

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

OPERE PRINCIPALI - PONTI E VIADOTTI

Relazione di calcolo pile e plinti di fondazione P1-P7 e P9-P18

SCALA:



COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 01 D 09 CL VI0205 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	Seteco	Gen. 2018	A. Ferri	Gen. 2018	P. Carlesimo	Gen. 2018	A. Vittozzi Gen. 2018

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angela Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A.20783

INDICE

1	PREMESSA	5
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
3	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
3.2	ACCIAIO PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	9
4	ANALISI DEI CARICHI	10
4.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1)	10
4.1.1	<i>Peso proprio pila.....</i>	<i>10</i>
4.2	AZIONI CLIMATICHE (VENTO)	11
4.2.1	<i>Azione del vento applicata direttamente sulla pila.....</i>	<i>11</i>
4.3	AZIONE SISMICA (E).....	13
5	COMBINAZIONE DEI CARICHI E MODELLO DI CALCOLO	15
5.1	COMBINAZIONE SLU	15
5.2	COMBINAZIONI SLE.....	18
5.3	MODELLO DI CALCOLO	19
6	ANALISI MODALE	20
7	VERIFICHE FUSTO PILA	32
7.1	VERIFICA ALLA BASE DELLA PILA H=16.00 M.....	33
7.1.1	<i>Verifiche a pressoflessione alla base.....</i>	<i>36</i>
7.1.2	<i>Verifiche a taglio alla base.....</i>	<i>40</i>
7.1.3	<i>Verifiche agli SLE</i>	<i>49</i>

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	3 di 157

7.2	VERIFICHE IN MEZZERIA DELLA PILA H=16.0M.....	51
7.2.1	Verifica a presso-flessione in mezzeria	53
7.2.2	Verifiche a taglio alla base.....	56
7.2.3	Verifiche agli SLE	61
7.3	VERIFICA ALLA BASE DELLA PILA H=11.00 M.....	63
7.3.1	Verifiche a pressoflessione alla base.....	65
7.3.2	Verifiche a taglio alla base.....	68
7.3.3	Verifiche agli SLE	76
7.4	VERIFICHE IN MEZZERIA DELLA PILA H=11.0M.....	78
7.4.1	Verifica a presso-flessione in mezzeria	80
7.4.2	Verifiche a taglio in mezzeria.....	83
7.4.3	Verifiche agli SLE	88
8	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE.....	90
8.1	MODELLI DI CALCOLO.....	90
8.2	VERIFICA DEL PLINTO SU POZZO: H=2.5 M.....	94
8.2.1	Verifica a flessione	96
8.2.2	Verifica a taglio.....	100
8.2.3	Verifiche agli SLE	102
8.3	VERIFICA DEL PLINTO SU POZZO: H=2.0 M.....	110
8.3.1	Verifica a flessione	112
8.3.2	Verifica a taglio.....	116
8.3.3	Verifiche agli SLE	118
8.4	VERIFICA DEL PLINTO P18	125
8.4.1	Verifica a flessione	131
8.4.2	Verifica a taglio.....	135

8.4.3	Verifiche agli SLE	139
9	VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE – P18.....	148
9.1	RIEPILOGO CARICHI SUI PALI	148
9.2	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE PALO	148
9.3	VERIFICA PALO PER FORZE ORIZZONTALI	150
9.3.1	Capacità portante orizzontale (Broms).....	150
9.4	RESISTENZA STRUTTURALE.....	151
9.4.1	Taglio strutturale.....	152
9.5	VERIFICHE SLE	153

1 PREMESSA

1.1 Scopo del documento

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di resistenza delle pile e dei relativi plinti di fondazione del viadotto ferroviario VI.02 della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo (tratta Giampileri-Fiumefreddo).

Le pile P19 – P20 – P21 e i relativi plinti di fondazione non sono oggetto della seguente relazione poiché gli impalcati posti al di sopra di queste opere civili risultano differenti.

Anche le pile dell'arco non sono oggetto della seguente relazione.

Per le verifiche dei suddetti elementi si rimanda alle relazioni specifiche.

1.2 Descrizione dell'opera

Il Viadotto Vi02 è costituito da 19 pile di altezza variabile tra un minimo di 10.00m ed un massimo di 16.00m. Gli impalcati tipici sono costituiti da 4 travi di luce 40m e di larghezza 13.7m. Le pile oggetto di studio sono costituite da un singolo fusto a sezione pseudo rettangolare 11.80x3.20 m (cautelativamente verificata per una larghezza pari a 11.5). La sezione della pila è bicellulare con spessore delle pareti costante su tutta l'altezza e pari a 55 cm ad eccezione del setto centrale da 80 cm.

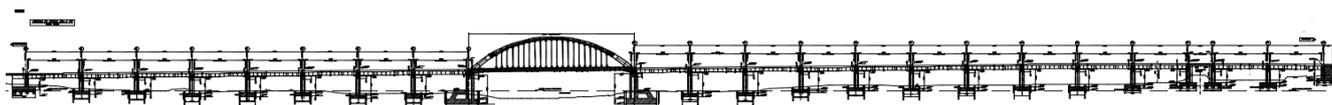


Figura 1 – Prospetto Viadotto VI02

	H [m]	b [m]	l [m]
P1	10.00	11.50	3.20
P2	11.00	11.50	3.20
P3	12.50	11.50	3.20
P4	12.50	11.50	3.20
P5	12.50	11.50	3.20
P6	15.00	11.50	3.20
P7	15.00	11.50	3.20
P10	16.00	11.50	3.20
P11	16.00	11.50	3.20
P12	13.50	11.50	3.20
P13	12.50	11.50	3.20
P14	13.50	11.50	3.20
P15	13.50	11.50	3.20
P16	13.50	11.50	3.20
P17	13.50	11.50	3.20
P18	12.50	11.50	3.20
P19	10.50	11.50	3.20
P20	10.50	16.50	3.20
P21	10.50	16.50	3.20

In virtù della lunghezza variabile dei fusti delle pile si verificano:

1. Pile di altezza massima 11.00 m (Pila P1 – P2)
2. Pile di altezza massima 16.00 m (Pila P3 -P4 - P5 - P6 - P7 - P10 - P11 - P12- P13 - P14 - P15- P16 - P17 - P18)

Una rappresentazione grafica delle carpenterie delle strutture è riportata nelle figure seguenti.

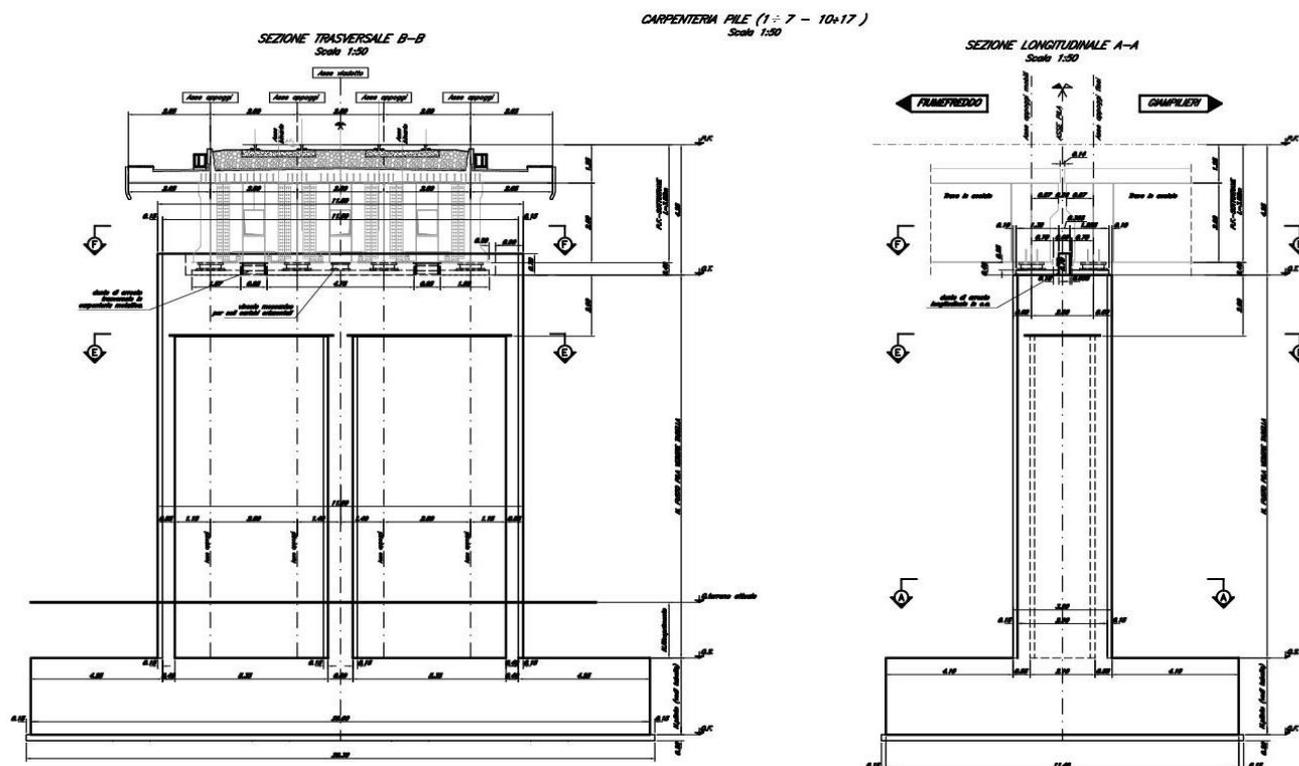


Figura 2 - Prospetto Pila

Tutti i plinti di fondazione, oggetto di questa relazione, sono realizzati su pozzi con diaframmi, eccetto quello della pila P18 realizzato su pali, di diametro 1.5m.

In virtù dell'altezza variabile delle pile vengono realizzati plinti di altezza pari a 2.0m, per fusti caratterizzati da un'altezza massima di 11.00 m, e plinti di altezza pari a 2.5m, per fusti di altezza massima 16.00 m.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Manuale di progettazione delle opere civili (Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture)

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo classe C25/30 (impiegato per i pali di fondazione e per la zattera di fondazione delle pile)

$$f_{ck} = 30 \times 0.83 = 24.90 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 31447.16 \text{ MPa} \approx 31 \text{ GPa}$$

Calcestruzzo classe C30/37 (impiegato per il fusto delle pile e per le spalle)

$$f_{ck} = 37 \times 0.83 = 30.71 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32836.0 \text{ MPa} \approx 33 \text{ GPa}$$

3.2 Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

Tipo di acciaio

B450C

Peso per unità di volume

$$\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$$

Tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica a rottura

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di calcolo a snervamento

$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.15$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 05 001	REV. A

4 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi gravanti sulla pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dagli impalcati e le azioni direttamente applicate alla pila.

I carichi dovuti all'impalcato sono relativi alle condizioni di carico elementari, combinate secondo quanto previsto dalla vigente Normativa ferroviaria. Si precisa che la scelta della dislocazione del traffico ferroviario sull'impalcato è stata effettuata con il fine di massimizzare le azioni verticali, flessionali e di taglio sulla pila.

Per una più dettagliata analisi dei carichi precedentemente citati si rimanda alla relazione dell'impalcato del viadotto ferroviario VI.02.

Nei paragrafi successivi si riporta la valutazione dei carichi elementari agenti sulla pila.

4.1 Carichi permanenti strutturali (G1)

4.1.1 *Peso proprio pila*

Le pile del viadotto ferroviario VI.02 presentano altezze differenti ma medesima sezione, a meno delle barre d'armatura. Pertanto il peso proprio della pila è pari a:

$$G1 = 392.5 \text{ KN/m}$$

4.2 Azioni climatiche (Vento)

4.2.1 Azione del vento applicata direttamente sulla pila

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto riportato al par. 3.3 del DM 2008.

Oltre alle azioni agenti a livello d'impalcato, è stata considerata la pressione del vento sul fusto della pila.

Si riportano di seguito i principali parametri di calcolo.

AZIONE DEL VENTO SECONDO DM 2008

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO

Zona di riferimento		4	
Altezza slm	a_s	50.0	m
Velocità base riferimento slm	$v_{b,0}$	28	m/s
	a_0	500	m
	k_a	0.02	
Velocità base riferimento	v_b	28.0	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
Tempo di ritorno	T_r	75	anni
Coefficiente di ritorno	α_r	1.02	
Velocità di riferimento progetto	$v_b(T_r)$	28.7	m/s
Pressione critica di riferimento	q_b	513.3	N/m ²

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	12 di 157

CALCOLO PRESSIONE CINETICA MINIMA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		2	
	k_r	0.19	
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4.00	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza da terra	z	0.00	< 200 m
		($Z_{min}=4$)	
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	1.80	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica minima al piede sopravento	$q_{p_min}(z)$	1.29	kN/m²

PRESSIONE MASSIMA (DA FILE SU IMPALCATO)

Pressione cinetica minima al piede sopravento	$q_{p_max}(z)$	2.00	kN/m²
--	-----------------------------------	-------------	-------------------------

Larghezza investita PILA		3.2	m
CARICO A METRO LINEARE	massimo	6.40	
	minimo	4.14	
concentrato nel pulvino		9.6	kN

Il carico sul fusto è stato assegnato costante a tratti, sugli elementi frame costituenti la pila, in funzione del valore minimo e del valore massimo ricavati.

4.3 Azione sismica (E)

I valori dei parametri di base necessari alla definizione dell'azione sismica sono di seguito riassunti:

- Latitudine = 37.81825
- Longitudine = 15.24579
- Vita nominale dell'opera = 75 anni
- Coefficiente d'uso della costruzione = 1.5
- Categoria di sottosuolo = Tipo "B"
- Categoria topografica = Tipo "T1"
- Stato limite considerato = SLV

Per il fattore di struttura è stata considerata una classe di duttilità bassa quindi come suggerisce la tabella 7.9.1 del DM 14/01/2008 per le pile in cemento armato q_0 vale 1.5. Considerando un valore unitario del coefficiente K_R si ottiene il seguente fattore di struttura:

$$q = q_0 \times K_R = 1.5 \times 1 = 1.5$$

Per la componente verticale dell'azione sismica il valore di q utilizzato è $q = 1$.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

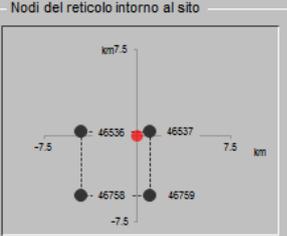
Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 15.24579 LATITUDINE: 37.81825

Ricerca per comune REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Catania COMUNE: Fiumefreddo Sicilia

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

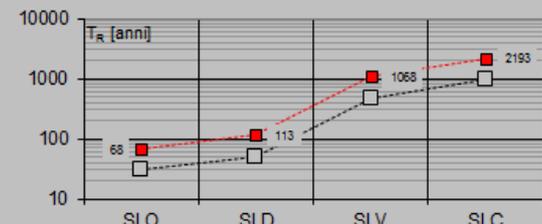


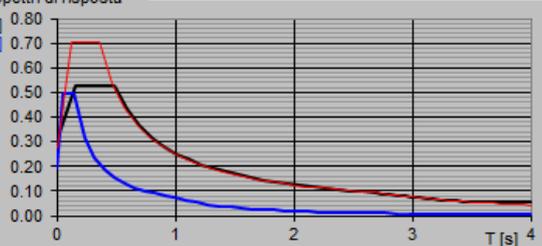
Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	<input type="text" value="75"/>	info				
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	<input type="text" value="1.5"/>	info				
Valori di progetto						
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="112.5"/>	info				
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info				
Stati limite di esercizio - SLE	<table border="1"> <tr> <td>SLO - $P_{VR} = 81\%$</td> <td><input type="text" value="68"/></td> </tr> <tr> <td>SLD - $P_{VR} = 63\%$</td> <td><input type="text" value="113"/></td> </tr> </table>	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>	
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>					
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>					
Stati limite ultimi - SLU	<table border="1"> <tr> <td>SLV - $P_{VR} = 10\%$</td> <td><input type="text" value="1068"/></td> </tr> <tr> <td>SLC - $P_{VR} = 5\%$</td> <td><input type="text" value="2193"/></td> </tr> </table>	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>	
SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>					
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>					
Elaborazioni						
Grafici parametri azione	<input type="checkbox"/>					
Grafici spettri di risposta	<input type="checkbox"/>					
Tabella parametri azione	<input type="checkbox"/>					
Strategia di progettazione						
						
LEGENDA GRAFICO ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie ---■--- Strategia scelta						

Stato Limite		
Stato Limite considerato	<input type="text" value="SLV"/>	info
Risposta sismica locale		
Categoria di sottosuolo	<input type="text" value="B"/>	info
Categoria topografica	<input type="text" value="T1"/>	info
	$S_B = 1.117$	$C_0 = 1.353$ info
	$h/H = 0.000$	$S_T = 1.000$ info
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>		
Compon. orizzontale		
<input type="radio"/> Spettro di progetto elastico (SLE)	Smorzamento ξ (%)	<input type="text" value="5"/> info
<input checked="" type="radio"/> Spettro di progetto inelastico (SLU)	Fattore q_0	<input type="text" value="1.5"/> info
	Regol. in altezza	<input type="text" value="si"/> info
Compon. verticale		
Spettro di progetto	Fattore q	<input type="text" value="1"/> info
	$\eta = 1.000$	info
Elaborazioni		
Grafici spettri di risposta	<input type="checkbox"/>	
Parametri e punti spettri di risposta	<input type="checkbox"/>	
Spettri di risposta		
		
— Spettro di progetto - componente orizzontale — Spettro di progetto - componente verticale — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)		

La massa considerata nel modello di calcolo è composta dai carichi permanenti provenienti dall'impalcato, dal peso proprio della pila e dai plinti di fondazione alla base del fusto. È stato considerato anche il 20% della massa del carico verticale da traffico ferroviario.

Durante l'analisi saranno considerati un numero di modi tale la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

5 COMBINAZIONE DEI CARICHI E MODELLO DI CALCOLO

5.1 Combinazione SLU

Nella seguente tabella sono riportati i coefficienti parziali di sicurezza (sfavorevoli) considerati nelle combinazioni di carico SLU e sismica (vedi tabella 5.2.V NTC 2008).

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Le combinazioni di carico A1, e Sismiche sono state impiegate per le verifiche strutturali. Nella seguente tabella sono riportati i coefficienti di combinazione delle azioni considerate in questo studio (vedi tabella 5.2.VI NTC 2008).

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	16 di 157

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Sono stati considerati i gruppi gr1 e gr3 sia nel caso di singolo binario carico che in quello di doppio binario carico.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc...)
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario vanno poi combinati con le altre azioni secondo quanto indicato di seguito:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo in conto le masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

assumendo $\psi_{2j} = 0,2$ per i carichi dovuti al transito dei mezzi.

Per determinare le sollecitazioni massime agenti su ogni elemento asta è stato utilizzato un post-processore del SAP 2000, il WININV.

Il suddetto programma memorizza, per ogni asta, gli effetti massimi richiesti e le caratteristiche di sollecitazione associate, operando automaticamente una scelta fra tutti i files e le condizioni di carico presentate come FASE III. Grazie a questo programma sono ottenute le massime sollecitazioni necessarie alle verifiche. Per le combinazioni utilizzate si rimanda agli schemi logici riportati nella relazione d'impalcato.

5.2 Combinazioni SLE

Le combinazioni SLE secondo la Normativa:

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	σ_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	σ_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	σ_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Per le verifiche agli SLE sono stati considerati i gruppi di carico 1, 3, 4 per le verifiche tensionali e di fessurazione.

Anche in questo caso per determinare le sollecitazioni massime agenti su ogni elemento asta è stato utilizzato il post-processor del SAP 2000, il WININV. Per le combinazioni utilizzate si rimanda agli schemi logici riportati nella relazione d'impalcato.

5.3 Modello di calcolo

La pila è stata modellata mediante il programma agli elementi finiti SAP2000. Assieme ad essa sono stati modellati anche gli impalcati adiacenti sui quali sono opportunamente applicati i carichi delle differenti fasi; questi vengono trasmessi dall'impalcato alla pila attraverso l'inserimento di opportuni constraint.

Nel modello sono stati inseriti anche dei braccetti rigidi che partono dall'asse della pila e arrivano fino alla quota del centro di rotazione degli apparecchi di appoggio al fine di considerare le eccentricità.

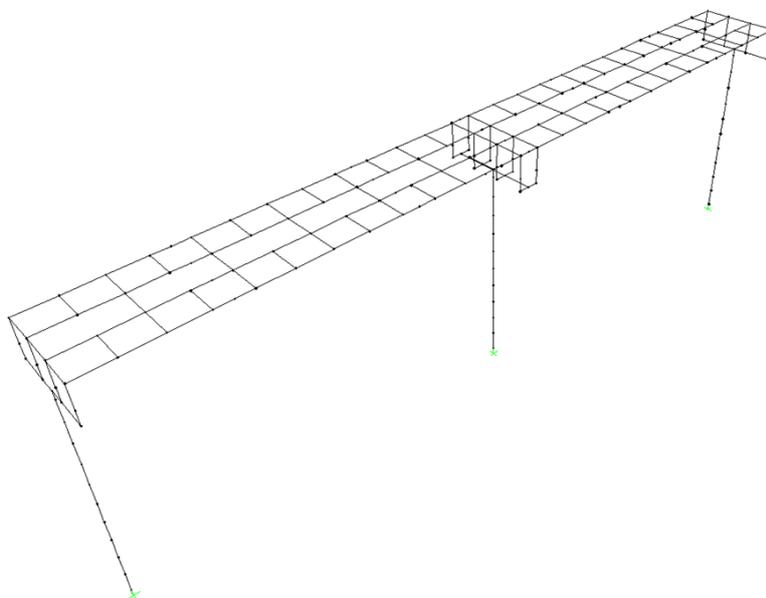


Figura 3 - Vista 3d del modello in SAP2000

Il modello risulta caricato con i seguenti carichi:

- Strutturali
- Non strutturali
- Azioni verticali da traffico
- Azioni orizzontali da traffico
- Serpeggio
- Azioni dell vento
- Azione sismica.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	20 di 157

6 ANALISI MODALE

Le verifiche a pressoflessione e taglio del fusto della pila sono state eseguite nella sezione allo spiccato e nella sezione di mezzeria.

L'analisi è stata effettuata considerando le forme modali che consentono di attivare oltre l'85% della massa nelle tre direzioni X, Y, Z. I risultati sono sintetizzati in forma grafica e tabellare. Le masse prese in considerazione sono: i pesi propri strutturali, i permanenti dell'impalcato ed ed il 20% del traffico ferroviario (secondo la normativa).

FIUME FREDDO 40m

27

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
51	0.033331	0.0367	0.1815	0.1142	82.1858	78.5158	59.8475
52	0.033175	0.1201	0.1474	2.1990	82.3059	78.6632	62.0465
53	0.032534	0.0000	0.0010	0.0000	82.3059	78.6642	62.0465
54	0.032463	0.0000	0.0135	0.0035	82.3060	78.6777	62.0501
55	0.032168	0.0000	0.0000	0.0000	82.3060	78.6777	62.0501
56	0.031828	0.0000	0.1794	0.0002	82.3060	78.8571	62.0503
57	0.031816	0.0000	0.0503	0.0005	82.3060	78.9074	62.0508
58	0.031377	0.0173	0.0012	0.0001	82.3233	78.9086	62.0509
59	0.030567	0.0000	0.0674	0.0006	82.3233	78.9760	62.0515
60	0.030398	0.0001	0.0030	0.0008	82.3234	78.9790	62.0522
61	0.030012	0.0000	0.0767	0.0027	82.3234	79.0557	62.0549
62	0.029607	0.0000	0.0945	0.0002	82.3234	79.1502	62.0551
63	0.028982	0.0050	0.0003	0.1621	82.3284	79.1505	62.2172
64	0.028690	0.0000	0.0003	0.0000	82.3284	79.1508	62.2172
65	0.028686	0.0000	0.0020	0.0000	82.3284	79.1528	62.2172
66	0.028458	0.0000	0.0794	0.0001	82.3284	79.2322	62.2173
67	0.028093	0.0419	0.0043	0.3842	82.3703	79.2365	62.6015
68	0.027905	0.0149	0.0008	0.2066	82.3852	79.2373	62.8081
69	0.027741	0.0020	0.0025	0.0196	82.3872	79.2397	62.8277
70	0.027175	0.0681	0.0021	1.2709	82.4553	79.2419	64.0986
71	0.026919	0.0001	0.0022	0.0030	82.4554	79.2441	64.1016
72	0.026652	0.1679	0.0008	3.3219	82.6233	79.2449	67.4235
73	0.026430	0.0001	0.0137	0.0022	82.6234	79.2586	67.4257
74	0.025669	0.0015	0.0004	0.1673	82.6250	79.2590	67.5930
75	0.025287	0.1922	0.0002	8.6456	82.8171	79.2592	76.2385
76	0.025019	0.0000	0.0874	0.0002	82.8172	79.3466	76.2388
77	0.024547	0.0000	0.0029	0.0004	82.8172	79.3496	76.2392
78	0.023579	0.0000	0.0107	0.0000	82.8172	79.3603	76.2392
79	0.023572	0.0008	0.0009	0.0045	82.8180	79.3612	76.2437
80	0.023543	0.0260	0.0036	0.1632	82.8439	79.3648	76.4069
81	0.023388	0.0000	0.0178	0.0003	82.8440	79.3825	76.4073
82	0.023167	0.0002	0.1115	0.0024	82.8442	79.4941	76.4097
83	0.023015	0.0005	0.0048	0.7908	82.8447	79.4989	77.2005
84	0.022954	0.0019	0.1432	0.0232	82.8467	79.6421	77.2237
85	0.022895	0.0008	0.0001	0.0246	82.8475	79.6422	77.2483
86	0.022839	0.0128	0.0128	0.0148	82.8603	79.6550	77.2631
87	0.022810	0.0031	0.0096	0.0039	82.8633	79.6646	77.2670

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	21 di 157

88	0.022672	0.0001	0.0288	0.0000	82.8634	79.6934	77.2670
89	0.022375	0.0001	0.0296	0.0071	82.8635	79.7230	77.2740
90	0.021819	0.0002	0.0238	0.0007	82.8637	79.7468	77.2748
91	0.021811	0.0000	0.0003	0.0000	82.8637	79.7471	77.2748
92	0.021274	0.0000	0.8120	0.0062	82.8637	80.5591	77.2810
93	0.020831	0.0005	0.0072	0.0001	82.8642	80.5663	77.2811
94	0.020675	0.0235	0.0003	0.0053	82.8878	80.5666	77.2864
95	0.020113	0.0000	0.9848	0.0028	82.8878	81.5514	77.2892
96	0.020054	0.0002	0.0026	0.0007	82.8880	81.5540	77.2899
97	0.019942	0.0000	0.4142	0.0075	82.8880	81.9682	77.2974
98	0.019835	0.0351	0.0012	1.3162	82.9231	81.9694	78.6136
99	0.019536	0.0000	0.0023	0.0027	82.9231	81.9717	78.6163
100	0.019473	0.0122	0.0073	0.0410	82.9352	81.9790	78.6573



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	22 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

