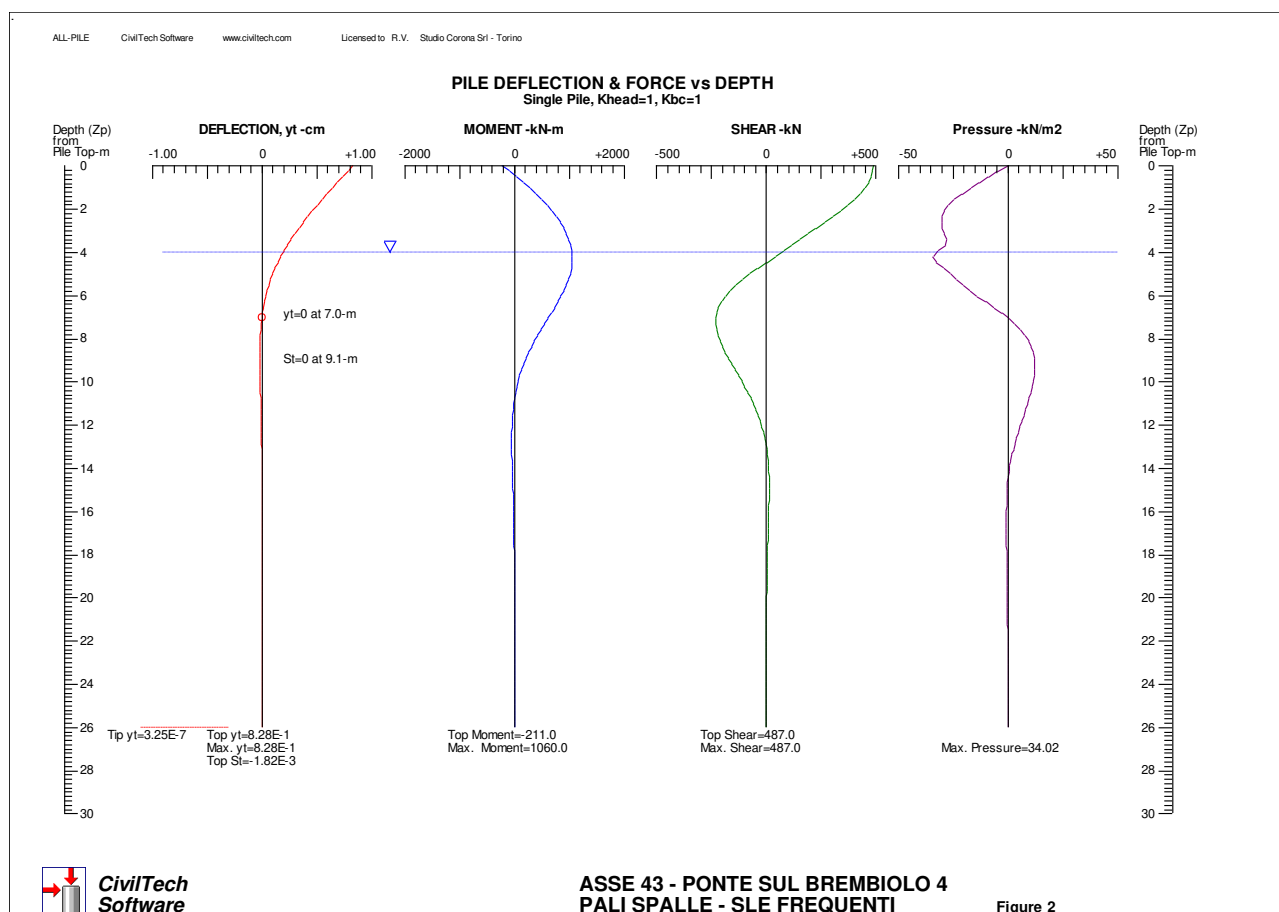
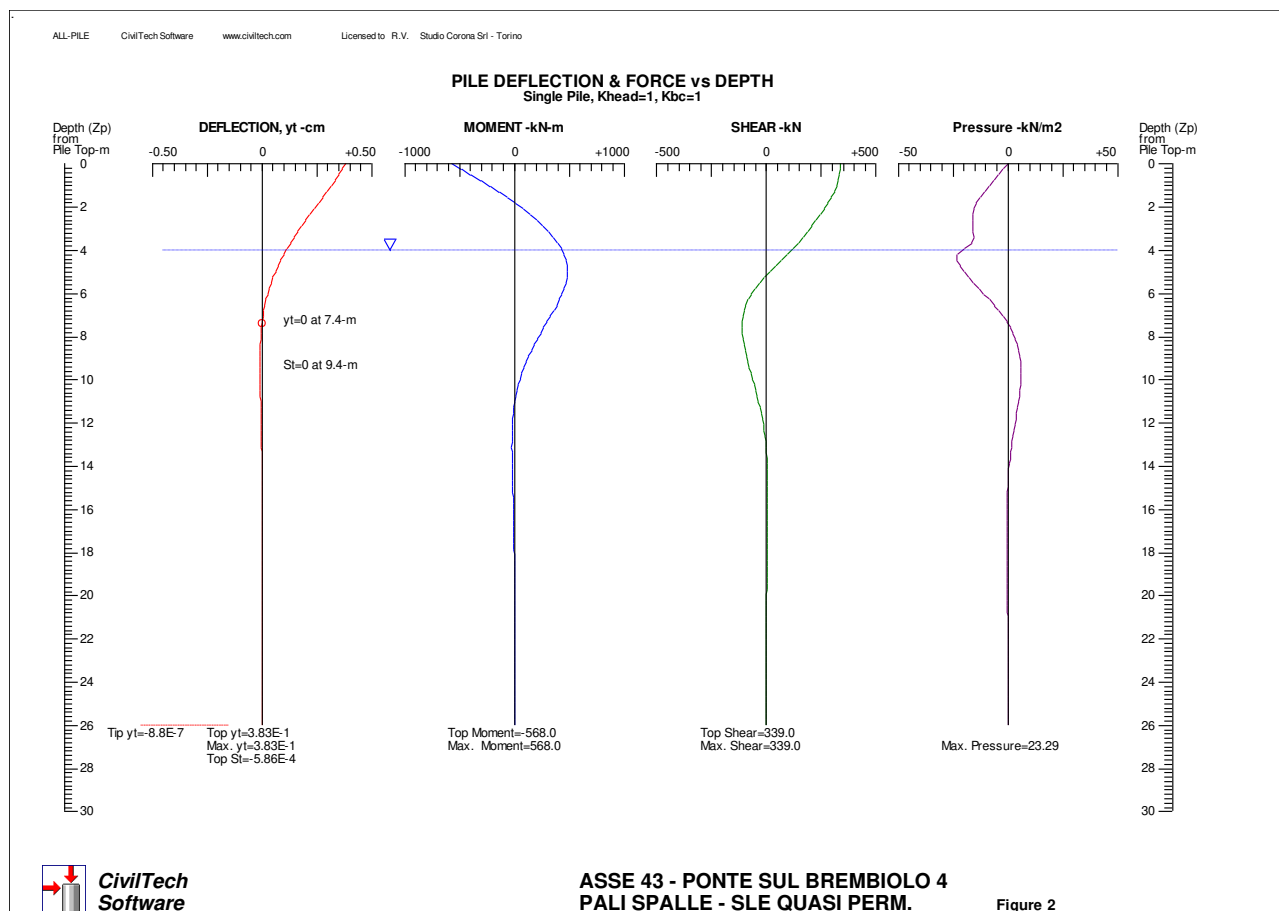
At Q= 3492.30-kN Settlement= 0.52423-cm
At Xallow= 2.00-cm Qallow= 6601.08301-kN

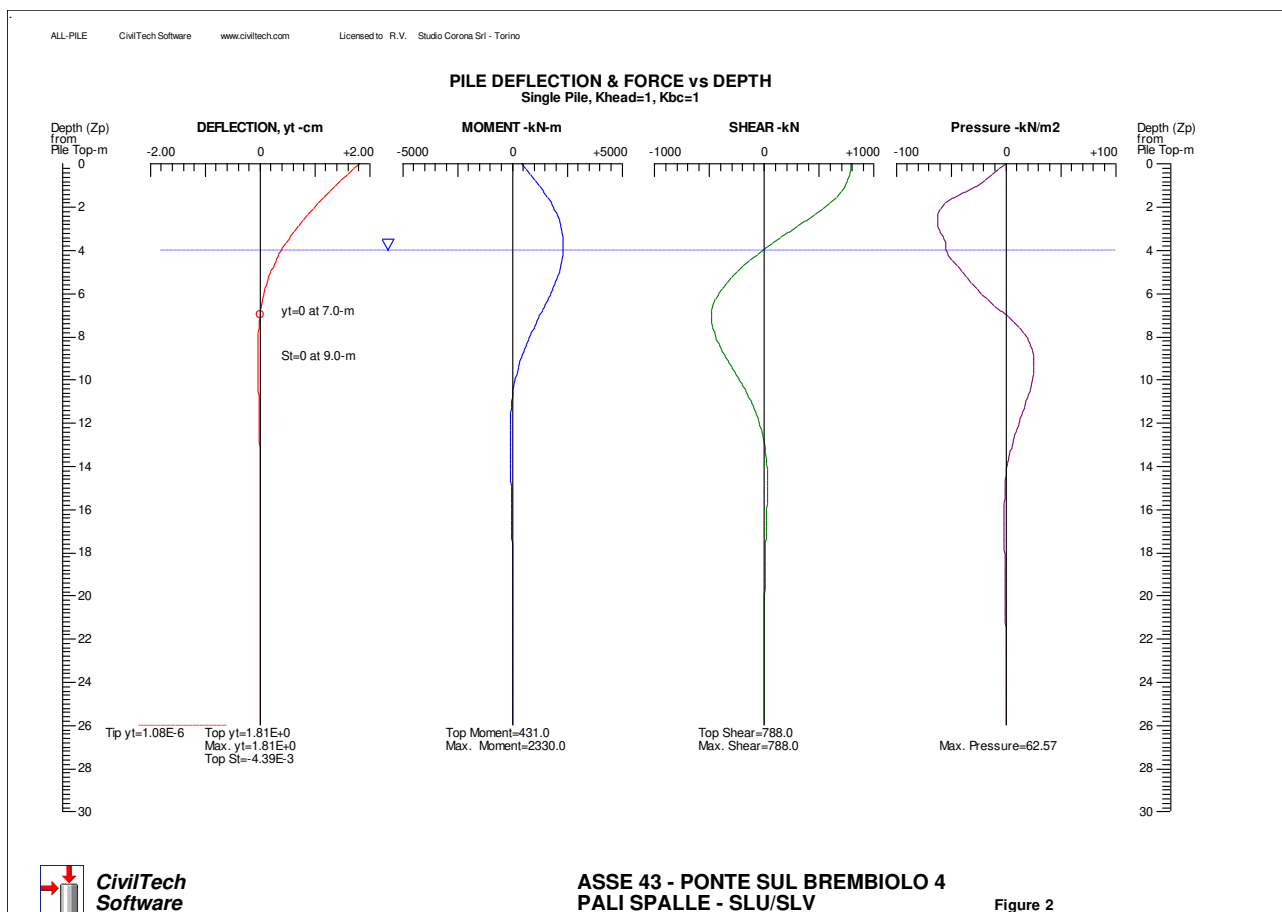
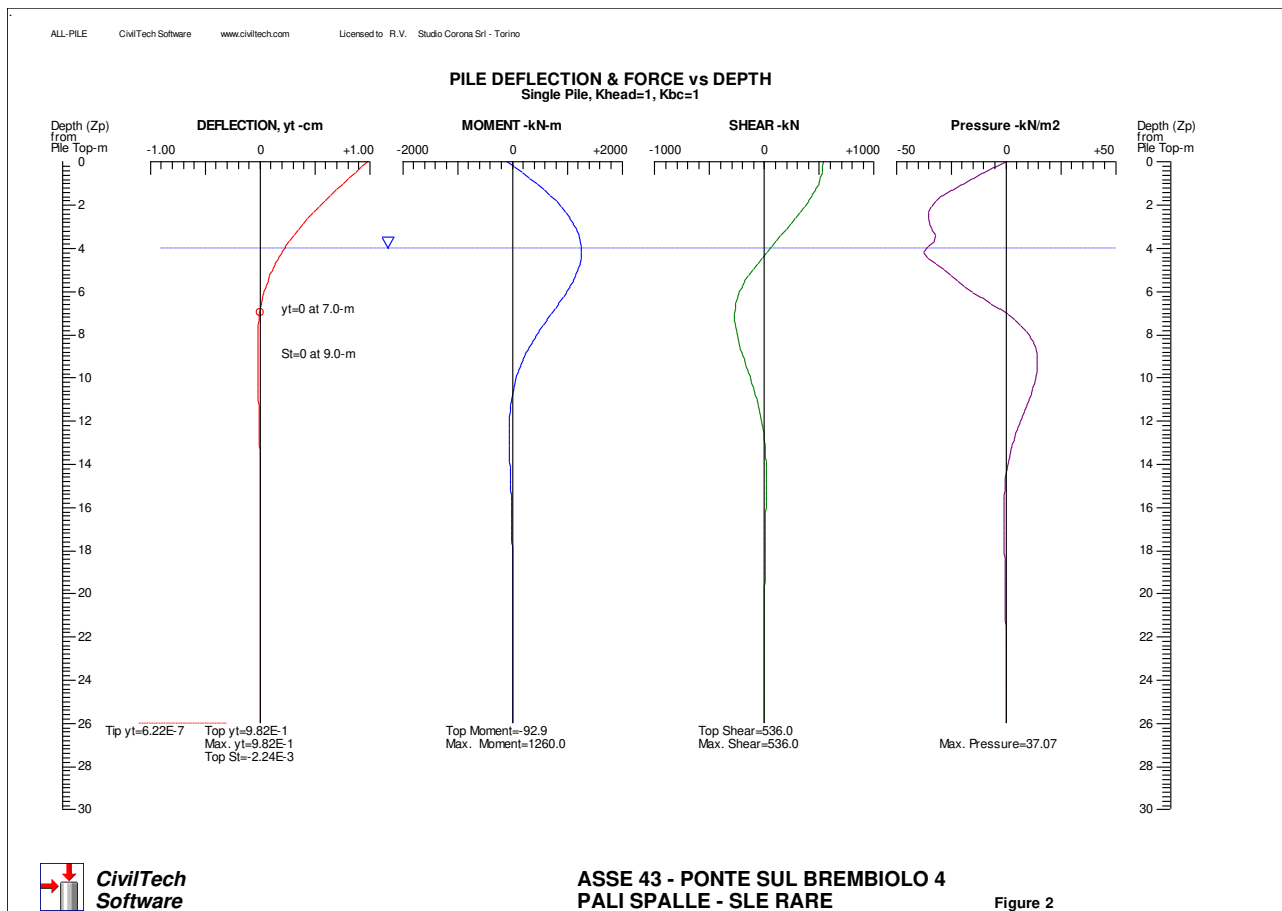
Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 99999.