28

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
101	0.019431	0.0019	0.0041	0.0098	82.9371	81.9832	78.6671
102	0.019268	0.0000	0.5764	0.0000	82.9372	82.5596	78.6672
103	0.019209	0.0001	0.3109	0.0002	82.9373	82.8705	78.6674
104	0.019156	0.7470	0.0000	0.0000	83.6843	82.8705	78.6674
105	0.019145	0.0016	0.0003	0.0232	83.6858	82.8707	78.6906
106	0.019137	0.0001	0.2274	0.0004	83.6859	83.0981	78.6910
107	0.019062	0.0000	0.2466	0.0002	83.6859	83.3447	78.6911
108	0.018816	0.0481	0.0003	0.0399	83.7340	83.3451	78.7310
109	0.018668	0.7894	0.0015	0.0149	84.5234	83.3466	78.7459
110	0.018541	0.0837	0.0088	0.0204	84.6070	83.3553	78.7663
111	0.018422	0.0570	0.0320	0.0180	84.6641	83.3874	78.7843
112	0.018365	0.0059	0.0002	0.0015	84.6700	83.3876	78.7859
113	0.018341	0.1082	0.0153	0.0066	84.7782	83.4029	78.7924
114	0.018182	0.0000	0.0125	0.0001	84.7782	83.4155	78.7925
115	0.018164	0.0001	0.0017	0.0000	84.7783	83.4171	78.7925
116	0.017762	0.0000	0.3333	0.0000	84.7783	83.7505	78.7926
117	0.017699	0.0153	0.0003	0.0002	84.7936	83.7508	78.7928
118	0.017653	0.0001	0.0008	0.0002	84.7938	83.7516	78.7930
119	0.017587	0.0025	0.0000	0.1774	84.7963	83.7516	78.9704
120	0.017557	0.0000	0.0155	0.0000	84.7963	83.7671	78.9704
121	0.017506	0.0000	0.0659	0.0000	84.7964	83.8330	78.9704
122	0.017223	0.0004	0.0001	0.0020	84.7968	83.8332	78.9724
123	0.017197	0.0000	0.0795	0.0000	84.7968	83.9127	78.9724
124	0.017120	0.0007	0.0357	0.0010	84.7975	83.9484	78.9734
125	0.017111	0.0009	0.0466	0.0008	84.7983	83.9950	78.9742
126	0.017103	0.0003	0.0098	0.0049	84.7986	84.0047	78.9791
127	0.016961	0.0000	0.0000	0.0000	84.7986	84.0047	78.9791
128	0.016930	0.0000	0.0134	0.0000	84.7986	84.0182	78.9791
129	0.016630	0.0008	0.0007	0.0003	84.7994	84.0188	78.9794
130	0.016626	0.0001	0.0000	0.0011	84.7995	84.0188	78.9805
131	0.016357	0.0306	0.0032	0.0002	84.8302	84.0220	78.9807
132	0.016152	0.0008	0.0038	0.0004	84.8310	84.0259	78.9811
133	0.015747	0.0044	0.2183	0.0042	84.8354	84.2442	78.9853
134	0.015430	0.0001	0.0717	0.0000	84.8355	84.3159	78.9853
135	0.015176	0.0000	0.0000	0.0000	84.8355	84.3159	78.9853
136	0.015162	0.0002	0.0001	0.0000	84.8357	84.3159	78.9853
137	0.015096	0.0000	0.0012	0.0001	84.8357	84.3172	78.9855
138	0.015073	0.0000	0.0004	0.0001	84.8358	84.3175	78.9855
139	0.015055	0.0034	0.0000	0.0045	84.8392	84.3175	78.9901
140	0.015006	0.0000	0.0000	0.0057	84.8392	84.3175	78.9958
141	0.014994	0.0002	0.0002	0.0022	84.8395	84.3177	78.9980
142	0.014978	0.0006	0.0001	0.0146	84.8400	84.3178	79.0126
143	0.014932	0.0000	0.0022	0.0000	84.8400	84.3199	79.0126
144	0.014917	0.0000	0.0011	0.0001	84.8400	84.3211	79.0127
145	0.014735	0.0000	0.0000	0.0008	84.8400	84.3211	79.0135
146	0.014731	0.0000	0.0000	0.0001	84.8400	84.3211	79.0136
147	0.014618	0.0000	0.0005	0.0000	84.8400	84.3216	79.0136
148	0.014618	0.0000	0.0001	0.0000	84.8400	84.3217	79.0137
149	0.014584	0.0000	0.0000	0.0028	84.8401	84.3218	79.0165
150	0.014581	0.0000	0.0000	0.0000	84.8401	84.3218	79.0165

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	23 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

29

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
151	0.014478	0.0000	0.0002	0.0000	84.8401	84.3220	79.0165
152	0.014477	0.0000	0.0000	0.0000	84.8401	84.3220	79.0165
153	0.014146	0.0005	0.0132	0.0050	84.8406	84.3351	79.0215
154	0.014113	0.0001	0.0900	0.0001	84.8407	84.4251	79.0216
155	0.014006	0.0000	0.0302	0.0004	84.8407	84.4553	79.0220
156	0.013767	0.0000	0.0471	0.0007	84.8407	84.5024	79.0228
157	0.013741	0.0000	0.0067	0.1043	84.8407	84.5091	79.1271
158	0.013729	0.0035	0.0002	0.0014	84.8442	84.5093	79.1285
159	0.013500	0.0003	0.0000	0.3216	84.8445	84.5094	79.4500
160	0.013470	0.0078	0.0001	0.0039	84.8523	84.5094	79.4540
161	0.013326	0.0125	0.0005	1.1090	84.8649	84.5099	80.5630
162	0.013228	0.2518	0.0000	0.0000	85.1167	84.5099	80.5630
163	0.013218	0.2640	0.0000	0.0002	85.3806	84.5099	80.5631
164	0.013150	0.0000	0.0040	0.0012	85.3807	84.5139	80.5643
165	0.013134	0.1410	0.0000	0.0891	85.5217	84.5139	80.6534
166	0.013091	0.0917	0.0013	0.0002	85.6134	84.5152	80.6536
167	0.012283	0.0000	0.0038	0.0028	85.6135	84.5191	80.6565
168	0.012248	0.0009	0.0008	0.0056	85.6143	84.5198	80.6621
169	0.011847	0.0001	0.0036	0.0005	85.6145	84.5234	80.6626
170	0.011832	0.0000	0.0094	0.0009	85.6145	84.5329	80.6635
171	0.011495	0.0003	0.0001	0.0076	85.6148	84.5330	80.6711
172	0.011492	0.0001	0.0004	0.0259	85.6148	84.5334	80.6970
173	0.011367	0.0006	0.0004	0.0337	85.6155	84.5338	80.7307
174	0.011331	0.0022	0.0000	0.0078	85.6177	84.5338	80.7385
175	0.011272	0.0002	0.0002	1.1087	85.6178	84.5341	81.8472
176	0.011244	0.0030	0.0003	0.9019	85.6208	84.5344	82.7491
177	0.011150	0.0013	0.0015	0.1133	85.6221	84.5359	82.8624
178	0.011149	0.0018	0.0002	0.0697	85.6239	84.5361	82.9322
179	0.010949	0.1954	0.0000	0.0000	85.8193	84.5361	82.9322
180	0.010839	0.1596	0.0002	0.0022	85.9789	84.5363	82.9344
181	0.010821	0.0006	0.1667	0.0133	85.9795	84.7030	82.9477
182	0.010803	0.1676	0.0000	0.0034	86.1471	84.7031	82.9511
183	0.010763	0.0021	0.1172	0.0001	86.1491	84.8203	82.9512
184	0.010526	0.0019	0.0252	0.0005	86.1510	84.8455	82.9517
185	0.010515	0.0004	0.3881	0.0026	86.1514	85.2336	82.9542
186	0.010511	0.0056	0.0045	0.0002	86.1570	85.2381	82.9545
187	0.010462	0.0000	0.0035	0.0010	86.1570	85.2416	82.9554
188	0.010426	0.0000	1.1873	0.0028	86.1570	86.4289	82.9582
189	0.010219	0.0045	0.0030	0.0104	86.1615	86.4319	82.9687
190	0.010212	0.0197	0.0003	0.0010	86.1812	86.4322	82.9697
191	0.010172	0.0000	0.0004	0.0000	86.1812	86.4326	82.9697
192	0.010162	0.0000	0.0001	0.0000	86.1812	86.4327	82.9697
193	0.009917	0.0000	0.0027	0.0002	86.1812	86.4355	82.9698
194	0.009907	0.0000	0.0055	0.0025	86.1812	86.4409	82.9723
195	0.009878	0.0000	0.0000	0.0080	86.1813	86.4409	82.9803
196	0.009869	0.0002	0.0037	0.0003	86.1815	86.4447	82.9805
197	0.009721	0.0010	0.0006	0.0000	86.1824	86.4453	82.9806
198	0.009710	0.0006	0.0003	0.0022	86.1830	86.4456	82.9828
199	0.009586	0.0016	0.0000	0.0036	86.1846	86.4456	82.9864
200	0.009577	0.0001	0.0008	0.0001	86.1847	86.4464	82.9865



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	24 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page
30

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
201	0.009571	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9865
202	0.009571	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9865
203	0.009571	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9865
204	0.009571	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9866
205	0.009564	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9866
206	0.009563	0.0000	0.0000	0.0000	86.1847	86.4464	82.9866
207	0.009563	0.0000	0.0000	0.0000	86.1848	86.4464	82.9866
208	0.009563	0.0000	0.0000	0.0000	86.1848	86.4464	82.9866
209	0.009540	0.0000	0.0000	0.0000	86.1848	86.4464	82.9866
210	0.009540	0.0002	0.0000	0.0002	86.1850	86.4465	82.9868
211	0.009539	0.0001	0.0000	0.0001	86.1851	86.4465	82.9869
212	0.009539	0.0000	0.0000	0.0000	86.1851	86.4465	82.9869
213	0.009535	0.0213	0.0020	0.0161	86.2064	86.4485	83.0030
214	0.009527	0.0002	0.0001	0.0001	86.2066	86.4486	83.0031
215	0.009526	0.0001	0.0000	0.0001	86.2067	86.4486	83.0032
216	0.009526	0.0000	0.0000	0.0000	86.2068	86.4486	83.0032
217	0.009526	0.0001	0.0000	0.0001	86.2068	86.4486	83.0032
218	0.009385	0.0001	0.0002	0.0012	86.2069	86.4488	83.0044
219	0.009337	0.0017	0.0010	0.0013	86.2086	86.4498	83.0057
220	0.009239	0.0001	0.0000	0.0002	86.2086	86.4498	83.0060
221	0.009213	0.0001	0.0001	0.0008	86.2087	86.4499	83.0068
222	0.009199	0.0174	0.0001	0.2757	86.2262	86.4500	83.2824
223	0.009175	0.0014	0.0000	0.0354	86.2276	86.4500	83.3179
224	0.008938	0.0007	0.0000	0.0006	86.2283	86.4501	83.3185
225	0.008936	0.0042	0.0000	0.0014	86.2325	86.4501	83.3199
226	0.008842	0.0179	0.0001	0.0002	86.2504	86.4501	83.3200
227	0.008830	0.0285	0.0000	0.0033	86.2789	86.4502	83.3234
228	0.008810	0.1750	0.0000	0.0000	86.4539	86.4502	83.3234
229	0.008806	0.0001	0.0022	0.0032	86.4540	86.4524	83.3265
230	0.008788	0.0003	0.0022	0.0005	86.4543	86.4545	83.3270
231	0.008724	0.0002	0.0013	0.0000	86.4545	86.4558	83.3271
232	0.008701	0.1366	0.0000	0.0000	86.5911	86.4558	83.3271
233	0.008595	0.1041	0.0001	0.0307	86.6952	86.4559	83.3578
234	0.008471	0.0002	0.0004	0.0002	86.6954	86.4563	83.3580
235	0.008450	0.0042	0.0000	0.0020	86.6996	86.4563	83.3600
236	0.008251	0.0000	0.0001	0.0002	86.6996	86.4565	83.3603
237	0.008249	0.0000	0.0001	0.0002	86.6996	86.4566	83.3604
238	0.008200	0.0000	0.0000	0.0000	86.6996	86.4566	83.3604
239	0.008170	0.0000	0.0001	0.0000	86.6996	86.4567	83.3604
240	0.008137	0.0000	0.0012	0.0000	86.6997	86.4579	83.3604
241	0.008132	0.0000	0.0029	0.0002	86.6997	86.4607	83.3607
242	0.008044	0.0000	0.0000	0.0002	86.6997	86.4608	83.3608
243	0.008043	0.0000	0.0006	0.0003	86.6997	86.4613	83.3612
244	0.007980	0.0016	0.0000	0.0001	86.7013	86.4614	83.3613
245	0.007968	0.0027	0.0000	0.0110	86.7040	86.4614	83.3722
246	0.007881	0.0001	0.0007	0.0004	86.7041	86.4621	83.3727
247	0.007870	0.0001	0.0000	0.0000	86.7042	86.4621	83.3727
248	0.007687	0.0000	0.0000	0.0023	86.7042	86.4621	83.3750
249	0.007665	0.0000	0.0034	0.0000	86.7042	86.4655	83.3750
250	0.007545	0.0021	0.0001	0.0057	86.7063	86.4656	83.3807

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	25 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

31

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
251	0.007541	0.0026	0.0001	0.0000	86.7089	86.4656	83.3807
252	0.007495	0.0001	0.0002	0.0002	86.7091	86.4659	83.3809
253	0.007493	0.0008	0.0000	0.0015	86.7099	86.4659	83.3825
254	0.007466	0.0000	0.0191	0.0000	86.7099	86.4850	83.3825
255	0.007458	0.0000	0.0212	0.0000	86.7099	86.5062	83.3825
256	0.007434	0.0000	0.0393	0.0000	86.7099	86.5455	83.3825
257	0.007428	0.0000	0.0433	0.0010	86.7099	86.5888	83.3835
258	0.007413	0.0000	0.0491	0.0007	86.7099	86.6379	83.3842
259	0.007401	0.0000	0.1921	0.0000	86.7099	86.8300	83.3843
260	0.007375	0.0000	0.2143	0.0029	86.7099	87.0443	83.3871
261	0.007368	0.0001	0.3174	0.0002	86.7100	87.3617	83.3874
262	0.007364	0.1203	0.0002	0.0000	86.8304	87.3619	83.3874
263	0.007355	0.0035	0.0006	0.0003	86.8339	87.3625	83.3877
264	0.007354	0.0000	0.1035	0.0002	86.8339	87.4660	83.3879
265	0.007334	0.0004	0.2791	0.0001	86.8342	87.7451	83.3879
266	0.007326	0.1435	0.0030	0.0204	86.9777	87.7481	83.4083
267	0.007326	0.0732	0.0005	0.0040	87.0509	87.7486	83.4123
268	0.007150	0.0001	0.0015	0.0036	87.0509	87.7501	83.4159
269	0.007143	0.0000	0.0020	0.0000	87.0509	87.7521	83.4159
270	0.007098	0.0000	0.0031	0.0040	87.0510	87.7551	83.4198
271	0.007080	0.0069	0.0001	0.1385	87.0578	87.7553	83.5584
272	0.007059	0.0000	0.0001	0.5774	87.0579	87.7554	84.1358
273	0.007055	0.0001	0.0000	0.5042	87.0580	87.7554	84.6400
274	0.007042	0.0000	0.0140	0.0001	87.0580	87.7694	84.6401
275	0.006991	0.0000	0.0012	0.1735	87.0580	87.7706	84.8136
276	0.006963	0.0000	0.0012	0.0009	87.0580	87.7718	84.8145
277	0.006948	0.0001	0.0000	0.2533	87.0581	87.7718	85.0678
278	0.006686	0.0001	0.0000	0.3365	87.0582	87.7718	85.4043
279	0.006567	0.0000	0.0000	0.0161	87.0583	87.7718	85.4204
280	0.006538	0.0000	0.0000	0.0000	87.0583	87.7718	85.4204
281	0.006537	0.0000	0.0000	0.0000	87.0583	87.7718	85.4204
282	0.006523	0.0000	0.0008	0.0005	87.0583	87.7726	85.4209
283	0.006505	0.0000	0.0000	0.0004	87.0583	87.7726	85.4213
284	0.006505	0.0000	0.0000	0.0011	87.0583	87.7726	85.4224
285	0.006479	0.0277	0.0000	0.0001	87.0860	87.7727	85.4225
286	0.006464	0.0068	0.0000	0.0004	87.0928	87.7727	85.4229
287	0.006464	0.0970	0.0000	0.0000	87.1898	87.7727	85.4229
288	0.006463	0.0004	0.0000	0.0000	87.1902	87.7727	85.4229
289	0.006463	0.0313	0.0001	0.0003	87.2215	87.7728	85.4232
290	0.006445	0.0526	0.0000	0.0005	87.2741	87.7728	85.4237
291	0.006439	0.0054	0.0001	0.0005	87.2796	87.7729	85.4242
292	0.006434	0.0000	0.0000	0.0001	87.2796	87.7730	85.4243
293	0.006429	0.0065	0.0002	0.0001	87.2860	87.7731	85.4244
294	0.006414	0.0043	0.0002	0.0145	87.2903	87.7733	85.4389
295	0.006407	0.0000	0.0001	0.0000	87.2903	87.7734	85.4389
296	0.006404	0.0001	0.0002	0.0013	87.2904	87.7736	85.4402
297	0.006392	0.0001	0.0000	0.0053	87.2905	87.7736	85.4455
298	0.006379	0.0028	0.0000	0.0011	87.2933	87.7736	85.4466
299	0.006358	0.0041	0.0000	0.0094	87.2974	87.7736	85.4560
300	0.006344	0.0001	0.0003	0.0038	87.2975	87.7739	85.4598

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	26 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

32

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
301	0.006343	0.0001	0.0000	0.0000	87.2975	87.7739	85.4598
302	0.006338	0.0004	0.0001	0.0071	87.2979	87.7740	85.4669
303	0.006318	0.0011	0.0000	0.0011	87.2990	87.7740	85.4680
304	0.006281	0.0001	0.0003	0.0061	87.2991	87.7743	85.4741
305	0.006213	0.0000	0.0000	0.0001	87.2991	87.7743	85.4742
306	0.006210	0.0000	0.0000	0.0001	87.2991	87.7743	85.4743
307	0.006206	0.0008	0.0002	0.0011	87.2999	87.7745	85.4754
308	0.006094	0.0000	0.0000	0.0000	87.2999	87.7745	85.4755
309	0.006083	0.0000	0.0000	0.0000	87.2999	87.7745	85.4755
310	0.005917	0.0464	0.0000	0.0000	87.3463	87.7745	85.4755
311	0.005914	0.0487	0.0000	0.0001	87.3950	87.7745	85.4755
312	0.005911	0.0428	0.0000	0.0009	87.4377	87.7745	85.4764
313	0.005860	0.0000	0.0130	0.0038	87.4378	87.7875	85.4802
314	0.005789	0.0000	0.3696	0.0000	87.4378	88.1572	85.4802
315	0.005773	0.0000	0.4400	0.0005	87.4378	88.5972	85.4807
316	0.005768	0.0000	0.4265	0.0012	87.4378	89.0237	85.4819
317	0.005765	0.0000	0.0008	0.0031	87.4378	89.0245	85.4850
318	0.005708	0.0002	0.0000	0.0148	87.4379	89.0245	85.4998
319	0.005697	0.0000	0.0764	0.0001	87.4379	89.1009	85.4998
320	0.005690	0.0003	0.0000	0.0014	87.4382	89.1009	85.5013
321	0.005658	0.0003	0.0010	0.3220	87.4385	89.1019	85.8232
322	0.005619	0.0112	0.0000	0.0000	87.4496	89.1019	85.8232
323	0.005618	0.0201	0.0000	0.0003	87.4698	89.1019	85.8235
324	0.005617	0.0090	0.0001	0.0029	87.4787	89.1019	85.8264
325	0.005518	0.0001	0.0000	0.0000	87.4789	89.1019	85.8264
326	0.005489	0.0000	0.0004	0.0108	87.4789	89.1023	85.8373
327	0.005483	0.0000	0.0000	0.0210	87.4789	89.1023	85.8583
328	0.005441	0.0000	0.0001	0.0000	87.4789	89.1024	85.8583
329	0.005430	0.0000	0.0000	0.0000	87.4789	89.1024	85.8583
330	0.005428	0.0000	0.0000	0.0000	87.4789	89.1025	85.8583
331	0.005426	0.0000	0.0008	0.0533	87.4789	89.1033	85.9116
332	0.005422	0.0000	0.0001	0.0110	87.4789	89.1034	85.9226
333	0.005409	0.0000	0.0000	0.0005	87.4789	89.1034	85.9231
334	0.005407	0.0000	0.0001	0.0001	87.4789	89.1036	85.9232
335	0.005395	0.0000	0.0000	0.3060	87.4789	89.1036	86.2293
336	0.005388	0.0000	0.0001	0.3169	87.4790	89.1037	86.5462
337	0.005386	0.0000	0.0008	0.0102	87.4790	89.1044	86.5564
338	0.005339	0.0000	0.0000	0.0000	87.4790	89.1044	86.5564
339	0.005270	0.0000	0.0000	0.0000	87.4790	89.1044	86.5564
340	0.005263	0.0000	0.0000	0.0000	87.4790	89.1044	86.5564
341	0.005185	0.0000	0.0000	0.0017	87.4790	89.1044	86.5581
342	0.005131	0.0000	0.0000	0.0009	87.4790	89.1044	86.5590
343	0.005021	0.0000	0.0001	0.0036	87.4790	89.1045	86.5626
344	0.004968	0.0000	0.0004	0.0001	87.4790	89.1049	86.5627
345	0.004961	0.0000	0.0092	0.0037	87.4790	89.1141	86.5665
346	0.004912	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	89.1141	86.5665
347	0.004890	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	89.1141	86.5665
348	0.004886	0.0000	0.0000	0.0002	87.4791	89.1141	86.5667
349	0.004867	0.0000	1.0567	0.0000	87.4791	90.1709	86.5667
350	0.004867	0.0000	0.7144	0.0000	87.4791	90.8853	86.5667

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	27 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

33

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
351	0.004867	0.0000	0.4403	0.0000	87.4791	91.3256	86.5668
352	0.004797	0.0000	0.0000	0.0083	87.4791	91.3256	86.5751
353	0.004734	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	91.3256	86.5751
354	0.004701	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	91.3256	86.5751
355	0.004643	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	91.3256	86.5751
356	0.004552	0.0000	0.0000	0.0000	87.4791	91.3257	86.5751
357	0.004529	0.0000	0.0000	0.0001	87.4791	91.3257	86.5752
358	0.004488	12.1137	0.0000	0.0000	99.5928	91.3257	86.5752
359	0.004488	0.2607	0.0000	0.0000	99.8535	91.3257	86.5752
360	0.004488	0.1461	0.0000	0.0000	99.9996	91.3257	86.5752
361	0.004483	0.0000	0.0000	0.0000	99.9996	91.3257	86.5752
362	0.004483	0.0002	0.0000	0.0000	99.9998	91.3257	86.5752
363	0.004432	0.0000	0.0000	0.0000	99.9998	91.3257	86.5752
364	0.004429	0.0000	0.0000	0.0000	99.9998	91.3258	86.5752
365	0.004374	0.0000	4.4985	0.0000	99.9998	95.8243	86.5752
366	0.004374	0.0000	0.0166	0.0000	99.9998	95.8409	86.5752
367	0.004374	0.0000	0.6637	0.0000	99.9998	96.5045	86.5752
368	0.004372	0.0000	0.0145	0.0000	99.9999	96.5190	86.5752
369	0.004336	0.0000	0.0001	0.0000	99.9999	96.5191	86.5752
370	0.004329	0.0000	0.0000	0.0000	99.9999	96.5191	86.5753
371	0.004329	0.0000	0.0001	0.0000	99.9999	96.5192	86.5753
372	0.004173	0.0000	0.0000	0.0004	99.9999	96.5193	86.5757
373	0.004171	0.0000	0.0007	0.0022	99.9999	96.5200	86.5779
374	0.004165	0.0000	0.0009	0.0015	99.9999	96.5209	86.5794
375	0.004156	0.0000	0.0000	0.0001	99.9999	96.5210	86.5795
376	0.004156	0.0000	0.0002	0.0003	99.9999	96.5211	86.5798
377	0.004155	0.0000	0.0001	0.0000	99.9999	96.5212	86.5798
378	0.004156	0.0000	0.0000	0.0000	99.9999	96.5212	86.5798
379	0.004151	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5213	86.5798
380	0.004151	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5213	86.5799
381	0.004151	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	96.5213	86.5799
382	0.004151	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	96.5214	86.5799
383	0.004139	0.0000	0.0000	0.0020	100.0000	96.5214	86.5820
384	0.004136	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5214	86.5820
385	0.004136	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5214	86.5820
386	0.004136	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	96.5215	86.5820
387	0.004136	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5215	86.5820
388	0.004133	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5216	86.5821
389	0.004132	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5216	86.5821
390	0.004132	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5216	86.5821
391	0.004132	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	96.5216	86.5821
392	0.004115	0.0000	0.0000	0.5952	100.0000	96.5217	87.1773
393	0.004103	0.0000	0.0664	0.0000	100.0000	96.5881	87.1773
394	0.004103	0.0000	2.9210	0.0000	100.0000	99.5090	87.1773
395	0.004103	0.0000	0.0034	0.0000	100.0000	99.5125	87.1773
396	0.004070	0.0000	0.0000	0.5638	100.0000	99.5125	87.7411
397	0.004068	0.0000	0.0000	0.5562	100.0000	99.5125	88.2973
398	0.004005	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	99.5125	88.2974
399	0.004005	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.5125	88.2974
400	0.003999	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	99.5125	88.2975

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	28 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

34

MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
401	0.003997	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.5125	88.2975
402	0.003969	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.5125	88.2975
403	0.003951	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.5125	88.2975
404	0.003928	0.0000	0.0000	0.0008	100.0000	99.5125	88.2983
405	0.003914	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	99.5125	88.2983
406	0.003906	0.0000	0.0000	0.0002	100.0000	99.5125	88.2985
407	0.003839	0.0000	0.1027	0.0000	100.0000	99.6153	88.2985
408	0.003839	0.0000	0.0552	0.0000	100.0000	99.6704	88.2985
409	0.003839	0.0000	0.2735	0.0000	100.0000	99.9440	88.2985
410	0.003821	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
411	0.003820	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
412	0.003801	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
413	0.003795	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
414	0.003747	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
415	0.003746	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
416	0.003713	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9441	88.2986
417	0.003713	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9442	88.2986
418	0.003669	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9442	88.2986
419	0.003662	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9442	88.2986
420	0.003661	0.0000	0.0316	0.0000	100.0000	99.9758	88.2986
421	0.003661	0.0000	0.0185	0.0000	100.0000	99.9942	88.2986
422	0.003661	0.0000	0.0056	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
423	0.003635	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
424	0.003633	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
425	0.003627	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
426	0.003614	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
427	0.003601	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
428	0.003593	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9998	88.2986
429	0.003507	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	99.9999	88.2986
430	0.003504	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	99.9999	88.2986
431	0.003502	0.0000	0.0001	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
432	0.003313	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
433	0.003313	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
434	0.003305	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
435	0.003305	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
436	0.003285	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
437	0.003285	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
438	0.003278	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
439	0.003278	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	88.2986
440	0.003143	0.0000	0.0000	0.7682	100.0000	100.0000	89.0669
441	0.003134	0.0000	0.0000	0.9525	100.0000	100.0000	90.0194
442	0.003134	0.0000	0.0000	0.5586	100.0000	100.0000	90.5780
443	0.002897	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
444	0.002894	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
445	0.002791	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
446	0.002790	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
447	0.002756	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
448	0.002753	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5780
449	0.002729	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5781
450	0.002724	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	90.5781