CivilTech
Software

ASSE 43 - PONTE SUL BREMBIOLO 4
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: $N_{sd} = 3492.3 \text{ kN}$
- Resistenza di progetto: $R_{sd} = 4668.6 \text{ kN}$ ($R_{sd} > N_{sd}$)
- Cedimento verticale: $DZ = 5.24 \text{ mm}$ (<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.

Il minimo coefficiente di sicurezza (resistenza / pressione) si ottiene a $Z_p = 1.80 \text{ m}$ e vale:

$$R_{sd} / P_d = 154.0 / 55.7 = 2.76 \quad (>1: \text{verificato})$$

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 (kNm)	Shear (kN)	Pressure (kN/m2)	Slope	Terreno	Gamma (kN/m3)	C' (kN/m2)	Ap	sv (kN/m2)	R_Sd (kN/m2)	Verifica ? R/P > 1
0	1.81	431	788	0	-0.00439	U2	19.5	17	2.6629	0	0	0
0.3	1.69	642	785.2	-6.6	-0.00462	U2	19.5	17	2.6629	5.85	96.462	14.615
0.5	1.58	851	776.4	-13.2	-0.00407	U2	19.5	17	2.6629	9.75	110.560	8.376
0.8	1.47	1060	759.3	-19.7	-0.00423	U2	19.5	17	2.6629	15.6	131.706	6.686
1	1.36	1250	733	-27.6	-0.00423	U2	19.5	17	2.6629	19.5	145.804	5.283
1.3	1.25	1440	696.3	-38.1	-0.00423	U2	19.5	17	2.6629	25.35	166.951	4.382
1.6	1.15	1620	648.5	-48.3	-0.0037	U1	19	0	3.2546	31.05	137.179	2.840
1.8	1.05	1780	590.1	-55.7	-0.00385	U1	19	0	3.2546	34.85	153.968	2.764
2.1	0.95	1920	523.1	-60.1	-0.00373	U1	19	0	3.2546	40.55	179.150	2.981
2.4	0.86	2040	449.7	-62.2	-0.00354	U1	19	0	3.2546	46.25	204.333	3.285
2.6	0.77	2140	372.8	-62.6	-0.00326	U1	19	0	3.2546	50.05	221.121	3.532
2.9	0.69	2220	295.3	-61.7	-0.00319	U1	19	0	3.2546	55.75	246.304	3.992
3.2	0.61	2270	218.5	-59.8	-0.00304	U1	19	0	3.2546	61.45	271.487	4.540
3.4	0.54	2310	143	-57.1	-0.00281	U1	19	0	3.2546	65.25	288.275	5.049
3.7	0.47	2330	70	-55.2	-0.00256	U1	19	0	3.2546	70.95	313.458	5.679
3.9	0.41	2320	-1.3	-54.8	-0.00246	U1	19	0	3.2546	74.75	330.246	6.026
4.2	0.35	2310	-71.6	-53	-0.00223	U1	9	0	3.2546	77.45	342.175	6.456
4.5	0.29	2270	-138.1	-48.6	-0.00208	U1	9	0	3.2546	80.15	354.103	7.286
4.7	0.24	2210	-198	-43.5	-0.00181	U1	9	0	3.2546	81.95	362.056	8.323
5	0.2	2140	-251.8	-38.8	-0.00169	U1	9	0	3.2546	84.65	373.984	9.639
5.3	0.16	2060	-301.5	-34.6	-0.00154	U1	9	0	3.2546	87.35	385.913	11.154
5.5	0.13	1970	-346.9	-30.3	-0.0013	U1	9	0	3.2546	89.15	393.866	12.999
5.8	0.09	1860	-386.6	-26.1	-0.0012	U1	9	0	3.2546	91.85	405.794	15.548
6	0.07	1750	-420.3	-21.6	-0.00104	U1	9	0	3.2546	93.65	413.747	19.155
6.3	0.04	1630	-447.7	-16.3	-0.00089	U1	9	0	3.2546	96.35	425.675	26.115
6.6	0.02	1500	-467.8	-10.2	-0.00073	U1	9	0	3.2546	99.05	437.604	42.902
6.8	0.01	1370	-479.2	-3.8	-0.00063	U1	9	0	3.2546	100.85	445.556	117.252
7.1	-0.01	1240	-482	2.4	-0.00052	U1	9	0	3.2546	103.55	457.485	190.619
7.3	-0.02	1110	-478.3	7.9	-0.00042	U1	9	0	3.2546	105.35	465.437	58.916
7.6	-0.03	986	-469.8	12.7	-0.00031	U1	9	0	3.2546	108.05	477.366	37.588
7.9	-0.03	863	-456.1	16.7	-0.00024	U1	9	0	3.2546	110.75	489.295	29.299
8.1	-0.04	746	-436.8	19.9	-0.00018	U1	9	0	3.2546	112.55	165.749	8.329
8.4	-0.04	635	-413.3	22.4	-0.00011	U1	9	0	3.2546	115.25	169.725	7.577
8.7	-0.04	532	-386.8	24.1	-0.00006	U1	9	0	3.2546	117.95	173.701	7.208
8.9	-0.04	437	-357.9	25.2	-0.00002	U1	9	0	3.2546	119.75	176.352	6.998
9.2	-0.04	351	-326.8	25.7	0.00002	U1	9	0	3.2546	122.45	180.328	7.017
9.4	-0.04	273	-294.8	25.6	0.00005	U1	9	0	3.2546	124.25	182.979	7.148
9.7	-0.04	204	-263	25.2	0.00007	U1	9	0	3.2546	126.95	186.955	7.419
10	-0.04	144	-231.7	24.3	0.00009	U1	9	0	3.2546	129.65	190.932	7.857
10.2	-0.03	91.4	-201.6	23.2	0.0001	U1	9	0	3.2546	131.45	193.582	8.344
10.5	-0.03	46.7	-173.1	21.8	0.0001	U1	9	0	3.2546	134.15	197.559	9.062
10.8	-0.03	9.3	-146.1	20.2	0.00011	U1	9	0	3.2546	136.85	201.535	9.977
11	-0.02	-21.4	-120.9	18.5	0.00011	U1	9	0	3.2546	138.65	204.186	11.037