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	29 di 157

Program SAP2000 Version 7.50

File:SISMALM71SW2.OUT

FIUME FREDDO 40m

Page

35

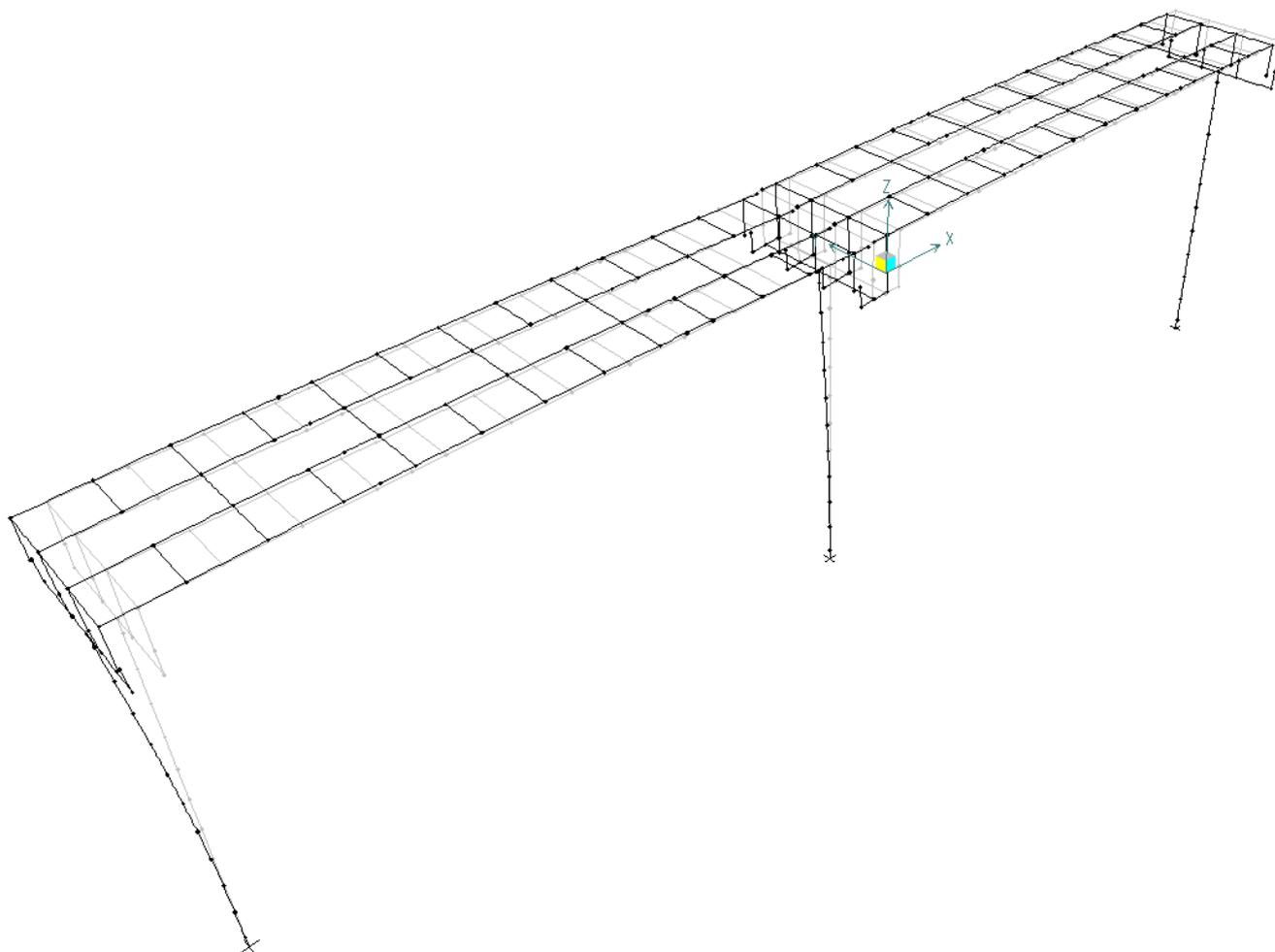
MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE	PERIOD	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
451	0.002637	0.0000	0.0000	1.6359	100.0000	100.0000	92.2140
452	0.002635	0.0000	0.0000	3.0360	100.0000	100.0000	95.2500
453	0.002634	0.0000	0.0000	0.1838	100.0000	100.0000	95.4338
454	0.002578	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	100.0000	95.4339
455	0.002566	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	100.0000	95.4340
456	0.002556	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	100.0000	95.4341
457	0.002458	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4341
458	0.002458	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4341
459	0.002458	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4341
460	0.002458	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4341
461	0.002444	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4342
462	0.002444	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4342
463	0.002444	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4342
464	0.002444	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	95.4342
465	0.002383	0.0000	0.0000	1.2554	100.0000	100.0000	96.6896
466	0.002382	0.0000	0.0000	2.4632	100.0000	100.0000	99.1528
467	0.002382	0.0000	0.0000	0.0745	100.0000	100.0000	99.2273
468	0.002236	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
469	0.002232	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
470	0.002227	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
471	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
472	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
473	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
474	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
475	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
476	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
477	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
478	0.002194	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	99.2273
479	0.002147	0.0000	0.0000	0.2107	100.0000	100.0000	99.4380
480	0.002146	0.0000	0.0000	0.1824	100.0000	100.0000	99.6204
481	0.002146	0.0000	0.0000	0.2329	100.0000	100.0000	99.8533
482	0.001959	0.0000	0.0000	0.0405	100.0000	100.0000	99.8938
483	0.001959	0.0000	0.0000	0.0443	100.0000	100.0000	99.9381
484	0.001959	0.0000	0.0000	0.0315	100.0000	100.0000	99.9696
485	0.001839	0.0000	0.0000	0.0082	100.0000	100.0000	99.9778
486	0.001838	0.0000	0.0000	0.0033	100.0000	100.0000	99.9811
487	0.001838	0.0000	0.0000	0.0143	100.0000	100.0000	99.9954
488	0.001772	0.0000	0.0000	0.0018	100.0000	100.0000	99.9971
489	0.001772	0.0000	0.0000	0.0001	100.0000	100.0000	99.9972
490	0.001772	0.0000	0.0000	0.0028	100.0000	100.0000	100.0000
491	0.001651	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
492	0.001648	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
493	0.001645	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
494	0.001642	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
495	0.001478	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
496	0.001478	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
497	0.001478	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
498	0.001478	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
499	0.001374	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000
500	0.001356	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	100.0000	100.0000

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	30 di 157

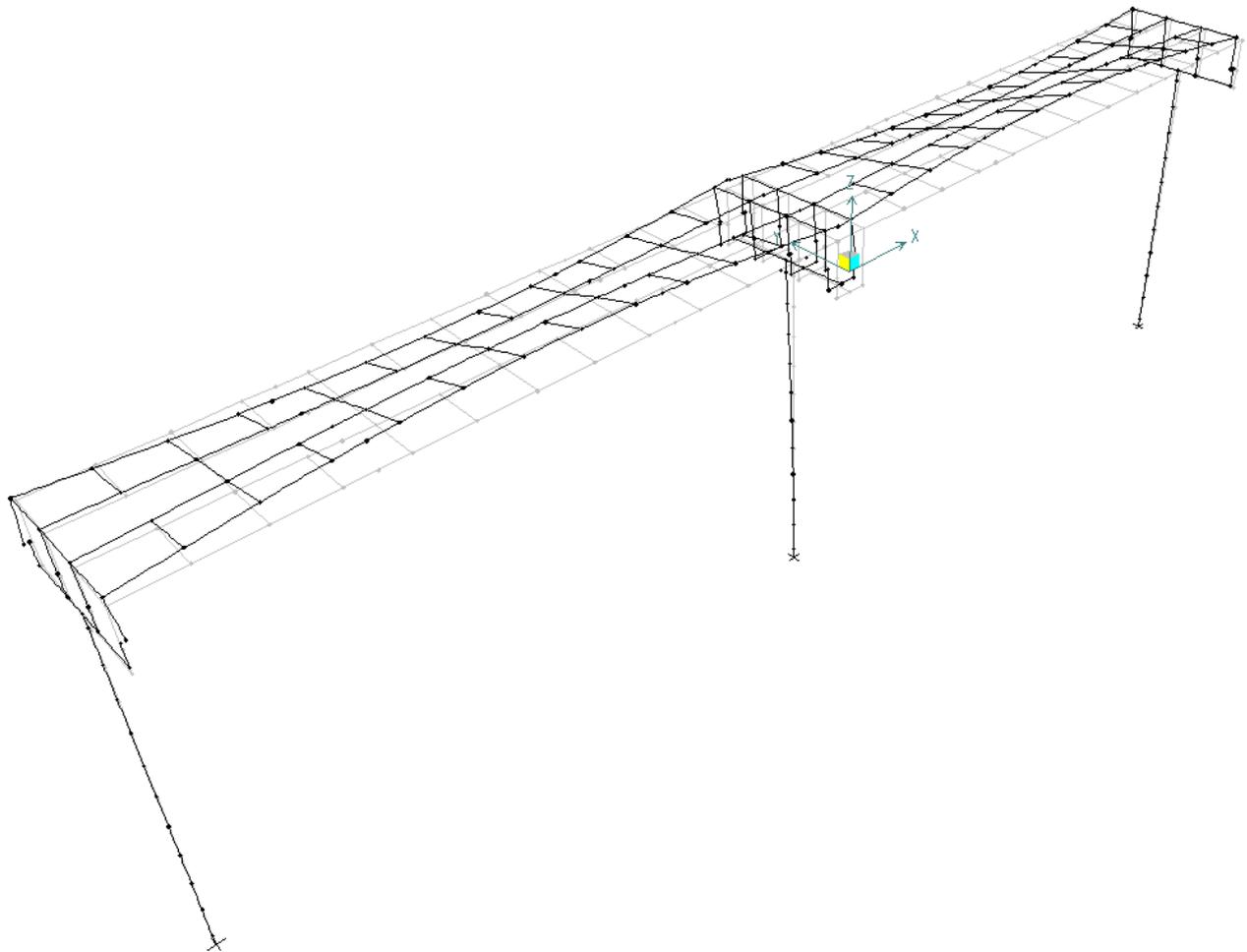
Mode 2 Period 0.5890 seconds



RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	31 di 157

Mode 5 Period 0.2730 seconds



7 VERIFICHE FUSTO PILA

Le verifiche a pressoflessione e taglio del fusto della pila sono state eseguite nella sezione allo spiccato e nella sezione di mezzzeria.

Per le verifiche a pressoflessione è stato utilizzato il programma Gelfi VcaSlu.

Per le verifiche a taglio sono stati impiegati fogli di calcolo appositamente predisposti.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 05 001	REV. A

7.1 Verifica alla base della pila h=16.00 m

Di seguito si riporta la figura con la numerazione degli elementi costituenti la pila.

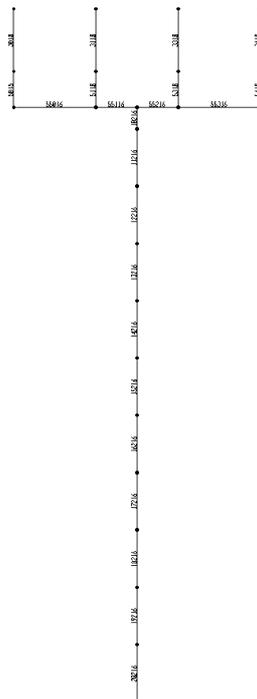


Figura 4 - Numerazione elementi frame pila

Come combinazioni di verifica sono state prese in considerazione quelle che massimizzano lo sforzo normale, il momento e il taglio longitudinale, il momento e il taglio trasversale, e la torsione.

Successivamente vengono riportate le tabelle degli sforzi, agenti sulla sezione di verifica, in cui i valori sono ottenuti dall'involuppo delle combinazioni dei differenti gruppi di carico, dove:

- N= sforzo Normale positivo se di trazione
- V2= taglio trasversale
- V3= taglio longitudinale
- T= Torsione
- M2=Momento logitudinale
- M3=Momento trasversale

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	34 di 157

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLU-A1-STR	N _{min}	-47189	-1422	1522	23	30271	-33896
	N _{max}	-24344	-1407	3045	1186	61528	-32535
	V2 _{min}	-41591	-2184	1218	-833	26595	-47644
	V2 _{max}	-41426	2176	1218	1594	27247	44917
	V3 _{min}	-46120	-1390	-3270	187	-65219	-34113
	V3 _{max}	-46120	-1390	3270	200	64814	-34113
	T _{min}	-33602	-1683	-32	-4359	1845	-46389
	T _{max}	-30033	1668	32	5120	3833	44779
	M2 _{min}	-47129	-1430	-3270	176	-66727	-34208
	M2 _{max}	-41482	766	3270	947	72885	17191
	M3 _{min}	-39353	-2107	-32	-2785	-1387	-60862
	M3 _{max}	-29411	2093	32	2924	1251	59597
SLU-SISMA	N _{min}	-29823	-2963	-2889	-1293	-49104	-59811
	N _{max}	-20738	2921	3308	1388	57590	58741
	V2 _{min}	-27297	-9200	-2440	-4099	-43030	-194134
	V2 _{max}	-23963	9199	2870	4186	52502	193899
	V3 _{min}	-28702	-2877	-8497	-1387	-160786	-59339
	V3 _{max}	-23437	2862	8497	1389	160730	58459
	T _{min}	-26378	-9162	-2650	-4808	-47300	-192899
	T _{max}	-23290	9158	2661	4893	48499	192594
	M2 _{min}	-28841	-2885	-8497	-1290	-160994	-59398
	M2 _{max}	-22797	2857	8497	1492	161843	58446
	M3 _{min}	-26939	-9186	-2655	-3867	-47967	-196377
	M3 _{max}	-23613	9186	2650	3874	47834	196197

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLE-RARA	N _{min}	-33707	-955	1050	812	21556	-22804
	N _{max}	-24344	-945	1050	3	20877	-21854
	V2 _{min}	-31079	-1032	1050	1087	23489	-21176
	V2 _{max}	-30466	1028	1100	-557	23868	20003
	V3 _{min}	-32970	-829	-2255	229	-44979	-20641
	V3 _{max}	-32970	-829	2255	237	44699	-20641
	T _{min}	-26485	577	0	-2890	2141	18258
	T _{max}	-27098	-600	28	3402	3305	-19865
	M2 _{min}	-33666	607	-2255	237	-46019	13552
	M2 _{max}	-29771	-857	2255	752	50266	-20706
	M3 _{min}	-29292	-965	-28	2245	-1196	-32197
	M3 _{max}	-28712	963	0	-2116	528	31326
SLE-FREQ	N _{min}	-29962	-131	1260	-147	25052	-3337
	N _{max}	-24344	-125	1260	338	25460	-2767
	V2 _{min}	-28385	-177	1260	-196	26619	-2360
	V2 _{max}	-28017	175	1320	503	27442	1653
	V3 _{min}	-29520	-118	-1353	-75	-26987	-3420
	V3 _{max}	-29520	-118	1353	-70	26820	-3419
	T _{min}	-25997	-96	0	-1647	1284	-1565
	T _{max}	-26548	22	924	2440	20579	-4025
	M2 _{min}	-29937	-140	-1353	215	-27611	-3599
	M2 _{max}	-27600	-135	1353	239	30159	-3459
	M3 _{min}	-28303	-95	-924	1694	-18892	-10033
	M3 _{max}	-26965	136	0	1148	317	8454
SLE-Q.PER	N _{min}	-24344	0	0	-12	0	-4

7.1.1 Verifiche a pressoflessione alla base

La sezione di verifica è la seguente:

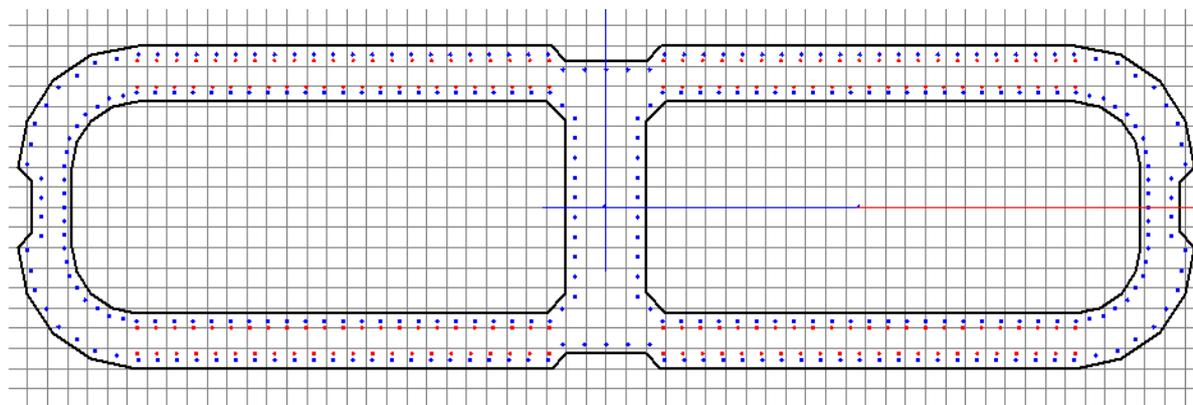


Figura 5 - Sezione di verifica pila 16.00m alla base

L'armatura considerata è pari a 296 \varnothing 30 + 180 \varnothing 26 ($A_s=3047.97\text{cm}^2$, \varnothing 30/20cm & \varnothing 26/20cm)

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione eseguite con il programma Gelfi VcaSlu considerando le combinazioni sismiche, che sono dimensionanti.

Nello specifico si sono analizzati i due casi in cui i momenti longitudinali e trasversali risultano massimizzati

7.1.1.1 MOMENTO LONGITUDINALE MASSIMO (M22MAX)

Titolo: Pila 16.0 m - Verifica pressoflessione alla base M22max

N° Vertici: 64 Zoom N° barre: 476 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 22797 0 kN
M_{xEd} 161843 0 kNm
M_{yEd} 58446 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C C30/37
ε_{su} 67.5% ε_{c2} 2%
f_{yd} 394.7 N/mm² ε_{cu} 3.5%
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.974% σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 194'160 kN m
M_{yRd} 103'295 kN m
σ_c -17 N/mm²
σ_s 394.7 N/mm²
ε_c 3.5%
ε_s 14.37%
d 344.1 cm
x 67.41 x/d 0.1959
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
S.L.U. + S.L.U. -
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ° 358
Precompresso

Pila 16.0 m - Verifica pressoflessione alla base M22max - NEd = 22797 kN

M_{xEd} 161843 kNm M_{yEd} 58446
M_{xRd} 194'419 M_{yRd} 97'589
ρ_M 0.791
Valori Infittisci punti

Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	38 di 157

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 1.26$$

7.1.2 Verifiche a taglio alla base

Le sollecitazioni di taglio di calcolo sono state ottenute con il criterio della Gerarchia delle Resistenze secondo l'espressione:

$$V_{gr,i} = V_{gr,0} \gamma_{RD3}$$

Dove

$$\gamma_{RD3} = 1,25 + 1 - q \frac{V_{E,i}}{V_{gr,0}} \leq 1,25$$

$$V_{gr,0} = V_{E,i} \frac{\gamma_{RD2} M_{Rd,i}}{M_{E,i}}$$

$V_{E,i}$ è il valore dello sforzo di taglio ottenuto dall'analisi

$$\gamma_{RD2} = 0,7 + 0,2q \quad \text{per } v_k = N / A_{fck} \leq 0,1$$

$$\gamma_{RD2} = (0,7 + 0,2q) \times (1 + 2(v_k - 0,1)^2) \quad \text{per } v_k = N / A_{fck} > 0,1$$

7.9.5.1 Criterio di gerarchia delle resistenze

Il fattore γ_{Rd} (fattore di "sovrarresistenza") viene calcolato mediante l'espressione:

$$\gamma_{Rd} = 0,7 + 0,2q \geq 1 \quad (7.9.7)$$

nella quale q è il valore del fattore di struttura utilizzato nel calcolo. Nel caso di sezioni in cemento armato con armatura di confinamento, quando il rapporto v_k tra la forza assiale e la resistenza a compressione della sezione di calcestruzzo eccede 0,1, il fattore di sovrarresistenza va moltiplicato per $1 + 2(v_k - 0,1)^2$.

Per le sollecitazioni che derivano da appoggi scorrevoli o elastomerici si utilizza un fattore di sovrarresistenza pari a $\gamma_{Rd} = 1,30$.

Le sollecitazioni calcolate a partire dai momenti resistenti amplificati, incrementati dell'effetto dei carichi permanenti distribuiti sugli elementi, ovvero ottenute con il criterio della gerarchia delle resistenze, si indicano con l'indice "gr", ad es. F_{gr} .

7.9.5.2.2 Verifiche a taglio

Le sollecitazioni di progetto devono essere calcolate sulla base della gerarchia delle resistenze. I valori di resistenza degli elementi in calcestruzzo armato devono essere divisi per un fattore di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile calcolato sulla base del taglio di calcolo V_{Ed} e del taglio di progetto per la gerarchia della resistenza $V_{gr,0}$

$$1 \leq \gamma_{Rd} = 1,25 + 1 - q \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{gr,0}} \leq 1,25 \quad (7.9.10)$$

Per una pila incernierata in sommità il criterio conduce al valore della sollecitazione di taglio di calcolo:

$$V_{gr,i} = V_{E,i} \cdot \frac{\gamma_{Rd} M_{Rd,i}}{M_{E,i}} \quad (7.9.14)$$

7.1.2.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V3)

Per la verifica a taglio (V3) poiché la sezione è cava, sono state prese in considerazione come superfici di calcolo le aree indicate nelle figure sottostanti:

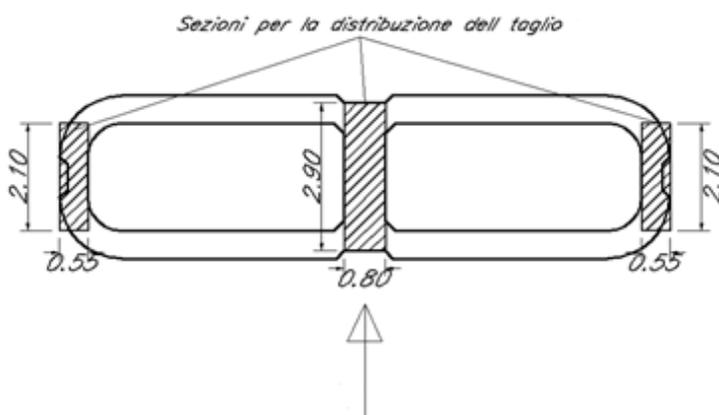


Figura 6 - Distribuzione del taglio V3

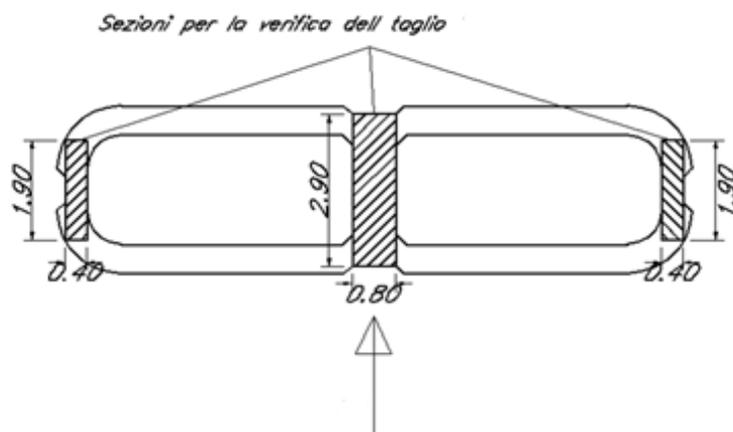


Figura 7 - Sezioni per la verifica del taglio V3

Il taglio viene distribuito negli elementi indicati nella figura precedente in funzione della rigidità dei singoli elementi utilizzando la seguente formulazione $I_{e1,i} / (I_{e1,1} + 2I_{e1,2})$

N_{Ed}	29823	[kN]							
A_{TOT}	15.7	[m ²]							
V_{Ed}	8497	[kN]							
σ_{Ed}	1.90	[N/mm ²]							
N_{ck}	482147	[kN]							
			Elemento	b	h	I	% di I	Taglio	N
				[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
			SETTO CENTRALE	0.8	2.9	1.63	65.70	5582.36	4406.97
			SETTO LATERALE	0.55	2.1	0.42	17.15	1457.32	2193.99

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	400 [mm]
d	1900 [mm]
A_c	760000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	2193.99 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	1457.32 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	15559.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	576.4 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	2102.1 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	43 di 157

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	2193.99
V_{Ed}	1457.32
M_{Ed}	160786
N_{ck}	482147
ν_k	0.004550448
M_{rd}	201473
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.25
V_{gr}	1826.10
V_{gr}/V_{Ed}	1.25
V_{Rd}	2102.14
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.052923568
V_{Rd_gr}	1996.5
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.91

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	800 [mm]
d	2900 [mm]
A_c	2320000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	3	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	4406.97 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	5582.36 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	47498.1 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	649.7 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	9625.6 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	45 di 157

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	4406.97
V_{Ed}	5582.36
M_{Ed}	160786
N_{ck}	482147
ν_k	0.009140295
M_{rd}	201473
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.25
V_{gr}	6994.99
V_{gr}/V_{Ed}	1.25
V_{Rd}	9625.57
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.052923568
V_{Rd_gr}	9141.8
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.77

7.1.2.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V2)

Per la verifica a taglio (V2) poiché la sezione è cava, sono state prese in considerazione come superfici di calcolo le aree indicate nelle figure sottostanti:

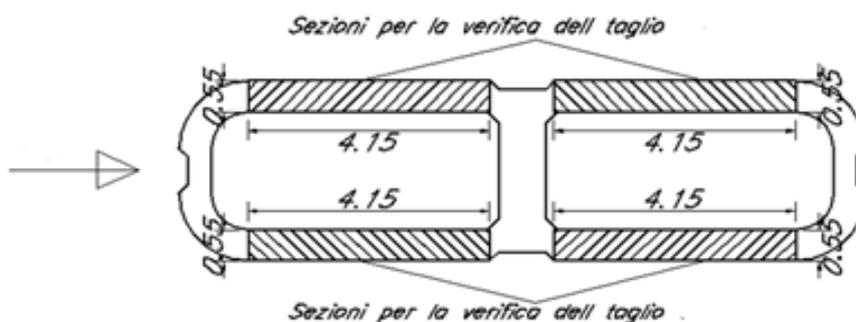


Figura 8 - Sezioni per la Verifica e Distribuzione del taglio V3

N_{Ed}	29823	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	9199	[kN]
σ_{Ed}	1.90	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	I	nr.elem	% di I	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]				
SETTO	0.55	4.15	3.28	4	25.00	2299.75	4335.73

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	47 di 157

Geometria sezione

b_w	550 [mm]
d	4150 [mm]
A_c	2282500 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	4335.73 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	2299.75 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	46730.4 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1246.6 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	9183.0 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	4335.73
V_{Ed}	2299.75
M_{Ed}	194134
N_{ck}	482147
v_k	0.009
M_{rd}	495253
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	2.55
V_{gr}	5866.86
V_{gr}/V_{Ed}	2.55
V_{Rd}	9183.01
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.25
V_{Rd_gr}	7346.4
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.80

Le Verifiche a taglio risultano soddisfatte su ogni setto.

7.1.3 Verifiche agli SLE

Si riportano di seguito gli stati di tensione, che si generano con le combinazioni sopra citate, relativi alle sezioni di base delle pile. A favore di sicurezza sono stati considerati i massimi valori delle sollecitazioni non contemporanei dello sforzo assiale e dei momenti flettenti agenti nelle due direzioni principali.

7.1.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

Titolo : Pila 16.0m_base_comb rara

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="33'707"/>	<input type="text" value="33707"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="50'266"/>	<input type="text" value="50266"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="32'197"/>	<input type="text" value="32197"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

ϵ_{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ϵ_{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E_s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f_{cd}	<input type="text" value="17"/>
E_s/E_c	<input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co}	<input type="text" value="0.6933"/>
		τ_{c1}	<input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 5.61 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 69.07 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

7.1.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

Titolo : Pila 16.0m_base_comb quasi permanente

N° Vertici N° barre

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="24344"/>	<input type="text" value="24344"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="4"/>

P.to applicazione N

- Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN

yN

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd} <input type="text" value="394.7"/> N/mm ²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3.5"/>
E_s <input type="text" value="200'000"/> N/mm ²	f_{cd} <input type="text" value="17"/>
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co} <input type="text" value="0.6933"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²

ϵ_s ‰

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 1.3 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

7.2 Verifiche in mezzeria della pila h=16.0m

Le sollecitazioni di calcolo sono riportate nelle tabelle seguenti, in cui i valori sono ottenuti dall'involuppo delle combinazioni dei differenti gruppi di carico.

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLU-A1-STR	N _{min}	-41891	-1379	1522	1192	16033	-19885
	N _{max}	-20419	-1364	1522	23	15048	-18655
	V2 _{min}	-36127	-2112	1218	1578	15069	-26159
	V2 _{max}	-36293	2104	1218	-849	14416	23495
	V3 _{min}	-40821	-1348	-3270	187	-32523	-20416
	V3 _{max}	-40821	-1348	3270	200	32118	-20416
	T _{min}	-28303	1596	-32	-4359	2165	28438
	T _{max}	-26108	-1612	32	5120	3513	-29886
	M2 _{min}	-41830	724	-3270	176	-34031	9731
	M2 _{max}	-36183	-1388	3270	947	40189	-20111
	M3 _{min}	-34054	-2035	-32	2924	-1066	-40131
	M3 _{max}	-25512	2018	32	-2642	957	39008
SLU-SISMA	N _{min}	-25773	-2732	-2542	-1293	-23519	-32519
	N _{max}	-16938	2691	2962	1388	27806	31869
	V2 _{min}	-23306	-8847	-2227	-4099	-20395	-104492
	V2 _{max}	-20104	8847	2657	4186	25567	104266
	V3 _{min}	-24721	-2697	-8170	-1387	-77446	-32163
	V3 _{max}	-19568	2682	8170	1389	77390	31439
	T _{min}	-22387	-8809	-2437	-4808	-22565	-103634
	T _{max}	-19431	8806	2448	4893	23653	103369
	M2 _{min}	-24860	-2705	-8170	-1290	-77654	-32150
	M2 _{max}	-18928	2677	8170	1492	78503	31481
	M3 _{min}	-22948	-8834	-2442	-3867	-23177	-106866
	M3 _{max}	-19758	8833	2437	3898	23103	106693

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	52 di 157

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLE-RARA	N _{min}	-29782	-927	1050	812	11058	-13386
	N _{max}	-20419	-917	1050	3	10378	-12538
	V2 _{min}	-27154	-1003	1050	1087	12990	-10995
	V2 _{max}	-26541	999	1100	-557	12870	9865
	V3 _{min}	-29045	-801	-2255	229	-22430	-12484
	V3 _{max}	-29045	-801	2255	237	22150	-12485
	T _{min}	-22560	548	0	-2890	2141	12635
	T _{max}	-23173	-572	28	3402	3028	-14002
	M2 _{min}	-29741	579	-2255	237	-23470	7616
	M2 _{max}	-25846	-828	2255	752	27717	-12274
	M3 _{min}	-25367	-937	-28	2245	-919	-22676
	M3 _{max}	-24810	932	0	-1992	551	21828
SLE-FREQ	N _{min}	-26037	-131	1260	338	12861	-2022
	N _{max}	-20419	-125	1260	-147	12453	-1513
	V2 _{min}	-24460	-177	1260	503	14021	-588
	V2 _{max}	-24092	175	1320	-196	14245	-92
	V3 _{min}	-25595	-118	-1353	-75	-13458	-2236
	V3 _{max}	-25595	-118	1353	-70	13290	-2236
	T _{min}	-21704	-96	0	-1647	1284	1565
	T _{max}	-22623	22	924	2440	11338	-4243
	M2 _{min}	-26012	-140	-1353	215	-14082	-2197
	M2 _{max}	-23675	-135	1353	239	16630	-2110
	M3 _{min}	-24378	-95	-924	1694	-9651	-9072
	M3 _{max}	-23054	134	0	-1007	331	7090
SLE-Q.PER	N _{min}	-20419	0	0	-12	0	-2

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO				
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 05 001

7.2.1 Verifica a presso-flessione in mezzeria

La sezione di verifica è la seguente:

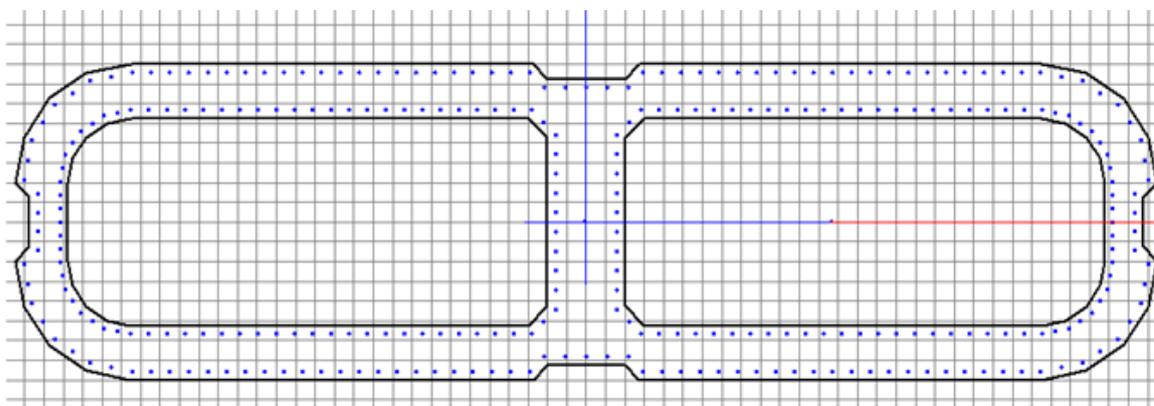


Figura 9 - Sezione di verifica pila 16.00m in mezzeria

L'armatura considerata è pari a 296 ϕ 26 ($A_s=1571.55\text{cm}^2$, ϕ 26/20cm)

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione eseguite con il programma Gelfi VcaSlu considerando le combinazioni sismiche, che risultano dimensionanti.

Nello specifico si sono analizzati i due casi in cui i momenti longitudinali e trasversali risultano massimizzati

7.2.1.1 MOMENTO LONGITUDINALE MASSIMO (M22MAX)

Titolo: Pila 16.0 m_ Verifica pressoflessione in mezzeria M22max

N° Vertici: 64 Zoom N° barre: 296 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	19859	19465	kN
M _{xEd}	74046	90625	kNm
M _{yEd}	32029	138.2	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 394.7 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.974 ‰ σ_{c,adm} 11.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

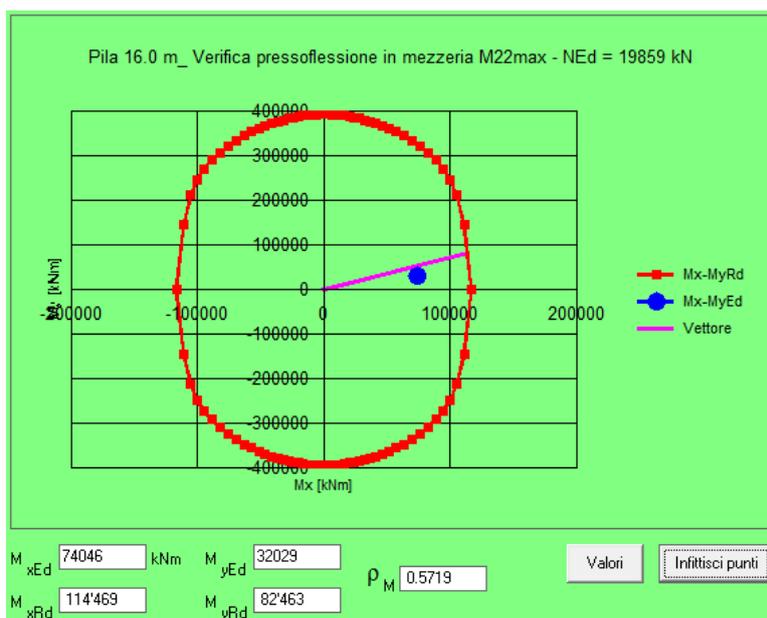
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 358
 Precompresso

M_{xRd} 114'244 kNm
 M_{yRd} 87'512 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 394.7 N/mm²
 ε_s 3.5 ‰
 E_s 17.58 ‰
 d 344.1 cm
 x 57.12 x/d 0.166
 δ 0.7



Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 1.75$$

7.2.1.2 MOMENTO TRASVERSALE MASSIMO (M33_{MAX})

Titolo: Pila 16.0 m_ Verifica pressoflessione in mezzeria M33max

N° Vertici: 64 Zoom N° barre: 296 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	21133	19465	kN
M _{xEd}	23122	90625	kNm
M _{yEd}	108107	138.2	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C C30/37

ε _{su}	67.5	ε _{c2}	2	%
f _{yd}	394.7	ε _{cu}	3.5	%
E _s	200'000	f _{cd}	17	N/mm²
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8	
ε _{syd}	1.974	σ _{c,adm}	11.5	N/mm²
σ _{s,adm}	255	τ _{co}	0.6933	
		τ _{c1}	2.029	

P.to rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

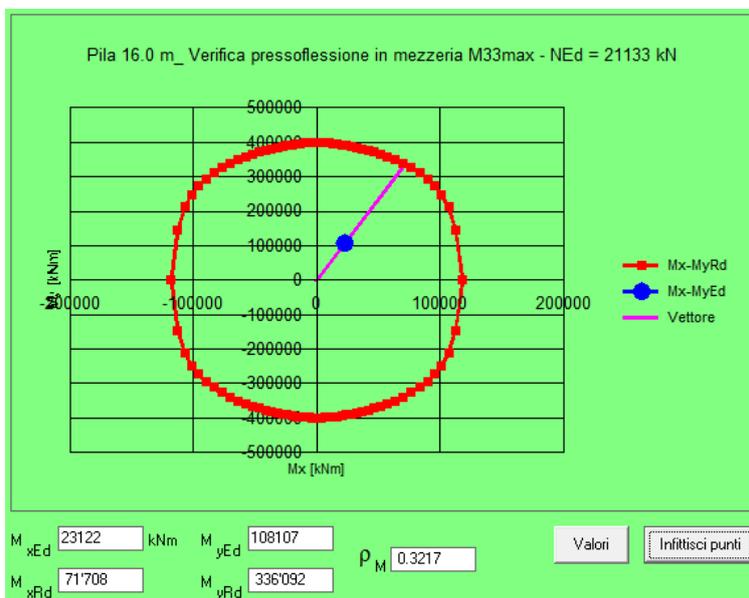
M _{xRd}	71'816	kN m	
M _{yRd}	335'882	kN m	
σ _c	-17	N/mm²	
σ _s	394.7	N/mm²	
ε _c	3.5	%	
ε _s	8.228	%	
d	755.9	cm	
x	225.6	x/d	0.2984
		δ	0.813

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ° 331
 Precompresso



Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 3.11$$

Le verifiche a pressoflessione risultano soddisfatte.

7.2.2 Verifiche a taglio alla base

Si precisa che per la sezione di mezzeria i rapporti tra momento resistente e momento di progetto risultano essere maggiori di quelli relativi alla sezione di base.

Essendo quindi inferiore la riserva di resistenza alla base della pila sarà in quella sezione che eventualmente si potrà formare una cerniera plastica.

Per questo motivo la verifica a taglio secondo la gerarchia delle resistenze non verrà svolta per la sezione di mezzeria della pila.

7.2.2.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V3)

Il taglio viene distribuito negli elementi indicati nella figura precedente in funzione della rigidezza dei singoli elementi utilizzando la seguente formulazione $I_{el,i} / (I_{el,1} + 2I_{el,2})$

N_{Ed}	25773	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	8170	[kN]
σ_{Ed}	1.64	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	I	% di I	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
SETTO CENTRALE	0.8	2.9	1.63	65.70	5367.53	3808.49
SETTO LATERALE	0.55	2.1	0.42	17.15	1401.24	1896.04

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	400 [mm]
d	1900 [mm]
A_c	760000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	1896.04 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	1401.24 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	15559.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	531.7 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	2102.1 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	800 [mm]
d	2900 [mm]
A_c	2320000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3808.49 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	5367.53 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	47498.1 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	604.8 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	6417.0 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	59 di 157

7.2.2.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V2)

N_{Ed}	25773	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	8847	[kN]
σ_{Ed}	1.64	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	l	nr.elem	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]			[kN]	[kN]
SETTO	0.55	4.15	3.28	4	25.00	2211.75	3746.93

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	60 di 157

Geometria sezione

b_w	550 [mm]
d	4150 [mm]
A_c	2282500 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3746.93 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	2211.75 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	46730.4 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1158.3 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	4591.5 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Le Verifiche a taglio risultano essere soddisfatte su ogni setto.

7.2.3 Verifiche agli SLE

Si riportano di seguito gli stati di tensione che si generano nelle combinazioni citate al capitolo 7.1.3 relativi alle sezioni di mezzera delle pile. A favore di sicurezza sono stati considerati i massimi valori delle sollecitazioni non contemporanei dello sforzo assiale e dei momenti flettenti agenti nelle due direzioni principali.

7.2.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

Titolo : Pila 16.0m_base_comb rara (mezzera)

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="29782"/>	<input type="text" value="29782"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="27717"/>	<input type="text" value="27717"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="22676"/>	<input type="text" value="22676"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

ϵ_{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm ²	ϵ_{cu}	<input type="text" value="3.5"/>
E_s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm ²	f_{cd}	<input type="text" value="17"/>
E_s/E_c	<input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co}	<input type="text" value="0.6933"/>
		τ_{c1}	<input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

Verifica
N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 3.98 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 30.87 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

7.2.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

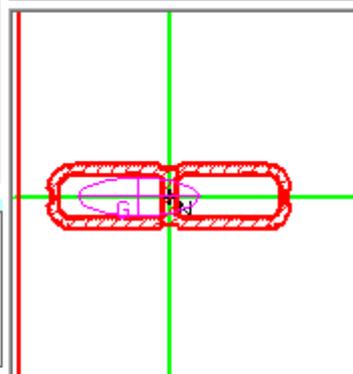
Titolo : Pila 16.0m_base_comb quasi permanente

N° Vertici N° barre

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
yN

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C **C30/37**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} [?]
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²

ϵ_s ‰

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

$\sigma_c = 1.2 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$

➔ VERIFICATO

7.3 Verifica alla base della pila h=11.00 m

Le sollecitazioni di calcolo sono riportate nelle tabelle seguenti, in cui i valori sono ottenuti dall'involuppo delle combinazioni dei differenti gruppi di carico.

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLU-A1-STR	N _{min}	-43215	-1391	1522	1192	19839	-23347
	N _{max}	-21401	-1376	1522	23	18854	-22080
	V2 _{min}	-37452	-2132	1218	1578	18113	-31463
	V2 _{max}	-37617	2124	1218	-849	17461	28781
	V3 _{min}	-42146	-1359	-3270	187	-40698	-23799
	V3 _{max}	-42146	-1359	3270	200	40293	-23800
	T _{min}	-29628	1616	-32	-4359	2085	32455
	T _{max}	-27090	-1631	32	5120	3593	-33943
	M2 _{min}	-43155	735	-3270	176	-42206	11555
	M2 _{max}	-37508	-1399	3270	947	48364	-23594
	M3 _{min}	-35379	-2055	-32	2924	-1146	-45245
	M3 _{max}	-26467	2041	32	-2785	1010	44084
SLU-SISMA	N _{min}	-26826	-2870	-2654	-1293	-29654	-38945
	N _{max}	-17848	2828	3074	1388	34991	38190
	V2 _{min}	-24325	-9074	-2323	-4099	-25827	-126435
	V2 _{max}	-21048	9073	2753	4186	32074	126207
	V3 _{min}	-25734	-2807	-8355	-1387	-98011	-38653
	V3 _{max}	-20517	2792	8355	1389	97955	37889
	T _{min}	-23406	-9036	-2533	-4808	-28522	-125483
	T _{max}	-20374	9032	2544	4893	29638	125208
	M2 _{min}	-25874	-2814	-8355	-1290	-98219	-38658
	M2 _{max}	-19877	2786	8355	1492	99068	37918
	M3 _{min}	-23967	-9060	-2538	-3867	-29148	-128776
	M3 _{max}	-20697	9060	2533	3874	29056	128601

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	64 di 157

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLE-RARA	N _{min}	-31352	-939	1050	812	15257	-17118
	N _{max}	-21401	-820	2100	108	26005	-13321
	V2 _{min}	-28136	-1011	1050	1087	15615	-13513
	V2 _{max}	-27522	1007	1100	-557	15620	12372
	V3 _{min}	-30026	-808	-2255	229	-28068	-14496
	V3 _{max}	-30026	-808	2255	237	27788	-14496
	T _{min}	-23541	556	0	-2890	2141	14013
	T _{max}	-24155	-580	28	3402	3097	-15441
	M2 _{min}	-30722	587	-2255	237	-29108	9073
	M2 _{max}	-26827	-836	2255	752	33355	-14355
	M3 _{min}	-26348	-944	-28	2245	-988	-25029
	M3 _{max}	-25768	943	0	-2116	528	24173
SLE-FREQ	N _{min}	-27018	-131	1260	338	16011	-2351
	N _{max}	-21401	-125	1260	-147	15603	-1827
	V2 _{min}	-24657	-177	1260	503	14650	-677
	V2 _{max}	-24289	175	1320	-196	14905	-5
	V3 _{min}	-25791	-118	-1353	-75	-14134	-2295
	V3 _{max}	-25791	-118	1353	-70	13966	-2296
	T _{min}	-22685	-96	0	-1647	1284	1323
	T _{max}	-23604	22	924	2440	13649	-4189
	M2 _{min}	-26993	-140	-1353	215	-17465	-2547
	M2 _{max}	-24657	-135	1353	239	20013	-2447
	M3 _{min}	-25359	-95	-924	1694	-11962	-9312
	M3 _{max}	-24021	136	0	-1081	317	7430
SLE-Q.PER	N _{min}	-21401	0	0	-12	0	-2

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 05 001	REV. A

7.3.1 Verifiche a pressoflessione alla base

La sezione di verifica è la seguente:

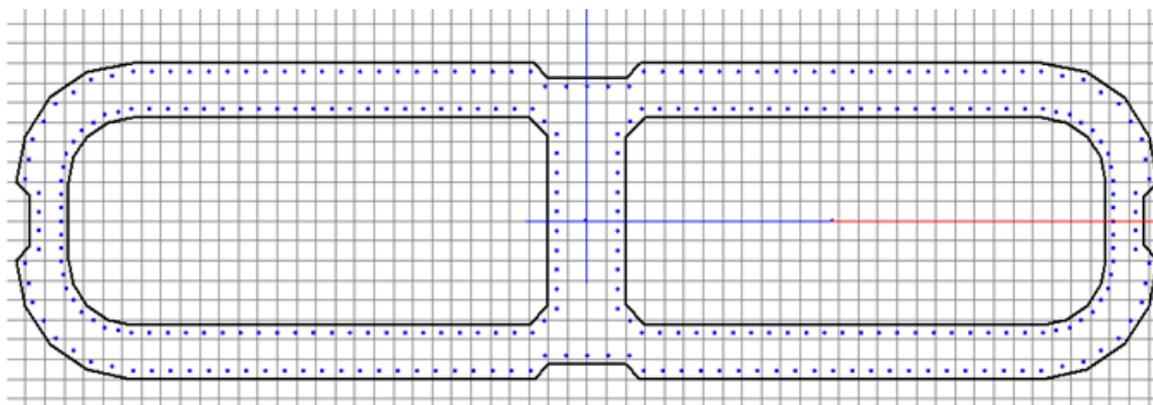


Figura 10 - Sezione di verifica pila 11.00m alla base

L'armatura considerata è pari a 296 ϕ 30 ($A_s=2092.30\text{cm}^2$, ϕ 30/20cm)

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione eseguite con il programma Gelfi VcaSlu considerando le combinazioni sismiche, che risultano dimensionanti.

Nello specifico si sono analizzati i due casi in cui i momenti longitudinali e trasversali risultano massimizzati

7.3.1.1 MOMENTO LONGITUDINALE MASSIMO (M22MAX)

Titolo : Pila 11 m_ Verifica pressoflessione alla base M22max

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="19877"/>	<input type="text" value="19'877"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="99068"/>	<input type="text" value="99'068"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="37918"/>	<input type="text" value="37'918"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN yN

Materiali

E _{su}	<input type="text" value="67.5"/> %	E _{c2}	<input type="text" value="2"/> %
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	E _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> %
E _s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="17"/> %
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> %	σ _{c,adm}	<input type="text" value="11.5"/>
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6933"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="2.029"/>

P.to rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M _{xRd}	<input type="text" value="141'249"/> kN m		
M _{yRd}	<input type="text" value="89'156"/> kN m		
σ _c	<input type="text" value="-17"/> N/mm²		
σ _s	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²		
ε _c	<input type="text" value="3.5"/> %		
ε _s	<input type="text" value="16.24"/> %		
d	<input type="text" value="342.1"/> cm		
x	<input type="text" value="60.65"/>	x/d	<input type="text" value="0.1773"/>
		δ	<input type="text" value="0.7"/>

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

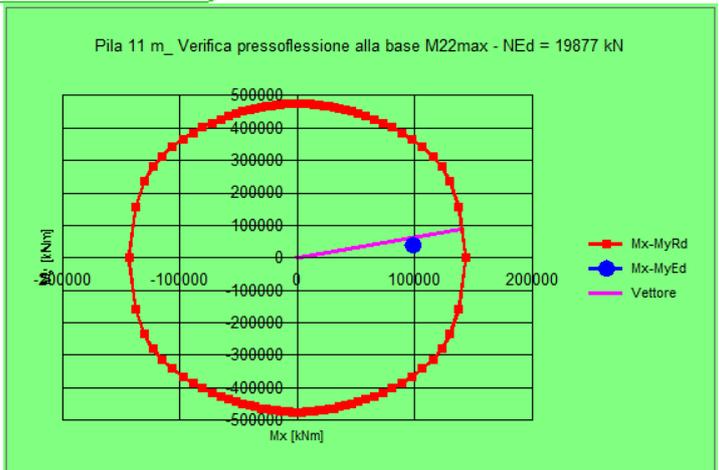
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

angolo asse neutro θ°

Precompresso

Pila 11 m_ Verifica pressoflessione alla base M22max - NEd = 19877 kN



M_{xEd} kNm M_{yEd} kNm ρ_M

M_{xRd} kNm M_{yRd} kNm

Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 1.57$$

7.3.1.2 MOMENTO TRASVERSALE MASSIMO (M33_{MAX})

Titolo : Pila 11 m_ Verifica pressoflessione alla base M33max

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN yN

Materiali
B450C C30/37
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
M_{yRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x w/d
δ

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ°
 Precompresso

Pila 11 m_ Verifica pressoflessione alla base M33max - NEd = 22'094 kN

M_{xEd} kNm M_{yEd} kNm ρ_M
M_{xRd} kNm M_{yRd} kNm

Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 3.06$$

Le verifiche a pressoflessione risultano soddisfatte.

7.3.2 Verifiche a taglio alla base

Per le verifiche a taglio valgono le stesse considerazioni fatte al capitolo 7.1.2.

7.3.2.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V3)

Il taglio viene distribuito negli elementi indicati nella figura precedente in funzione della rigidità dei singoli elementi utilizzando la seguente formulazione $I_{el,i} / (I_{el,1} + 2I_{el,2})$

N_{Ed}	26826	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	8355	[kN]
σ_{Ed}	1.71	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	l	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
SETTO CENTRALE	0.8	2.9	1.63	65.70	5489.07	3964.10
SETTO LATERALE	0.55	2.1	0.42	17.15	1432.96	1973.51

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	400 [mm]
d	1900 [mm]
A_c	760000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	1973.51 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	1432.96 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	15559.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	543.3 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	2102.1 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	70 di 157

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	1973.51
V_{Ed}	1432.96
M_{Ed}	98011
N_{ck}	482147
ν_k	0.004093161
M_{rd}	121770
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.24
V_{gr}	1780.34
V_{gr}/V_{Ed}	1.24
V_{Rd}	2102.14
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.042676521
V_{Rd_gr}	2016.1
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.88

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	800 [mm]
d	2900 [mm]
A_c	2320000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	3	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3964.10 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	5489.07 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	47498.1 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	616.5 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	9625.6 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	72 di 157

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resist

q	1.5
N_{Ed}	3964.10
V_{Ed}	5489.07
M_{Ed}	98011
N_{ck}	482147
ν_k	0.00822176
M_{rd}	121770
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.24
V_{gr}	6819.72
V_{gr}/V_{Ed}	1.24
V_{Rd}	9625.57
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.042676521
V_{Rd_gr}	9231.6
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.74

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	73 di 157

7.3.2.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V2)

N_{Ed}	26826	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	9073	[kN]
σ_{Ed}	1.71	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	l	nr.elem	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]			[kN]	[kN]
SETTO	0.55	4.15	3.28	4	25.00	2268.25	3900.02

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	74 di 157

Geometria sezione

b_w	550 [mm]
d	4150 [mm]
A_c	2282500 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3900.02 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	2268.25 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	46730.4 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1181.2 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	9183.0 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	3900.02
V_{Ed}	2268.25
M_{Ed}	126435
N_{ck}	482147
v_k	0.008
M_{rd}	350319
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	2.77
V_{gr}	6284.75
V_{gr}/V_{Ed}	2.77
V_{Rd}	9183.01
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.25
V_{Rd_gr}	7346.4
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.86

Le Verifiche a taglio risultano soddisfatte su ogni setto.

7.3.3 Verifiche agli SLE

Si riportano di seguito gli stati di tensione che si generano nelle combinazioni citate al capitolo 7.1.3 relativi alle sezioni di mezziera delle pile. A favore di sicurezza sono stati considerati i massimi valori delle sollecitazioni non contemporanei dello sforzo assiale e dei momenti flettenti agenti nelle due direzioni principali.

7.3.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

Titolo : Pila 11m_base_comb rara

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	7.0686	43.5	136.5
2	40	85	2	7.0686	21.75	136.5
3	40	-85	3	7.0686	0	136.5
4	60	-105	4	7.0686	-21.75	136.5
5	470	-105	5	7.0686	58.5	151.5
6	495	-100	6	7.0686	78.05714	151.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="31352"/>	<input type="text" value="31352"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="19391"/>	<input type="text" value="33355"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="25029"/>	<input type="text" value="25029"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

ϵ_{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm ²	ϵ_{cu}	<input type="text" value="3.5"/>
E_s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm ²	f_{cd}	<input type="text" value="17"/>
E_s/E_c	<input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co}	<input type="text" value="0.6933"/>
		τ_{c1}	<input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 3.88 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 31.00 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

7.3.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

Titolo : Pila 11m_base_comb quasi permanente

N° Vertici

64

Zoom

N° barre

476

Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	40	145
2	40	85
3	40	-85
4	60	-105
5	470	-105
6	495	-100

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	7.0686	43.5	136.5
2	7.0686	21.75	136.5
3	7.0686	0	136.5
4	7.0686	-21.75	136.5
5	7.0686	58.5	151.5
6	7.0686	78.05714	151.5

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.



Metodo n

N _{Ed}	21401	21401	kN
M _{xEd}	0	0	kNm
M _{yEd}	4	4	

P.to applicazione N

- Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN 0
yN 0

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	394.7 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200'000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.974 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

σ_c -1.124 N/mm²

ε_s -0.01197 ‰

Verifica

N° iterazioni: 0

Precompresso

$$\sigma_c = 1.12 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

7.4 Verifiche in mezzeria della pila h=11.0m

Le sollecitazioni di calcolo sono riportate nelle tabelle seguenti, in cui i valori sono ottenuti dall'involuppo delle combinazioni dei differenti gruppi di carico.