11.3	-0.02	-45.9	-97.6	16.8	0.00011	U1	9	0	3.2546	141.35	208.162	12.391
11.6	-0.02	-64.8	-76.5	15	0.0001	U1	9	0	3.2546	144.05	212.138	14.143
11.8	-0.02	-78.7	-57.7	13.2	0.0001	U1	9	0	3.2546	145.85	214.789	16.272
12.1	-0.01	-88.4	-41.1	11.4	0.0001	U1	9	0	3.2546	148.55	218.765	19.190
12.3	-0.01	-94.2	-26.6	9.7	0.00009	U1	9	0	3.2546	150.35	221.416	22.826
12.6	-0.01	-96.9	-14.2	8.1	0.00008	U1	9	0	3.2546	153.05	225.392	27.826
12.9	-0.01	-96.9	-3.9	6.6	0.00007	U1	9	0	3.2546	155.75	229.368	34.753
13.1	-0.01	-94.7	4.6	5.2	0.00006	U1	9	0	3.2546	157.55	232.019	44.619
13.4	0	-90.8	11.4	4	0.00006	U1	9	0	3.2546	160.25	235.995	58.999
13.7	0	-85.7	16.6	2.8	0.00005	U1	9	0	3.2546	162.95	239.972	85.704
13.9	0	-79.7	20.3	1.8	0.00004	U1	9	0	3.2546	164.75	242.622	134.790
14.2	0	-73	22.8	0.9	0.00003	U2	9.7	17	2.6629	167.66	227.124	252.360
14.4	0	-66.2	24.2	0.3	0.00003	U2	9.7	17	2.6629	169.6	229.462	764.870
14.7	0	-59.3	24.8	-0.2	0.00002	U2	9.7	17	2.6629	172.51	232.968	1164.834
15	0	-52.5	24.8	-0.6	0.00002	U2	9.7	17	2.6629	175.42	236.474	394.123
15.2	0	-46	24.2	-0.8	0.00001	U2	9.7	17	2.6629	177.36	238.812	298.515
15.5	0	-39.7	23.2	-1.1	0.00001	U2	9.7	17	2.6629	180.27	242.318	220.289
15.8	0	-33.8	22	-1.2	0.00001	U2	9.7	17	2.6629	183.18	245.825	204.854
16	0	-28.3	20.5	-1.3	0	U2	9.7	17	2.6629	185.12	248.162	190.894
16.3	0	-23.3	19	-1.4	0	U2	9.7	17	2.6629	188.03	251.669	179.763
16.5	0	-18.7	17.3	-1.4	0	U2	9.7	17	2.6629	189.97	254.006	181.433
16.8	0	-14.6	15.6	-1.4	0	U2	9.7	17	2.6629	192.88	257.513	183.937
17.1	0	-10.9	13.9	-1.4	0	U2	9.7	17	2.6629	195.79	261.019	186.442
17.3	0	-7.8	12.2	-1.3	0	U2	9.7	17	2.6629	197.73	263.356	202.582
17.6	0	-5	10.6	-1.2	0	U2	9.7	17	2.6629	200.64	266.863	222.385
17.9	0	-2.7	9	-1.2	0	U2	9.7	17	2.6629	203.55	270.369	225.307
18.1	0	-0.8	7.6	-1.1	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	205.49	272.707	247.915
18.4	0	0.8	6.3	-1	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	208.4	276.213	276.213
18.6	0	2.1	5.1	-0.9	-0.00001	U2	9.7	17	2.6629	210.34	278.551	309.500
18.9	0	3	4	-0.8	0	U2	9.7	17	2.6629	213.25	282.057	352.571
19.2	0	3.8	3	-0.7	0	U2	9.7	17	2.6629	216.16	285.563	407.947
19.4	0	4.3	2.1	-0.6	0	U2	9.7	17	2.6629	218.1	287.901	479.834
19.7	0	4.6	1.4	-0.5	0	U2	9.7	17	2.6629	221.01	291.407	582.813
20	0	4.7	0.8	-0.4	0	U2	9.7	17	2.6629	223.92	294.914	737.282
20.2	0	4.7	0.2	-0.3	0	U2	9.7	17	2.6629	225.86	297.251	990.834
20.5	0	4.6	-0.2	-0.3	0	U2	9.7	17	2.6629	228.77	300.758	1002.522
20.8	0	4.4	-0.6	-0.2	0	U2	9.7	17	2.6629	231.68	304.264	1521.312
21	0	4.2	-0.8	-0.2	0	U2	9.7	17	2.6629	233.62	306.601	1533.000
21.3	0	3.9	-1.1	-0.1	0	U2	9.7	17	2.6629	236.53	310.108	3101.047
21.5	0	3.5	-1.2	-0.1	0	U2	9.7	17	2.6629	238.47	312.445	3124.423
21.8	0	3.2	-1.3	-0.1	0	U2	9.7	17	2.6629	241.38	315.952	3159.486
22.1	0	2.8	-1.4	0	0	U2	9.7	17	2.6629	244.29	319.458	9999.000
22.3	0	2.4	-1.4	0	0	U2	9.7	17	2.6629	246.23	321.796	9999.000
22.6	0	2	-1.4	0.1	0	U1	9	0	3.2546	248.93	366.592	3665.880
22.9	0	1.6	-1.3	0.1	0	U1	9	0	3.2546	251.63	370.568	3705.642
23.1	0	1.3	-1.2	0.1	0	U1	9	0	3.2546	253.43	373.219	3732.149
23.4	0	1	-1.1	0.1	0	U1	9	0	3.2546	256.13	377.195	3771.911
23.6	0	0.7	-1	0.1	0	U1	9	0	3.2546	257.93	379.846	3798.419
23.9	0	0.5	-0.8	0.1	0	U1	9	0	3.2546	260.63	383.822	3838.181
24.2	0	0.3	-0.7	0.1	0	U1	9	0	3.2546	263.33	387.798	3877.942
24.4	0	0.2	-0.5	0.1	0	U1	9	0	3.2546	265.13	390.449	3904.450
24.7	0	0.1	-0.4	0.1	0	U1	9	0	3.2546	267.83	394.425	3944.212
25	0	0.1	-0.3	0.1	0	U1	9	0	3.2546	270.53	398.401	3983.973
25.2	0	0	-0.2	0.1	0	U1	9	0	3.2546	272.33	401.052	4010.481
25.5	0	0	-0.1	0	0	U1	9	0	3.2546	275.03	405.028	