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLU-A1-STR	N _{min}	-40036	-1361	1522	1192	10705	-15090
	N _{max}	-19046	-1347	1522	23	9720	-13912
	V2 _{min}	-34273	-2083	1218	1578	10806	-18818
	V2 _{max}	-34438	2075	1218	-849	10154	16180
	V3 _{min}	-38967	-1330	-3270	187	-21079	-15731
	V3 _{max}	-38967	-1330	3270	200	20674	-15731
	T _{min}	-26449	1566	-32	-4359	2278	22900
	T _{max}	-24735	-1582	32	5120	3400	-24291
	M2 _{min}	-39976	706	-3270	176	-22587	7229
	M2 _{max}	-34329	-1370	3270	947	28745	-15285
	M3 _{min}	-32199	-2006	-32	2924	-954	-33056
	M3 _{max}	-24159	1984	32	-2491	545	31995
SLU-SISMA	N _{min}	-24357	-2653	-2501	-1293	-15046	-23651
	N _{max}	-15607	2611	2921	1388	17864	23148
	V2 _{min}	-21909	-8687	-2189	-4099	-12845	-74693
	V2 _{max}	-18754	8686	2619	4186	16512	74471
	V3 _{min}	-23328	-2630	-8045	-1387	-49174	-23297
	V3 _{max}	-18214	2615	8045	1389	49119	22627
	T _{min}	-20990	-8649	-2399	-4808	-14280	-73968
	T _{max}	-18080	8645	2410	4893	15330	73717
	M2 _{min}	-23467	-2637	-8045	-1290	-49382	-23259
	M2 _{max}	-17574	2609	8045	1492	50232	22688
	M3 _{min}	-21552	-8674	-2404	-3867	-14872	-77113
	M3 _{max}	-18411	8672	2399	3924	14767	76945

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	79 di 157

	Comb	N	V2	V3	T	M2	M3
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN-m]	[kN-m]	[kN-m]
SLE-RARA	N _{min}	-28408	-915	1050	812	7383	-10162
	N _{max}	-19046	-905	1050	3	6703	-9350
	V2 _{min}	-25781	-991	1050	1087	9316	-7505
	V2 _{max}	-25167	987	1100	-557	9021	6389
	V3 _{min}	-27671	-789	-2255	229	-14537	-9702
	V3 _{max}	-27671	-789	2255	237	14258	-9702
	T _{min}	-21186	536	0	-2890	2141	10739
	T _{max}	-21800	-560	28	3402	2931	-12023
	M2 _{min}	-28367	567	-2255	237	-15577	5611
	M2 _{max}	-24472	-816	2255	752	19824	-9395
	M3 _{min}	-23993	-925	-28	2245	-822	-19416
	M3 _{max}	-23454	917	0	-1863	293	18587
SLE-FREQ	N _{min}	-24663	-131	1260	338	8452	-1562
	N _{max}	-19046	-125	1260	-147	8044	-1075
	V2 _{min}	-23087	-177	1260	503	9611	32
	V2 _{max}	-22719	175	1320	-196	9626	-703
	V3 _{min}	-24221	-118	-1353	-75	-8722	-1822
	V3 _{max}	-24221	-118	1353	-70	8555	-1822
	T _{min}	-20330	-96	0	-1647	1284	1903
	T _{max}	-21249	22	924	2440	8104	-4320
	M2 _{min}	-24638	-140	-1353	215	-9346	-1706
	M2 _{max}	-22302	-135	1353	239	11894	-1638
	M3 _{min}	-23004	-95	-924	1694	-6417	-8735
	M3 _{max}	-21691	132	0	-929	176	6619
SLE-Q.PER	N _{min}	-19046	0	0	-12	0	-2

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO PILE	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 05 001	REV. A

7.4.1 Verifica a presso-flessione in mezzeria

La sezione di verifica è la seguente:

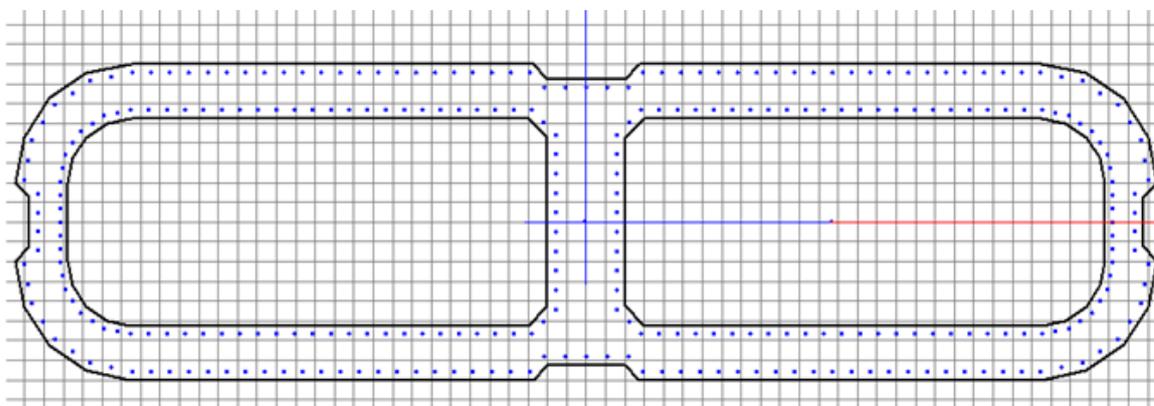


Figura 11 - Sezione di verifica pila 11.00m in mezzeria

L'armatura considerata è pari a 296 \varnothing 26 ($A_s=1571.55\text{cm}^2$, \varnothing 26/20cm)

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione eseguite con il programma Gelfi VcaSlu considerando le combinazioni sismiche, che risultano dimensionanti.

Nello specifico si sono analizzati i due casi in cui i momenti longitudinali e trasversali risultano massimizzati

7.4.1.1 MOMENTO LONGITUDINALE MASSIMO (M22MAX)

Titolo: Pila 11 m_ Verifica pressoflessione in mezzeria M22max

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

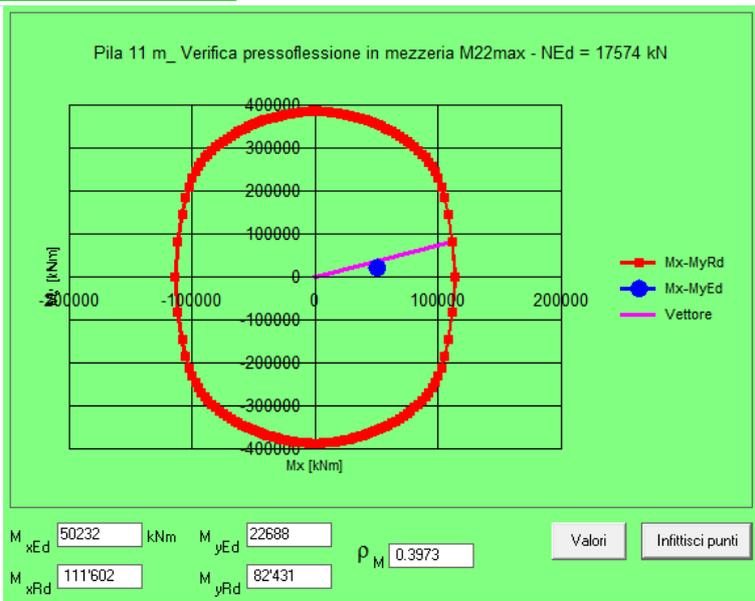
Materiali
B450C C30/37
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} τ_{c1}

M_{xRd} kN m
M_{yRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ°
 Precompresso



Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 2.52$$

7.4.1.2 MOMENTO TRASVERSALE MASSIMO (M33_{MAX})

Titolo: Pila 11 m_ Verifica pressoflessione in mezzeria M33max

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	40	145
2	40	85
3	40	-85
4	60	-105
5	470	-105
6	495	-100

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	5.3093	43.5	136.5
2	5.3093	21.75	136.5
3	5.3093	0	136.5
4	5.3093	-21.75	136.5
5	5.3093	58.5	151.5
6	5.3093	78.05714	151.5

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C C30/37
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} [?]
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{cl}

M xRd kN m
M yRd kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

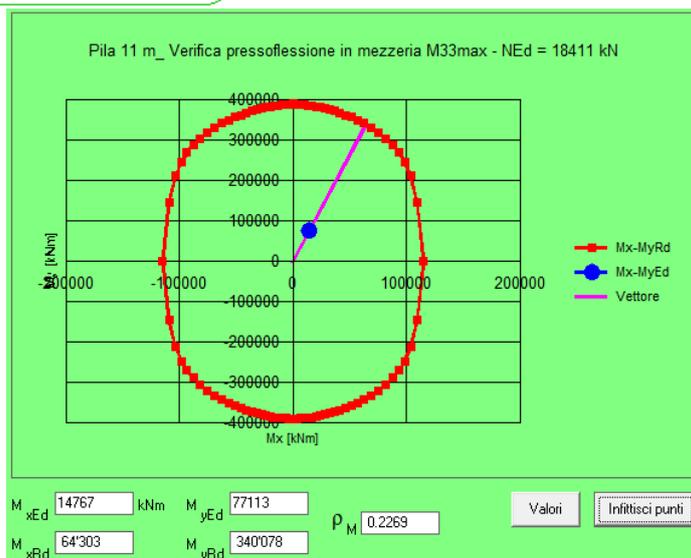
Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°
 Precompresso



Il rapporto tra momento resistente e momento di progetto risulta essere pari a:

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 4.41$$

Le verifiche a pressoflessione risultano soddisfatte.

7.4.2 Verifiche a taglio in mezzeria

Per le verifiche a taglio valgono le stesse considerazioni fatte al capitolo 7.2.2.

7.4.2.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V3)

Il taglio viene distribuito negli elementi indicati nella figura precedente in funzione della rigidezza dei singoli elementi utilizzando la seguente formulazione $I_{el,i} / (I_{el,1} + 2I_{el,2})$

N_{Ed}	24357	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	8045	[kN]
σ_{Ed}	1.55	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	l	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
SETTO CENTRALE	0.8	2.9	1.63	65.70	5285.41	3599.25
SETTO LATERALE	0.55	2.1	0.42	17.15	1379.80	1791.87

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	400 [mm]
d	1900 [mm]
A_c	760000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	1791.87 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	1379.80 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	15559.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	516.1 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	2102.1 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	800 [mm]
d	2900 [mm]
A_c	2320000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	100 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3599.25 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	5285.41 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	47498.1 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	589.1 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	6417.0 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	86 di 157

7.4.2.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V2)

N_{Ed}	24357	[kN]
A_{TOT}	15.7	[m ²]
V_{Ed}	8686	[kN]
σ_{Ed}	1.55	[N/mm ²]
N_{ck}	482147	[kN]

Elemento	b	h	l	nr.elem	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]			[kN]	[kN]
SETTO	0.55	4.15	3.28	4	25.00	2171.50	3541.07

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	87 di 157

Geometria sezione

b_w	550 [mm]
d	4150 [mm]
A_c	2282500 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	4	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	26 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	diametro delle staffe
s_{st}	200 [mm]	passo delle staffe
α	90 [°]	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed}	3541.07 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	2171.50 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	46730.4 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	45	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	1	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1127.4 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	4591.5 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Le Verifiche a taglio risultano essere soddisfatte su ogni setto.

7.4.3 Verifiche agli SLE

Si riportano di seguito gli stati di tensione che si generano nelle combinazioni citate al capitolo 7.1.3 relativi alle sezioni di mezzeria delle pile. A favore di sicurezza sono stati considerati i massimi valori delle sollecitazioni non contemporanei dello sforzo assiale e dei momenti flettenti agenti nelle due direzioni principali.

7.4.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

Titolo : Pila 11m_mezzeria_comb rara

N° Vertici N° barre

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="28408"/>	<input type="text" value="28408"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="19824"/>	<input type="text" value="19824"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="19416"/>	<input type="text" value="19416"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

ϵ_{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm ²	ϵ_{cu}	<input type="text" value="3.5"/>
E_s	<input type="text" value="200000"/> N/mm ²	f_{cd}	<input type="text" value="17"/>
E_s/E_c	<input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co}	<input type="text" value="0.6933"/>
		τ_{c1}	<input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 3.2 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 17.48 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

7.4.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

Titolo : Pila 11m_mezzeria_comb quasi permanente

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	40	145	1	5.3093	43.5	136.5
2	40	85	2	5.3093	21.75	136.5
3	40	-85	3	5.3093	0	136.5
4	60	-105	4	5.3093	-21.75	136.5
5	470	-105	5	5.3093	58.5	151.5
6	495	-100	6	5.3093	78.05714	151.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C30/37
ϵ_{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd} <input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E_s <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f_{cd} <input type="text" value="17"/> ‰
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.974"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="11.5"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0.6933"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="2.029"/>

σ_c N/mm²

ϵ_s ‰

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

$\sigma_c = 1.14 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$

→ VERIFICATO

8 VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche strutturali dei plinti di fondazione. Il capitolo è articolato in tre blocchi. Nei primi due sono riportate le verifiche dei plinti su pozzi con diaframmi, relativamente alle pile di altezza massima 16.0 m e 11.0 m. Il terzo blocco è riferito al plinto fondato su pali della pila P18

8.1 Modelli di calcolo

Per le fondazioni su pozzi le armature longitudinali e trasversali sono state dimensionate considerando due differenti schemi statici:

- Il plinto, in direzione parallela all'asse longitudinale dell'impalcato, è schematizzato come una trave, di luce pari a 10.4m, doppiamente incastrata alle estremità.
- Il plinto, in direzione perpendicolare all'asse longitudinale dell'impalcato, è schematizzato come una trave continua su quattro appoggi, di luce pari a 19.0m, doppiamente incastrata alle estremità.

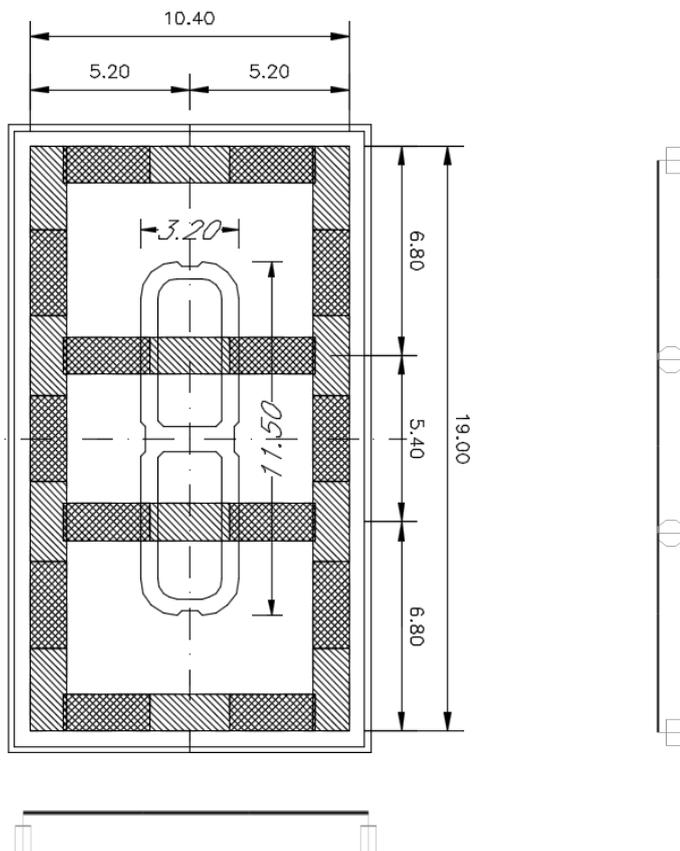


Figura 12: Schematizzazione del plinto di fondazione

Entrambe le travi sono soggette a un carico distribuito, dovuto alla ripartizione dello sforzo assiale proveniente dal fusto, e a una coppia di carichi concentrati, ricavata dividendo il momento flettente alla base del fusto per l'interasse dei due setti esterni della pila

Il carico distribuito è assegnato in funzione delle caratteristiche geometriche dei diaframmi di fondazione, considerando una striscia di larghezza unitaria e un comportamento a piastra del plinto; pertanto:

- In direzione longitudinale è stato considerato il rapporto tra le distanze degli appoggi (interasse diaframmi di fondazione) cioè $5.4/(10.4+6.8)=0.4$. Pertanto il carico distribuito considerato è pari al 40% dello sforzo normale agente sul plinto.
- In direzione trasversale il rapporto è pari a $10.4/(10.4+5.4)=0.65$. Pertanto il carico distribuito considerato è pari al 65% dello sforzo normale agente sul plinto.

La coppia concentrata è stata ricavata dividendo il momento flettente, agente alla base del fusto, per l'interasse dei setti esterni della pila (rispettivamente 11.2 m e 2.65 m). Il valore ottenuto è stato poi suddiviso per la lunghezza del setto al fine di ricavare il valore della coppia agente considerando una striscia di larghezza unitaria.

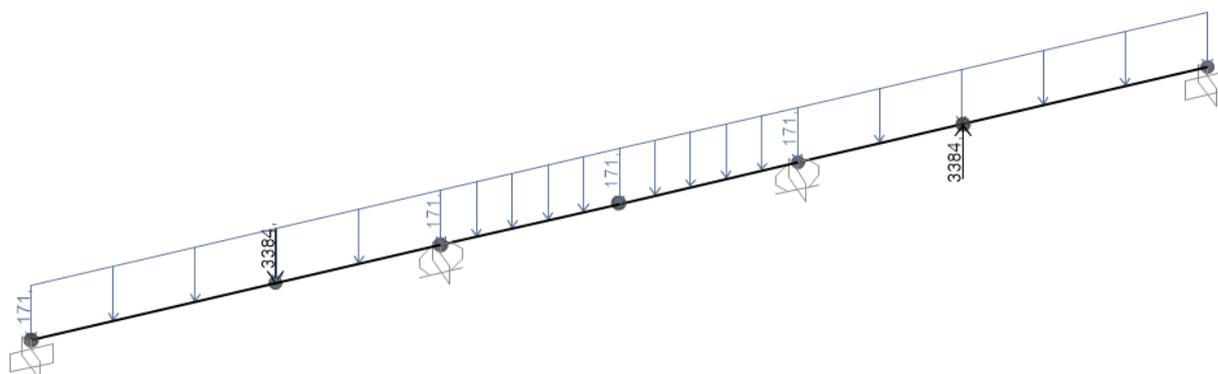


Figura 13: Schema di caricamento del plinto di fondazione

Secondo quanto indicato nel § 7.2.1 della N.T.C. 2008, al fine di garantire un comportamento sismico della struttura le cerniere plastiche debbono formarsi nelle zone critiche. Per questo motivo le zone non dissipative ed i collegamenti delle parti dissipative devono possedere una sovrarresistenza che, nel caso di progettazione in CD "B", risulta essere pari al prodotto della resistenza nominale e del coefficiente di sovrarresistenza pari a 1,1.

Per questo motivo i carichi ottenuti in testa palo sono stati poi incrementati del 10%.

Gli effetti delle differenti condizioni di carico sono stati successivamente involuppati al fine di ricavare i massimi momenti flettenti agenti nelle due direzioni principali. Con i suddetti valori è stato possibile stabilire i quantitativi di armatura necessari per le verifiche a flessione dei plinti di fondazione.

Nel seguito si riportano, a titolo di esempio, due immagini relative agli involuppi dei momenti agenti nelle due direzioni principali:

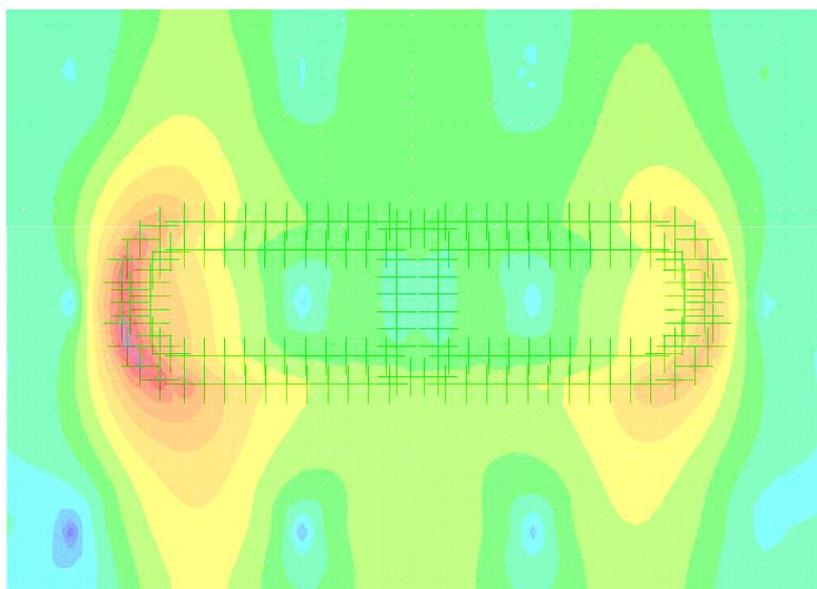


Figura 15 – Plinto P18_M33 - Momento Trasversale

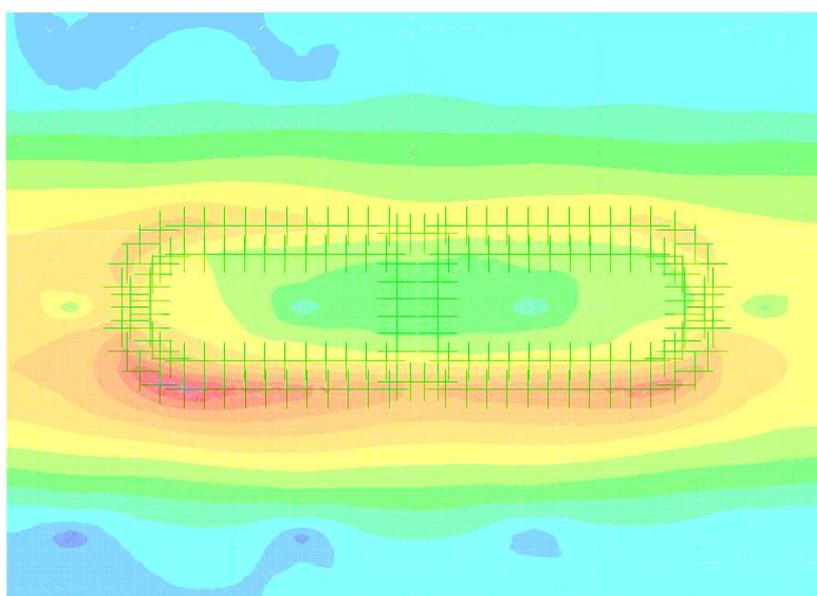


Figura 16: Plinto P18_M22 - Momento Longitudinale

8.2 Verifica del plinto su pozzo: H=2.5 m

Si riportano nel seguito le caratteristiche geometriche del plinto e le sollecitazioni massime secondo le differenti combinazioni considerate.

Dimensioni del plinto

Lx	19	m
Ly	10.4	m
Lz	2.5	m

COMBINAZIONE A1-STR

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N _{tot}	M _{y_{tot}}	M _{x_{tot}}	V _{y_{tot}}	V _{x_{tot}}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N _{min}	62939	33896	30271.01	1522	-1422
N _{max}	40094	32535	61527.65	3045	-1407
V2 _{min}	57341	47644	26595.04	1218	-2184
V2 _{max}	57176	44917	27247.24	1218	2176
V3 _{min}	61870	34113	65218.92	-3270	-1390
V3 _{max}	61870	34113	64814.18	3270	-1390
T _{min}	49352	46389	1844.53	-32	-1683
T _{max}	45783	44779	3833.41	32	1668
M2 _{min}	62879	34208	66727.13	-3270	-1430
M2 _{max}	57232	17191	72885.22	3270	766
M3 _{min}	55103	60862	1387.04	-32	-2107
M3 _{max}	45161	59597	1251.08	32	2093

COMBINAZIONE SISMICA

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N _{tot}	M _{y_{tot}}	M _{x_{tot}}	V _{y_{tot}}	V _{x_{tot}}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N _{min}	45573	59811	49103.74	-2889	-2963
N _{max}	36488	58741	57590.3	3308	2921
V2 _{min}	43047	194134	43030.22	-2440	-9200
V2 _{max}	39713	193899	52501.61	2870	9199
V3 _{min}	44452	59339	160785.72	-8497	-2877
V3 _{max}	39187	58459	160729.88	8497	2862
T _{min}	42128	192899	47299.85	-2650	-9162
T _{max}	39040	192594	48499.01	2661	9158
M2 _{min}	44591	59398	160993.73	-8497	-2885
M2 _{max}	38547	58446	161843.12	8497	2857
M3 _{min}	42689	196377	47967.17	-2655	-9186
M3 _{max}	39363	196197	47833.63	2650	9186

COMBINAZIONE RARA
RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	49457	22804	21556.36	1050	-955
N_{max}	40094	21854	20876.56	1050	-945
$V2_{min}$	46829	21176	23488.94	1050	-1032
$V2_{max}$	46216	20003	23868.02	1100	1028
$V3_{min}$	48720	20641	44978.56	-2255	-829
$V3_{max}$	48720	20641	44699.44	2255	-829
T_{min}	42235	18258	2140.67	0	577
T_{max}	42848	19865	3304.6	28	-600
$M2_{min}$	49416	13552	46018.71	-2255	607
$M2_{max}$	45521	20706	50265.67	2255	-857
$M3_{min}$	45042	32197	1195.79	-28	-965
$M3_{max}$	44462	31326	528.08	0	963

COMBINAZIONE FREQUENTE
RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	45712	3337	25051.8	1260	-131
N_{max}	40094	2767	25459.68	1260	-125
$V2_{min}$	44135	2360	26619.23	1260	-177
$V2_{max}$	43767	1653	27442.24	1320	175
$V3_{min}$	45270	3420	26987.17	-1353	-118
$V3_{max}$	45270	3419	26819.63	1353	-118
T_{min}	41747	1565	1284.44	0	-96
T_{max}	42298	4025	20579.23	924	22
$M2_{min}$	45687	3599	27611.19	-1353	-140
$M2_{max}$	43350	3459	30159.37	1353	-135
$M3_{min}$	44053	10033	18892.28	-924	-95
$M3_{max}$	42715	8454	316.88	0	136

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE
RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	40094	4	0	0	0

8.2.1 Verifica a flessione

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: M22min

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 4 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	5
2	22.62	10
3	22.62	240
4	53.09	245

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni:
 S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 **kN**
M_{xEd} 6060 **kNm**
M_{yEd} 0 **kNm**

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura:
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali:
B450C **C25/30**
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 394.7 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.974 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 7'130 **kN m**
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 394.7 N/mm²
 ϵ_c 3.06 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
 d 245 cm
 x 10.62 x/d 0.04336
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 **cm** **Col. modello**

Precompresso

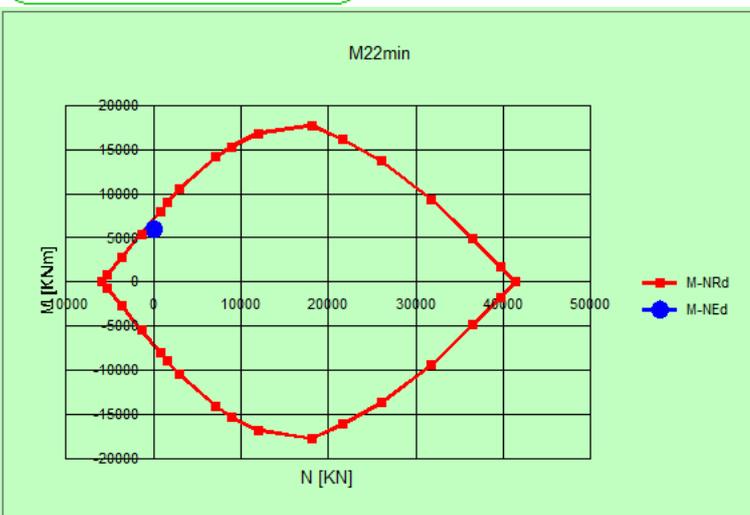
Sollecitazioni:

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	6060

Aggiunge

Valori **Infitisci punti**

M22min



$M_{Ed} = 6060 \text{ kNm} < M_{Rd} = 7125 \text{ kNm} \rightarrow \text{VERIFICATO}$

Titolo : **M22max**

N° figure elementari Zoom

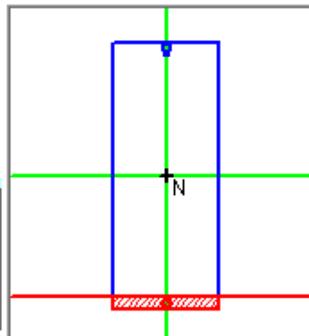
N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	5
2	22.62	10
3	22.62	240
4	53.09	245

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. →

Metodo n ←

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-5970"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

- Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN

yN

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

- Retta Devia

N° rett.