6.5 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE PALO

- Cedimento verticale: $DZ = 5.24 \text{ mm}$ ($< 20 \text{ mm}$: ammissibile)
- Deformazione orizzontale massima: $DZ = 18.1 \text{ mm}$ ($< 50 \text{ mm}$: 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:	$N_{Sd} = 3492 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2330 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 4270 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$ Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 788 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2909 \text{ kN}$	$\rightarrow$ Verificato: $V_{Rd} > V_{Sd}$

6.6.1.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	Resistenze	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1529 \text{ kN}$		
Momento flettente:	$M_{Sd} = 2330 \text{ kN.m}$	$M_{Rd} = 3945 \text{ kN.m}$	$\rightarrow$ Verificato: $M_{Rd} > M_{Sd}$
Sforzo tagliante:	$V_{Sd} = 788 \text{ kN}$	$V_{Rd} = 2597 \text{ kN}$	$\rightarrow$ 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:	$N_{Sd} = 2550 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1260 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 8.66 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 88.18 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_f < s_3 = 360 \text{ N/mm}^2$

6.6.2.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1797 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1260 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 8.64 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ Verificato: $s_c < s_1 = 15 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 118.24 \text{ N/mm}^2$	$\rightarrow$ 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:	$N_{Sd} = 2329 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1060 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 7.29 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 67.59 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.089 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.3.2 Minimo sforzo assiale

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1750 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 1060 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 7.28 \text{ N/mm}^2$	
Tensione massima ferri:	$s_f = 89.51 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.133 \text{ mm}$	→ Verificato: $w < w_3 = 0.4 \text{ mm}$

6.6.4 VERIFICHE DI FESSURAZIONE – COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI

	Sollecitazioni	
Sforzo assiale:	$N_{Sd} = 1702 \text{ kN}$	
Momento flettente:	$M_{Sd} = 568 \text{ kN.m}$	
Tensione massima cls.:	$s_c = 3.96 \text{ N/mm}^2$	→ Verificato: $s_c < s_2 = 11.25 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima ferri:	$s_f = 22.44 \text{ N/mm}^2$	
Apertura fessure:	$w = 0.017 \text{ mm}$	→ 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: BR-4 SPALLE

Descrizione Sezione: PONTE SUL BREMBIOLO 4 - PALI SPALLE
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A rapporto M/N 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	349229	233000	0	78800	0
2	152908	233000	0	78800	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	254995	126000	0
2	179676	126000	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	232900	106000	0
2	175025	106000	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	170185	56800	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
1	S	349229	233000	0	640026	427033	0
1.833							

2 S 152908 233000 0 258953 394545 0
1.693

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	0.00055	0.0	60.0	0.00289	0.0	49.3	-0.00276
0.0 -49.3								
2	0.00350	-0.00036	0.0	60.0	0.00270	0.0	49.3	-0.00470
0.0 -49.3								

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	0.000057269	0.000063854		
2	0.000000000	0.000075048	-0.001002875		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
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 all'asse neutro. Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.

bw all'asse neutro. Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

Teta conglomerato Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di compressione

Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione

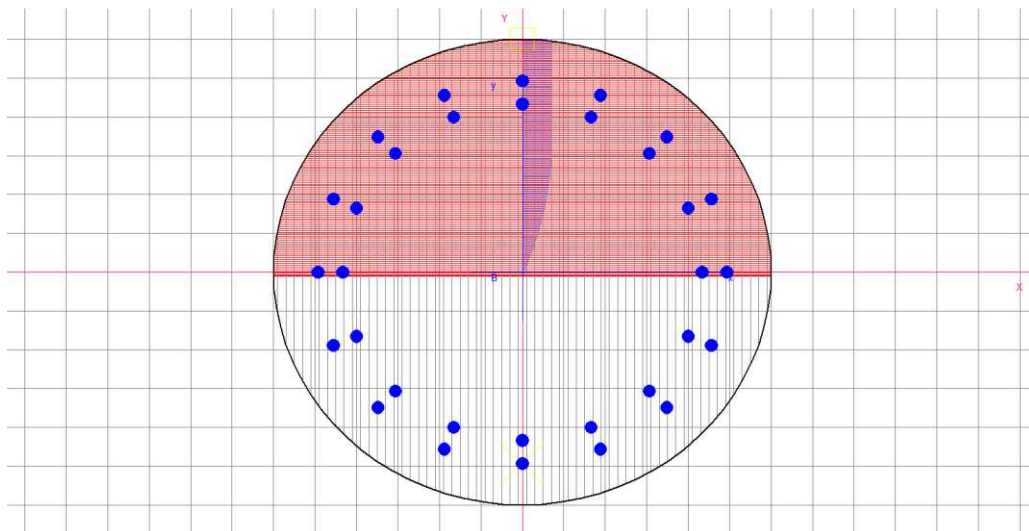
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]