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ cm

Col. modello

Materiali

B450C

C25/30

ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/> ‰
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

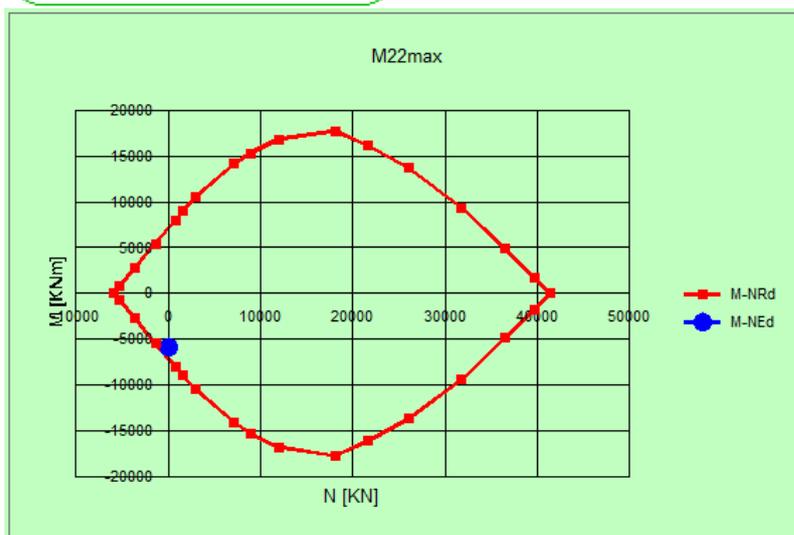
ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

Precompresso



Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	-5970

Aggiunge

Valori

Infittisci punti

M_{Ed}= 5970 kNm < M_{Rd}=7130 kNm → VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: M11min

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	45.24	5
			2	45.24	245

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezio
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	3285	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:
 B450C C25/30
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 394.7 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.974 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} 4'300 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 394.7 N/mm²
 ϵ_c 2.426 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
 d 245 cm
 x 8.499 x/d 0.03469
 δ 0.7

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 0 cm **Col. modello**

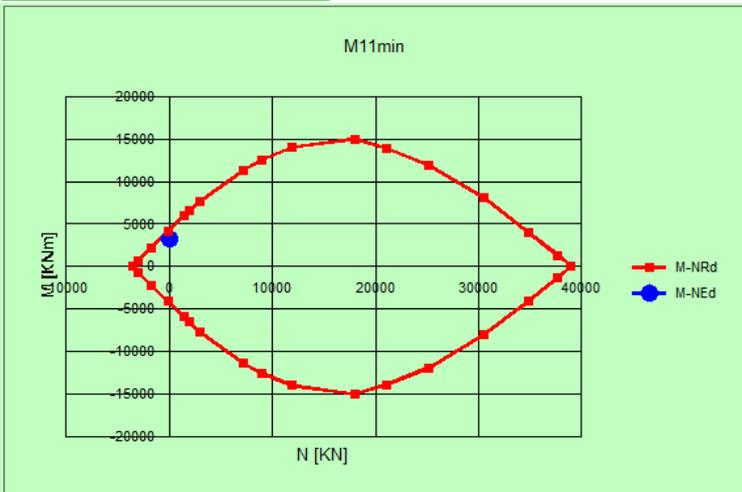
Precompresso

Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	3285

Aggiunge

Valori Infiltrisci punti



$M_{Ed} = 3285 \text{ kNm} < M_{Rd} = 4300 \text{ kNm} \rightarrow \text{VERIFICATO}$

Titolo : **M11max**

N° figure elementari Zoom

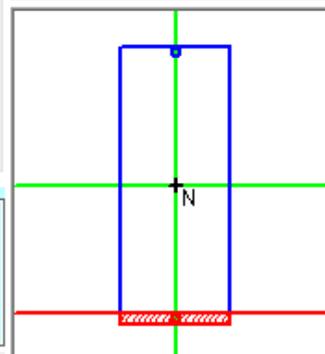
N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	245

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-3175"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

- Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN

yN

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

- Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ cm

Col. modello

Materiali

ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/>
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

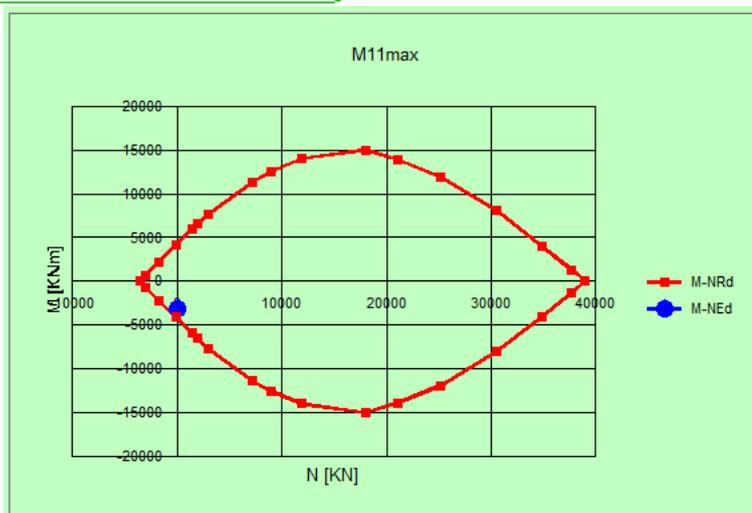
ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

Precompresso



Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	-3175

Aggiunge

Valori

Infiltrisci punti

M_{Ed} = 3175 kNm < M_{Rd} = 4300 kNm → VERIFICATO

8.2.2 Verifica a taglio

Il dimensionamento viene effettuato, in via cautelativa, considerando come azione di progetto la somma delle sollecitazioni taglianti massime agenti nelle due direzioni; tali valori sono ricavati dai due modelli in cui il plinto viene schematizzato come trave continua su quattro appoggi e su due appoggi.

Il valore del taglio di progetto ottenuto è pari a 5600 kN.

Verifica a Taglio soletta con armature aggiuntive secondo DM 14.01.2008

$R_{ck} =$	30 N/mm ²	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²	
$f'_{cd} =$	8 N/mm ²	resistenza a compressione ridotta
$\alpha_c =$	1	coefficiente = 1 in quanto sforzo normale assente
$f_{yd} =$	391.3 N/mm ²	resistenza armatura aggiuntiva a taglio
$h =$	250.0 cm	altezza della trave
$c =$	5.0 cm	copriferro armatura superiore
$d =$	245 cm	altezza utile delle sezione
$b_w =$	100 cm	
$\phi =$	16 mm	diametro dell'armatura aggiuntiva
n braccia =	4	ferri a pettine passo 25 cm
$A_{sw} =$	8.04 cm ² /m	area delle armature trasversali a ml di soletta
$s =$	25 cm	interasse meccanismo resistente del traliccio
$\alpha =$	90 °	inclinazione armatura aggiuntiva: 90° ferri pettine, 45° piegati
$\alpha =$	1.57 rad	

Il valore di θ che uguaglia i due contributi di resistenza a taglio trazione V_{sd} e a taglio compressione V_{cd} è

$\theta =$	22.92 °	inclinazione dei puntoni d'anima
------------	---------	----------------------------------

$V_{rsd} =$	6565 kN	taglio trazione
-------------	---------	-----------------

$V_{rcd} =$	6565 kN	taglio compressione
-------------	---------	---------------------

$\text{ctg } \theta =$	2.37	=> Valore ammesso dalla Normativa
------------------------	------	-----------------------------------

$V_{rsd} =$	6565 kN
-------------	---------

$V_{rcd} =$	6565 kN
-------------	---------

$V_{rd} = \min[V_{rsd}; V_{rcd}]$	6565 kN	tenuto conto delle armature aggiuntive
-----------------------------------	---------	--

V_{ed}	5600.0 kN	$V_{rd} > V_{ed} \Rightarrow$ verifica soddisfatta
----------	-----------	--

La verifica a taglio risulta essere soddisfatta.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	101 di 157

Si riassumono le caratteristiche del plinto di fondazione caratterizzato da un'altezza di 2.5 m:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Lunghezza = 19.0 m

Largezza = 10.4 m

Altezza = 2.5 m

ARMATURA LONGITUDINALE

Lembo superiore : 1 ϕ 26/100 + 1 ϕ 24/200

Lembo inferiore : 1 ϕ 26/100 + 1 ϕ 24/200

ARMATURA TRASVERSALE

Lembo superiore : 1 ϕ 24/100

Lembo inferiore : 1 ϕ 24/100

ARMATURA A TAGLIO

Maglia ϕ 16/250x250

8.2.3 Verifiche agli SLE

8.2.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : RARA_M22max

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	5
2	22.62	10
3	22.62	240
4	53.09	245

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	3170	3170	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} 67.5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 394.7 N/mm²	ε _{cu} 3.5 ‰
E _s 200'000 N/mm²	f _{cd} 14.17
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8
ε _{syd} 1.974 ‰	σ _{c,adm} 9.75
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.6
	τ _{c1} 1.829

σ_c -3.654 N/mm²
 σ_s 185 N/mm²
 ε_s 0.9251 ‰
 d 245 cm
 x 55.99 x/d 0.2285
 δ 0.7257

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

$$\sigma_c = 3.7 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 24.9 = 13.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 185 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

8.2.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : QUASI PERMANENTE_M22max

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N*	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	5
2	22.62	10
3	22.62	240
4	53.09	245

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	1570	1570	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C25/30

ε _{su}	67.5	‰	ε _{c2}	2	‰
f _{yd}	394.7	N/mm²	ε _{cu}	3.5	‰
E _s	200'000	N/mm²	f _{cd}	14.17	
E _s /E _c	15		f _{cc} /f _{cd}	0.8	?
ε _{syd}	1.974	‰	σ _{c,adm}	9.75	
σ _{s,adm}	255	N/mm²	τ _{co}	0.6	
			τ _{c1}	1.829	

σ_c -1.81 N/mm²
 σ_s 91.63 N/mm²
 ε_s 0.4582 ‰
 d 245 cm
 x 55.99 x/d 0.2285
 δ 0.7257

Verifica
 N* iterazioni: 4
 Precompresso

$$\sigma_c = 1.8 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 24.9 = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

$$\sigma_s = 91.6 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: QUASI PERMANENTE_M11max

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	250

N*	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	245

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	545	545	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} 67.5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 394.7 N/mm²	ε _{cu} 3.5 ‰
E _s 200'000 N/mm²	f _{cd} 14.17
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0.8
ε _{syd} 1.974 ‰	σ _{c,adm} 9.75
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0.6
	τ _{c1} 1.829

σ_c -0.8062 N/mm²
 σ_s 51.98 N/mm²
 ε_s 0.2599 ‰
 d 245 cm
 x 46.24 x/d 0.1887
 δ 0.7

Verifica
 N* iterazioni: 5
 Precompresso

$$\sigma_c = 0.8 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 24.9 = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 52 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

8.2.3.3 Verifica a fessurazione

1.8.3.2.4 REQUISITI CONCERNENTI LA FESSURAZIONE PER STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E MISTE

ACCIAIO-CALCESTRUZZO

Si rimanda integralmente al par. 4.1.2.2.4 del DM del 14.1.2008 di seguito riportato con le integrazioni e i chiarimenti elencati nel seguito.

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

4.1.2.2.4.1 Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente si distinguono i seguenti stati limite:

a) stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 \quad (4.1.37)$$

dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;

c) stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori

nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm} \quad w_2 = 0,3 \text{ mm} \quad w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

Stato limite di apertura delle fessure

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà risultare:

- a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si fa comunque presente che per le sole testate delle travi in c.a.p., se dovessero verificarsi micro fessurazioni, queste non dovranno essere di ampiezza superiore a 0.1 mm. Le suddette micro fessure, dopo la loro accettazione, andranno trattate con materiali idonei e secondo procedure da concordare con la Committenza.

Le verifiche a fessurazioni vengono svolte considerando una condizione ambientale aggressiva e un'armatura poco sensibile agli effetti della corrosione; conseguentemente i limiti di apertura delle fessure risultano essere:

Comb. RARA < 0.2 mm

Comb. FREQUANTE < 0.3 mm

Comb. QUASI PERMANENTE < 0.2mm

La verifica secondo combinazione rara è la più severa poiché ad essa corrispondono valori di sollecitazione più elevati e un limite di apertura di fessure minore, al pari della combinazione quasi permanente. Per questo motivo la verifica a fessurazione viene svolta solo per la combinazione rara. Data la simmetria dell'armatura al lembo superiore e inferiore, i casi analizzati sono due, uno per ogni direzione principale considerando i momenti massimi di combinazione.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	108 di 157

1) DIREZIONE LONGITUDINALE:

$$M_{\max} = 3170 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.54 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	6.67 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	10.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	58.24 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	126.51 cm
asse neutro x	$y_n =$	58.24 cm
braccio coppia interna	$z =$	225.59 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	48432875 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	158016173 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	392804 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	327336 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	229135 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	22.75 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2275 cm ²
<u>Verifica: combinazione rara</u>		
	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{\text{rm}} =$	12.61 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{\text{sm}} =$	0.00042
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.05 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1\text{adm}} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.09 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{\text{adm}}$

2) DIREZIONE TRASVERSALE

$$M_{\max} = 1040 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	10.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	10.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	46.23 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	125.00 cm
asse neutro x	$y_n =$	46.23 cm
braccio coppia interna	$z =$	229.59 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	31243326 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	149741645 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	367735 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	306446 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	214512 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	21.80 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2180 cm ²

Verifica: combinazione rara

	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{rm} =$	15.39 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{sm} =$	0.00019
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.03 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1adm} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.05 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{adm}$

8.3 Verifica del plinto su pozzo: H=2.0 m

Si riportano nel seguito le caratteristiche geometriche del plinto e le sollecitazioni massime secondo le differenti combinazioni considerate.

Dimensioni del plinto

Lx	19	m
Ly	10.4	m
Lz	2	m

COMBINAZIONE A1-STR

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	M_{ytot}	M_{xtot}	V_{ytot}	V_{xtot}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N _{min}	53115	23347	19839.43	1522	-1391
N _{max}	31301	22080	18853.71	1522	-1376
V2 _{min}	47352	31463	18113.4	1218	-2132
V2 _{max}	47517	28781	17461.2	1218	2124
V3 _{min}	52046	23799	40697.97	-3270	-1359
V3 _{max}	52046	23800	40293.23	3270	-1359
T _{min}	39528	32455	2085.23	-32	1616
T _{max}	36990	33943	3592.71	32	-1631
M2 _{min}	53055	11555	42206.18	-3270	735
M2 _{max}	47408	23594	48364.27	3270	-1399
M3 _{min}	45279	45245	1146.34	-32	-2055
M3 _{max}	36367	44084	1010.38	32	2041

COMBINAZIONE SISMICA

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	M_{ytot}	M_{xtot}	V_{ytot}	V_{xtot}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N _{min}	36726	38945	29653.54	-2654	-2870
N _{max}	27748	38190	34990.5	3074	2828
V2 _{min}	34225	126435	25827.02	-2323	-9074
V2 _{max}	30948	126207	32074.01	2753	9073
V3 _{min}	35634	38653	98010.52	-8355	-2807
V3 _{max}	30417	37889	97954.68	8355	2792
T _{min}	33306	125483	28521.85	-2533	-9036
T _{max}	30274	125208	29638.01	2544	9032
M2 _{min}	35774	38658	98218.53	-8355	-2814
M2 _{max}	29777	37918	99067.92	8355	2786
M3 _{min}	33867	128776	29147.67	-2538	-9060
M3 _{max}	30597	128601	29055.63	2533	9060

COMBINAZIONE RARA

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	41252	17118	15256.86	1050	-939
N_{max}	31301	13321	26005.06	2100	-820
$V2_{min}$	38036	13513	15614.94	1050	-1011
$V2_{max}$	37422	12372	15620.02	1100	1007
$V3_{min}$	39926	14496	28067.56	-2255	-808
$V3_{max}$	39926	14496	27788.44	2255	-808
T_{min}	33441	14013	2140.67	0	556
T_{max}	34055	15441	3097.1	28	-580
$M2_{min}$	40622	9073	29107.71	-2255	587
$M2_{max}$	36727	14355	33354.67	2255	-836
$M3_{min}$	36248	25029	988.29	-28	-944
$M3_{max}$	35668	24173	528.08	0	943

COMBINAZIONE FREQUENTE

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	36918	2351	16010.88	1260	-131
N_{max}	31301	1827	15603	1260	-125
$V2_{min}$	34557	677	14650.43	1260	-177
$V2_{max}$	34189	5	14904.64	1320	175
$V3_{min}$	35691	2295	14133.97	-1353	-118
$V3_{max}$	35691	2296	13966.43	1353	-118
T_{min}	32585	1323	1284.44	0	-96
T_{max}	33504	4189	13648.83	924	22
$M2_{min}$	36893	2547	17464.59	-1353	-140
$M2_{max}$	34557	2447	20012.77	1353	-135
$M3_{min}$	35259	9312	11961.88	-924	-95
$M3_{max}$	33921	7430	316.88	0	136

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	31301	2	0	0	0

Titolo : **M22max**

N° figure elementari Zoom

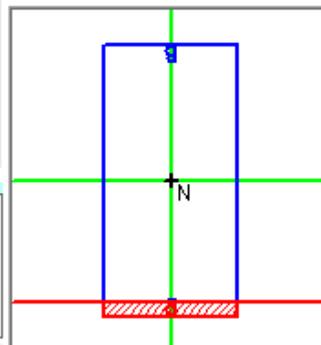
N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	22.62	10
3	22.62	190
4	45.24	195

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-4030"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

- Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN

yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

- Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ cm

Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C

C25/30

ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/> N/mm²
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/> N/mm²
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

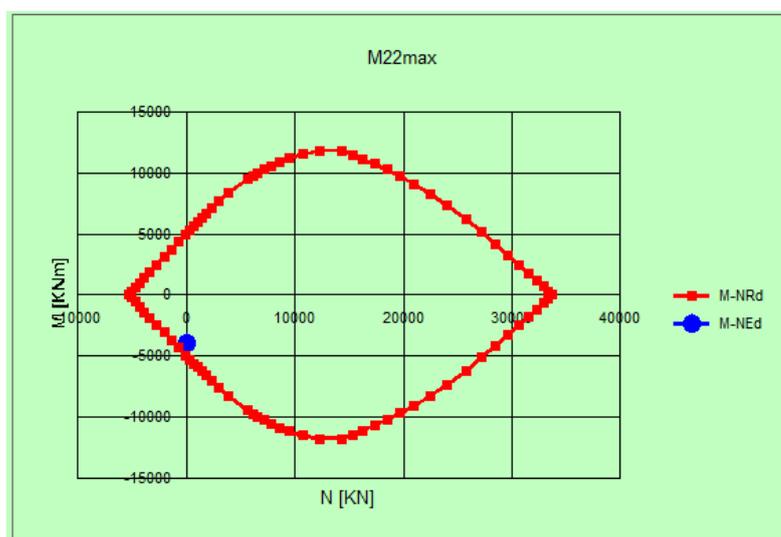
ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ



Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	-4030

Aggiunge

Valori

Infittisci punti

M_{Ed} = 4030 kNm < M_{Rd} = 5055 kNm → VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: M11min

N° figure elementari: **Zoom** N° strati barre: **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C25/30

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

N° rett.
Calcola MRd **Dominio M-N**
 L₀ cm **Col. modello**

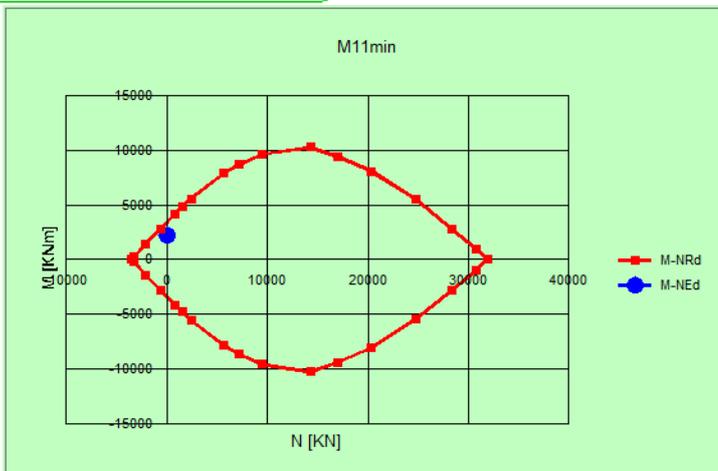
Precompresso

Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	2190

Aggiunge

Valori **Infiltrisci punti**



M_{Ed} = 2190 kNm < M_{Rd} = 3048 kNm → VERIFICATO

8.3.2 Verifica a taglio

Il dimensionamento viene effettuato, in via cautelativa, considerando come azione di progetto la somma delle sollecitazioni taglianti massime agenti nelle due direzioni; tali valori sono ricavati dai due modelli in cui il plinto viene schematizzato come trave continua su quattro appoggi e su due appoggi.

Il valore massimo risulta essere pari a 3980 kN.

Verifica a Taglio soletta con armature aggiuntive secondo DM 14.01.2008

$R_{ck} =$	30 N/mm ²	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²	
$f'_{cd} =$	8 N/mm ²	resistenza a compressione ridotta
$\alpha_c =$	1	coefficiente = 1 in quanto sforzo normale assente
$f_{yd} =$	391.3 N/mm ²	resistenza armatura aggiuntiva a taglio
$h =$	200.0 cm	altezza della trave
$c =$	5.0 cm	copriferro armatura superiore
$d =$	195 cm	altezza utile delle sezione
$b_w =$	100 cm	
$\phi =$	16 mm	diametro dell'armatura aggiuntiva
n braccia =	4	ferri a pettine passo 25 cm
$A_{sw} =$	8.04 cm ² /m	area delle armature trasversali a ml di soletta
$s =$	30 cm	interasse meccanismo resistente del traliccio
$\alpha =$	90 °	inclinazione armatura aggiuntiva: 90° ferri pettine, 45° piegati
$\alpha =$	1.57 rad	

Il valore di θ che uguaglia i due contributi di resistenza a taglio trazione V_{sd} e a taglio compressione V_{cd} è

$\theta =$	20.82 °	inclinazione dei puntoni d'anima
------------	---------	----------------------------------

$V_{rsd} =$	4840 kN	taglio trazione
-------------	---------	-----------------

$V_{rcd} =$	4840 kN	taglio compressione
-------------	---------	---------------------

$\text{ctg } \theta =$	2.63	=> si assume $\text{ctg } \theta = 2.5$
------------------------	------	---

$V_{rsd} =$	4603 kN
-------------	---------

$V_{rcd} =$	5023 kN
-------------	---------

$V_{rd} = \min[V_{rsd}; V_{rcd}]$	4603 kN	tenuto conto delle armature aggiuntive
-----------------------------------	---------	--

V_{ed}	3980.0 kN	$V_{rd} > V_{ed} \Rightarrow$ verifica soddisfatta
----------	-----------	--

Le verifiche a taglio risultano essere soddisfatte.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	117 di 157

Si riassumono le caratteristiche del plinto di fondazione caratterizzato da un'altezza di 2.0 m:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Lunghezza = 19.0 m

Largezza = 10.4 m

Altezza = 2.0 m

ARMATURA LONGITUDINALE

Lembo superiore : 1 ϕ 24/100 + 1 ϕ 24/200

Lembo inferiore : 1 ϕ 24/100 + 1 ϕ 24/200

ARMATURA TRASVERSALE

Lembo superiore : 1 ϕ 24/100

Lembo inferiore : 1 ϕ 24/100

ARMATURA A TAGLIO

Maglia ϕ 16/250x300

8.3.3 Verifiche agli SLE

8.3.3.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : RARA_M22

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	22.62	10
3	22.62	190
4	45.24	195

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="2400"/>	<input type="text" value="2400"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/>
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Verifica
N° iterazioni:
 Precompresso

$$\sigma_c = 4.2 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 24.9 = 13.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 198.4 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : RARA_M11

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="850"/>	<input type="text" value="850"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd} <input type="text" value="14.17"/>
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd} <input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm} <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co} <input type="text" value="0.6"/>
	τ _{c1} <input type="text" value="1.829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_c = 1.8 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 24.9 = 13.7 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

$$\sigma_s = 102.4 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : QUASI PERMANENTE_M11

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	45.24	5
2	45.24	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="420"/>	<input type="text" value="420"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C		C25/30	
ε _{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd}	<input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd}	<input type="text" value="14.17"/> N/mm²
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd}	<input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm}	<input type="text" value="9.75"/> N/mm²
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co}	<input type="text" value="0.6"/>
		τ _{c1}	<input type="text" value="1.829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso

$$\sigma_c = 0.88 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 24.9 = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 50.6 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO

8.3.3.3 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazioni vengono svolte considerando una condizione ambientale aggressiva e un'armatura poco sensibile agli effetti della corrosione; conseguentemente i limiti di apertura delle fessure risultano essere:

Comb. RARA < 0.2 mm

Comb. FREQUANTE < 0.3 mm

Comb. QUASI PERMANENTE < 0.2mm

La verifica secondo combinazione rara è la più severa poiché ad essa corrispondono valori di sollecitazione più elevati e un limite di apertura di fessure minore, al pari della combinazione quasi permanente. Per questo motivo la verifica a fessurazione viene svolta solo per la combinazione rara. Data la simmetria dell'armatura al lembo superiore e inferiore, i casi analizzati sono due, uno per ogni direzione principale considerando i momenti massimi di combinazione.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	123 di 157

1) DIREZIONE LONGITUDINALE:

$$M_{\max} = 2400 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	6.67 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	10.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	48.79 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	101.48 cm
asse neutro x	$y_n =$	48.79 cm
braccio coppia interna	$z =$	178.74 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	26920472 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	81969457 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	255418 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	212848 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	148994 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	21.80 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2180 cm ²
<u>Verifica: combinazione rara</u>		
	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{\text{rm}} =$	12.79 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{\text{sm}} =$	0.00058
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.07 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1\text{adm}} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.13 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{\text{adm}}$

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	124 di 157

2) DIREZIONE TRASVERSALE:

$$M_{\max} = 850 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	10.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.40 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	10.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	40.26 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	100.00 cm
asse neutro x	$y_n =$	40.26 cm
braccio coppia interna	$z =$	181.58 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	19258534 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	78908899 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	242230 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	201858 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	141301 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	21.80 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2180 cm ²

Verifica: combinazione rara

	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{rm} =$	15.39 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{sm} =$	0.00020
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.03 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1adm} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.05 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{adm}$

8.4 Verifica del plinto P18

Si riportano nel seguito alcune caratteristiche geometriche relative al plinto e ai pali di fondazione.