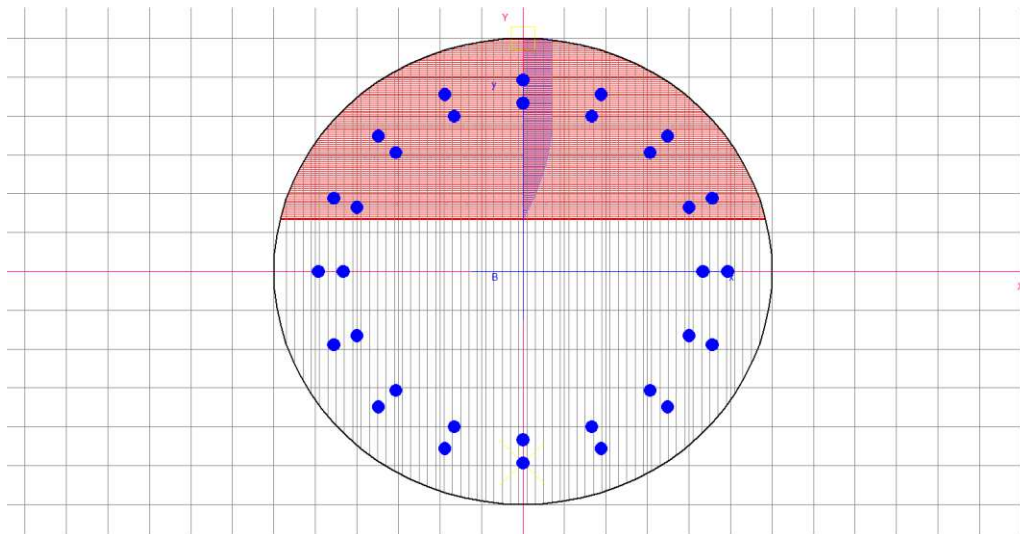
A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]

(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. A_Eff	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast
1 11.3(0.0)	S	78800	290872	97422	97.8	111.1	21.80°	1.218	9.1
2 11.3(0.0)	S	78800	259712	98014	98.4	109.6	21.80°	1.095	9.1

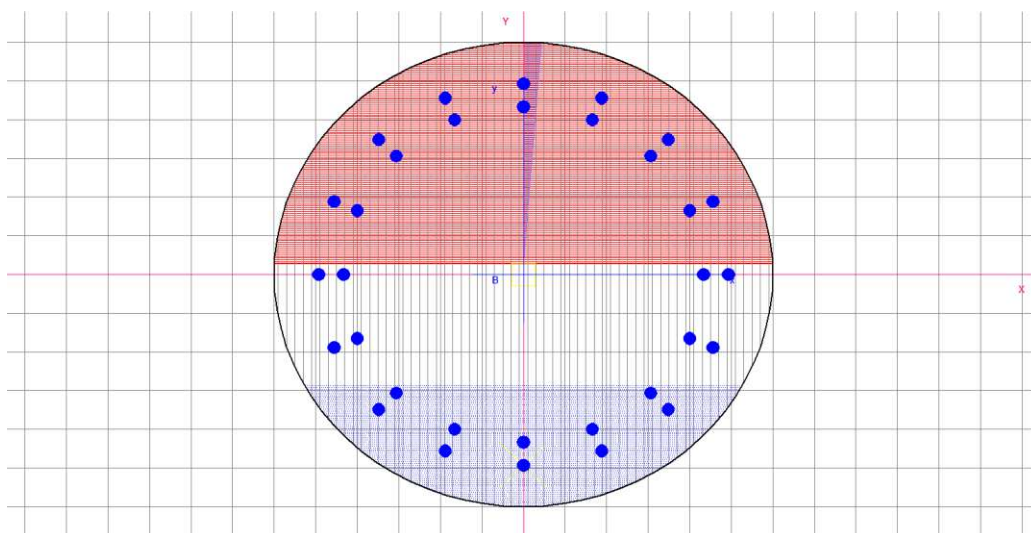
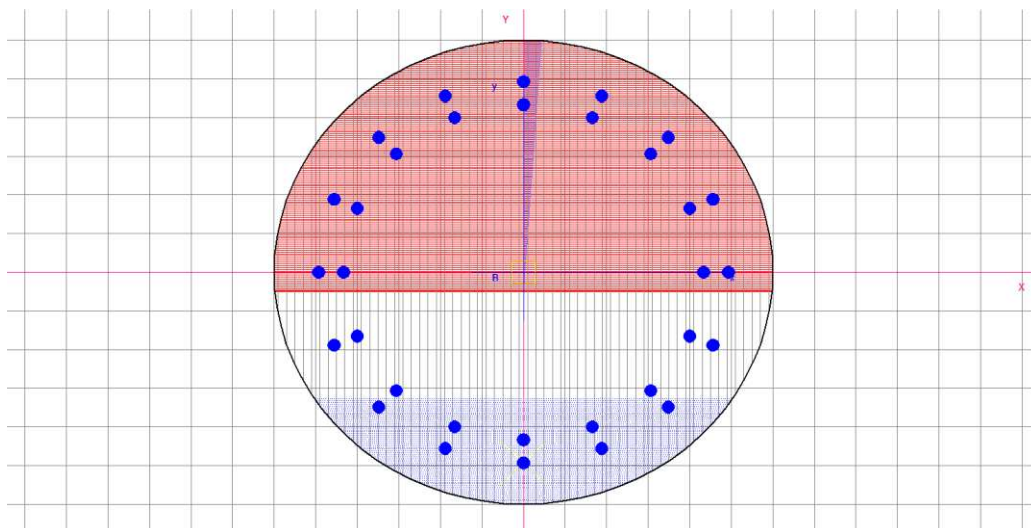




COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

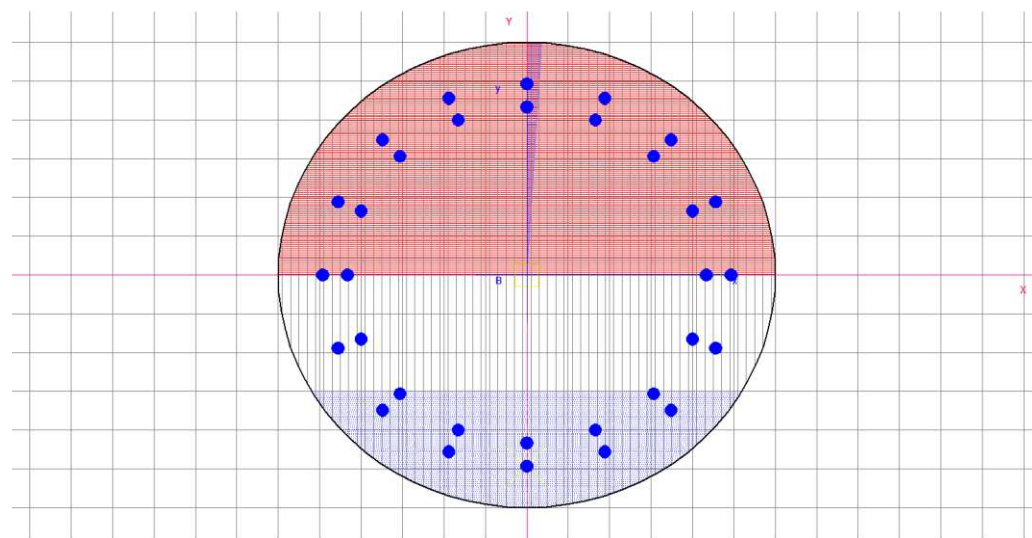
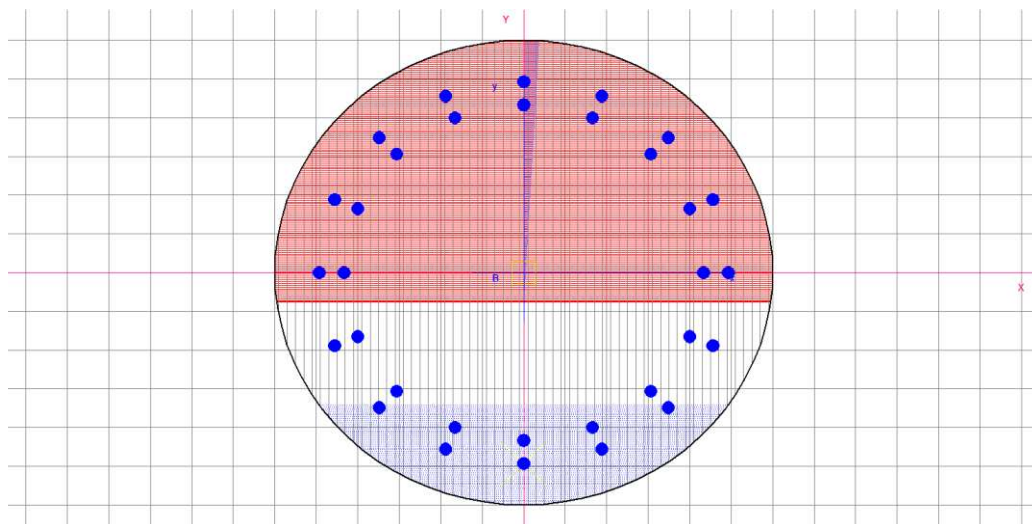
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata	
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato	
[daN/cm ²]		
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.	
X,Y,O)		
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif.	
X,Y,O)		
Sf min	Minima 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	86.6	0.0	0.0	-882	0.0	-49.3
2	S	86.4	0.0	0.0	-1182	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	72.9	0.0	0.0	-676	0.0	-49.3	1806	253
0.149	0.089								
2	S	72.8	0.0	0.0	-895	0.0	-49.3	2212	256
0.161	0.133								



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	39.6	0.0	0.0	-224	0.0	-49.3	1251	240
0.125	0.017								