Dimensioni del plinto

Lx	16.5	m
Ly	12	m
Lz	2.5	m
n	12	numero pali

Coordinate pali

palo	x [m]	y [m]	x^2	y^2	Wx[m]	Wy[m]
1	-6.75	-4.5	45.563	20.250	-45	-36
2	-2.25	-4.5	5.063	20.250	-135	-36
3	2.25	-4.5	5.063	20.250	135	-36
4	6.75	-4.5	45.563	20.250	45	-36
5	-6.75	0	45.563	0.00	-45	1.62E+09
6	-2.25	0	5.063	0	-135	2E+09
7	2.25	0	5.063	0	135	2E+09
8	6.75	0	45.563	0	45	2E+09
9	-6.75	4.5	45.563	20.250	-45	36
10	-2.25	4.5	5.063	20.250	-135	36
11	2.25	4.5	5.063	20.250	135	36
12	6.75	4.5	45.563	20.250	45	36

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	126 di 157

Si riportano le sollecitazioni massime alla base del plinto e i carichi agenti sui singoli pali.

COMBINAZIONE A1-STR

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	M_{y_{tot}}	M_{x_{tot}}	V_{y_{tot}}	V_{x_{tot}}
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N _{min}	55590	23347	19839.43	1522	-1391
N _{max}	33776	22080	18853.71	1522	-1376
V2 _{min}	49827	31463	18113.4	1218	-2132
V2 _{max}	49992	28781	17461.2	1218	2124
V3 _{min}	54521	23799	40697.97	-3270	-1359
V3 _{max}	54521	23800	40293.23	3270	-1359
T _{min}	42003	32455	2085.23	-32	1616
T _{max}	39465	33943	3592.71	32	-1631
M2 _{min}	55530	11555	42206.18	-3270	735
M2 _{max}	49883	23594	48364.27	3270	-1399
M3 _{min}	47754	45245	1146.34	-32	-2055
M3 _{max}	38842	44084	1010.38	32	2041

	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12	H_i
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
N _{min}	6273	5892	5512	5131	5666	5286	4906	4525	5060	4680	4299	3919	189
N _{max}	4212	3852	3492	3132	3636	3276	2916	2556	3060	2700	2340	1980	188
V2 _{min}	5890	5377	4865	4352	5337	4824	4311	3798	4783	4270	3758	3245	225
V2 _{max}	5820	5351	4882	4413	5286	4817	4348	3879	4753	4284	3815	3346	224
V3 _{min}	6823	6435	6047	5660	5580	5192	4804	4416	4336	3948	3560	3172	325
V3 _{max}	6811	6423	6035	5647	5580	5192	4804	4416	4348	3960	3573	3185	325
T _{min}	4707	4178	3650	3121	4644	4115	3586	3057	4580	4051	3522	2993	148
T _{max}	4557	4004	3451	2898	4447	3894	3341	2788	4338	3784	3231	2678	150
M2 _{min}	6662	6474	6286	6097	5373	5184	4996	4808	4083	3895	3706	3518	307
M2 _{max}	6627	6243	5858	5474	5149	4765	4380	3996	3672	3287	2903	2518	326
M3 _{min}	5518	4781	4044	3306	5483	4746	4009	3271	5448	4711	3974	3236	188
M3 _{max}	4669	3951	3232	2514	4638	3920	3201	2483	4607	3889	3170	2452	187

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	127 di 157

COMBINAZIONE SISMICA

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	39201	38945	29653.54	-2654	-2870
N_{max}	30223	38190	34990.5	3074	2828
$V2_{min}$	36700	126435	25827.02	-2323	-9074
$V2_{max}$	33423	126207	32074.01	2753	9073
$V3_{min}$	38109	38653	98010.52	-8355	-2807
$V3_{max}$	32892	37889	97954.68	8355	2792
T_{min}	35781	125483	28521.85	-2533	-9036
T_{max}	32749	125208	29638.01	2544	9032
$M2_{min}$	38249	38658	98218.53	-8355	-2814
$M2_{max}$	32252	37918	99067.92	8355	2786
$M3_{min}$	36342	128776	29147.67	-2538	-9060
$M3_{max}$	33072	128601	29055.63	2533	9060

	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12	H_i
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
N_{min}	5451	4817	4182	3548	4545	3911	3276	2641	3639	3005	2370	1735	358
N_{max}	4773	4151	3528	2906	3704	3082	2459	1837	2635	2012	1390	768	383
$V2_{min}$	7244	5184	3123	1063	6455	4394	2334	274	5666	3605	1545	-516	859
$V2_{max}$	7129	5072	3015	959	6149	4092	2035	-21	5169	3112	1055	-1001	869
$V3_{min}$	7433	6803	6173	5543	4438	3808	3178	2548	1443	814	184	-446	808
$V3_{max}$	6934	6317	5699	5082	3941	3324	2706	2089	948	331	-287	-904	808
T_{min}	7219	5174	3129	1084	6347	4302	2257	213	5476	3431	1386	-659	860
T_{max}	6968	4928	2887	847	6063	4022	1982	-59	5157	3117	1076	-964	860
$M2_{min}$	7452	6822	6192	5562	4451	3821	3191	2561	1450	820	190	-440	808
$M2_{max}$	6910	6292	5675	5057	3883	3265	2647	2030	856	238	-380	-998	807
$M3_{min}$	7370	5271	3173	1074	6479	4381	2282	183	5589	3490	1391	-707	862
$M3_{max}$	7063	4967	2872	776	6175	4079	1984	-112	5287	3192	1096	-1000	862

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	128 di 157

COMBINAZIONE RARA

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	43727	17118	15256.86	1050	-939
N_{max}	33776	13321	26005.06	2100	-820
$V2_{min}$	40511	13513	15614.94	1050	-1011
$V2_{max}$	39897	12372	15620.02	1100	1007
$V3_{min}$	42401	14496	28067.56	-2255	-808
$V3_{max}$	42401	14496	27788.44	2255	-808
T_{min}	35916	14013	2140.67	0	556
T_{max}	36530	15441	3097.1	28	-580
$M2_{min}$	43097	9073	29107.71	-2255	587
$M2_{max}$	39202	14355	33354.67	2255	-836
$M3_{min}$	38723	25029	988.29	-28	-944
$M3_{max}$	38143	24173	528.08	0	943

	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12	H_i
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
N_{min}	4893	4614	4335	4056	4427	4148	3869	3590	3961	3682	3403	3124	129
N_{max}	4216	3999	3782	3565	3422	3205	2988	2771	2627	2410	2193	1976	207
$V2_{min}$	4521	4301	4081	3860	4044	3824	3603	3383	3567	3346	3126	2906	134
$V2_{max}$	4437	4235	4034	3832	3960	3758	3556	3355	3482	3281	3079	2878	137
$V3_{min}$	5099	4862	4626	4390	4241	4005	3769	3532	3383	3147	2911	2675	220
$V3_{max}$	5090	4854	4618	4381	4241	4005	3769	3532	3392	3156	2920	2683	220
T_{min}	3700	3472	3244	3015	3635	3406	3178	2950	3569	3341	3113	2884	51
T_{max}	3821	3569	3317	3066	3726	3474	3223	2971	3631	3380	3128	2877	53
$M2_{min}$	5062	4914	4766	4618	4172	4024	3877	3729	3283	3135	2987	2839	214
$M2_{max}$	4964	4730	4496	4262	3944	3710	3477	3243	2925	2691	2457	2223	220
$M3_{min}$	4192	3784	3376	2968	4161	3754	3346	2938	4131	3723	3315	2908	87
$M3_{max}$	4103	3710	3316	2922	4087	3693	3299	2906	4071	3677	3283	2889	86

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	129 di 157

COMBINAZIONE FREQUENTE

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	39393	2351	16010.88	1260	-131
N_{max}	33776	1827	15603	1260	-125
$V2_{min}$	37032	677	14650.43	1260	-177
$V2_{max}$	36664	5	14904.64	1320	175
$V3_{min}$	38166	2295	14133.97	-1353	-118
$V3_{max}$	38166	2296	13966.43	1353	-118
T_{min}	35060	1323	1284.44	0	-96
T_{max}	35979	4189	13648.83	924	22
$M2_{min}$	39368	2547	17464.59	-1353	-140
$M2_{max}$	37032	2447	20012.77	1353	-135
$M3_{min}$	37734	9312	11961.88	-924	-95
$M3_{max}$	36396	7430	316.88	0	136

	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12	H_i
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
N_{min}	4158	4119	4081	4043	3668	3630	3592	3554	3179	3141	3103	3064	116
N_{max}	3618	3588	3558	3528	3141	3111	3081	3051	2664	2634	2604	2575	116
$V2_{min}$	3859	3848	3837	3826	3411	3400	3389	3378	2963	2952	2941	2930	117
$V2_{max}$	3816	3816	3816	3816	3361	3361	3361	3361	2906	2905	2905	2905	122
$V3_{min}$	3987	3949	3912	3874	3555	3517	3480	3442	3123	3085	3048	3011	124
$V3_{max}$	3981	3944	3907	3869	3555	3517	3480	3442	3128	3091	3053	3016	124
T_{min}	3285	3264	3242	3221	3246	3225	3203	3181	3207	3185	3164	3142	9
T_{max}	3818	3749	3681	3613	3400	3332	3264	3196	2983	2915	2847	2779	85
$M2_{min}$	4205	4163	4122	4080	3671	3629	3588	3546	3137	3096	3054	3013	125
$M2_{max}$	4066	4026	3986	3946	3454	3415	3375	3335	2843	2803	2763	2723	125
$M3_{min}$	4052	3900	3749	3597	3687	3535	3383	3231	3321	3169	3018	2866	85
$M3_{max}$	3528	3407	3285	3164	3518	3397	3276	3155	3508	3387	3266	3145	12

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	130 di 157

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

RIEPILOGO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PLINTO

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
N_{min}	33776	2	0	0	0

	PALO 1	PALO 2	PALO 3	PALO 4	PALO 5	PALO 6	PALO 7	PALO 8	PALO 9	PALO 10	PALO 11	PALO 12	H_i
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
N	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	0

Successivamente si riportano le verifiche a flessione del plinto di fondazione nelle quali si sono assunti come momenti di progetto i valori massimi ottenuti da modello mediante l'involuppo delle combinazioni A1-STR e SISMICA riportate precedentemente.

8.4.1 Verifica a flessione

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: Ferri longitudinali_M22min

N° figure elementari: Zoom N° strati barre: Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	5
2	45.24	190
3	53.09	195

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C25/30
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

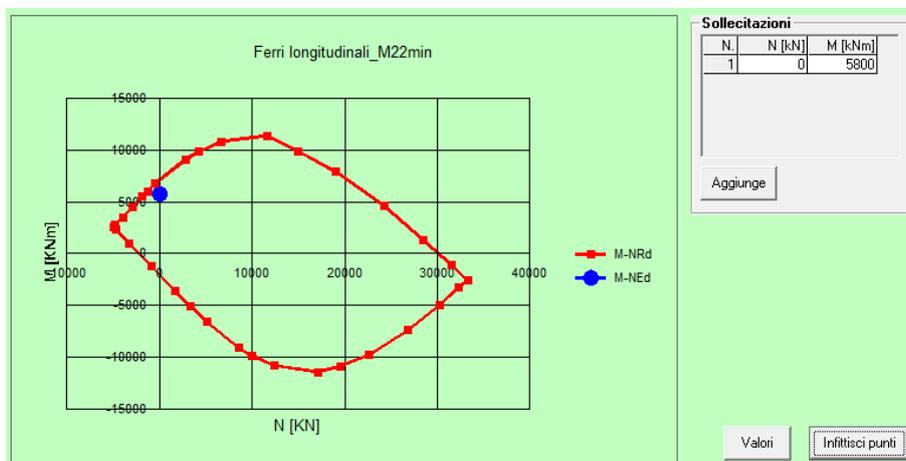
Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso



$M_{Ed} = 5800 \text{ kNm} < M_{Rd} = 7135 \text{ kNm} \rightarrow \text{VERIFICATO}$

Titolo : **Ferri longitudinali_M22max**

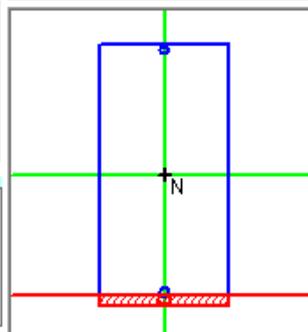
N° figure elementari Zoom

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	5
2	45.24	190
3	53.09	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="-1500"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L₀ cm

Precompresso

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E _s <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd} <input type="text" value="14.17"/> ‰
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd} <input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm} <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co} <input type="text" value="0.6"/>
	τ _{c1} <input type="text" value="1.829"/>

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

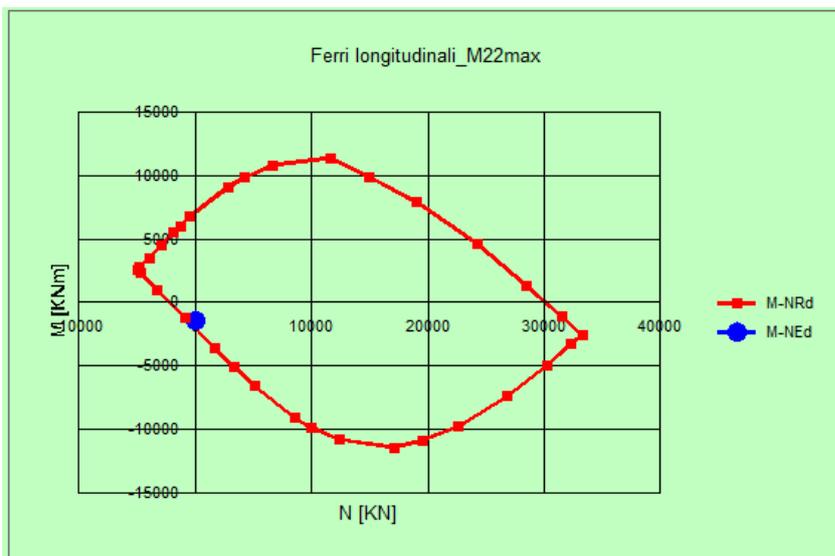
σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ



Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	-1500

Valori

M_{Ed}= 1500 kNm < M_{Rd}=2046 kNm → VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : Ferri trasversali_M11min

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	26.55	5
			2	53.09	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello
 Precompresso

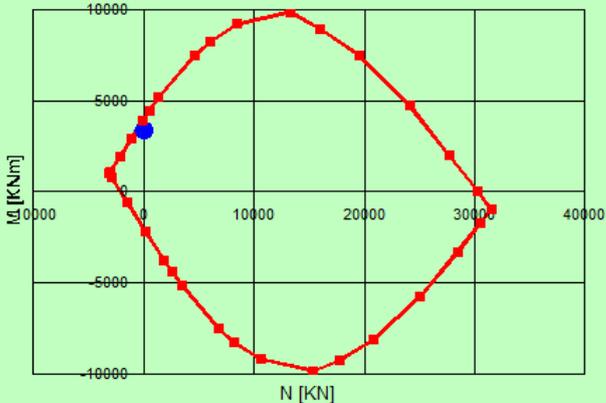
Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	3340

Aggiunge

Valori

Ferri trasversali_M11min



M_{Ed}= 3340 kNm < M_{Rd}=3990 kNm → VERIFICATO

Titolo : **Ferri trasversali_M11max**

N* figure elementari Zoom

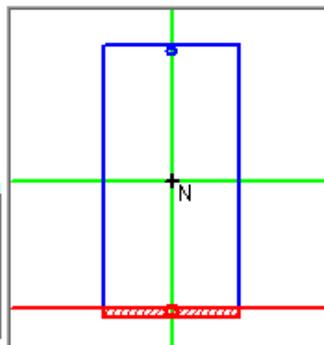
N* strati barre Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N*	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	5
2	53.09	195

Tipo Sezione

- Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

kN

M_{xEd}

kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm]

xN

yN

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

- Retta Deviata

N* rett.

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ cm

Col. modello

Materiali

B450C

C25/30

ε_{su} ‰

ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm²

ε_{cu}

E_s N/mm²

f_{cd}

E_s/E_c

f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰

σ_{c,adm}

σ_{s,adm} N/mm²

τ_{co}

τ_{c1}

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

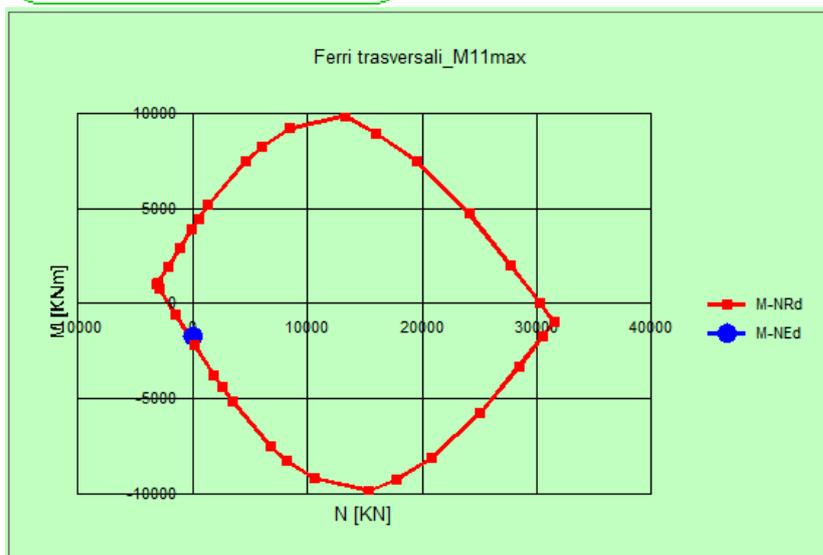
ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

Precompresso



Sollecitazioni

N.	N [kN]	M [kNm]
1	0	-1700

Aggiunge

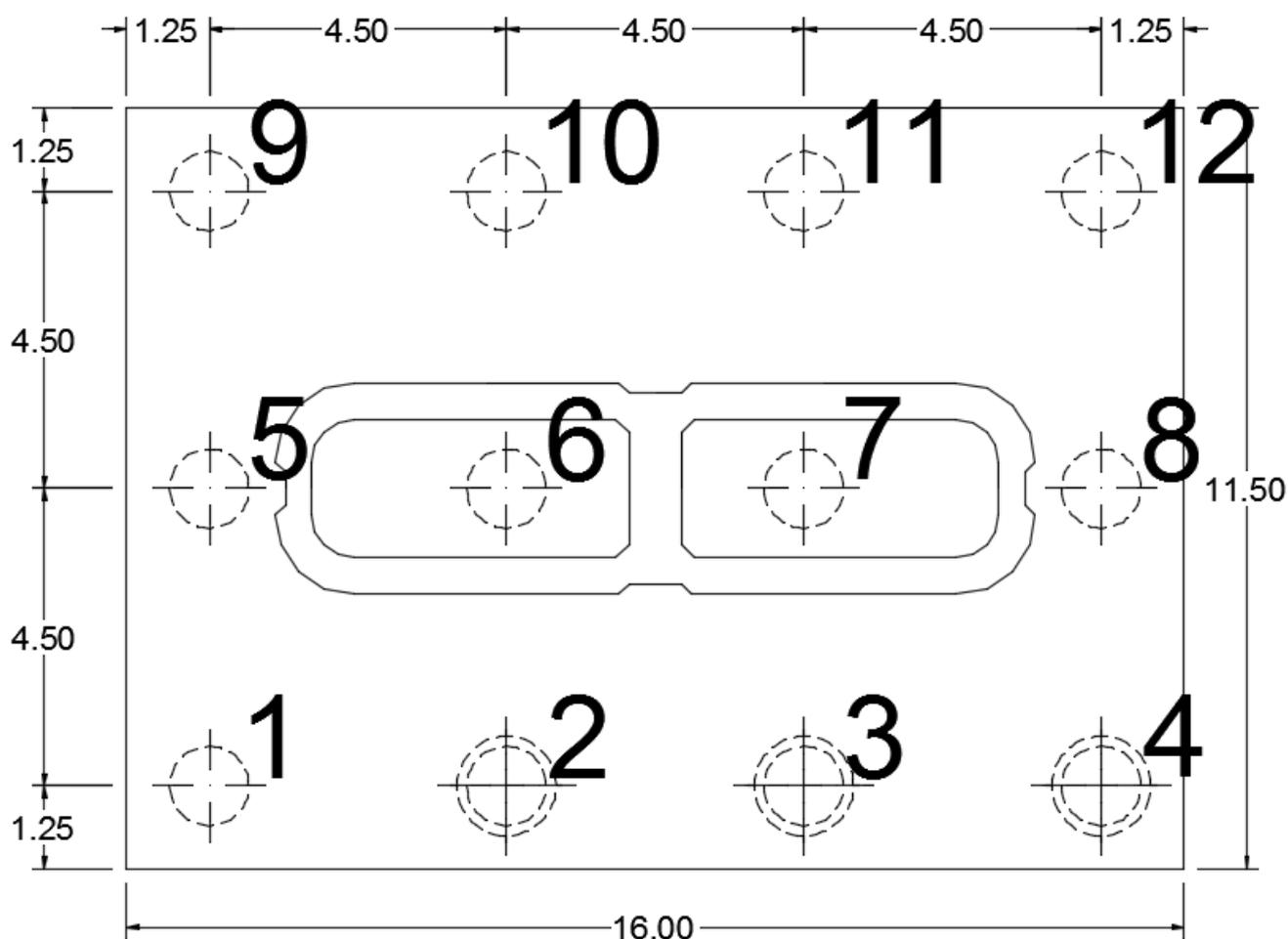
Valori

Infittisci punti

M_{Ed}= 1700 kNm < M_{Rd}=2007 kNm → VERIFICATO

8.4.2 Verifica a taglio

Il dimensionamento viene effettuato considerando come azione di progetto il valore massimo che si ottiene ripartendo lo sforzo normale agente sul generico palo di fondazione per la sua lunghezza di influenza.



Le zone verificate sono 2:

- 1- Zona longitudinale: Dimensionamento effettuato considerando il carico massimo del palo nr.2 più il 50% del carico massimo del palo 1
- 2- Zona trasversale: Dimensionamento effettuato considerando il carico massimo del palo nr.5 più il 50% dei carichi massimi dei pali nr.1 e nr.9

Zona longitudinale

$P_{max} = 11123 \text{ kN}$

al ml: $P_{max} = 11123 / 4.5 = 2475 \text{ kN/m}$

Verifica a Taglio soletta con armature aggiuntive secondo DM 14.01.2008

$R_{ck} =$	30 N/mm ²	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²	
$f'_{cd} =$	8 N/mm ²	resistenza a compressione ridotta
$\alpha_c =$	1	coefficiente = 1 in quanto sforzo normale assente
$f_{yd} =$	391.3 N/mm ²	resistenza armatura aggiuntiva a taglio
$h =$	200.0 cm	altezza della trave
$c =$	5.0 cm	copriferro armatura superiore
$d =$	195 cm	altezza utile delle sezione
$b_w =$	100 cm	
$\phi =$	16 mm	diametro dell'armatura aggiuntiva
n braccia =	4	ferri a pettine passo 25 cm
$A_{sw} =$	8.04 cm ² /m	area delle armature trasversali a ml di soletta
$s =$	25 cm	interasse meccanismo resistente del traliccio
$\alpha =$	90 °	inclinazione armatura aggiuntiva: 90° ferri pettine, 45° piegati
$\alpha =$	1.57 rad	

Il valore di θ che uguaglia i due contributi di resistenza a taglio trazione V_{sd} e a taglio compressione V_{cd} è

$\theta = 22.92^\circ$ inclinazione dei puntoni d'anima

$V_{rsd} = 5225 \text{ kN}$ taglio trazione

$V_{rcd} = 5225 \text{ kN}$ taglio compressione

$\text{ctg } \theta = 2.37 \Rightarrow$ Valore ammesso dalla Normativa

$V_{rsd} = 5225 \text{ kN}$

$V_{rcd} = 5225 \text{ kN}$

$V_{rd} = \min[V_{rsd}; V_{rdc}] = 5225 \text{ kN}$ tenuto conto delle armature aggiuntive

$V_{ed} = 2475.0 \text{ kN}$ $V_{rd} > V_{ed} \Rightarrow$ verifica soddisfatta

Zona trasversale

$P_{max} = 13702 \text{ kN}$

al ml: $P_{max} = 13702 / 3.2 = 4281 \text{ kN/m}$

Verifica a Taglio soletta con armature aggiuntive secondo DM 14.01.2008

$R_{ck} =$	30 N/mm ²	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²	
$f'_{cd} =$	8 N/mm ²	resistenza a compressione ridotta
$\alpha_c =$	1	coefficiente = 1 in quanto sforzo normale assente
$f_{yd} =$	391.3 N/mm ²	resistenza armatura aggiuntiva a taglio
$h =$	200.0 cm	altezza della trave
$c =$	5.0 cm	copriferro armatura superiore
$d =$	195 cm	altezza utile delle sezione
$b_w =$	100 cm	
$\phi =$	16 mm	diametro dell'armatura aggiuntiva
n braccia =	4	ferri a pettine passo 25 cm
$A_{sw} =$	8.04 cm ² /m	area delle armature trasversali a ml di soletta
$s =$	25 cm	interasse meccanismo resistente del traliccio
$\alpha =$	90 °	inclinazione armatura aggiuntiva: 90° ferri pettine, 45° piegati
$\alpha =$	1.57 rad	

Il valore di θ che uguaglia i due contributi di resistenza a taglio trazione V_{sd} e a taglio compressione V_{cd} è

$\theta = 22.92^\circ$ inclinazione dei puntoni d'anima

$V_{rsd} = 5225 \text{ kN}$ taglio trazione
 $V_{rcd} = 5225 \text{ kN}$ taglio compressione

$\text{ctg } \theta = 2.37 \Rightarrow$ Valore ammesso dalla Normativa

$V_{rsd} = 5225 \text{ kN}$
 $V_{rcd} = 5225 \text{ kN}$

$V_{rd} = \min[V_{rsd}; V_{rdc}] = 5225 \text{ kN}$ tenuto conto delle armature aggiuntive

$V_{ed} = 4281.0 \text{ kN}$ $V_{rd} > V_{ed} \Rightarrow$ verifica soddisfatta

Le verifiche a taglio risultano essere soddisfatte.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	138 di 157

Si riassumono le caratteristiche del plinto di fondazione P18.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Lunghezza = 16.5 m

Largezza = 12.0 m

Altezza = 2.5 m

ARMATURA LONGITUDINALE

Lembo superiore : 1 ϕ 26/200

Lembo inferiore : 1 ϕ 26/100 + 1 ϕ 24/100

ARMATURA TRASVERSALE

Lembo superiore : 1 ϕ 26/200

Lembo inferiore : 1 ϕ 26/100

ARMATURA A TAGLIO

Maglia ϕ 16/250x250

8.4.3.2 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

In direzione longitudinale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo: QUASI PERMANENTE_M22max

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	5
2	45.24	190
3	53.09	195

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 0 0 kN
 M_{xEd}: 2*100 2100 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 394.7 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.974 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

σ_c: -3.617 N/mm²
 σ_s: 124.4 N/mm²
 ε_s: 0.622 ‰
 d: 195 cm
 x: 59.21 x/d: 0.3036
 δ: 0.8196

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

$$\sigma_c = 3.6 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 24.9 = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

$$\sigma_s = 124.4 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

In direzione trasversale all'asse dell'impalcato la verifica è la seguente:

Titolo : QUASI PERMANENTE_M11max

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	5
2	53.09	195

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="1'300"/>	<input type="text" value="1300"/>	kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f _{yd} <input type="text" value="394.7"/> N/mm²	ε _{cu} <input type="text" value="3.5"/>
E _s <input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f _{cd} <input type="text" value="14.17"/>
E _s /E _c <input type="text" value="15"/>	f _{cc} /f _{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ε _{syd} <input type="text" value="1.974"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="9.75"/>
σ _{s,adm} <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ _{co} <input type="text" value="0.6"/>
	τ _{c1} <input type="text" value="1.829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso

$$\sigma_c = 2.7 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 24.9 = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = 135 \text{ N/mm}^2 < 0.75 f_{yk} = 0.75 \times 450 = 337.5 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

→ VERIFICATO



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
RADDOPPIO DELLA TRATTA BICOCCA – CATENANUOVA
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	143 di 157

8.4.3.3 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazioni vengono svolte considerando una condizione ambientale aggressiva e un'armatura poco sensibile agli effetti della corrosione; conseguentemente i limiti di apertura delle fessure risultano essere:

Comb. RARA < 0.2 mm

Comb. FREQUANTE < 0.3 mm

Comb. QUASI PERMANENTE < 0.2mm

La verifica secondo combinazione rara è la più severa poiché ad essa corrispondono valori di sollecitazione più elevati e un limite di apertura di fessure minore, al pari della combinazione quasi permanente. Per questo motivo la verifica a fessurazione viene svolta solo per la combinazione rara. I casi analizzati sono quattro, due per ogni direzione principale considerando i momenti massimi di combinazione che tendono rispettivamente i lembi inferiore e superiore del plinto.

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	144 di 157

1) DIREZIONE LONGITUDINALE: Lembo inferiore teso

$$M_{\max} = 4000 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.50 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	5.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	20.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	59.63 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	104.67 cm
asse neutro x	$y_n =$	59.63 cm
braccio coppia interna	$z =$	175.12 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	35270730 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	83563497 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	269098 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	224248 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	156974 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	22.51 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2251 cm ²
<u>Verifica: combinazione rara</u>		
	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{\text{rm}} =$	11.36 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\varepsilon_{\text{sm}} =$	0.00094
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.11 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1\text{adm}} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.18 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{\text{adm}}$

2) DIREZIONE LONGITUDINALE: Lembo superiore teso

$$M_{\max} = 700 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	20.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.50 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	5.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	26.56 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	95.33 cm
asse neutro x	$y_n =$	26.56 cm
braccio coppia interna	$z =$	186.15 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	12601743 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	83563497 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	245063 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	204219 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	142953 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	23.20 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2320 cm ²

Verifica: combinazione rara

	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{\text{rm}} =$	22.77 cm

Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{\text{sm}} =$	0.00027
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.06 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1\text{adm}} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.11 mm

3)DIREZIONE TRASVERSALE: Lembo inferiore teso

$$M_{\max} = 2350 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	10.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	20.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	45.39 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	101.78 cm
asse neutro x	$y_n =$	45.39 cm
braccio coppia interna	$z =$	179.87 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	21583197 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	77442381 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	242046 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	201705 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	141194 daN m
	$b_{\text{eff}} =$	100 cm
	$d_{\text{eff}} =$	23.20 cm
Area efficace	$A_{\text{eff}} =$	2320 cm ²
<u>Verifica: combinazione rara</u>		
	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{rm} =$	15.08 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{sm} =$	0.00075
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.11 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1adm} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.192 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{adm}$

4) DIREZIONE TRASVERSALE: Lembo superiore teso

$$M_{\max} = 800 \text{ kNm/m}$$

Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

diametro medio barre tese	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre tese	$f_c =$	20.00 cm
diametro medio barre compresse	$\Phi_t =$	2.60 cm
interasse medio barre compresse	$f_c =$	10.00 cm
baric. sez.fess.dal lembo inferiore	$y_{gf} =$	30.18 cm
baric. sez. int. reag. dal lembo inf.	$y_g =$	98.22 cm
asse neutro x	$y_n =$	30.18 cm
braccio coppia interna	$z =$	184.94 cm
Momento d'inerzia sezione fessurata	$I_f =$	12232767 cm ⁴
Momento d'inerzia sez.interamente reagente	$I_i =$	77442381 cm ⁴
Momento di prima fessurazione a flessione	$M_{1f} =$	233562 daN m
Momento di prima fessurazione a trazione	$M_{1t} =$	194635 daN m
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	136244 daN m
	$b_{eff} =$	100 cm
	$d_{eff} =$	23.20 cm
Area efficace	$A_{eff} =$	2320 cm ²

Verifica: combinazione rara

	$k_2 =$	0.4
	$k_3 =$	0.125
	$\beta_1 =$	1
	$\beta_2 =$	0.5
Distanza media tra le fessure	$s_{rm} =$	22.77 cm
Deformazione media nel c.l.s	$\epsilon_{sm} =$	0.00031
APERTURA MEDIA DI FESSURA	$W_m =$	0.07 mm
VALORE DI CONFRONTO	$W_{1adm} =$	0.20 mm
APERTURA CARATTERISTICA DI FESSURA	$W_k =$	0.12 mm

VERIFICA SODDISFATTA IN QUANTO $W_k < W_{adm}$

9 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE – P18

9.1 Riepilogo carichi sui pali

	N_{min} (kN)	N_{max} (kN)	H_{max} (kN)
SLE Q.P.	3096	3096	0
SLE FREQUENTE	2575	4205	125
SLE RARA	1976	5099	220
SLU STR	1980	6823	326
SLV ($q = 1.5 - \gamma_{Rd} = 1.1$)	-1001	7452	869

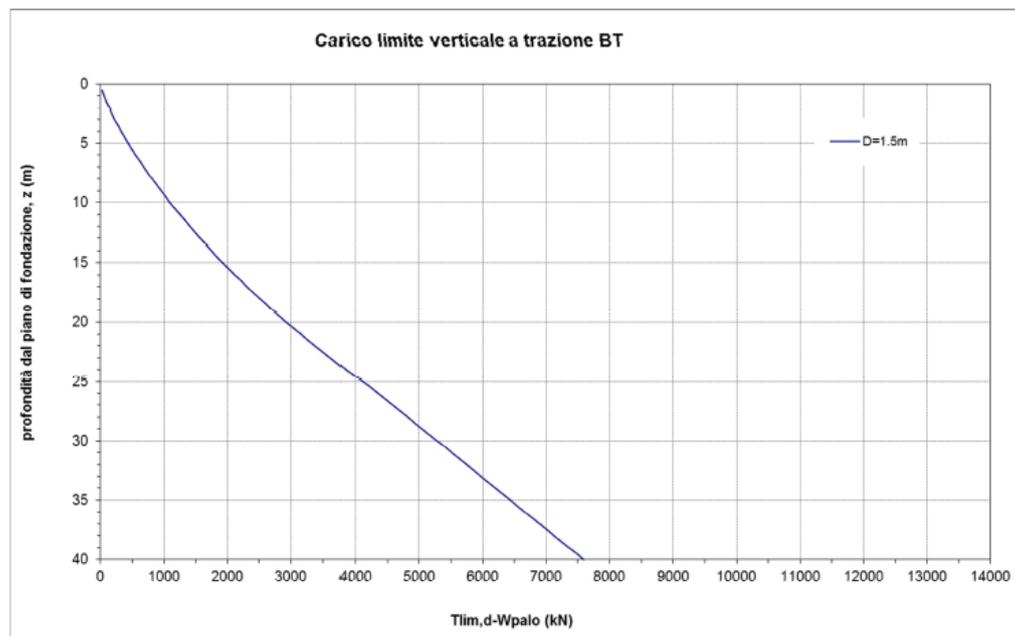
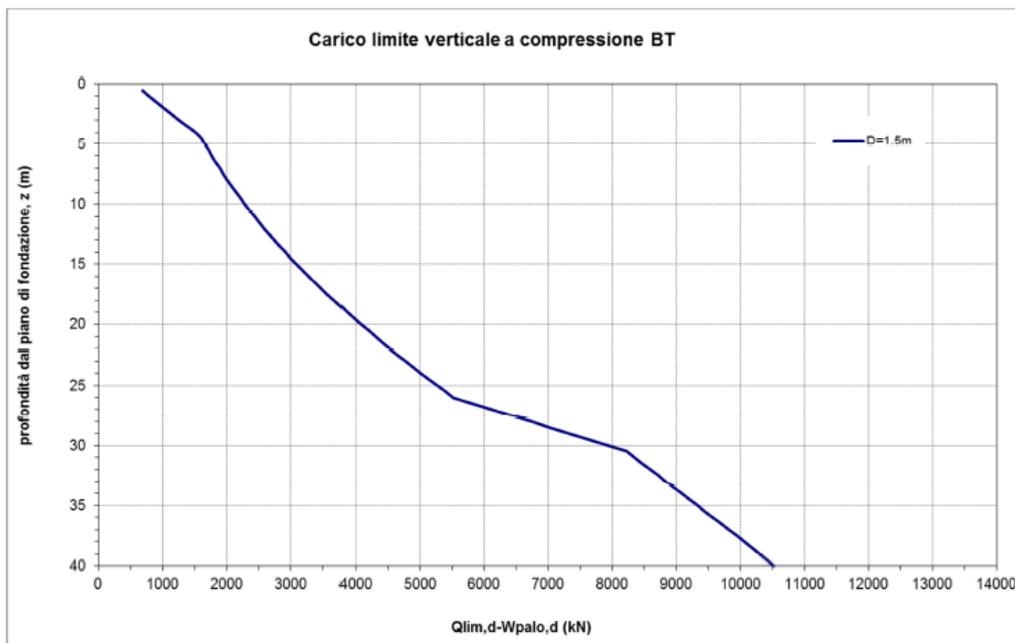
9.2 Verifica capacità portante verticale palo

Il carico totale viene confrontato con la curva di capacità portante. Le curve comprendono già il peso proprio del palo e partono dalla quota testa palo. Per le verifiche seguenti si useranno le sollecitazioni massime tra le combinazioni SLU e SLV (fattore di struttura 1.5 e coefficiente di sovreresistenza 1.1).

Opera	Binario	Pila	N_{min} (kN)	N_{max} (kN)	L_{palo} (m)
VI02	Entrambi	P18	-1001	7452	40

VI02

Da P18 a SpB



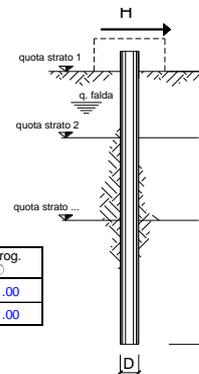
9.3 Verifica palo per forze orizzontali

Viadotto	Binario	Opera	Pila/Spalla	γ_t	φ'	cu	n°vert	q.ta falda	Hsd	My	Hrd	c.r.
-	-	-	-	kN/m	°	kPa	-	m	kN	kNm	kN	-
VI02		Pile	Pila 18	20.5	32	-	2	0	869	5265	1000	0.87

9.3.1 Capacità portante orizzontale (Broms)

coefficienti parziali			A		M			R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_f	γ_{cu}	γ_T	
			γ_G	γ_Q				
SUU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60	
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30	
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30	
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista			<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.30	

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ (°)	Parametri medi		Parametri minimi	
						k_p	c_u (kPa)	φ (°)	k_p
p.c.=strato 1		100.00	20.5	10.5	32	3.69		32	3.69
<input type="checkbox"/> strato 2						1.00			1.00
<input type="checkbox"/> strato 3						1.00			1.00
<input type="checkbox"/> strato 4						1.00			1.00
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00

Quota falda 100.00 (m)
 Diametro del palo D 1.50 (m)
 Lunghezza del palo L 30.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 5'265.95 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl++)

	H medio		H minimo	
Palo lungo	2'681 (kN)		2'681 (kN)	
Palo intermedio	18'236 (kN)		18'236 (kN)	
Palo corto	69'201 (kN)		69'201 (kN)	
	H_{med} 2'681 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2'681 (kN)	Palo lungo
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		1'625 (kN)	
	Coefficiente di gruppo palificata: k =		0.8 (-)	
	$H_d = (H_k \cdot \gamma_T) \cdot k$		1'000 (kN)	
	Carico Assiale Permanente (G):	G =	869 (kN)	
	Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0 (kN)	
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		869 (kN)	
	c.s. = $H_d / F_d =$		1.15 (-)	

9.4 Resistenza strutturale

Per le verifiche seguenti si useranno le sollecitazioni massime tra le combinazioni SLU e SLV (fattore di struttura 1.5 e coefficiente di sovraresistenza 1.1).

Verifica Strutturale palo

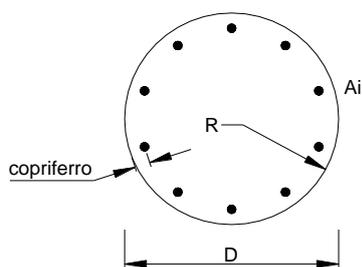
	Mp-testa	Hp max	Hp max/k	Mp max	Mrd	c.s.(>1)
SLU	0	326	407.5	1259.175	5265	4.2
SLV	0	869	1086.25	3356.513	5265	1.6

Costante elastica - Matlock Reese $\alpha = M_p / H_p$ **3.09**

Coefficiente di gruppo k **0.8**

Taglio massimo palo (con coeff di gruppo) $H_p \max / k$

Momento elastico sul palo (con coeff di g $M_p \max = (H_p \max / k) * \alpha$

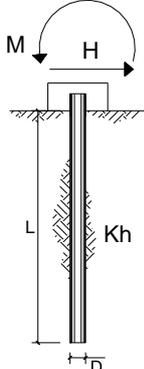


Armature

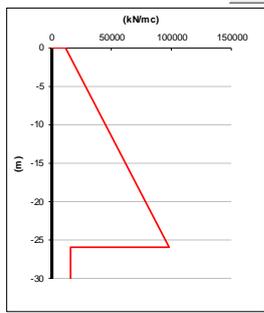
numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
33	ϕ 30	23326.33	50

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	152 di 157



scala grafico



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	Ls	0.00	11'667	5'000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	Ag	-26.00	15'633	
<input type="checkbox"/> strato 3				
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo: 1.5 (m)

J palo: 0.24850 (m⁴)

Lunghezza del palo: 40 (m)

Forza orizzontale in testa: 1000 (kN)

Momento in testa: 0 (kNm)

E cls: 31476 (Mpa)

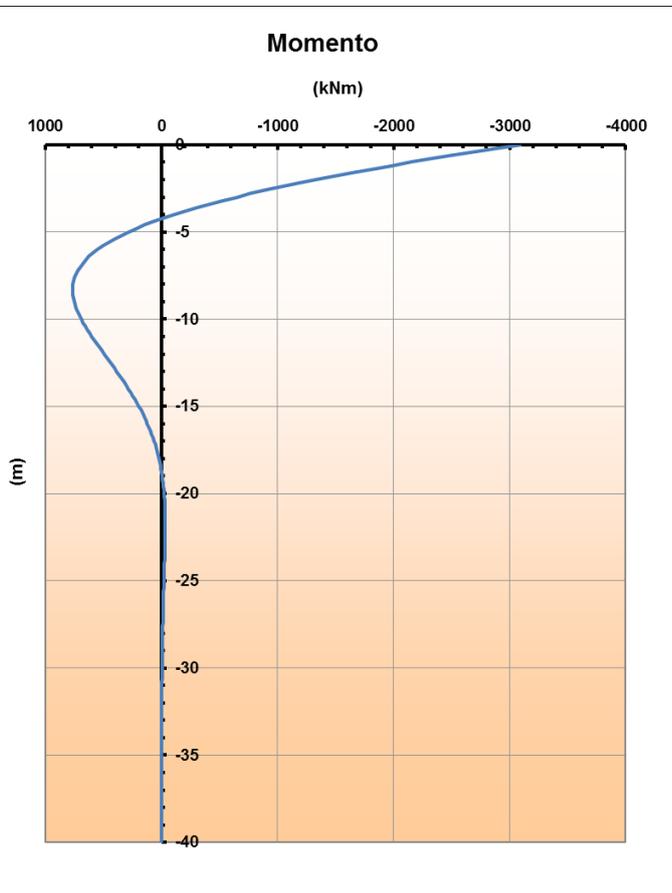
dimensione elementi: 0.2 (m)

palo impedito di ruotare

palo impedito di traslare

palo libero

Calcolo
(ctrl+v)



9.4.1 Taglio strutturale

Verifica a taglio elemento palo

d_{palo}	150 cm	
f_{yd}	39.13 kN/cm ²	
R_{ck}	30 N/mm ²	
f_{ck}	25 N/mm ²	
f_{cd}	14.2 N/mm ²	1.42 kN/cm ²
α_c	0.85	
γ	1	

	cotθ	d [cm]	Armatura a taglio	(A _{sw} /s)	V _{Rsd}	V _{Rcd}	V _{Rd}	SLU	SLV	c.s.	VRd/Tmax
				[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	T _{max} [kN]	T _{max} [kN]		
VI02 - Spalla A	1	117	Φ 16 / s= 15 cm	2.68	1106	4763	1106	408	1086	0.98	1.02

OK

9.5 Verifiche SLE

Verifiche SLE palo

	Mp-testa	Hp max	Hp max/k	Mp max
SLE_qp	0	0	0	0
SLE_frequente	0	125	156	483
SLE_rara	0	220	275	850

Costante elastica - Matlock Reese $\alpha = M_p / H_p$ 3.09
 Coefficiente di gruppo k 0.8
 Taglio massimo palo (con coeff di gruppo) Hp max /k
 Momento elastico sul palo (con coeff di g Mp max=(Hp max /k)* α

Per le verifiche a SLE oltre alle verifiche a fessurazione, si eseguono le verifiche sulle tensioni del calcestruzzo e acciaio, seguendo quanto indicato dalle istruzioni RFI e NTC. Si riporta il riferimento normativo e successivamente le verifiche.

2.5.1.8.3.2.1 Valori limite delle tensioni

Strutture in C.A.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- Per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- Per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- Per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

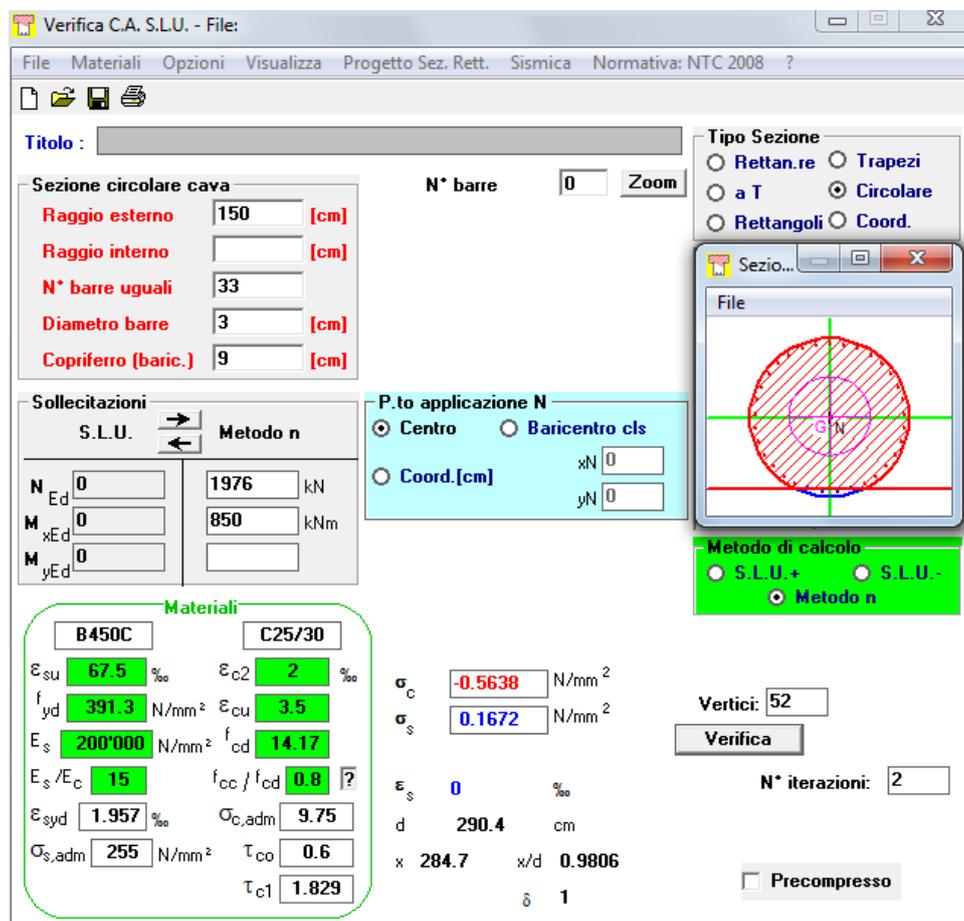
Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

SLE rara:

Si riporta di seguito la verifica eseguita per la combinazione agli stati limite di esercizio rara, quindi verificando sia le massime tensioni di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio.

Minimo Sforzo normale e Massimo Momento



Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 150 [cm]
Raggio interno: _____ [cm]
N° barre uguali: 33
Diametro barre: 3 [cm]
Copriferro (baric.): 9 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 1976 kN
M_{xEd}: 0 850 kNm
M_{yEd}: 0 _____

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN: 0
yN: 0

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -0.5638 N/mm²
 σ_s : 0.1672 N/mm²
 ϵ_s : 0 ‰
d: 290.4 cm
x: 284.7 w/d: 0.9806
 δ : 1

Vertici: 52
Verifica
N° iterazioni: 2
 Precompresso

Massimo Sforzo normale e Massimo Momento

RELAZIONE DI CALCOLO PILE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 001	A	156 di 157

$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Concrete Young modulus
$E_s =$	210000 N/mm ²	Steel Young modulus
$f_{ctm} =$	2.56 N/mm ²	

Section characteristic

Deck slab height	$h =$	150 cm
Cover from bars in tension	$c =$	9 cm
Effective height	$d =$	141 cm
Width	$b =$	150 cm
Cover from bars in compression	$c' =$	9 cm

Calculation of crack widths

The calculation of the crack width w_k , is calculated from expression 7.8 according to EN1992-1-1 §7.3.4

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

where:

$s_{r,max}$	is the maximum crack spacing
ϵ_{sm}	is the mean strain in the reinforcement under the relevant combination of loads, including effect of imposed deformations and taking into account the effects of tension stiffening. Only the additional tensile strain beyond the state of zero strain of the concrete at the same level is considered
ϵ_{cm}	is the mean strain in the concrete between cracks

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

where:

stress in the tension reinforcements assuming a cracked section	$\sigma_s =$	0.16 N/mm ²	(SLS combination - cautelatively value)
Ratio E_s/E_{cm}	$\alpha_e =$	6.67	
Effective height of the concrete	$h_{c,eff} =$	22.50 cm	
Effective area of concrete in tension surrounding the reinforcements	$A_{c,eff} =$	3375 cm ²	
Factor dependent on the duration of the load	$k_1 =$	0.4	
	$\rho_{p,eff} =$	0.01398	
	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	-0.00038	< 0.00000
	\rightarrow	0.00000	

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

where:

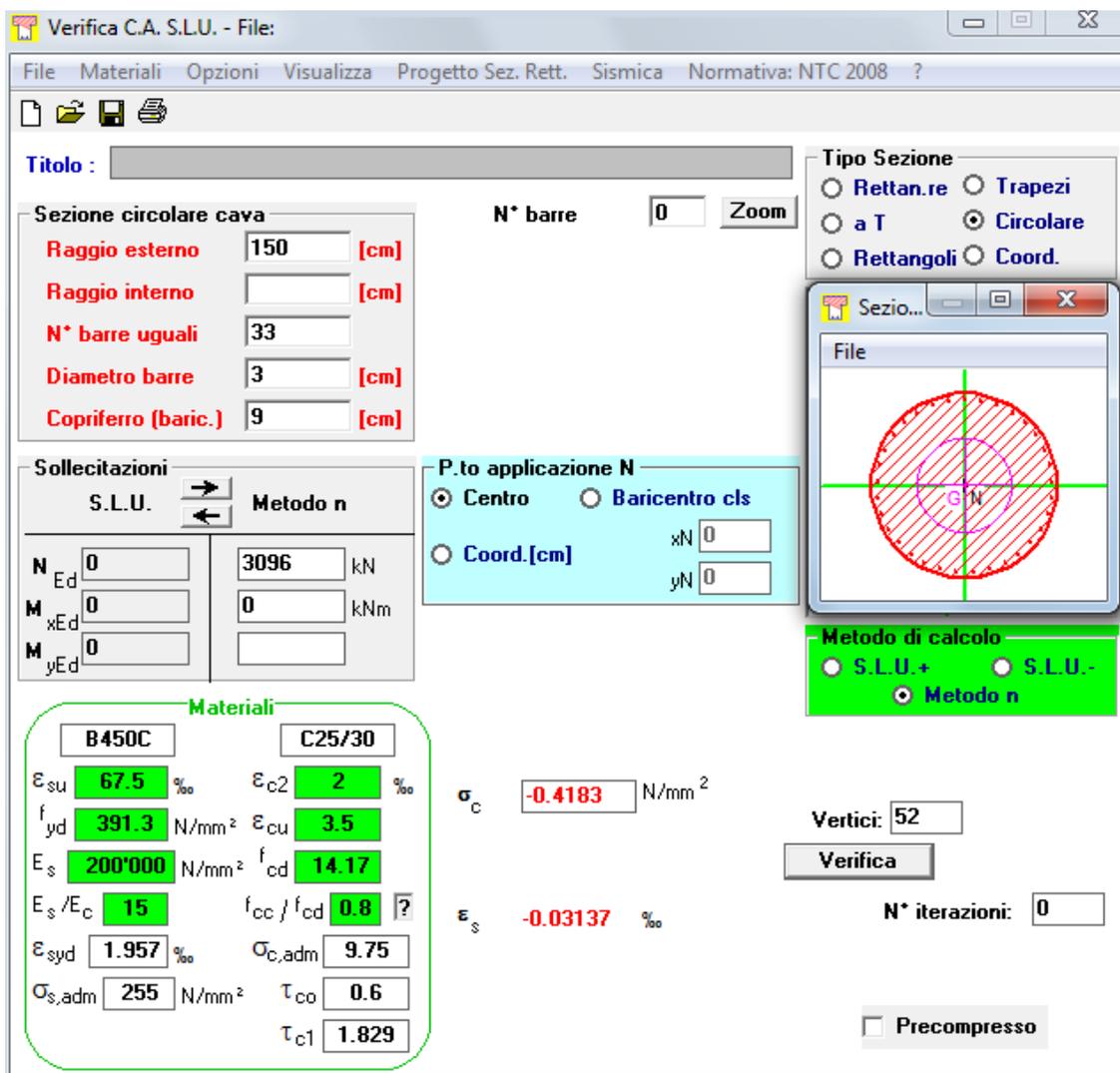
Bar diameter	$\Phi_{eq} =$	30 mm
	$K_1 =$	0.8
	$K_2 =$	0.5
	$K_3 =$	3.400 (BS NA EN 1992-1-1)
	$K_4 =$	0.425 (BS NA EN 1992-1-1)
	$s_{r,max} =$	619.76 mm

Crack width

$w_k =$	0.000 mm	
$w_{k,lim} =$	0.20 mm	OK!

SLE quasi permanente:

Si riporta di seguito la verifica per la combinazione agli stati limite di esercizio quasi permanente, quindi verificando solo le massime tensioni di compressione sul calcestruzzo.



Verifica C.A. S.LU. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 150 [cm]
- Raggio interno: _____ [cm]
- N° barre uguali: 33
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro (baric.): 9 [cm]

N° barre: 0 **Zoom**

Tipo Sezione:

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. **Metodo n**

N _{Ed}	0	3096	kN
M _{xEd}	0	0	kNm
M _{yEd}	0		

P.to applicazione N

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo:

- S.L.U.+
- S.L.U.-
- Metodo n

Materiali

B450C		C25/30	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm ²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200'000 N/mm ²	f _{cd}	14.17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	9.75
σ _{s,adm}	255 N/mm ²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

σ_c -0.4183 N/mm²

ε_s -0.03137 ‰

Vertici: 52

Verifica

N° iterazioni: 0

Precompresso

$$\sigma_c = 0.42 \text{ N/mm}^2 < 0.40 f_{ck} = 0.40 \times 25 = 10 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO