

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA FIUMEFREDDO–GIAMPILIERI

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

OPERE PRINCIPALI - PONTI E VIADOTTI

Relazione di calcolo pile e plinti di fondazione P9

SCALA:

-

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

RS2S 01 D 09 CL VI0205 004 A

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

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma
N° A20783

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	9
3	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
3.2	ACCIAIO PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	10
4	GEOMETRIA DELLE SPALLE E SISTEMA DI RIFERIMENTO	10
5	ANALISI DEI CARICHI	12
5.1	CARICHI PERMANENTI	12
5.1.1	<i>Peso proprio pila e fondazione.....</i>	<i>12</i>
5.1.2	<i>Carichi permanenti trasmessi dall'impalcato di 40 m</i>	<i>12</i>
5.1.3	<i>Carichi permanenti trasmessi dal ponte da 120 m.....</i>	<i>13</i>
5.2	CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO	13
5.3	AZIONI ORIZZONTALI DA TRAFFICO (FRENATURA/AVVIAMENTO, CENTRIFUGA, SERPEGGIO)	15
5.4	CARICO DA VENTO.....	16
5.5	AZIONE SISMICA	19
5.6	RIEPILOGO DEI CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO.....	21
5.7	FORZE INERZIALI	22
6	COMBINAZIONE DEI CARICHI	23
6.1	COEFFICIENTI PER LE COMBINAZIONI DI CARICO – SLU.....	26
6.2	COEFFICIENTI PER LE COMBINAZIONI DI CARICO – SISMA	27
6.3	COEFFICIENTI PER COMBINAZIONI – SLE.....	30
7	ANALISI MODALE	31
8	VERIFICHE FUSTO PILA	38

8.1	FUSTO DI PILA SEZIONE 2	39
8.1.1	<i>Sollecitazioni a quota estradosso fondazioni (sezione 2)</i>	39
8.1.2	<i>Verifiche a pressoflessione alla base</i>	41
8.1.3	<i>Verifiche a taglio alla base</i>	44
8.1.4	<i>Verifiche agli SLE</i>	53
8.2	FUSTO DI PILA SEZIONE 1	55
8.2.1	<i>Sollecitazioni a quota estradosso fondazioni (sezione 1)</i>	55
8.2.2	<i>Verifiche a pressoflessione alla base</i>	57
8.2.3	<i>Verifiche a taglio alla base</i>	60
8.2.4	<i>Verifiche agli SLE</i>	69
9	AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO	71
10	INCIDENZA PILA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

1 PREMESSA

1.1 Scopo del documento

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) della pila P9 del viadotto ferroviario VI02 della tratta ferroviaria Fiumefreddo - Giampileri, viadotto ferroviario previsto dal progetto definitivo per il raddoppio di tale linea.

Per le ipotesi assunte nel calcolo si rimanda alla parte generale della relazione di calcolo, di cui la presente costituisce un allegato, e alla parte relativa alla sovrastruttura.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

1.2 Descrizione dell'opera

L'opera in oggetto è costituita da un plinto di fondazione, da un fusto di pila e un ringrosso alla base.

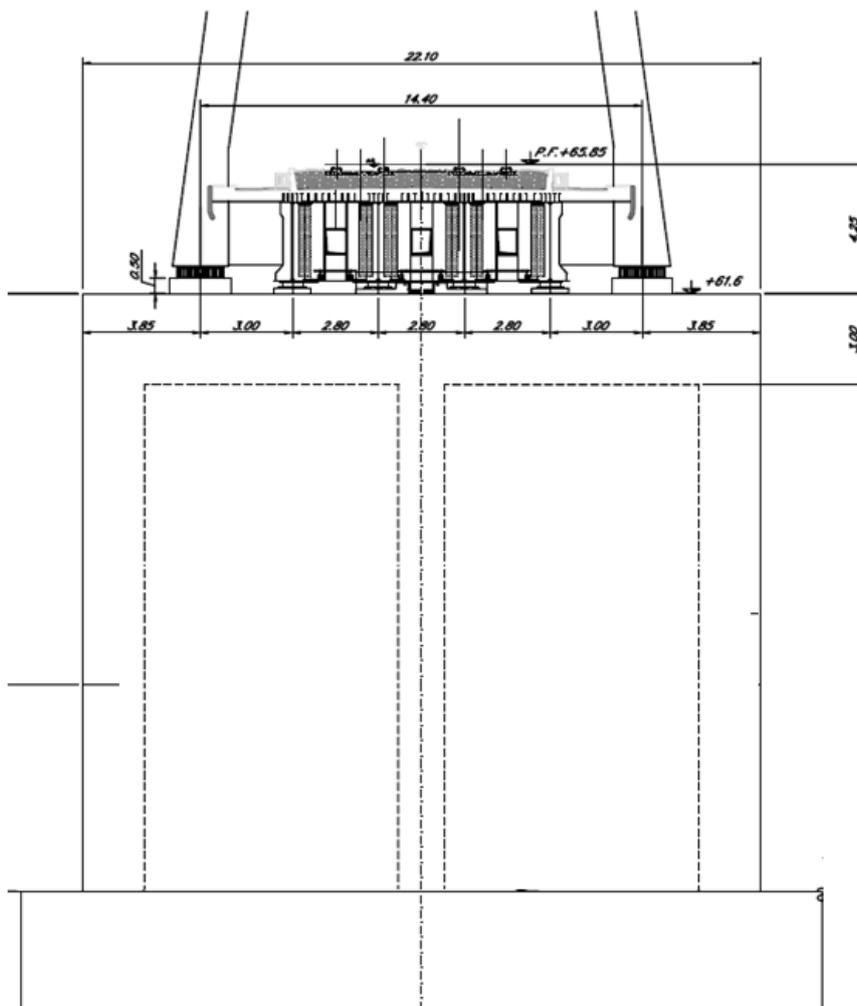
La base della pila è costituita da un plinto spesso 4 m e presenta dimensioni in pianta pari a 21 m x 21.8 m questo elemento è fondato su una fondazione a pozzo.

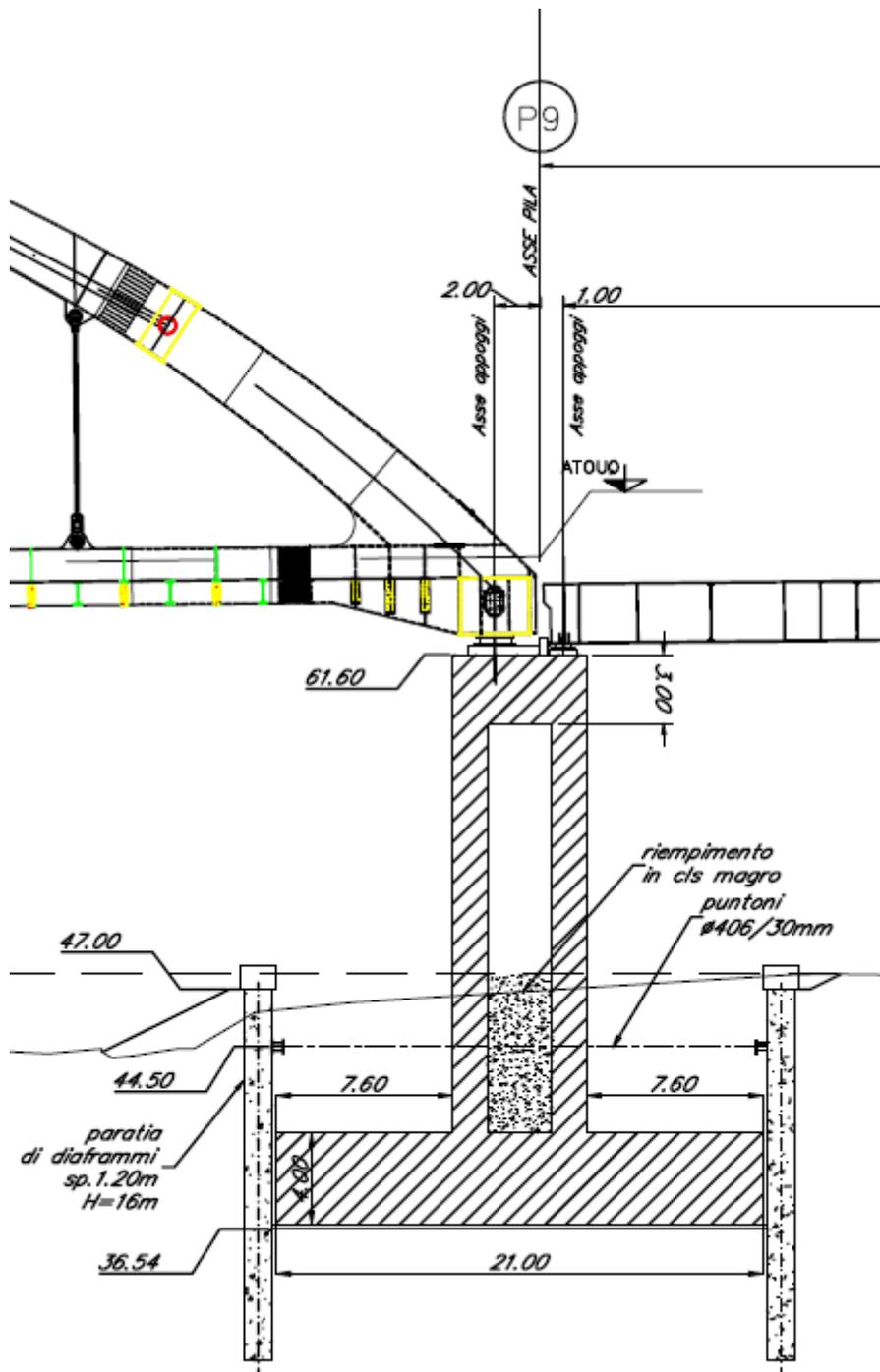
Le pile oggetto di studio sono costituite da un singolo fusto a sezione rettangolare 22.1 x 5.8 m. La sezione della pila è tricellulare con spessore in una direzione di 1.5 metri e nell'altra 2 metri, il setto centrale è di spessore 1.5 metri. Questa geometria è mantenuta costante per tutta l'altezza del fusto.

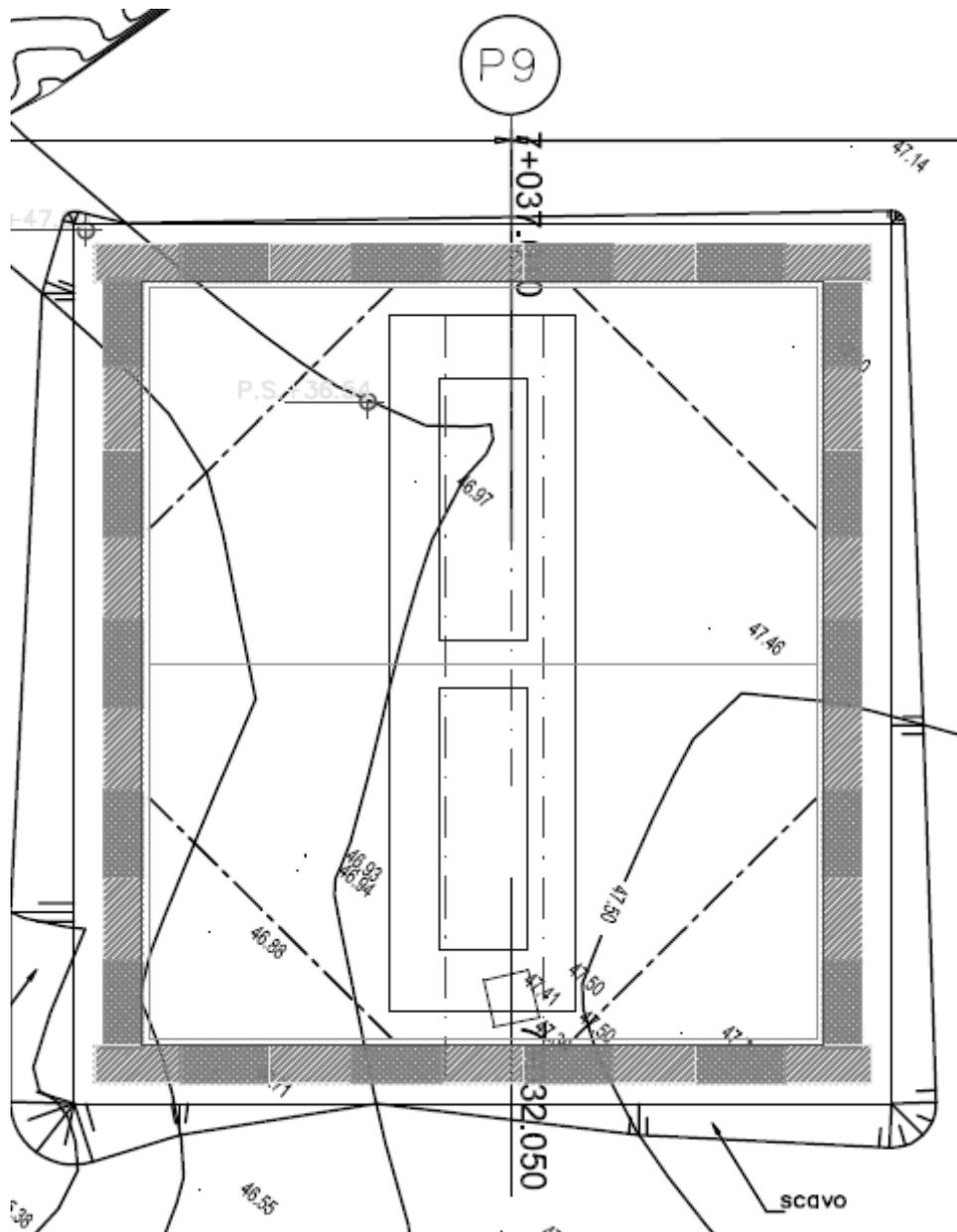
Nella parte sommitale del fusto è presente un pulvino di spessore 3 metri che esternamente segue la geometria del fusto. Su questo elemento sono disposti gli apparecchi di appoggio e i ritegni sismici dei due impalcati: impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo di luce 40 metri; impalcato ad arco interamente in acciaio di luce 120 metri.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	5 di 74







Nella tabella seguente si riassume come la tipologia di apparecchi di appoggio per ogni impalcato.

Impalcato luce 40 m	
Numero appoggi	4
Appoggio 1 – di estremità lato binario pari	Appoggio mobile
Appoggio 2 – centrale lato binario pari	Appoggio fisso
Appoggio 3 – centrale lato binario dispari	Appoggio fisso
Appoggio 4 – di estremità lato binario dispari	Appoggio mobile
Impalcato 120 m (ponte ad arco a via inferiore)	
Numero appoggi	2
Appoggio 1 – di estremità lato binario pari	Appoggio unidirezionale (scorrevole in senso longitudinale)
Appoggio 2 – di estremità lato binario dispari	Appoggio multidirezionale

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- 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)
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005

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 C32/40 (impiegato per il fusto delle pile e per le spalle)

$$f_{ck}=40 \times 0.83 = 33.2 \text{ MPa}$$

$$f_{cm}= f_{ck}+8 = 41.2 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm}= 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 3.57 \text{ MPa}$$

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

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

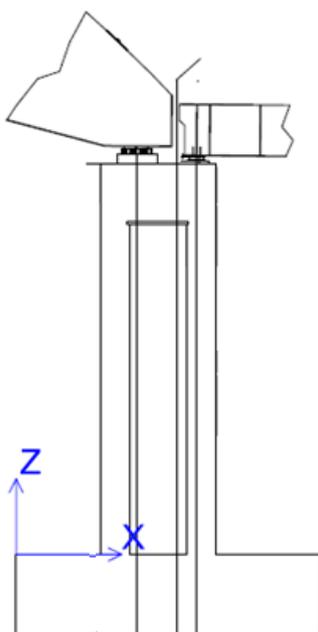
$$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2 \quad f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$$

Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.15$$

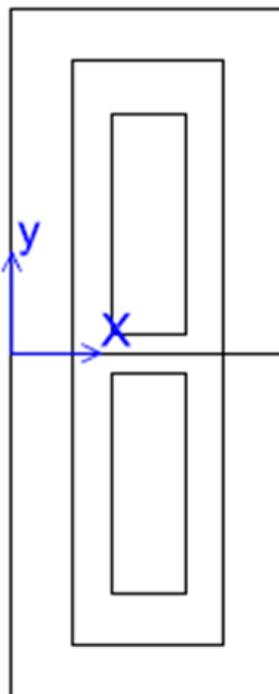
4 GEOMETRIA DELLE SPALLE E SISTEMA DI RIFERIMENTO

Di seguito è indicato uno schema qualitativo della geometria della pila, utile alla lettura della tabella successiva. I dati presenti in tabella, indicanti il peso di ciascun elemento costituente, fanno riferimento all'effettiva carpenteria della spalla come definita negli elaborati grafici.



RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	11 di 74



Descrizione	Quantità	Lx	Ly	Lz	Volume [m3]	γ [KN/m3]	Peso singolo elemento [KN]	Peso totale [KN]
Pulvino	1	5.8	22.1	3.0	385.2	25.0	-9630.1	-9630.1
	Quantità	Area		Lz	Volume [m3]	γ [KN/m3]	Peso singolo elemento [KN]	Area
Fusto	1	81.7		17.9	1462.4	25.0	-36560.8	-36560.8
Fusto - porzione superiore	1	81.7		7.5	608.7	25.0	-15216.6	-15216.6

5 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi gravanti sulla pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dagli impalcato 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 e tecnica. 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 e sulle fondazioni.

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.

5.1 Carichi permanenti

5.1.1 *Peso proprio pila e fondazione*

Nei carichi permanenti strutturali sono compresi il peso proprio della pila e della fondazione (calcolati considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25 kN/m^3). I pesi così calcolati sono già stati riportati in precedenza.

5.1.2 *Carichi permanenti trasmessi dall'impalcato di 40 m*

Di seguito si riportano le risultanti dei carichi permanenti strutturali e non strutturali trasmessi al piano appoggi dall'impalcato in corrispondenza del lato fisso con gli appoggi fissi. I seguenti carichi non sono combinati con alcun coefficiente.

	Fz	Mx
	[kN]	[kNm]
G1 impalcato	-3776.1	-0.2
G2 impalcato	-3765.9	1.2
<i>Da applicare al baricentro degli appoggi</i>		

5.1.3 Carichi permanenti trasmessi dal ponte da 120 m

Di seguito si riportano le risultanti dei carichi permanenti strutturali e non strutturali trasmessi al piano appoggi dall'impalcato in corrispondenza del lato fisso con gli appoggi fissi. I seguenti carichi non sono combinati con alcun coefficiente.

	Fz	Mx
	[kN]	[kNm]
G1 impalcato	-10102.8	-10.4
G2 impalcato	-7994.9	-11.0
<i>Da applicare al baricentro degli appoggi</i>		

5.2 Carichi verticali da traffico

La spalla è stata progettata considerando le massime sollecitazioni dovute al carico da traffico (modelli LM71 e/o SW/2) trasmesse dall'impalcato, ipotizzando la contemporaneità della massima risultante verticale ed il massimo momento trasversale risultante sul piano appoggi. Considerando anche la possibile contemporaneità dei carichi su entrambi i binari.

Per la descrizione dei modelli di carico da traffico, della ripartizione trasversale e longitudinale degli stessi si rimanda agli elaborati di calcolo degli impalcato.

Di seguito si riportano le massime azioni dei carichi da traffico, nel caso di impalcato da 40 e 120 metri rispettivamente.

IMPALCATO 40 metri	LM71PdxM01			
	Nodo	Fx	Fy	Fz
		[kN]	[kN]	[kN]
4001*	0	0	19.49	
4101*	-644.77	29.86	242.58	
4301*	644.77	-77.37	1140.56	
4401*	0	0	759.81	

*4001, 4401 appoggi multi-direzionali e 4101 e 4301 appoggi fissi

IMPALCATO 40 metri	SW2DM01		
Nodo	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]
4001*	0	0	990.36
4101*	849.03	95.91	1270.04
4301*	-849.03	-33.35	313.93
4401*	0	0	11.03

IMPALCATO 120 metri	LM71D_EMIM03		
Nodo	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]
7077*	0	0	3713.70
7677*	0	-26.07	2025.36

*7077 appoggio multi-direzionale, 7677 appoggio unidirezionale

IMPALCATO 120 metri	SW2PM01		
Nodo	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]
7077*	0	0	1924.88
7677*	0	0.31	3861.37

In questo caso è stata considerata la contemporanea presenza sui due binari di un LM71 e di un SW02 che determinano i seguenti carichi (riferiti al punto medio degli appoggi):

IMPALCATO 40 metri	Fy	Fz	Mx
	[kN]	[kN]	[kNm]
LM71 +SW02	-15	-4748	-1085

IMPALCATO 120 metri	Fy	Fz	Mx
	[kN]	[kN]	[kNm]
LM71 +SW02	26	-11525	-1563

5.3 Azioni orizzontali da traffico (frenatura/avviamento, centrifuga, serpeggio)

L'azione laterale associata al serpeggio equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Considerando l'effetto contemporaneo dei due modelli (LM71 e SW02) di carico si assume un valore massimo orizzontale di 210 kN.

5.4 Carico da vento

Il calcolo dell'azione del vento segue quanto indicato nel NTC 2008 al cap. 3.3. Per il calcolo della pressione cinetica ci si è riferiti a una quota da terra pari alla quota della metà della barriera laterale.

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 PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	17 di 74

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	13	< 200 m
		($Z_{min}=4$)	
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	2.55	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica	$q_{p_min}(z)$	1.8	kN/m²

Le forze risultanti dovute all'azione del vento trasversale agente sull'impalcato, trasmesso da quest'ultimo al piano appoggi in sommità del muro di testata sono pari a:

Impalcato 40 m	VENTOdx		
Nodo	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]
4001*	0	0	288.72
4101*	202.84	261.32	41.26
4301*	-202.84	293.43	-28.28
4401*	0	0	-301.70

Impalcato 120 m	VENTO CC:2		
Nodo	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]
7077	0	0	817.647
7677	0	1997.7	-817.647

Riportando i seguenti carichi al centro degli appoggi:

Impalcato 40 m	Fy	Mx
	[kN]	[kNm]
Vento	554	2577

Impalcato 120 m	Fy	Mx
	[kN]	[kNm]
Vento	1997.9	-10303

5.5 Azione sismica

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

Longitudine: 15.24579

Latitudine: 37.81825

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso $CU = 1.5$

Vita nominale $VN = 75$ anni

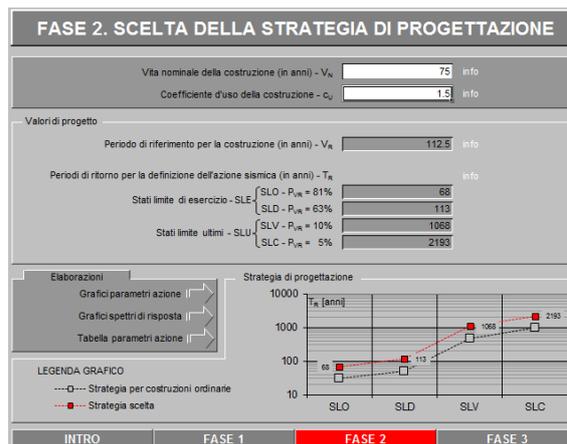
Categoria di suolo: B

Condizione topografica: T1

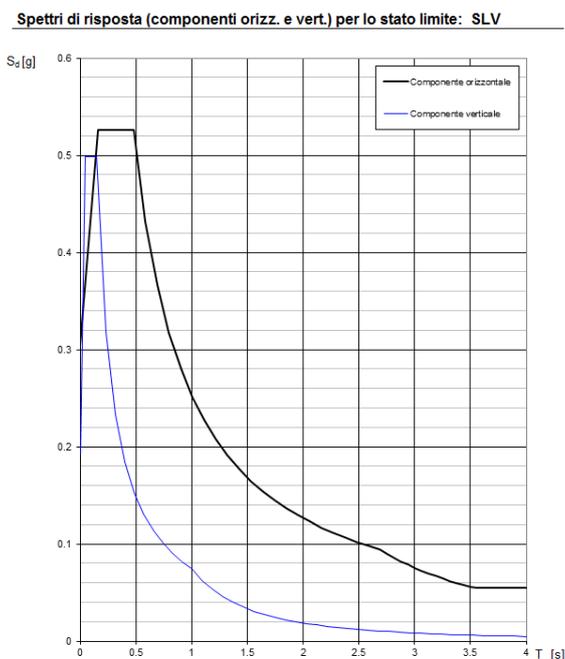
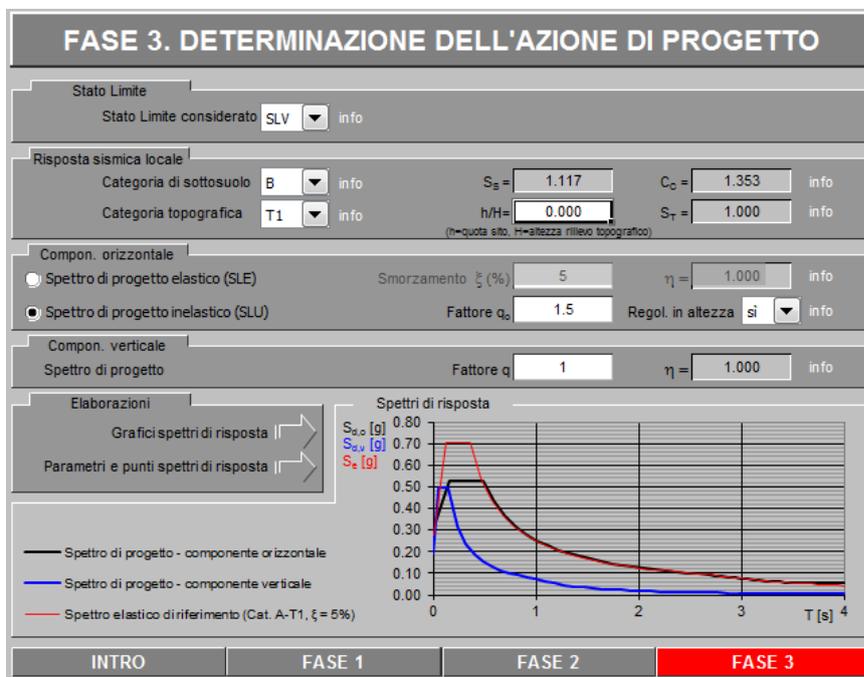
Fattore di struttura $q = 1.5$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :



Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato linSLV

Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLV	T [s]	S_d [g]
a_s	0.273 g	0.000	0.305
F_s	2.589	0.160	0.526
T_c	0.395 s	0.481	0.526
S_B	1.117	0.588	0.432
C_0	1.353	0.591	0.286
S_T	1.000	0.796	0.318
q	1.500	0.902	0.280
		1.007	0.251
		1.112	0.227
		1.218	0.208
		1.323	0.191
		1.428	0.177
		1.533	0.165
		1.639	0.154
		1.744	0.145
		1.849	0.137
		1.955	0.129
		2.060	0.123
		2.165	0.117
		2.270	0.111
		2.376	0.106
		2.481	0.102
		2.586	0.098
		2.692	0.094
		2.794	0.090
		2.816	0.086
		2.878	0.082
		2.941	0.079
		3.003	0.075
		3.065	0.072
		3.128	0.070
		3.190	0.067
		3.252	0.064
		3.315	0.062
		3.377	0.060
		3.438	0.058
		3.502	0.056
		3.564	0.055
		3.626	0.055
		3.688	0.055
		3.751	0.055
		3.813	0.055
		3.875	0.055
		3.938	0.055
		4.000	0.055

Parametri dipendenti	
S	1.117
η	0.667
T_a	0.160 s
T_c	0.481 s
T_0	2.692 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_B \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0.55; \eta - 1 \leq q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_a = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_c = C_0 \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_0 = 4 \cdot 0.2 \cdot T_c / g + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_a$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left[\frac{T}{T_a} + 1 - \frac{T}{T_c} \right]$

$T_a \leq T < T_c$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E$

$T_c \leq T < T_0$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$

$T \geq T_0$ $S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot E \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)^2$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_d(T)$ sostituendo η con ηq , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)

Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci Ex, Ey ed Ez.

5.6 Riepilogo dei carichi trasmessi dall'impalcato

Sono qui riassunte tutte le azioni trasmesse dagli impalcato alla pila in corrispondenza del piano appoggi alla quota di sommità del pulvino.

Elemento		Componenti risultante			
		Fy [kN]	Fx [kN]	Fz [kN]	Mx_appoggi
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	0	-10103	-10
	Permanenti impalcato G2	1	0	-7995	-11
	Frenatura/Avviamento	0	0	0	0
	Vento trasversale	1998	0	0	-10304
	Sovraccarico accidentale	26	0	-11525	-1563
	Azione centrifuga	0	0	0	0
	Resistenze parassite	0	889	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	-1
Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	724	0	6960	-1915
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	7018	0	6640	552
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	218	0	3061	-565
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	0	0	-3776	0
	Permanenti impalcato G2	0	0	-3766	1
	Frenatura/Avviamento	-4	2255	130	-8
	Vento trasversale	555	0	0	2577
	Sovraccarico accidentale	-15	0	-4748	-1085
	Azione centrifuga	0	0	0	0
	Resistenze parassite	0	369	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	334
Sisma x - impalcato 40 m	Ex	311	8711	1966	-1
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	3410	2644	0	-51
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	106	814	1828	-7

5.7 Forze inerziali

In condizione sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla pila dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo. Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad $F_h=k_h \cdot W$ e $F_v=k_v \cdot W$, dove i coefficienti k_h e k_v sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6 delle NTC08 risultando pari a $k_h=\beta_m \cdot a_{max}/g$, $k_v=\pm 0.5k_h$ con $a_{max}=S_s \cdot S_t \cdot a_g$.

Coefficients K_h e K_v		
K_h	0.304	[-]
K_v	0.152	[-]

Forze inerziali dovute al sisma			
$F_{h,fusto}=k_h W_{fusto}$	Forza d'inerzia orizzontale del fusto	11148.87	kN
$F_{v,fusto}=k_v W_{fusto}$	Forza d'inerzia verticale del fusto	5574.44	kN
$F_{h,fusto}=k_h W_{fusto,s}$	Forza d'inerzia orizzontale del fusto superiore	4640.17	kN
$F_{v,fusto}=k_v W_{fusto,s}$	Forza d'inerzia verticale del fusto superiore	2320.09	kN
$F_{h,fusto}=k_h W_{fusto}$	Forza d'inerzia orizzontale del pulvino	2936.60	kN
$F_{v,fusto}=k_v W_{fusto}$	Forza d'inerzia verticale del pulvino	1468.30	kN

6 COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le verifiche di sicurezza strutturali sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU e i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- 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 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:

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

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

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

		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

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

(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.

	Azioni	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(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) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) 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.

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

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

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

6.1 Coefficienti per le combinazioni di carico – SLU

Nella seguente tabella sono esposti i coefficienti per le combinazioni agli stati limite ultimo, nel caso di SLU 1 si considerano tutti i contributi massimi dei due impalcati nel caso di SLU2, si suppone che le azioni verticali dell'impalcato da 40 metri siano favorevoli per la verifica di alcuni elementi della pila (verifica presso flessione fusto).

Elemento	Coefficienti per combinazioni		
	SLU 1	SLU 2	
Peso proprio	Fusto	1,35	1
	Pulvino	1,35	1
	Ringrosso laterale (y<0)	1,35	1
	Ringrosso laterale (y>0)	1,35	1
	Tamponatura laterale (y<0)	1,35	1
	Tamponatura laterale (y>0)	1,35	1
	Chiusura superiore	1,35	1
	Muro chiusura posteriore	1,35	1
	Platea	1,35	1
Inerzia x spalla	Fusto	0	0
	Pulvino	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0
	Chiusura superiore	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0
	Platea	0	0
Inerzia y spalla	Fusto	0	0
	Pulvino	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0
	Chiusura superiore	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0
	Platea	0	0
Inerzia z spalla	Fusto	0	0
	Pulvino	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0
	Chiusura superiore	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0
	Platea	0	0
Vento sul fusto della pila	V _y	0,9	0,9
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1,35	1,35
	Permanenti impalcato G2	1,5	1,5
	Frenatura/Avviamento	1,45	1,45
	Vento trasversale	0,9	0,9
	Sovraccarico accidentale	1,45	1,45
	Azione centrifuga	0,73	0,73
	Resistenze parassite	0,9	0,9
	Azioni laterali (serpeggio)	0,73	0,73
	Sisma x - impalcato 120 m (arco)	E _x	0	0
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	E _y	0	0
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	E _z	0	0
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	1,35	1
	Permanenti impalcato G2	1,5	0
	Frenatura/Avviamento	1,45	0
	Vento trasversale	0,9	0,9
	Sovraccarico accidentale	1,45	0
	Azione centrifuga	0,73	0
	Resistenze parassite	0,9	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0,73	0
	Sisma x - impalcato 40 m	E _x	0	0
Sisma y - impalcato 40 m	E _y	0	0
Sisma z - impalcato 40 m	E _z	0	0

6.2 Coefficienti per le combinazioni di carico – sisma

Nel caso in cui l'azione nella direzione x sia prevalente i coefficienti e le combinazioni sono i seguenti:

Elemento		$E_x+0.3E_y+0.3E_z$ (verso alto)	$E_x+0.3E_y-0.3E_z$ (verso basso)	$(-)E_x+0.3E_y+0.3E_z$ (verso alto)	$(-)E_x+0.3E_y-0.3E_z$ (verso basso)
Peso proprio	Fusto	1	1	1	1
	Pulvino	1	1	1	1
	Pioggioso laterale ($\psi < 0$)	1	1	1	1
	Pioggioso laterale ($\psi > 0$)	1	1	1	1
	Tamponatura laterale ($\psi < 0$)	1	1	1	1
	Tamponatura laterale ($\psi > 0$)	1	1	1	1
	Chiusura superiore	1	1	1	1
	Muro chiusura posteriore	1	1	1	1
	Platea	1	1	1	1
	Inerzia x spalla	Fusto	1	1	-1	-1
Pulvino		1	1	-1	-1
Pioggioso laterale ($\psi < 0$)		1	1	-1	-1
Pioggioso laterale ($\psi > 0$)		1	1	-1	-1
Tamponatura laterale ($\psi < 0$)		1	1	-1	-1
Tamponatura laterale ($\psi > 0$)		1	1	-1	-1
Chiusura superiore		1	1	-1	-1
Muro chiusura posteriore		1	1	-1	-1
Platea		1	1	-1	-1
Inerzia y spalla		Fusto	0.3	0.3	0.3	0.3
	Pulvino	0.3	0.3	0.3	0.3
	Pioggioso laterale ($\psi < 0$)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Pioggioso laterale ($\psi > 0$)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Tamponatura laterale ($\psi < 0$)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Tamponatura laterale ($\psi > 0$)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Chiusura superiore	0.3	0.3	0.3	0.3
	Muro chiusura posteriore	0.3	0.3	0.3	0.3
	Platea	0.3	0.3	0.3	0.3
	Inerzia z spalla	Fusto	0.3	-0.3	0.3
Pulvino		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Pioggioso laterale ($\psi < 0$)		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Pioggioso laterale ($\psi > 0$)		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Tamponatura laterale ($\psi < 0$)		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Tamponatura laterale ($\psi > 0$)		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Chiusura superiore		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Muro chiusura posteriore		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Platea		0.3	-0.3	0.3	-0.3
Vento sul fusto della pila		Vy	0	0	0
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2	-0.2	-0.2
	Vento trasversale	0	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	1	1	-1
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	-0.3	-0.3	-0.3	
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	0.3	-0.3	0.3	
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2	-0.2	-0.2
	Vento trasversale	0	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 40 m	Ex	1	1	-1
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	-0.3	-0.3	-0.3	
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	0.3	-0.3	0.3	

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	28 di 74

Nel caso in cui l'azione nella direzione y sia prevalente i coefficienti e le combinazioni sono i seguenti:

Elemento		0.3Ex+Ey-0.3Ez(verso alto)	0.3Ex+Ey-0.3Ez(verso basso)
Peso proprio	Fusto	1	1
	Pulvino	1	1
	Ringrosso laterale (y<0)	1	1
	Ringrosso laterale (y>0)	1	1
	Tamponatura laterale (y<0)	1	1
	Tamponatura laterale (y>0)	1	1
	Chiusura superiore	1	1
	Muro chiusura posteriore	1	1
	Platea	1	1
Inerzia x spalla	Fusto	0.3	0.3
	Pulvino	0.3	0.3
	Ringrosso laterale (y<0)	0.3	0.3
	Ringrosso laterale (y>0)	0.3	0.3
	Tamponatura laterale (y<0)	0.3	0.3
	Tamponatura laterale (y>0)	0.3	0.3
	Chiusura superiore	0.3	0.3
	Muro chiusura posteriore	0.3	0.3
	Platea	0.3	0.3
Inerzia y spalla	Fusto	1	1
	Pulvino	1	1
	Ringrosso laterale (y<0)	1	1
	Ringrosso laterale (y>0)	1	1
	Tamponatura laterale (y<0)	1	1
	Tamponatura laterale (y>0)	1	1
	Chiusura superiore	1	1
	Muro chiusura posteriore	1	1
	Platea	1	1
Inerzia z spalla	Fusto	0.3	-0.3
	Pulvino	0.3	-0.3
	Ringrosso laterale (y<0)	0.3	-0.3
	Ringrosso laterale (y>0)	0.3	-0.3
	Tamponatura laterale (y<0)	0.3	-0.3
	Tamponatura laterale (y>0)	0.3	-0.3
	Chiusura superiore	0.3	-0.3
	Muro chiusura posteriore	0.3	-0.3
	Platea	0.3	-0.3
Vento sul fusto della pila	Vy	0	0
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2
	Vento trasversale	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	0.3	0.3
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	-1	-1
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	0.3	-0.3
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2
	Vento trasversale	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 40 m	Ex	0.3	0.3
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	-1	-1
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	0.3	-0.3

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	29 di 74

Nel caso in cui l'azione nella direzione z sia prevalente i coefficienti e le combinazioni sono i seguenti:

Elemento		0.3Ex+0.3Ey-Ez(verso alto)	0.3Ex+0.3Ey-Ez(verso basso)	(-)0.3Ex+0.3Ey-Ez(verso alto)	(-)0.3Ex+0.3Ey-Ez(verso basso)
Peso proprio	Fusto	1	1	1	1
	Pulvino	1	1	1	1
	Ringrosso laterale (y<0)	1	1	1	1
	Ringrosso laterale (y>0)	1	1	1	1
	Tamponatura laterale (y<0)	1	1	1	1
	Tamponatura laterale (y>0)	1	1	1	1
	Chiusura superiore	1	1	1	1
	Muro chiusura posteriore	1	1	1	1
	Platea	1	1	1	1
	Inerzia x spalla	Fusto	0.3	0.3	0.3	0.3
Pulvino		0.3	0.3	0.3	0.3
Ringrosso laterale (y<0)		0.3	0.3	0.3	0.3
Ringrosso laterale (y>0)		0.3	0.3	0.3	0.3
Tamponatura laterale (y<0)		0.3	0.3	0.3	0.3
Tamponatura laterale (y>0)		0.3	0.3	0.3	0.3
Chiusura superiore		0.3	0.3	0.3	0.3
Muro chiusura posteriore		0.3	0.3	0.3	0.3
Platea		0.3	0.3	0.3	0.3
Inerzia y spalla		Fusto	0.3	0.3	0.3	0.3
	Pulvino	0.3	0.3	0.3	0.3
	Ringrosso laterale (y<0)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Ringrosso laterale (y>0)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Tamponatura laterale (y<0)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Tamponatura laterale (y>0)	0.3	0.3	0.3	0.3
	Chiusura superiore	0.3	0.3	0.3	0.3
	Muro chiusura posteriore	0.3	0.3	0.3	0.3
	Platea	0.3	0.3	0.3	0.3
	Inerzia z spalla	Fusto	1	-1	1	-1
Pulvino		1	-1	1	-1
Ringrosso laterale (y<0)		1	-1	1	-1
Ringrosso laterale (y>0)		1	-1	1	-1
Tamponatura laterale (y<0)		1	-1	1	-1
Tamponatura laterale (y>0)		1	-1	1	-1
Chiusura superiore		1	-1	1	-1
Muro chiusura posteriore		1	-1	1	-1
Platea		1	-1	1	-1
Vento sul fusto della pila		Vy	0	0	0	0
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2	0.2	0.2
	Vento trasversale	0	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	0.3	0.3	-0.3	-0.3
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	1	-1	1	-1
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	0.2	0.2	0.2	0.2
	Vento trasversale	0	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	0.2	0.2	0.2	0.2
	Azione centrifuga	0.1	0.1	0.1	0.1
	Resistenze parassite	0	0	0	0
	Azioni laterali (serpeggio)	0.1	0.1	0.1	0.1
	Sisma x - impalcato 40 m	Ex	0.3	0.3	-0.3
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	1	-1	1	-1

6.3 Coefficienti per combinazioni – SLE

Elemento		SLE rara (a)	SLE rara (b)	SLE freq (a)	SLE freq (b)	SLE Q.P.
Peso proprio	Fusto	1	1	1	1	1
	Pulvino	1	1	1	1	1
	Ringrosso laterale (y<0)	1	1	1	1	1
	Ringrosso laterale (y>0)	1	1	1	1	1
	Tamponatura laterale (y<0)	1	1	1	1	1
	Tamponatura laterale (y>0)	1	1	1	1	1
	Chiusura superiore	1	1	1	1	1
	Muro chiusura posteriore	1	1	1	1	1
	Platea	1	1	1	1	1
Inerzia x spalla	Fusto	0	0	0	0	0
	Pulvino	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Chiusura superiore	0	0	0	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0	0	0	0
	Platea	0	0	0	0	0
Inerzia y spalla	Fusto	0	0	0	0	0
	Pulvino	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Chiusura superiore	0	0	0	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0	0	0	0
	Platea	0	0	0	0	0
Inerzia z spalla	Fusto	0	0	0	0	0
	Pulvino	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Ringrosso laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y<0)	0	0	0	0	0
	Tamponatura laterale (y>0)	0	0	0	0	0
	Chiusura superiore	0	0	0	0	0
	Muro chiusura posteriore	0	0	0	0	0
	Platea	0	0	0	0	0
Vento sul fusto della pila	Vy	0.6	0.6	0	0	0
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	1	1	0.6	0.6	0
	Vento trasversale	0.6	0.6	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	1	1	0.6	0.6	0
	Azione centrifuga	0.5	0.5	0.3	0.3	0
	Resistenze parassite	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	Azioni laterali (serpeggio)	0.5	0.5	0.3	0.3	0
Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	0	0	0	0	0
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	0	0	0	0	0
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	0	0	0	0	0
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	1	1	1	1	1
	Permanenti impalcato G2	1	1	1	1	1
	Frenatura/Avviamento	1	0	0.6	0	0
	Vento trasversale	0.6	0.6	0	0	0
	Sovraccarico accidentale	1	0	0.6	0	0
	Azione centrifuga	0.5	0	0.3	0	0
	Resistenze parassite	0.6	0	0.5	0	0.5
	Azioni laterali (serpeggio)	0.5	0	0.3	0	0
Sisma x - impalcato 40 m	Ex	0	0	0	0	0
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	0	0	0	0	0
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	0	0	0	0	0

7 ANALISI MODALE

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

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 il 20% del traffico ferroviario (secondo la normativa).

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
EIGENMODES	Mode	1	0.215380449	3.02E-15	2.02E-02	3.16E-12	3.02E-15	2.02E-02	3.16E-12
EIGENMODES	Mode	2	0.197281392	8.84E-13	1.94E-02	1.56E-12	8.87E-13	3.96E-02	4.72E-12
EIGENMODES	Mode	3	8.80E-02	2.23E-02	3.07E-11	2.87E-11	2.23E-02	3.96E-02	3.35E-11
EIGENMODES	Mode	4	8.18E-02	2.14E-02	2.08E-15	8.67E-12	4.37E-02	3.96E-02	4.21E-11
EIGENMODES	Mode	5	6.90E-02	3.45E-10	0.134110762	2.39E-14	4.37E-02	0.173746751	4.22E-11
EIGENMODES	Mode	6	6.16E-02	2.78E-09	0.135077344	5.96E-11	4.37E-02	0.308824095	1.02E-10
EIGENMODES	Mode	7	0.060032023	8.23E-11	1.34E-10	1.14E-10	4.37E-02	0.308824095	2.16E-10
EIGENMODES	Mode	8	5.73E-02	2.36E-09	2.89E-04	1.24E-09	4.37E-02	0.309113273	1.46E-09
EIGENMODES	Mode	9	5.04E-02	1.93E-11	6.76E-03	2.42E-12	4.37E-02	0.315871327	1.46E-09
EIGENMODES	Mode	10	4.78E-02	4.06E-10	6.31E-03	6.86E-10	4.37E-02	0.322178464	2.14E-09
EIGENMODES	Mode	11	4.67E-02	0.185770677	3.91E-13	5.50E-09	0.229477067	0.322178464	7.65E-09
EIGENMODES	Mode	12	0.043641742	0.186701299	5.20E-11	1.95E-10	0.416178365	0.322178465	7.84E-09
EIGENMODES	Mode	13	0.03779569	3.50E-11	1.87E-05	4.87E-10	0.416178365	0.322197124	8.33E-09
EIGENMODES	Mode	14	3.53E-02	1.11E-06	5.25E-03	2.15E-09	0.41617947	0.327445875	1.05E-08
EIGENMODES	Mode	15	3.43E-02	3.12E-07	0.127203605	3.08E-09	0.416179783	0.45464948	1.36E-08
EIGENMODES	Mode	16	3.32E-02	1.54E-07	0.066049693	7.29E-11	0.416179936	0.520699173	1.36E-08
EIGENMODES	Mode	17	2.96E-02	3.15E-03	1.40E-11	1.05E-13	0.419331042	0.520699173	1.36E-08
EIGENMODES	Mode	18	2.90E-02	2.90E-03	1.18E-11	3.22E-13	0.42223049	0.520699173	1.36E-08
EIGENMODES	Mode	19	2.67E-02	4.78E-10	1.08E-12	2.46E-02	0.42223049	0.520699173	2.46E-02
EIGENMODES	Mode	20	2.65E-02	9.48E-10	2.11E-03	9.12E-11	0.422230491	0.522807689	2.46E-02
EIGENMODES	Mode	21	2.57E-02	8.68E-10	3.00E-10	2.32E-02	0.422230492	0.522807689	4.77E-02
EIGENMODES	Mode	22	2.54E-02	6.96E-08	5.34E-02	1.83E-11	0.422230562	0.576197195	4.77E-02
EIGENMODES	Mode	23	2.53E-02	1.16E-09	3.43E-04	3.01E-10	0.422230563	0.576540166	4.77E-02
EIGENMODES	Mode	24	2.46E-02	1.52E-07	4.54E-02	1.72E-09	0.422230714	0.621932839	4.77E-02
EIGENMODES	Mode	25	2.31E-02	8.63E-02	2.01E-09	1.95E-03	0.508500039	0.621932841	4.97E-02
EIGENMODES	Mode	26	2.29E-02	1.09E-03	2.75E-10	0.163113587	0.509587095	0.621932842	0.212788924
EIGENMODES	Mode	27	2.26E-02	8.12E-02	8.47E-10	5.02E-09	0.590776223	0.621932843	0.212788929
EIGENMODES	Mode	28	2.21E-02	2.18E-10	1.20E-10	0.152767437	0.590776223	0.621932843	0.365556366
EIGENMODES	Mode	29	1.90E-02	4.18E-03	1.14E-10	3.40E-11	0.594951918	0.621932843	0.365556366
EIGENMODES	Mode	30	1.80E-02	4.14E-03	9.04E-10	1.70E-13	0.599090705	0.621932844	0.365556366
EIGENMODES	Mode	31	1.71E-02	1.13E-08	1.39E-03	3.43E-14	0.599090717	0.623327449	0.365556366
EIGENMODES	Mode	32	1.61E-02	2.04E-10	1.38E-03	1.03E-10	0.599090717	0.624705075	0.365556366
EIGENMODES	Mode	33	1.59E-02	4.05E-02	6.13E-13	4.18E-05	0.639587159	0.624705075	0.365598203
EIGENMODES	Mode	34	1.50E-02	3.91E-02	1.08E-10	5.33E-09	0.678720431	0.624705076	0.365598208
EIGENMODES	Mode	35	1.49E-02	9.21E-06	1.73E-10	0.106879367	0.678729639	0.624705076	0.472477575
EIGENMODES	Mode	36	1.47E-02	4.64E-09	1.65E-09	0.119106421	0.678729643	0.624705077	0.591583996
EIGENMODES	Mode	37	1.44E-02	2.22E-10	1.60E-02	6.94E-10	0.678729644	0.640736486	0.591583997
EIGENMODES	Mode	38	1.32E-02	5.50E-11	1.89E-02	1.77E-10	0.678729644	0.659651255	0.591583997
EIGENMODES	Mode	39	1.29E-02	1.61E-08	5.44E-09	3.33E-03	0.67872966	0.65965126	0.594916431
EIGENMODES	Mode	40	1.26E-02	2.54E-10	2.41E-10	3.51E-03	0.67872966	0.659651261	0.598427975
EIGENMODES	Mode	41	1.17E-02	2.88E-11	7.77E-04	5.04E-09	0.67872966	0.660428572	0.59842798
EIGENMODES	Mode	42	1.10E-02	1.33E-10	7.83E-04	4.88E-10	0.67872966	0.661211075	0.598427981
EIGENMODES	Mode	43	1.05E-02	1.50E-03	3.51E-09	1.52E-09	0.680234213	0.661211079	0.598427982
EIGENMODES	Mode	44	1.04E-02	4.35E-11	4.04E-02	2.05E-12	0.680234213	0.701657735	0.598427982
EIGENMODES	Mode	45	1.02E-02	1.10E-08	0.037147996	1.75E-10	0.680234224	0.738805732	0.598427982
EIGENMODES	Mode	46	1.00E-02	1.46E-03	7.34E-09	1.42E-08	0.681696816	0.738805739	0.598427997
EIGENMODES	Mode	47	9.21E-03	3.54E-02	5.24E-09	1.37E-05	0.717081236	0.738805744	0.598441666
EIGENMODES	Mode	48	9.08E-03	1.03E-05	1.14E-08	4.75E-02	0.71709157	0.738805756	0.645912564
EIGENMODES	Mode	49	9.03E-03	2.16E-09	3.62E-09	5.51E-08	0.717091572	0.738805759	0.645912619
EIGENMODES	Mode	50	8.98E-03	1.36E-08	4.80E-04	5.86E-09	0.717091585	0.73928536	0.645912625
EIGENMODES	Mode	51	8.93E-03	8.37E-08	2.93E-07	9.65E-08	0.717091669	0.739285653	0.645912722
EIGENMODES	Mode	52	8.87E-03	4.57E-02	1.23E-08	3.61E-09	0.762801148	0.739285665	0.645912725
EIGENMODES	Mode	53	8.56E-03	1.51E-08	1.25E-08	3.97E-02	0.762801163	0.739285678	0.685578638
EIGENMODES	Mode	54	8.45E-03	2.44E-08	5.32E-04	1.52E-08	0.762801187	0.739817446	0.685578654
EIGENMODES	Mode	55	8.07E-03	5.27E-09	8.30E-08	1.58E-07	0.762801192	0.739817529	0.685578811
EIGENMODES	Mode	56	8.07E-03	2.35E-08	7.00E-09	3.59E-08	0.762801216	0.739817536	0.685578847
EIGENMODES	Mode	57	8.07E-03	7.38E-09	7.34E-03	1.13E-09	0.762801223	0.747158495	0.685578848
EIGENMODES	Mode	58	8.05E-03	1.07E-05	2.20E-08	5.86E-06	0.762811936	0.747158517	0.685584707
EIGENMODES	Mode	59	7.99E-03	1.31E-08	2.52E-09	5.11E-06	0.762811949	0.74715852	0.685589819
EIGENMODES	Mode	60	7.93E-03	4.25E-02	2.36E-08	7.70E-08	0.805348805	0.747158543	0.685589896
EIGENMODES	Mode	61	7.83E-03	7.63E-04	3.41E-08	1.79E-12	0.806111944	0.747158578	0.685589896
EIGENMODES	Mode	62	7.68E-03	3.27E-02	5.70E-08	9.93E-09	0.838853483	0.747158635	0.685589906
EIGENMODES	Mode	63	7.55E-03	7.48E-04	6.83E-09	3.29E-09	0.839601329	0.747158641	0.685589909

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

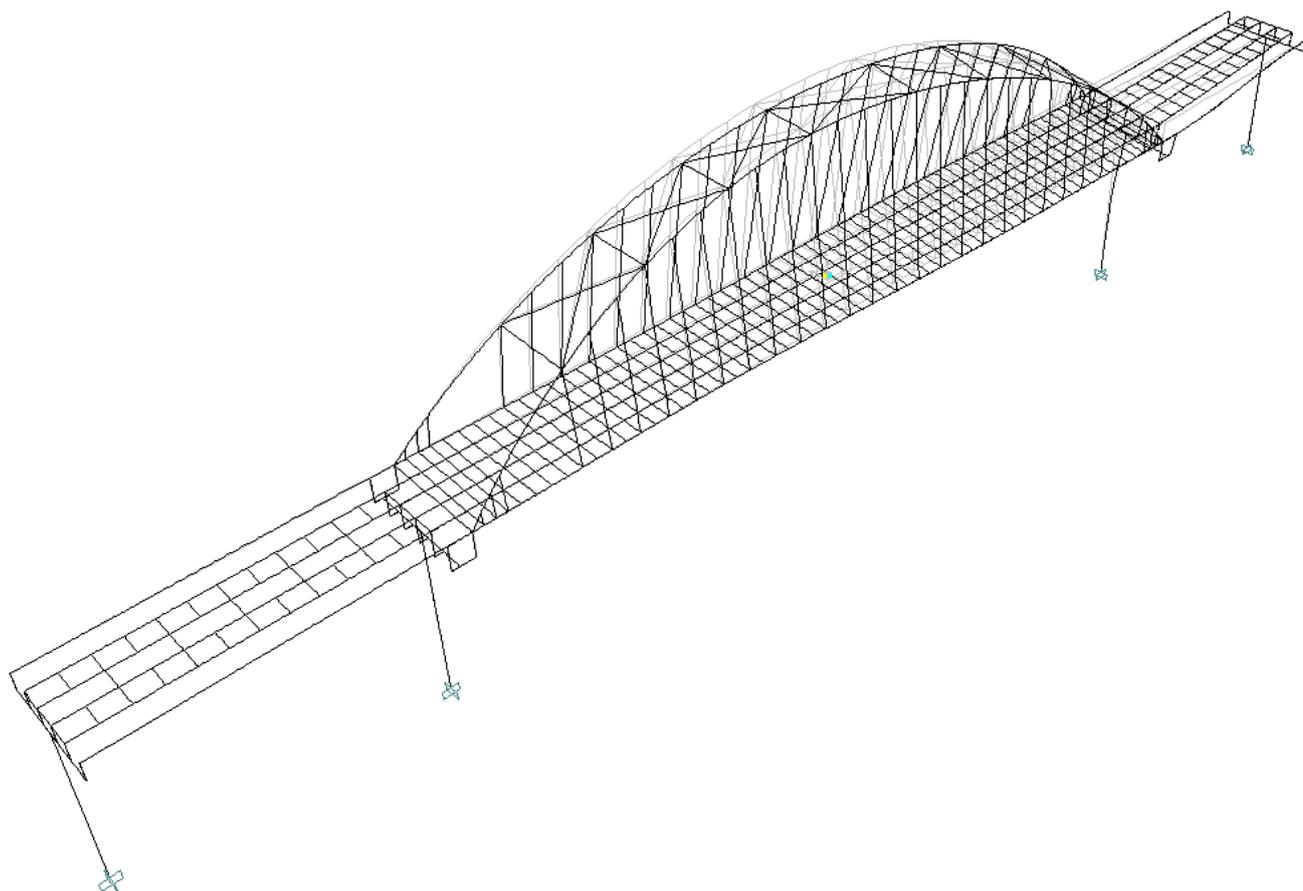
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
EIGENMODES	Mode	64	7.43E-03	6.26E-08	3.09E-04	5.26E-08	0.839601392	0.747467204	0.685589962
EIGENMODES	Mode	65	7.29E-03	6.22E-10	1.55E-02	1.74E-08	0.839601392	0.762981963	0.685589979
EIGENMODES	Mode	66	7.16E-03	2.12E-12	5.11E-09	2.31E-03	0.839601392	0.762981968	0.687902015
EIGENMODES	Mode	67	7.01E-03	7.03E-08	4.61E-04	3.65E-09	0.839601463	0.763443143	0.687902019
EIGENMODES	Mode	68	6.91E-03	2.26E-08	3.01E-09	7.91E-09	0.839601485	0.763443146	0.687902027
EIGENMODES	Mode	69	6.90E-03	5.96E-09	3.99E-10	1.03E-07	0.839601491	0.763443146	0.687902123
EIGENMODES	Mode	70	6.88E-03	1.06E-07	3.81E-15	2.19E-03	0.839601598	0.763443146	0.690096563
EIGENMODES	Mode	71	6.71E-03	3.71E-08	8.73E-02	5.43E-09	0.839601635	0.850748615	0.690096569
EIGENMODES	Mode	72	6.65E-03	1.02E-08	7.96E-02	6.88E-09	0.839601645	0.930342921	0.690096576
EIGENMODES	Mode	73	6.58E-03	6.96E-04	2.69E-08	3.39E-08	0.840297772	0.930342948	0.690096609
EIGENMODES	Mode	74	6.49E-03	2.99E-08	2.19E-04	5.94E-09	0.840297801	0.930561616	0.690096615
EIGENMODES	Mode	75	6.34E-03	3.57E-02	3.54E-08	1.10E-08	0.875970509	0.930561651	0.690096626
EIGENMODES	Mode	76	6.34E-03	8.03E-04	3.36E-07	2.56E-08	0.876773163	0.930561987	0.690096652
EIGENMODES	Mode	77	0.006169869	5.68E-09	4.51E-04	2.65E-08	0.876773169	0.931012877	0.690096678
EIGENMODES	Mode	78	6.15E-03	5.64E-02	3.49E-08	9.77E-08	0.933190685	0.931012912	0.690096776
EIGENMODES	Mode	79	6.13E-03	3.13E-09	7.30E-08	5.27E-03	0.933190688	0.931012985	0.6953639
EIGENMODES	Mode	80	6.02E-03	4.22E-09	4.98E-08	6.53E-03	0.933190692	0.931013035	0.701895024
EIGENMODES	Mode	81	6.02E-03	8.04E-08	3.85E-05	5.48E-07	0.933190773	0.931051549	0.701895572
EIGENMODES	Mode	82	6.01E-03	7.89E-09	6.39E-06	1.19E-06	0.933190781	0.931057943	0.701896766
EIGENMODES	Mode	83	5.92E-03	1.08E-08	1.09E-04	1.37E-10	0.933190791	0.931167108	0.701896766
EIGENMODES	Mode	84	5.90E-03	4.24E-09	1.40E-02	3.03E-10	0.933190796	0.945134623	0.701896766
EIGENMODES	Mode	85	5.86E-03	3.30E-02	2.00E-08	3.09E-09	0.966239499	0.945134643	0.701896777
EIGENMODES	Mode	86	5.73E-03	2.58E-08	2.24E-02	1.16E-10	0.966239524	0.967572669	0.701896777
EIGENMODES	Mode	87	5.69E-03	3.49E-09	3.80E-04	5.46E-08	0.966239528	0.967952597	0.701896824
EIGENMODES	Mode	88	5.62E-03	1.45E-07	5.69E-06	1.21E-08	0.966239673	0.967958289	0.701896836
EIGENMODES	Mode	89	5.62E-03	6.40E-09	1.14E-02	7.61E-09	0.966239679	0.979329792	0.701896844
EIGENMODES	Mode	90	0.005617934	5.70E-09	9.74E-06	1.98E-07	0.966239685	0.979339534	0.701897042
EIGENMODES	Mode	91	5.61E-03	8.88E-08	3.89E-05	1.80E-08	0.966239774	0.979378412	0.70189706
EIGENMODES	Mode	92	5.60E-03	9.53E-03	9.66E-08	8.68E-09	0.975772205	0.979378509	0.701897069
EIGENMODES	Mode	93	5.54E-03	1.00E-03	8.50E-08	1.45E-07	0.976774728	0.979378594	0.701897214
EIGENMODES	Mode	94	5.45E-03	3.79E-08	2.37E-08	5.76E-04	0.976774765	0.979378617	0.702473199
EIGENMODES	Mode	95	5.37E-03	2.45E-08	2.78E-03	4.76E-08	0.976774799	0.982154282	0.702473247
EIGENMODES	Mode	96	5.36E-03	1.19E-10	6.08E-08	6.11E-04	0.976774799	0.982154342	0.703084001
EIGENMODES	Mode	97	5.31E-03	1.61E-03	6.20E-08	4.71E-08	0.978383617	0.982154404	0.703084048
EIGENMODES	Mode	98	5.18E-03	2.39E-08	3.08E-04	8.40E-09	0.978383641	0.982462586	0.703084056
EIGENMODES	Mode	99	4.88E-03	1.14E-03	2.74E-08	1.20E-05	0.979526156	0.982462614	0.703096025
EIGENMODES	Mode	100	4.86E-03	1.91E-07	6.72E-08	5.91E-02	0.979526348	0.982462681	0.762184998
EIGENMODES	Mode	101	4.82E-03	2.02E-08	3.72E-05	4.09E-07	0.979526368	0.982499888	0.762185406
EIGENMODES	Mode	102	4.79E-03	1.86E-03	3.79E-10	2.23E-08	0.981390709	0.982499889	0.762185429
EIGENMODES	Mode	103	4.77E-03	1.90E-09	3.49E-08	1.60E-06	0.981390711	0.982499923	0.762187028
EIGENMODES	Mode	104	4.77E-03	1.64E-08	1.07E-07	5.92E-02	0.981390727	0.98250003	0.821342679
EIGENMODES	Mode	105	4.77E-03	1.72E-07	8.75E-08	4.73E-03	0.981390899	0.982500118	0.826076064
EIGENMODES	Mode	106	4.71E-03	1.46E-03	1.62E-08	1.47E-08	0.982852859	0.982500134	0.826076079
EIGENMODES	Mode	107	4.65E-03	3.52E-03	1.06E-08	1.56E-07	0.98637526	0.982500144	0.826076235
EIGENMODES	Mode	108	4.53E-03	9.87E-12	2.42E-04	3.13E-08	0.98637526	0.98274262	0.826076266
EIGENMODES	Mode	109	4.50E-03	8.10E-09	3.17E-04	1.45E-07	0.986375268	0.983059923	0.826076411
EIGENMODES	Mode	110	4.49E-03	2.61E-09	1.01E-02	9.91E-08	0.986375271	0.993199491	0.82607651
EIGENMODES	Mode	111	4.48E-03	1.28E-08	4.19E-06	9.57E-07	0.986375284	0.993203681	0.826077467
EIGENMODES	Mode	112	4.47E-03	6.35E-09	7.70E-05	4.90E-07	0.98637529	0.99328065	0.826077957
EIGENMODES	Mode	113	4.46E-03	1.49E-03	3.29E-09	1.63E-08	0.987862378	0.993280653	0.826077973
EIGENMODES	Mode	114	4.44E-03	1.43E-08	2.70E-05	1.33E-07	0.987862392	0.993307661	0.826078106
EIGENMODES	Mode	115	4.42E-03	1.22E-07	4.09E-07	2.45E-07	0.987862514	0.99330807	0.826078351
EIGENMODES	Mode	116	4.41E-03	6.56E-10	3.14E-07	1.03E-03	0.987862515	0.993308384	0.827108856
EIGENMODES	Mode	117	4.38E-03	9.55E-04	4.86E-08	5.14E-08	0.988817883	0.993308433	0.827108907
EIGENMODES	Mode	118	4.35E-03	4.25E-03	2.62E-09	1.57E-07	0.993066194	0.993308435	0.827109064
EIGENMODES	Mode	119	4.28E-03	2.79E-08	1.14E-08	9.39E-04	0.993066222	0.993308447	0.828048316
EIGENMODES	Mode	120	4.28E-03	2.85E-03	1.30E-07	7.32E-07	0.995916268	0.993308576	0.828049048
EIGENMODES	Mode	121	4.27E-03	1.79E-09	1.98E-08	1.78E-02	0.995916269	0.993308596	0.84579964
EIGENMODES	Mode	122	4.18E-03	7.43E-09	1.81E-08	1.25E-02	0.995916277	0.993308614	0.858314464
EIGENMODES	Mode	123	4.13E-03	3.39E-09	6.69E-03	8.05E-08	0.99591628	0.999995865	0.858314544
EIGENMODES	Mode	124	4.09E-03	1.65E-08	2.41E-09	6.31E-08	0.995916297	0.999995868	0.858314607
EIGENMODES	Mode	125	4.09E-03	2.18E-03	4.21E-10	1.66E-07	0.998096191	0.999995868	0.858314774
EIGENMODES	Mode	126	4.08E-03	1.73E-09	5.63E-12	5.83E-09	0.998096193	0.999995868	0.858314779

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

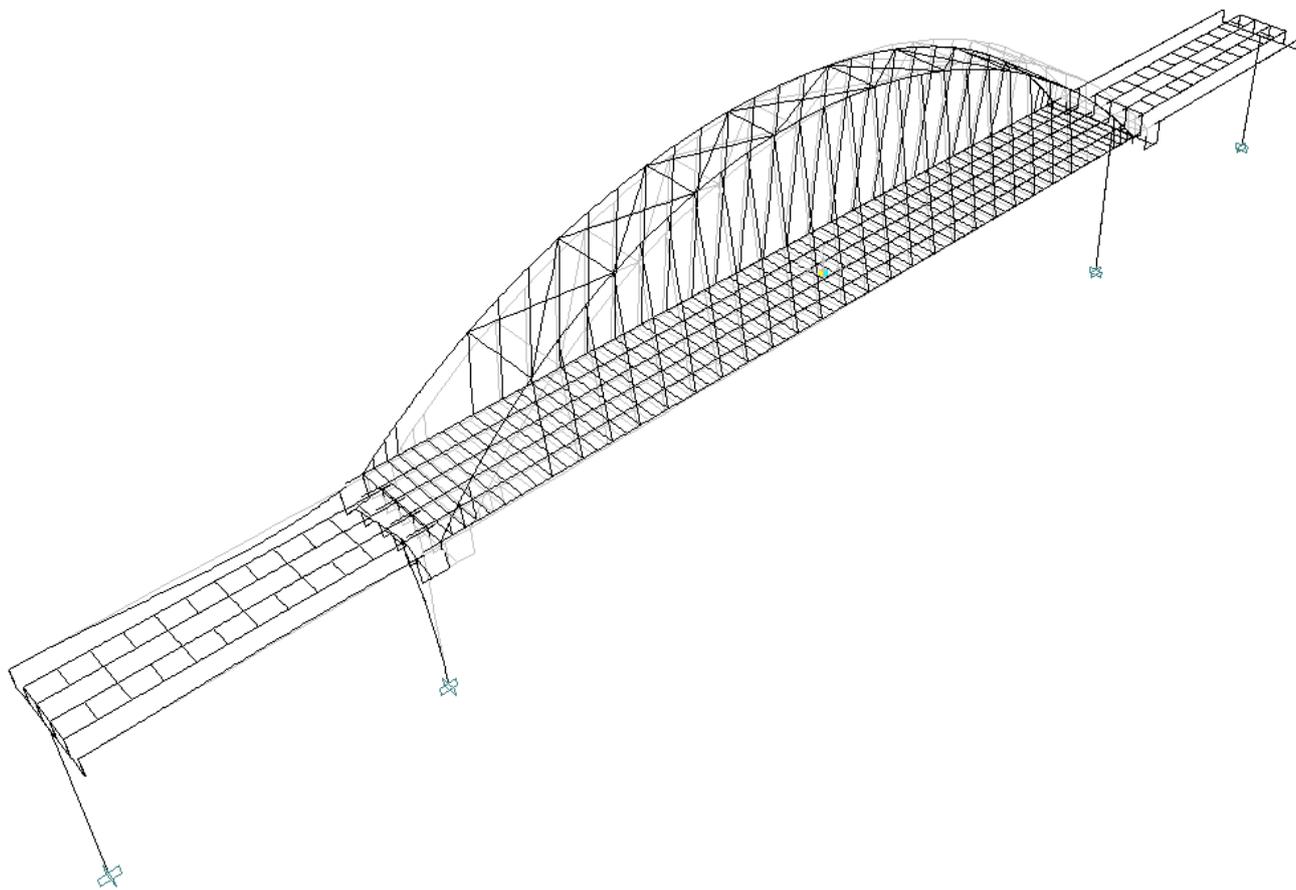
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
EIGENMODES	Mode	127	3.99E-03	9.47E-05	1.20E-08	2.46E-07	0.998190898	0.999995588	0.858315025
EIGENMODES	Mode	128	3.94E-03	4.02E-09	2.29E-06	2.95E-07	0.998190902	0.999998168	0.85831532
EIGENMODES	Mode	129	3.93E-03	5.67E-04	1.90E-09	2.28E-07	0.998757762	0.99999817	0.858315548
EIGENMODES	Mode	130	3.93E-03	1.82E-08	1.37E-07	9.27E-09	0.99875778	0.999998307	0.858315557
EIGENMODES	Mode	131	3.93E-03	8.38E-09	3.53E-09	2.38E-08	0.998757788	0.99999831	0.858315581
EIGENMODES	Mode	132	3.83E-03	3.18E-04	1.15E-09	1.79E-08	0.999075929	0.999998311	0.858315599
EIGENMODES	Mode	133	3.80E-03	1.82E-08	1.07E-08	3.71E-09	0.999075947	0.999998322	0.858315603
EIGENMODES	Mode	134	3.80E-03	8.72E-08	2.79E-10	8.26E-08	0.999076034	0.999998322	0.858315685
EIGENMODES	Mode	135	3.74E-03	1.15E-08	2.50E-08	8.53E-04	0.999076046	0.999998347	0.859168761
EIGENMODES	Mode	136	3.69E-03	5.65E-05	2.61E-08	1.09E-09	0.999132574	0.999998373	0.859168762
EIGENMODES	Mode	137	3.69E-03	9.20E-05	2.23E-09	4.66E-09	0.999224553	0.999998376	0.859168767
EIGENMODES	Mode	138	3.66E-03	6.83E-11	3.86E-09	0.033698727	0.999224553	0.999998379	0.892867494
EIGENMODES	Mode	139	3.66E-03	4.01E-05	1.36E-11	1.62E-07	0.999264616	0.999998379	0.892867656
EIGENMODES	Mode	140	3.63E-03	1.15E-08	1.39E-11	1.10E-03	0.999264628	0.999998379	0.893969469
EIGENMODES	Mode	141	3.56E-03	3.44E-09	1.21E-06	1.03E-08	0.999264631	0.999998585	0.893969479
EIGENMODES	Mode	142	3.54E-03	5.04E-09	1.61E-08	5.10E-02	0.999264636	0.999999601	0.944933695
EIGENMODES	Mode	143	3.49E-03	4.50E-05	2.29E-09	1.65E-10	0.999309608	0.999999603	0.944933695
EIGENMODES	Mode	144	3.42E-03	2.58E-05	4.15E-08	1.44E-08	0.999335389	0.999999645	0.944933709
EIGENMODES	Mode	145	3.35E-03	2.30E-10	2.42E-08	2.61E-02	0.999335389	0.999999669	0.971046151
EIGENMODES	Mode	146	3.30E-03	4.73E-06	2.25E-09	9.13E-08	0.999340119	0.999999671	0.971046242
EIGENMODES	Mode	147	3.29E-03	2.04E-09	5.40E-10	1.27E-07	0.999340121	0.999999672	0.971046369
EIGENMODES	Mode	148	3.29E-03	1.28E-07	9.18E-11	8.89E-07	0.99934025	0.999999672	0.971047259
EIGENMODES	Mode	149	3.19E-03	5.16E-10	1.45E-09	7.30E-08	0.99934025	0.999999673	0.971047332
EIGENMODES	Mode	150	3.19E-03	1.04E-09	2.01E-09	2.75E-07	0.999340251	0.999999675	0.971047607
EIGENMODES	Mode	151	3.16E-03	6.54E-04	1.51E-09	1.03E-09	0.999994475	0.999999677	0.971047608
EIGENMODES	Mode	152	3.15E-03	5.44E-10	4.55E-09	6.93E-03	0.999994476	0.999999682	0.977973761
EIGENMODES	Mode	153	3.13E-03	3.43E-06	3.07E-09	7.56E-09	0.999997905	0.999999685	0.977973768
EIGENMODES	Mode	154	3.08E-03	1.85E-06	1.86E-12	1.84E-09	0.99999751	0.999999685	0.97797377
EIGENMODES	Mode	155	3.07E-03	1.49E-09	3.74E-10	1.87E-03	0.99999753	0.999999685	0.979847762
EIGENMODES	Mode	156	3.03E-03	5.18E-11	3.03E-07	3.82E-10	0.99999753	0.999999988	0.979847762
EIGENMODES	Mode	157	3.03E-03	1.31E-07	3.77E-09	4.53E-08	0.99999884	0.999999991	0.979847807
EIGENMODES	Mode	158	3.01E-03	9.48E-10	1.12E-09	6.60E-08	0.99999885	0.999999992	0.979847873
EIGENMODES	Mode	159	3.01E-03	1.84E-09	6.74E-11	6.23E-08	0.99999887	0.999999993	0.979847936
EIGENMODES	Mode	160	3.01E-03	2.62E-10	9.45E-10	8.76E-08	0.99999887	0.999999993	0.979848023
EIGENMODES	Mode	161	3.00E-03	8.79E-08	4.24E-09	1.10E-07	0.99999975	0.999999998	0.979848133
EIGENMODES	Mode	162	3.00E-03	1.11E-10	2.49E-11	3.66E-06	0.99999975	0.999999998	0.979851793
EIGENMODES	Mode	163	2.95E-03	2.78E-10	2.64E-10	2.74E-03	0.99999975	0.999999998	0.982587545
EIGENMODES	Mode	164	2.84E-03	1.16E-10	6.86E-12	1.21E-07	0.99999975	0.999999998	0.982587666
EIGENMODES	Mode	165	2.84E-03	1.04E-10	4.23E-12	2.30E-10	0.99999976	0.999999998	0.982587666
EIGENMODES	Mode	166	2.63E-03	2.49E-10	2.38E-10	1.62E-03	0.99999976	0.999999998	0.984209055
EIGENMODES	Mode	167	2.61E-03	5.68E-10	4.12E-12	4.11E-03	0.99999976	0.999999998	0.988317593
EIGENMODES	Mode	168	2.60E-03	1.11E-11	2.46E-10	3.47E-08	0.99999976	0.999999998	0.988317627
EIGENMODES	Mode	169	2.60E-03	1.50E-09	2.85E-12	2.23E-08	0.99999978	0.999999999	0.98831765
EIGENMODES	Mode	170	2.57E-03	7.14E-10	4.66E-10	1.61E-03	0.99999979	0.999999999	0.989924285
EIGENMODES	Mode	171	2.55E-03	6.06E-11	2.50E-10	4.44E-03	0.99999979	0.999999999	0.994366792
EIGENMODES	Mode	172	2.41E-03	3.38E-10	1.20E-10	3.36E-04	0.99999979	0.999999999	0.994703284
EIGENMODES	Mode	173	2.36E-03	1.72E-14	2.11E-13	2.81E-03	0.99999979	0.999999999	0.997508985
EIGENMODES	Mode	174	2.29E-03	1.18E-11	7.72E-13	6.97E-09	0.99999979	0.999999999	0.997508992
EIGENMODES	Mode	175	2.29E-03	3.13E-11	5.21E-12	2.54E-09	0.99999979	0.999999999	0.997508994
EIGENMODES	Mode	176	2.28E-03	2.20E-11	3.80E-12	2.86E-11	0.99999979	0.999999999	0.997508994
EIGENMODES	Mode	177	2.28E-03	1.99E-11	1.77E-11	1.27E-03	0.99999979	0.999999999	0.998783085
EIGENMODES	Mode	178	2.26E-03	8.81E-09	1.27E-10	3.84E-12	0.99999988	0.999999999	0.998783085
EIGENMODES	Mode	179	2.26E-03	4.96E-13	4.39E-13	1.02E-07	0.99999988	0.999999999	0.998783187
EIGENMODES	Mode	180	2.22E-03	7.50E-12	2.14E-10	6.60E-05	0.99999988	1	0.998849142
EIGENMODES	Mode	181	2.13E-03	1.23E-12	9.75E-14	4.45E-04	0.99999988	1	0.999294244
EIGENMODES	Mode	182	2.11E-03	5.91E-12	2.35E-12	1.20E-10	0.99999988	1	0.999294244
EIGENMODES	Mode	183	2.11E-03	2.57E-13	7.67E-13	5.39E-10	0.99999988	1	0.999294245
EIGENMODES	Mode	184	2.05E-03	3.45E-11	1.97E-11	3.75E-05	0.99999988	1	0.999331737
EIGENMODES	Mode	185	2.03E-03	6.00E-14	1.05E-11	2.18E-04	0.99999988	1	0.999549943
EIGENMODES	Mode	186	2.00E-03	1.76E-11	9.28E-12	4.40E-05	0.99999988	1	0.999593898
EIGENMODES	Mode	187	1.95E-03	5.49E-12	9.29E-14	2.09E-05	0.99999988	1	0.999614826
EIGENMODES	Mode	188	1.94E-03	3.55E-12	3.17E-15	8.17E-05	0.99999988	1	0.999696554
EIGENMODES	Mode	189	1.86E-03	1.76E-12	8.15E-13	5.17E-05	0.99999988	1	0.999748206

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
EIGENMODES	Mode	190	1.85E-03	1.06E-11	1.62E-12	4.80E-06	0.999999988	1	0.999753003
EIGENMODES	Mode	191	1.83E-03	2.14E-13	2.81E-12	1.88E-05	0.999999988	1	0.999771797
EIGENMODES	Mode	192	1.81E-03	9.44E-12	1.97E-11	1.43E-06	0.999999988	1	0.999773226
EIGENMODES	Mode	193	1.80E-03	2.28E-12	5.44E-12	1.48E-06	0.999999988	1	0.99977471
EIGENMODES	Mode	194	1.79E-03	2.24E-09	8.65E-13	3.64E-10	0.999999999	1	0.999774711
EIGENMODES	Mode	195	1.79E-03	2.51E-09	2.50E-13	4.60E-10	0.999999993	1	0.999774711
EIGENMODES	Mode	196	1.78E-03	5.24E-13	2.12E-13	9.54E-06	0.999999993	1	0.999784249
EIGENMODES	Mode	197	1.77E-03	4.18E-11	1.27E-11	8.62E-07	0.999999993	1	0.999785111
EIGENMODES	Mode	198	1.77E-03	1.08E-12	8.16E-14	3.19E-06	0.999999993	1	0.999788301
EIGENMODES	Mode	199	1.56E-03	2.37E-12	1.83E-12	2.12E-04	0.999999993	1	0.999999996
EIGENMODES	Mode	200	1.31E-03	8.74E-12	9.90E-14	5.21E-11	0.999999993	1	0.999999996
EIGENMODES	Mode	201	1.31E-03	2.03E-13	6.89E-11	4.62E-10	0.999999993	1	0.999999997
EIGENMODES	Mode	202	1.30E-03	4.77E-13	1.26E-10	2.62E-09	0.999999993	1	0.999999999
EIGENMODES	Mode	203	1.10E-03	1.43E-13	2.41E-13	1.35E-11	0.999999993	1	0.999999999
EIGENMODES	Mode	204	1.10E-03	8.11E-14	3.63E-13	4.26E-10	0.999999993	1	1
EIGENMODES	Mode	205	8.61E-04	3.06E-09	1.86E-15	2.75E-12	0.999999996	1	1
EIGENMODES	Mode	206	8.61E-04	4.16E-09	3.24E-14	6.14E-11	1	1	1
EIGENMODES	Mode	207	8.18E-04	1.55E-15	2.41E-12	8.95E-13	1	1	1
EIGENMODES	Mode	208	0.000817695	1.31E-14	6.07E-12	2.95E-11	1	1	1
EIGENMODES	Mode	209	4.28E-04	1.23E-16	2.04E-15	1.18E-12	1	1	1
EIGENMODES	Mode	210	4.28E-04	6.48E-17	2.21E-16	7.30E-13	1	1	1



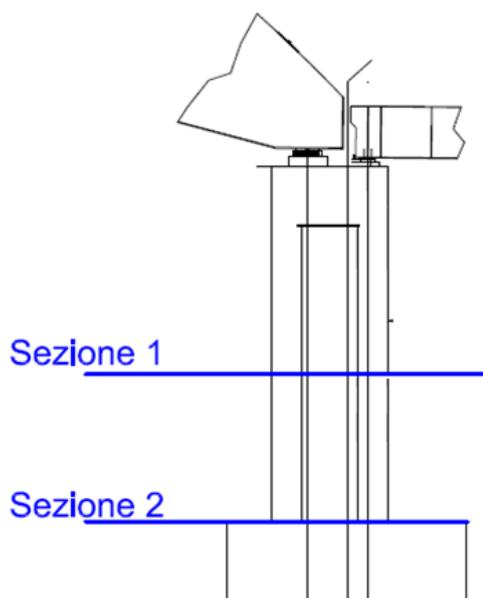
Modo di vibrazione n°5



Modo di vibrazione n°12

8 VERIFICHE FUSTO PILA

Le verifiche a pressoflessione e taglio del fusto della pila sono state eseguite nella sezione alla base (di seguito chiamata “*sezione 2*”) e nella sezione di mezzeria in cui il fusto presenta un cambio di geometria (di seguito chiamata “*sezione 1*”).



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.

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	39 di 74

8.1 Fusto di pila sezione 2

In questo capitolo si considera la sezione alla base del fusto di pila, di seguito è riportato il calcolo delle sollecitazioni, che verranno successivamente utilizzate per la verifica della sezione sia allo stato limite ultimo che di esercizio.

8.1.1 Sollecitazioni a quota estradosso fondazioni (sezione 2)

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari in direzione orizzontale e verticale agenti sulla pila. Queste forze sono riferite al sistema di riferimento già riportato in precedenza (ma considerando la quota della sezione considerata), in seguito verranno utilizzate per ottenere le sollecitazioni per il calcolo del plinto.

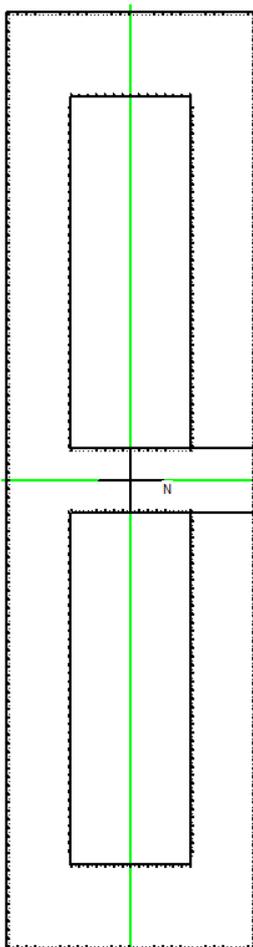
Elemento		Componenti risultante				Pos. della risultante		
		Fy [kN]	Fx [kN]	Fz [kN]	Mx_appoggi	x [m]	y [m]	z [m]
	Fusto	0	0	-36561	0	2.90	0.00	8.95
	Pulvino	0	0	-9630	0	2.90	0.00	19.40
Inerzia x spalla	Fusto	0	11149	0	0	2.90	0.00	8.95
	Pulvino	0	2937	0	0	2.90	0.00	19.40
Inerzia y spalla	Fusto	11149	0	0	0	2.90	0.00	8.95
	Pulvino	2937	0	0	0	2.90	0.00	19.40
Inerzia z spalla	Fusto	0	0	5574	0	2.90	0.00	8.95
	Pulvino	0	0	1468	0	2.90	0.00	19.40
Vento sul fusto della pila	Vy	208.8	0	0	0	2.90	0.00	10.45
Azioni da impalcato 120m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	0	-10103	-10	1.76	0.00	21.30
	Permanenti impalcato G2	1	0	-7995	-11	1.76	0.00	21.30
	Frenatura/Avviamento	0	0	0	0	1.76	0.00	21.30
	Vento trasversale	1998	0	0	-10304	1.76	0.00	21.30
	Sovraccarico accidentale	26	0	-11525	-1563	1.76	0.00	21.30
	Azione centrifuga	0	0	0	0	1.76	0.00	21.30
	Resistenze parassite	0	889	0	0	1.76	0.00	21.30
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	-1	1.76	0.00	21.30
Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	724	0	6960	-1915	1.76	0.00	21.30
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	7018	0	6640	552	1.76	0.00	21.30
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	218	0	3061	-565	1.76	0.00	21.30
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	0	0	-3776	0	4.81	0.00	21.30
	Permanenti impalcato G2	0	0	-3766	1	4.81	0.00	21.30
	Frenatura/Avviamento	-4	2255	130	-8	4.81	0.00	21.30
	Vento trasversale	555	0	0	2577	4.81	0.00	21.30
	Sovraccarico accidentale	-15	0	-4748	-1085	4.81	0.00	21.30
	Azione centrifuga	0	0	0	0	4.81	0.00	21.30
	Resistenze parassite	0	369	0	0	4.81	0.00	21.30
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	334	4.81	0.00	21.30
Sisma x - impalcato 40 m	Ex	311	8711	1966	-1	4.81	0.00	21.30
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	3410	2644	0	-51	4.81	0.00	21.30
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	106	814	1828	-7	4.81	0.00	21.30

Tali azioni combinate con i coefficienti riportati in precedenza determinano le sollecitazioni di progetto. Di seguito si riportano le sollecitazioni di progetto riferite al baricentro del fusto principale (senza considerare il ringrosso).

	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
Combinazioni	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
SLU 1	-122143	78793	-57703	2805	4401
SLU 2	-92310	-24022	-55015	2679	800
Ex-0.3Ey+0.3Ez	-64545	335029	85824	-6177	22699
Ex-0.3Ey-0.3Ez	-71704	324625	90317	-6371	22210
(-)Ex-0.3Ey+0.3Ez	-82450	-377039	133701	-8244	-23797
(-)Ex-0.3Ey-0.3Ez	-89609	-387443	138194	-8439	-24285
0.3Ex-Ey+0.3Ez	-75441	47772	367457	-24061	4890
0.3Ex-Ey-0.3Ez	-82601	37368	371950	-24255	4402
0.3Ex-0.3Ey+Ez	-62441	104632	97350	-6674	7311
0.3Ex-0.3Ey-Ez	-86305	69953	112327	-7323	5683
(-)0.3Ex-0.3Ey+Ez	-67797	-103254	111723	-7294	-6367
(-)0.3Ex-0.3Ey-Ez	-91661	-137933	126699	-7944	-7995
SLE_rara (a)	-87974	53555	-38595	1876	3009
SLE_rara (b)	-83356	-8008	-36765	1790	533
SLE_freq (a)	-81516	33392	-2816	132	1982
SLE_freq (b)	-78746	-4645	-1718	81	444
SLE_Q.P.	-71831	7165	-47	2	629

8.1.2 Verifiche a pressoflessione alla base

La sezione di verifica è la seguente:



L'armatura considerata è distribuita su tutti i lati della sezione, sia interni che esterni, con $\phi 20$ passo 10 cm. Il copriferro considerato è di 4 cm.

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione, eseguite con il programma Gelfi VcaSlu.

Nello specifico si sono analizzati i casi in cui i momenti longitudinali, trasversali e sforzo normale risultano massimizzati.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fusto_sez2_Mymax

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

Titolo: Pila P8 - Sezione 2, maxM

N° Vertici: 19 Zoom N° barre: 1002 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	3.14	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	3.14	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	3.14	285	-1050

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 89609 kN
M_{xEd}: 138194 kNm
M_{yEd}: -387443 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

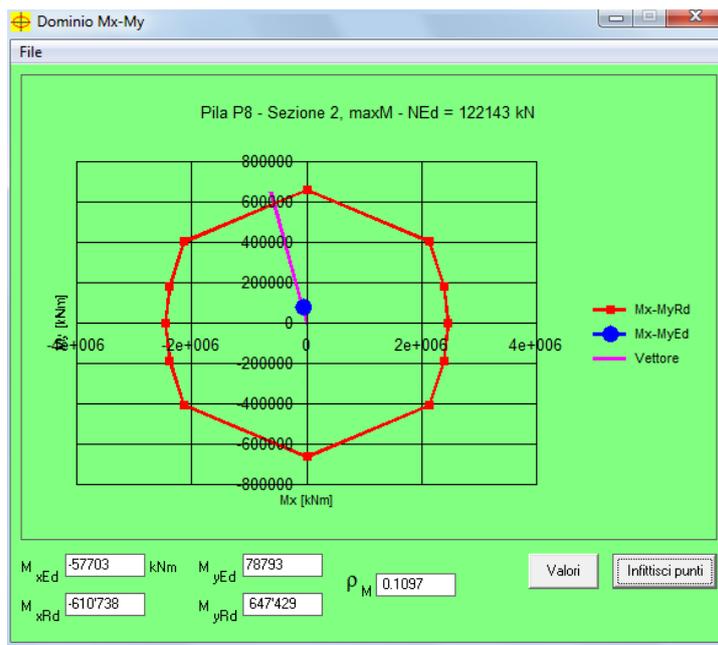
Materiali: B450C C32/40

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}: 18.13
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

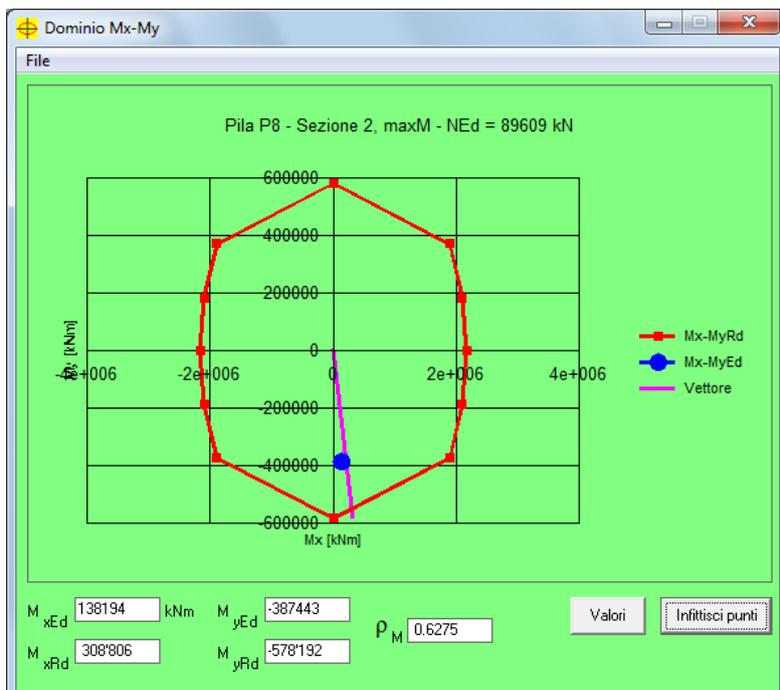
M_{xRd}: 308'806 kNm
M_{yRd}: -578'192 kNm
σ_c: -18.13 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_s: 3.5 ‰
E_s: 26.28 ‰
d: 613.4 cm
x: 72.1 x/d: 0.1175
δ: 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U.+ Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ°: 89
Precompresso

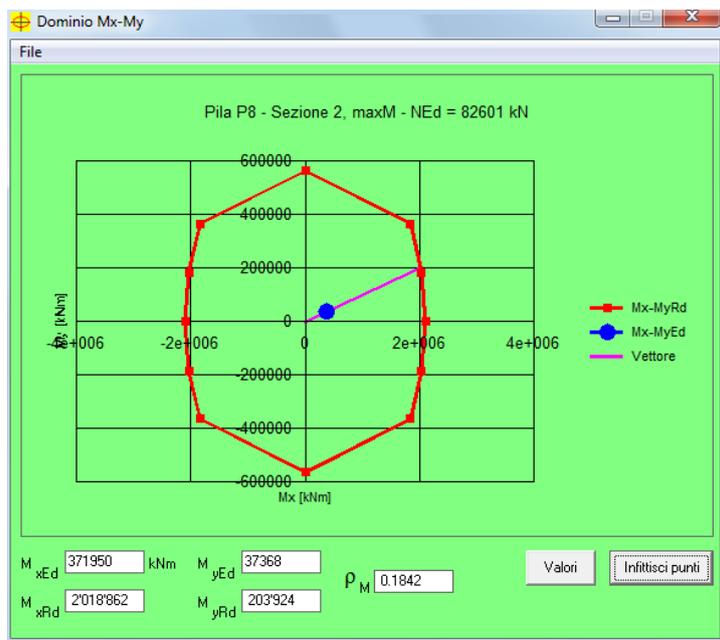
Condizione di carico 1:



Condizione di carico 2:



Condizione di carico 3:



8.1.3 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 $V_{gr,0}$

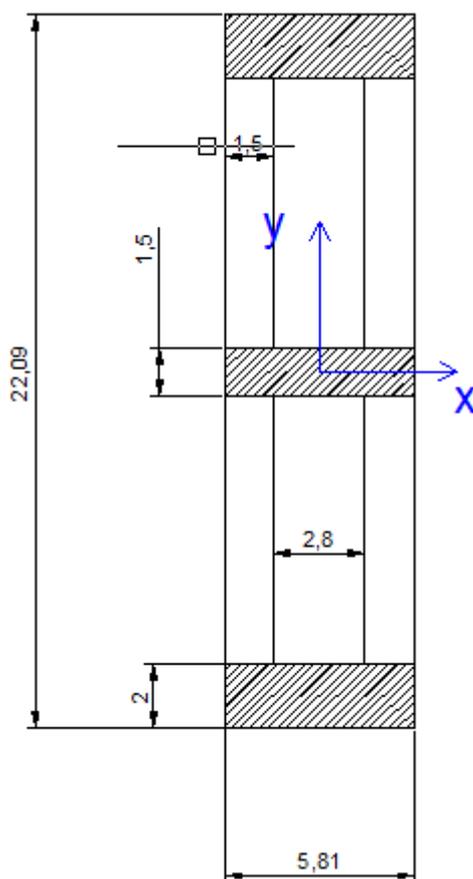
$$1 \leq \gamma_{Rd} = 1,25 + 1 - q \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{gr,0}} \leq 1,25 \quad (7.9.10)$$

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

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

8.1.3.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V_x)

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



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

SOLLECITAZIONI E GEOMETRIA DELLA PILA		
N_{Ed}	64545	[kN]
A_{TOT}	81.7	[m ²]
V_{Ed}	22699	[kN]
σ_{Ed}	0.79	[N/mm ²]
N_{ck}	2509007	[kN]

SEZIONI PER LA DISTRIBUZIONE DEL TAGLIO						
Elemento	b	h	l	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
SETTO CENTRALE	1.5	5.8	24.39	21.43	4863.98	6873.19
SETTO LATERALE	2	5.8	32.52	28.57	6485.31	9164.25

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	2000 [mm]
d	5800 [mm]
A_c	11600000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{cl}	14	numero barre longitudinali
ϕ_{cl}	20 [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}	9164.25 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	6485.31 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	237490.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	23	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	2.355852366	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	4279.5 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	15117.6 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	47 di 74

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	9164.25
V_{Ed}	6485.31
M_{Ed}	387443
N_{ck}	2509007
vk	0.003652541
Mrd	578192
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.49
V_{gr}	9678.21
V_{gr}/V_{Ed}	1.49
V_{Rd}	15117.61
$\gamma_{rd_resistenze}$	1.244858974
V_{Rd_gr}	12144.0
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.80

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	1500 [mm]
d	5800 [mm]
A_c	8700000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	7	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	20 [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}	6873.19 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	4863.98 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	178118.0 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	26	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	2.050303842	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1711.8 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	13156.9 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

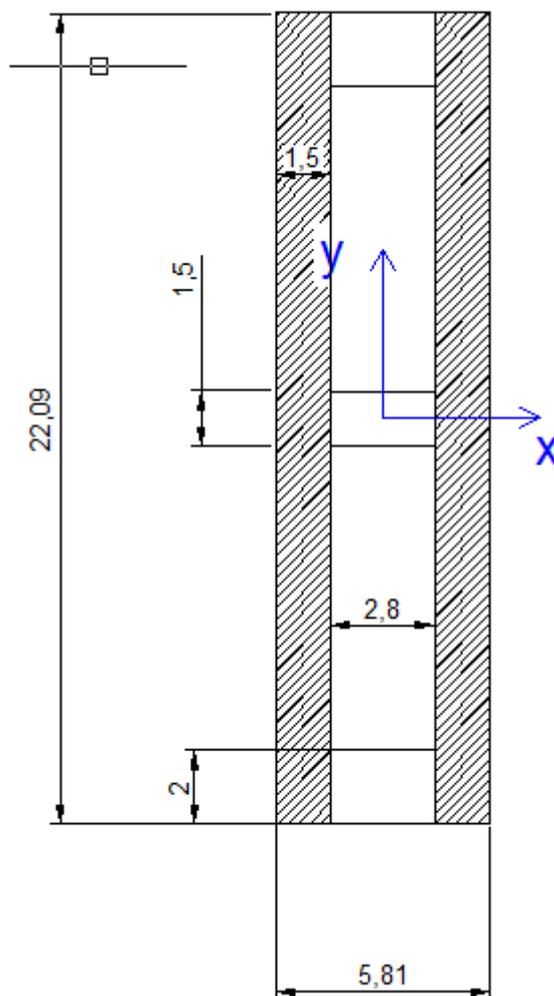
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	49 di 74

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	6873.19
V_{Ed}	4863.98
M_{Ed}	387443
N_{ck}	2509007
vk	0.002739406
M_{rd}	578192
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.49
V_{gr}	7258.66
V_{gr}/V_{Ed}	1.49
V_{Rd}	13156.89
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.244858974
V_{Rd_gr}	10569.0
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.69

8.1.3.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V_y)

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



SOLLECITAZIONI E GEOMETRIA DELLA PILA

N_{Ed}	75441	[kN]
A_{TOT}	81.7	[m ²]
V_{Ed}	24255	[kN]
σ_{Ed}	0.92	[N/mm ²]
N_{ok}	2509007	[kN]

SEZIONI PER LA DISTRIBUZIONE DEL TAGLIO							
Elemento	b	h	l	nr.elem	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ²]			[kN]	[kN]
SETTO	1.5	22.1	1349.23	2	50.00	12127.71	30610.57

Geometria sezione

b_w	1500 [mm]
d	22100 [mm]
A_c	33150000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	14	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	20 [mm]	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	16 [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}	30610.57 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	12127.71 [kN]	taglio di calcolo
N_{rd}	678691.0 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	23	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
ctg θ	2.355852366	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{rd}	11960.3 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{sd}	36866.1 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

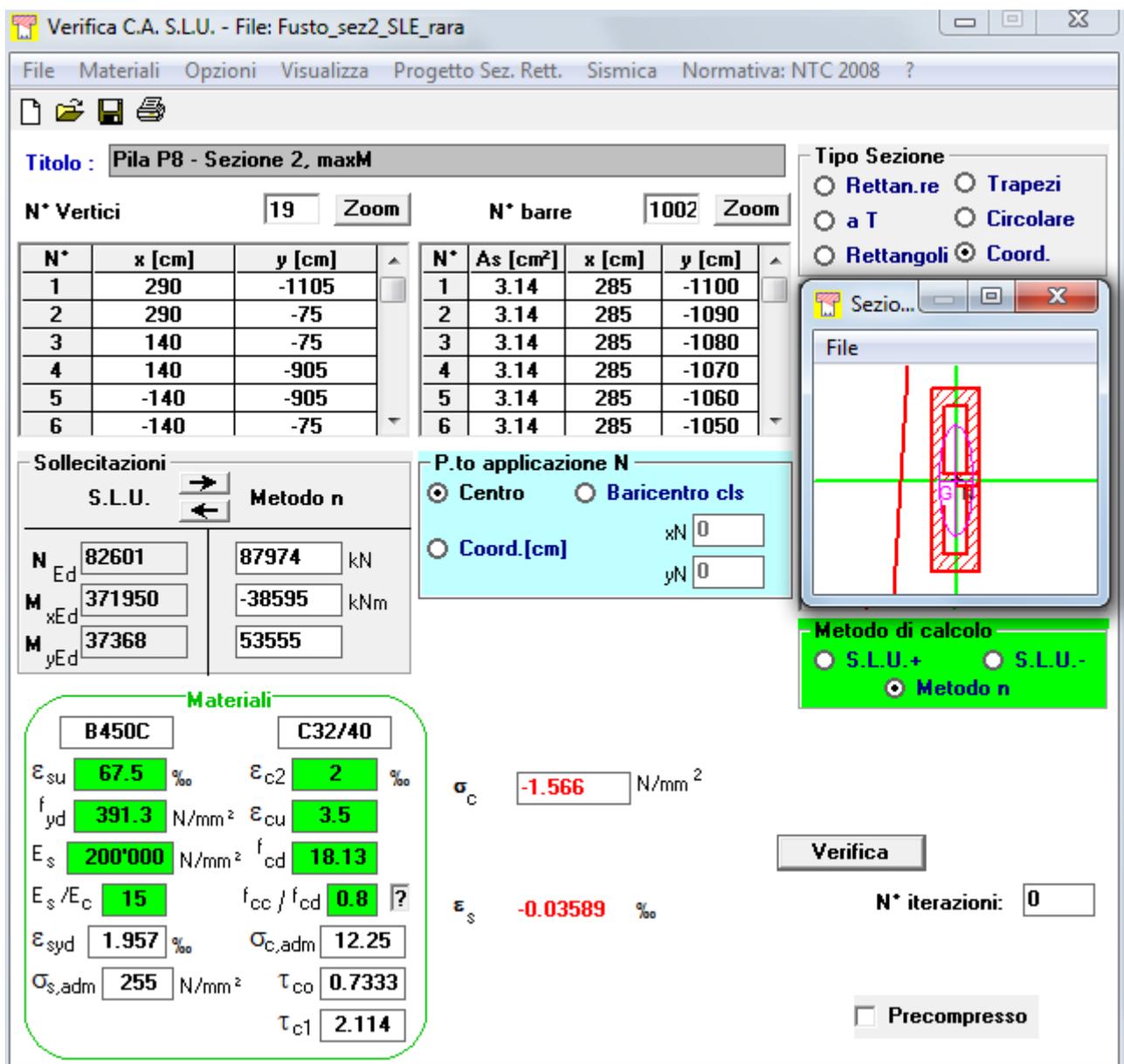
q	1.5
N_{Ed}	30610.57
V_{Ed}	12127.71
M_{Ed}	387443
N_{ok}	2509007
vk	0.012
M_{rd}	578192
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	1.49
V_{gr}	18098.52
V_{gr}/V_{Ed}	1.49
V_{rd}	36866.12
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.244858974
V_{rd_gr}	29614.7
V_{gr}/V_{rd_gr}	0.61

Le verifiche a taglio risultano soddisfatte su ogni setto.

8.1.4 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.

Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA



Titolo : Pila P8 - Sezione 2, maxM

N* Vertici 19 **N* barre** 1002

N*	x [cm]	y [cm]	N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	3.14	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	3.14	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	3.14	285	-1050

Solllecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	82601	87974	kN
M _{xEd}	371950	-38595	kNm
M _{yEd}	37368	53555	

Materiali
B450C C32/40

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}	18.13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

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

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

σ_c -1.566 N/mm²

ϵ_s -0.03589 ‰

Verifica
N* iterazioni: 0

Precompresso

$$\sigma_c = 1.566 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

8.1.4.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fusto_sez2_SLE_qp

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

Titolo : Pila P8 - Sezione 2, maxM

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	3.14	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	3.14	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	3.14	285	-1050

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="82601"/>	<input type="text" value="71831"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="371950"/>	<input type="text" value="-47"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="37368"/>	<input type="text" value="7165"/>

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} ‰ 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

$$\sigma_c = 0.89 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

8.2 Fusto di pila sezione 1

In questo capitolo si considera la sezione del fusto posta in corrispondenza del ringrosso (si considera la sezione minore); di seguito è riportato il calcolo delle sollecitazioni, che verranno successivamente utilizzate per la verifica della sezione sia allo stato limite ultimo che di esercizio.

8.2.1 Sollecitazioni a quota estradosso fondazioni (sezione 1)

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari in direzione orizzontale e verticale agenti sulla pila. Queste forze sono riferite al sistema di riferimento già riportato in precedenza (ma considerando la quota della sezione considerata), in seguito verranno utilizzate per ottenere le sollecitazioni per il calcolo del plinto.

Elemento	Componenti risultante				Pos. della risultante			
	Fy [kN]	Fx [kN]	Fz [kN]	Mx_appoggi	x [m]	y [m]	z [m]	
Fusto	0	0	-15217	0	2.90	0.00	3.73	
Pulvino	0	0	-9630	0	2.90	0.00	8.95	
Inerzia x spalla	Fusto	0	4640	0	0	2.90	0.00	3.73
	Pulvino	0	2937	0	0	2.90	0.00	8.95
Inerzia y spalla	Fusto	4640	0	0	0	2.90	0.00	3.73
	Pulvino	2937	0	0	0	2.90	0.00	8.95
Inerzia z spalla	Fusto	0	0	2320	0	2.90	0.00	3.73
	Pulvino	0	0	1468	0	2.90	0.00	8.95
Vento sul fusto della pila	Vy	208.8	0	0	0	2.90	0.00	5.23
Azioni da impalcato 120 m (arco)	Permanenti impalcato G1	1	0	-10103	-10	1.76	0.00	10.85
	Permanenti impalcato G2	1	0	-7995	-11	1.76	0.00	10.85
	Frenatura/Avviamento	0	0	0	0	1.76	0.00	10.85
	Vento trasversale	1998	0	0	-10304	1.76	0.00	10.85
	Sovraccarico accidentale	26	0	-11525	-1563	1.76	0.00	10.85
	Azione centrifuga	0	0	0	0	1.76	0.00	10.85
	Resistenze parassite	0	889	0	0	1.76	0.00	10.85
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	-1	1.76	0.00	10.85
Sisma x - impalcato 120 m (arco)	Ex	724	0	6960	-1915	1.76	0.00	10.85
Sisma y - impalcato 120 m (arco)	Ey	7018	0	6640	552	1.76	0.00	10.85
Sisma z - impalcato 120 m (arco)	Ez	218	0	3061	-565	1.76	0.00	10.85
Azioni da impalcato 40 m	Permanenti impalcato G1	0	0	-3776	0	4.81	0.00	10.85
	Permanenti impalcato G2	0	0	-3766	1	4.81	0.00	10.85
	Frenatura/Avviamento	-4	2255	130	-8	4.81	0.00	10.85
	Vento trasversale	555	0	0	2577	4.81	0.00	10.85
	Sovraccarico accidentale	-15	0	-4748	-1085	4.81	0.00	10.85
	Azione centrifuga	0	0	0	0	4.81	0.00	10.85
	Resistenze parassite	0	369	0	0	4.81	0.00	10.85
	Azioni laterali (serpeggio)	210	0	0	334	4.81	0.00	10.85
Sisma x - impalcato 40 m	Ex	311	8711	1966	-1	4.81	0.00	10.85
Sisma y - impalcato 40 m	Ey	3410	2644	0	-51	4.81	0.00	10.85
Sisma z - impalcato 40 m	Ez	106	814	1828	-7	4.81	0.00	10.85

Tali azioni combinate con i coefficienti riportati in precedenza determinano le sollecitazioni di progetto. Di seguito si riportano le sollecitazioni di progetto riferite al baricentro del fusto principale (senza considerare il ringrosso).

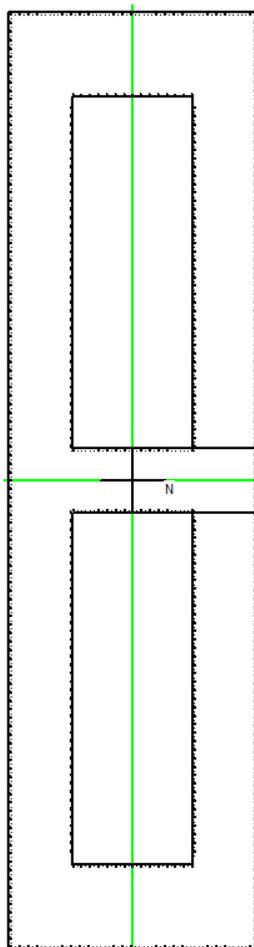
RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	56 di 74

Combinazioni	N_{tot}	$M_{y_{tot}}$	$M_{x_{tot}}$	$V_{y_{tot}}$	$V_{x_{tot}}$
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
SLU 1	-93328	32799	-29375	2805	4401
SLU 2	-70966	-32380	-28006	2679	800
Ex-0.3Ey+0.3Ez	-44177	131836	31481	-4224	16190
Ex-0.3Ey-0.3Ez	-49383	126538	33938	-4419	15701
(-)Ex-0.3Ey+0.3Ez	-62082	-162374	57751	-6292	-17288
(-)Ex-0.3Ey-0.3Ez	-67289	-167672	60208	-6487	-17776
0.3Ex-Ey+0.3Ez	-55074	6873	150031	-17552	2937
0.3Ex-Ey-0.3Ez	-60280	1574	152488	-17747	2449
0.3Ex-0.3Ey+Ez	-44351	38435	37814	-4721	5358
0.3Ex-0.3Ey-Ez	-61706	20773	46004	-5370	3730
(-)0.3Ex-0.3Ey+Ez	-49707	-46922	45699	-5342	-4414
(-)0.3Ex-0.3Ey-Ez	-67063	-64584	53889	-5991	-6043
SLE_rara (a)	-66630	22107	-19647	1876	3009
SLE_rara (b)	-62012	-13580	-18715	1790	533
SLE_freq (a)	-60172	12684	-1435	132	1982
SLE_freq (b)	-57402	-9288	-875	81	444
SLE_Q.P.	-50486	595	-24	2	629

8.2.2 Verifiche a pressoflessione alla base

La sezione di verifica è la seguente:



L'armatura considerata è distribuita su tutti i lati della sezione, sia interni che esterni, con $\phi 20$ passo 20 cm. Il copriferro considerato è di 4 cm.

Nel seguito si riportano le verifiche a presso-flessione, eseguite con il programma Gelfi VcaSlu.

Nello specifico si sono analizzati i casi in cui i momenti longitudinali, trasversali e sforzo normale risultano massimizzati.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fusto_sez1_Mymax_rev

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

Titolo: Sbalzo_sez. d'estremità

N° Vertici: 19 Zoom N° barre: 1002 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	0	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	0	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	0	285	-1050

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 67289 kN
M_{xEd}: 60208 kNm
M_{yEd}: -167672 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

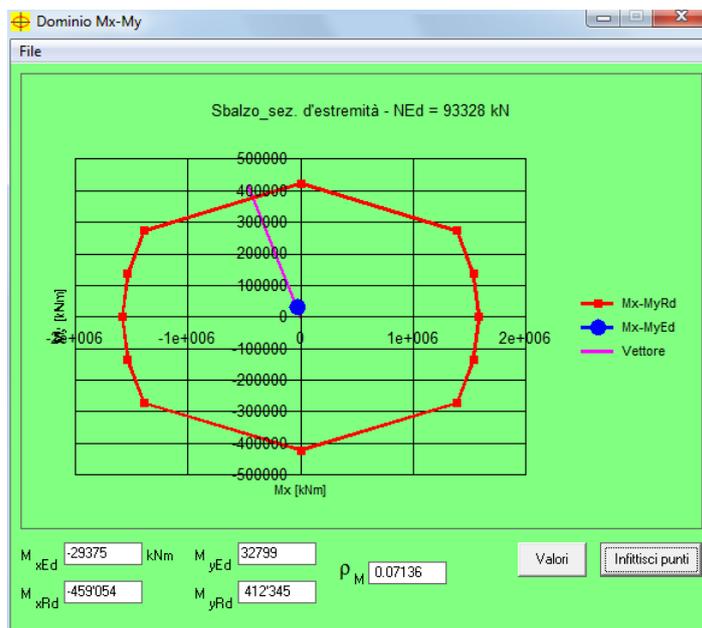
Materiali: B450C C25/30

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 ‰ C_{c,adm}: 9.75
σ_{s,adm}: 255 N/mm² T_{co}: 0.6
T_{c1}: 1.829

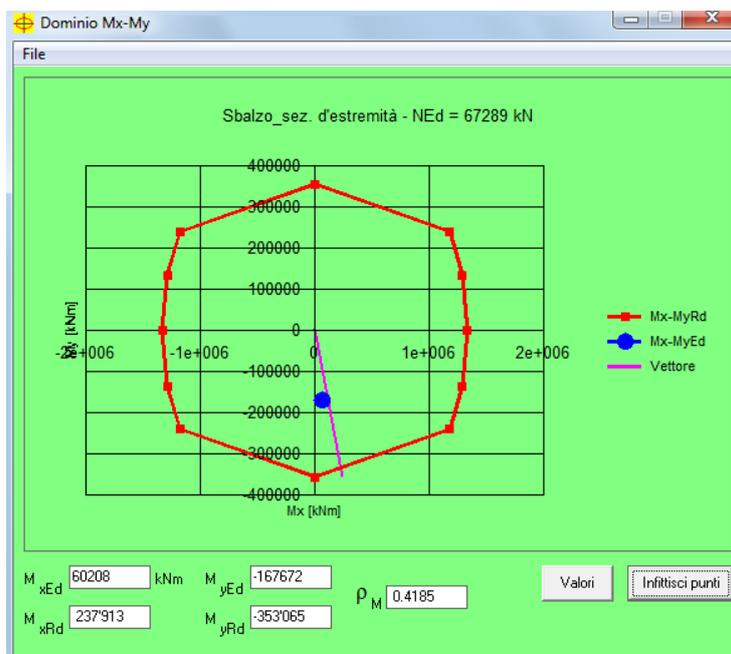
M_{xRd}: 237'913 kNm
M_{yRd}: -353'065 kNm
σ_c: -14.17 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 30.13 ‰
d: 613.4 cm
x: 63.84 x/d: 0.1041
δ: 0.7

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°: 89
Precompresso

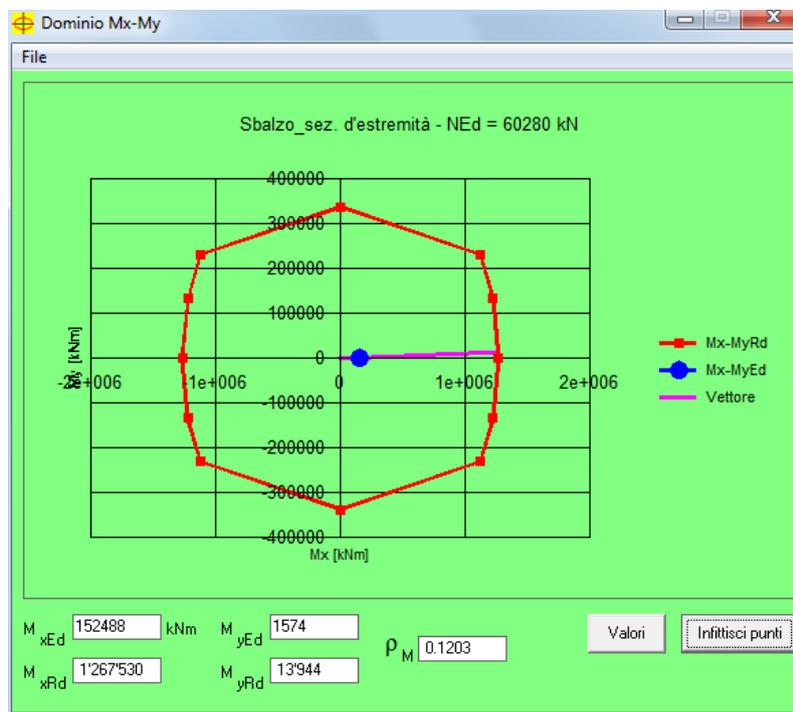
Condizione di carico 1:



Condizione di carico 2:



Condizione di carico 3:



8.2.3 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 $V_{gr,0}$

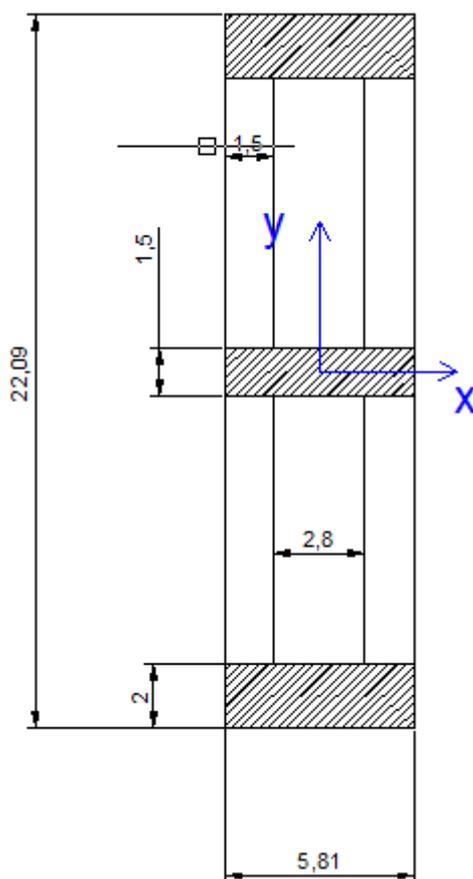
$$1 \leq \gamma_{Rd} = 1,25 + 1 - q \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{gr,0}} \leq 1,25 \quad (7.9.10)$$

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

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

8.2.3.1 VERIFICA A TAGLIO LONGITUDINALE (V_x)

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



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

SOLLECITAZIONI E GEOMETRIA DELLA PILA		
N_{Ed}	44177	[kN]
A_{TOT}	81.7	[m ²]
V_{Ed}	16190	[kN]
σ_{Ed}	0.54	[N/mm ²]
N_{ck}	2509007	[kN]

SEZIONI PER LA DISTRIBUZIONE DEL TAGLIO						
Elemento	b	h	I	% di I	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]		[kN]	[kN]
SETTO CENTRALE	1.5	5.8	24.39	21.43	3469.26	4704.28
SETTO LATERALE	2	5.8	32.52	28.57	4625.68	6272.37

Setto Laterale

Geometria sezione

b_w	2000 [mm]
d	5800 [mm]
A_c	11600000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	14	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	20 [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}	6272.37 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	4625.68 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	237490.7 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	23	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	2.355852366	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	3845.7 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	15117.6 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	63 di 74

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	6272.37
V_{Ed}	4625.68
M_{Ed}	167672
N_{ck}	2509007
vk	0.002499941
M_{rd}	353065
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	2.11
V_{gr}	9740.24
V_{gr}/V_{Ed}	2.11
V_{Rd}	15117.61
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.25
V_{Rd_gr}	12094.1
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.81

Setto Centrale

Geometria sezione

b_w	1500 [mm]
d	5800 [mm]
A_c	8700000 [mm ²]

Caratteristiche armature

n_{bl}	7	numero barre longitudinali
ϕ_{bl}	20 [mm]	di diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	2	numero di bracci delle staffe
ϕ_{st}	20 [mm]	di 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}	4704.28 [kN]	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V_{Ed}	3469.26 [kN]	taglio di calcolo
N_{Rd}	178118.0 [kN]	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	26	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$\text{ctg } \theta$	2.050303842	$1 < \text{ctg } \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	1538.3 [kN]	Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
V_{Rd}	13156.9 [kN]	Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

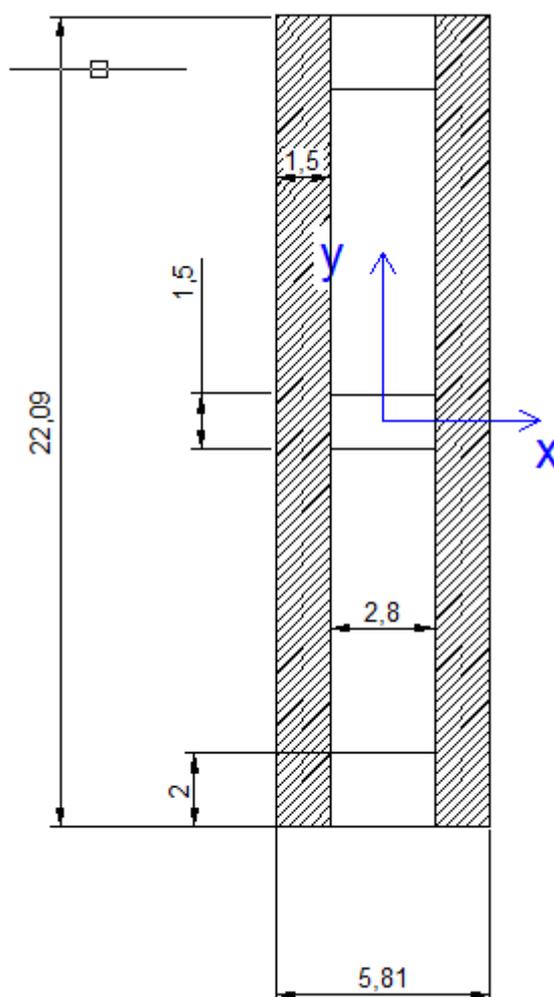
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02.05.004	A	65 di 74

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

q	1.5
N_{Ed}	4704.28
V_{Ed}	3469.26
M_{Ed}	167672
N_{ok}	2509007
vk	0.001874956
M_{rd}	353065
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	2.11
V_{gr}	7305.18
V_{gr}/V_{Ed}	2.11
V_{rd}	13156.89
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.25
V_{rd_gr}	10525.5
V_{gr}/V_{rd_gr}	0.69

8.2.3.2 VERIFICA A TAGLIO TRASVERSALE (V_y)

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



SOLLECITAZIONI E GEOMETRIA DELLA PILA

N_{Ed}	55074	[kN]
A_{TOT}	81.7	[m ²]
V_{Ed}	17747	[kN]
σ_{Ed}	0.67	[N/mm ²]
N_{ck}	2509007	[kN]

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02.05.004	A	67 di 74

SEZIONI PER LA DISTRIBUZIONE DEL TAGLIO							
Elemento	b	h	l	nr.elem	% di l	Taglio	N
	[m]	[m]	[m ⁴]			[kN]	[kN]
SETTO	1.5	22.1	1349.23	2	50.00	8873.36	22346.27

Geometria sezione

b_w 1500 [mm]
 d 22100 [mm]
 A_c 33150000 [mm²]

Caratteristiche armature

n_{bl} 14 numero barre longitudinali
 ϕ_{bl} 20 [mm] diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} 2 numero di bracci delle staffe
 ϕ_{st} 16 [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} 22346.27 [kN] sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
 V_{Ed} 8873.36 [kN] taglio di calcolo
 N_{Rd} 678691.0 [kN] sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ 23 inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
 $ctg \theta$ 2.355852366 $1 < ctg \theta < 2.5$

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} 10720.6 [kN] Taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale a taglio
 V_{Rd} 36866.1 [kN] Taglio resistente per elemento con armatura trasversale a taglio

Valore a taglio della sezione con la gerarchia delle resistenze

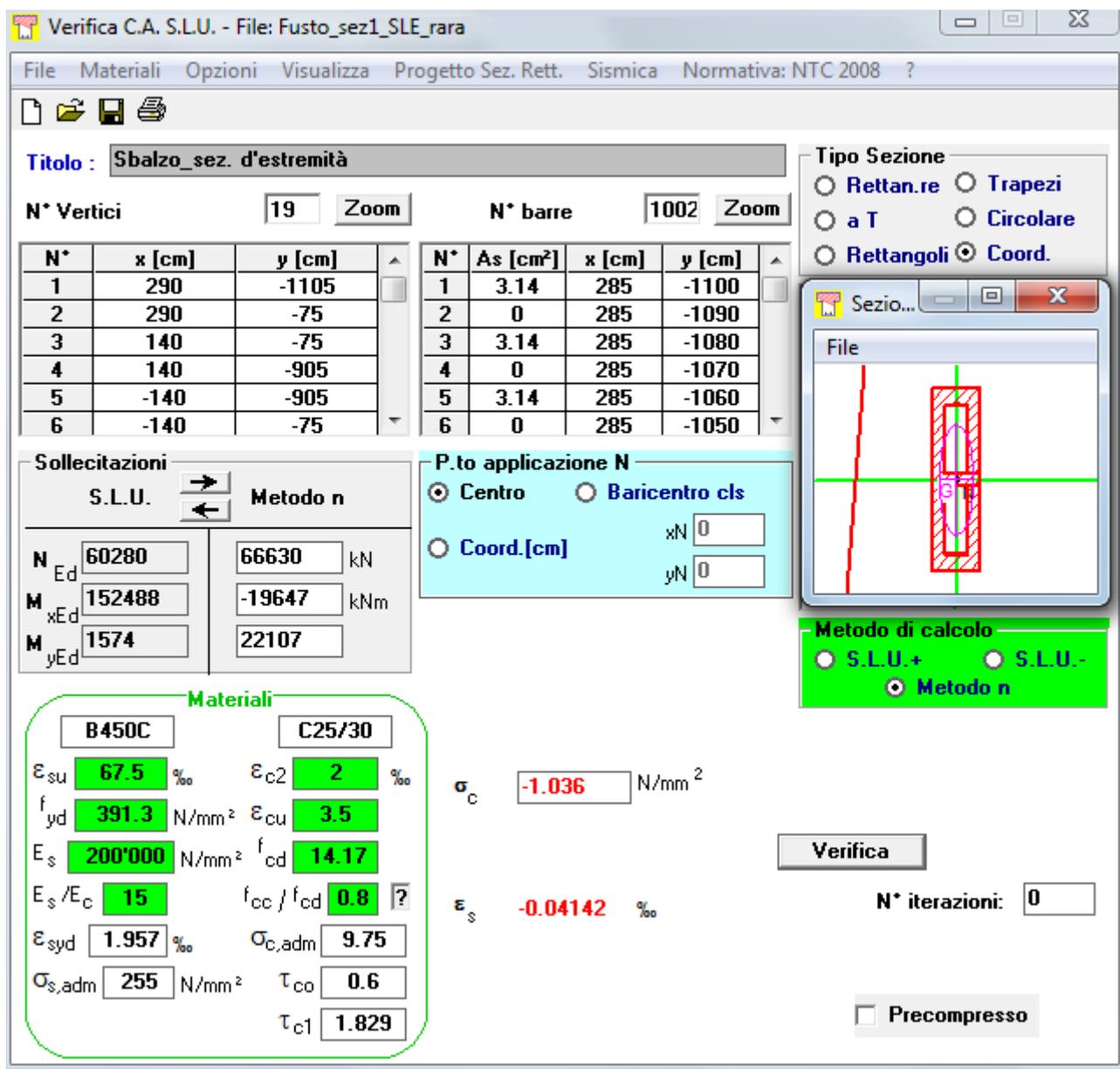
q	1.5
N_{Ed}	22346.27
V_{Ed}	8873.36
M_{Ed}	167672
N_{ck}	2509007
ν_k	0.009
M_{rd}	353065
γ_{rd}	1
M_{rd}/M_{Ed}	2.11
V_{gr}	18684.53
V_{gr}/V_{Ed}	2.11
V_{Rd}	36866.12
$\gamma_{rd_resistenza}$	1.25
V_{Rd_gr}	29492.9
V_{gr}/V_{Rd_gr}	0.63

Le verifiche a taglio risultano soddisfatte su ogni setto.

8.2.4 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.

Verifica tensioni di esercizio: Combinazione RARA



Titolo : Sbalzo_sez. d'estremità

N° Vertici 19 **N° barre** 1002

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	0	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	0	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	0	285	-1050

Solllecitazioni
S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	60280	66630	kN
M _{xEd}	152488	-19647	kNm
M _{yEd}	1574	22107	

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 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6
		τ_{c1}	1.829

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

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

σ_c -1.036 N/mm²

ϵ_s -0.04142 ‰

Verifica N° iterazioni: 0

Precompresso

$$\sigma_c = 1.036 \text{ N/mm}^2 < 0.55 f_{ck} = 0.55 \times 30.71 = 16.9 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

8.2.4.1 Verifica tensioni di esercizio: Combinazione QUASI PERMANENTE

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fusto_sez1_SLE_qp

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

Titolo: Sbalzo_sez. d'estremità

N° Vertici: 19 Zoom N° barre: 1002 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	290	-1105	1	3.14	285	-1100
2	290	-75	2	0	285	-1090
3	140	-75	3	3.14	285	-1080
4	140	-905	4	0	285	-1070
5	-140	-905	5	3.14	285	-1060
6	-140	-75	6	0	285	-1050

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	60280	50486	kN
M _{xEd}	152488	-24	kNm
M _{yEd}	1574	595	

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

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	‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²	τ_{co}	0.6	
			τ_{c1}	1.829	

σ_c -0.6057 N/mm²

ϵ_s -0.04465 ‰

Verifica

N° iterazioni: 0

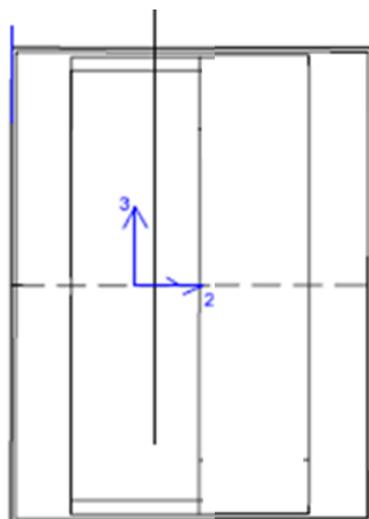
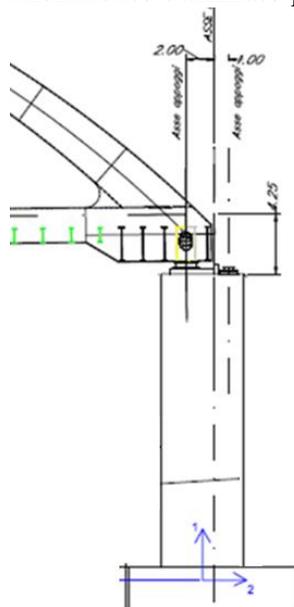
Precompresso

$$\sigma_c = 0.6057 \text{ N/mm}^2 < 0.4 f_{ck} = 0.4 \times 30.71 = 12.3 \text{ N/mm}^2$$

→ VERIFICATO

9 AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO

Di seguito si riportano il sistema di riferimento utilizzato per le azioni alla base.



Di seguito si riporta un riepilogo sia delle azioni elementari che azioni combinate calcolate alla base del fusto seguendo il sistema di riferimento riportato nel precedente paragrafo.

PILA P9						
Sollecitazioni calcolate a quota estradosso plinto						
Azioni elementari: sono presenti solo i coefficienti dinamici dei carichi						
Nota bene: azione assiale N positiva se di trazione						
	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
Permanenti impalcato	-126862	19	-4678900	0	-2946	-522
Vento trasversale	0	0	0	1048	-2471	-7900800
Traffico - max N (*)	4	0	787	0	-3761	154
Traffico - min N (*)	-6968	3	-832930	47	1492924	53503
Traffico - max M3 (*)	-3435	0	342062	34	544557	137269
Traffico - min M3 (*)	-6542	4	-1295181	30	1387033	-17987
Traffico V2 (*)	-5786	4	-1145500	30	1491809	-18836
Traffico - M2 (*)	-6394	3	-800831	53	1630626	43144
Traffico V3 (*)	-5972	2	-433695	62	1477687	128494
Traffico - T (*)	-3038	0	132606	34	483282	156343
Serpeggio	0	0	0	210	0	0
Sisma Ex (Direzione 2)	7422	16858	37476792	1894	2202372	201125
Sisma Ey (Direzione 3)	1002	1810	2651138	8889	20035149	1063888
Sisma Ez (Direzione 1)	5686	2645	3739152	1138	1514673	124270
N.B. per sistema di riferimento guardare immagine in fondo a tabella						
(*) In alternativa						
(**) Componenti elementari spettro nella direzione indicata						

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02.05.004	A	73 di 74

Azioni combinate:

	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
SLU - GR1 - N (max) (*)	-126840	19	-4674601	4	16560	-1363
SLU - GR1 - N (min) (*)	-183210	30	-7779140	64	2117913	77845
SLU - GR1 - M3 (max) (	-128960	1262	-1446237	-2235	-6765711	215925
SLU - GR1 - M3 (min) (	-175280	-1217	-10024250	2225	6135504	-256467
SLU - GR1 - V2 (*)	-173087	1269	-3543520	0	-5389	-628
SLU - GR3 - M2 (*)	-136130	23	-5841505	2320	8876962	-200287
SLU - GR1 - V3 (*)	-181735	-593	-8705844	2342	8608769	-114434
SLU - GR1 - T (*)	-137352	644	-3808985	-2203	-5813977	526189
SLU - GR3 - N (max) (*)	-126821	19	-4670873	9	38641	-2315
SLU - GR3 - N (min) (*)	-223222	30	-7780168	59	2095713	78798
SLU - GR3 - M3 (max) (	-128960	2505	1576433	-2235	-6766502	215961
SLU - GR3 - M3 (min) (	-175280	-2460	-13046920	2225	6136294	-256502
SLU - GR3 - V2 (*)	-173087	2512	-520850	0	-6179	-593
SLU - GR3 - M2 (*)	-136125	23	-5840663	2339	8971979	-204378
SLU - GR3 - V3 (*)	-181724	-1214	-10214893	2370	8662135	-156266
SLU - GR3 - T (*)	-137364	1265	-2299936	-2231	-5867343	568021
SLV - N max (*)	-117433	18214	34715136	4902	8663620	557081
SLV - N min (*)	-137684	-18175	-44239365	-4893	-8371680	-547394
SLV - M3 max (*)	-118121	18214	34783391	4909	8773284	584504
SLV - M3 min (*)	-137599	-18175	-44331815	-4896	-8392858	-561692
SLV - V2 (*)	-118591	18215	34485879	4908	8962734	553283
SLV - M2 (*)	-123207	7680	10176855	9809	21473442	1169614
SLV - V3 (*)	-123122	7680	10250282	9811	21442854	1186684
SLV - T (*)	-122535	7680	10363542	9805	21243973	1192253

RELAZIONE DI CALCOLO PILA P9

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 05 004	A	74 di 74

10 VERIFICHE PLINTO PILA

Si riportano nel seguito le verifiche geotecniche e strutturali del plinto a fondazione diretta della pila in oggetto.

10.1.1 Calcolo delle pressioni di contatto a quota intradosso plinto

Nelle seguenti tabelle è riportato il calcolo delle pressioni di contatto a quota intradosso plinto per le combinazioni di azioni maggiormente significative, valutate a partire dalle combinazioni agenti allo spiccato della pila e riportate a livello di intradosso plinto tenendo conto di un ricoprimento di terreno medio pari a 5 m.

PILA P9 - Pila con vincolo fisso longitudinale dell'impalcato 40m												
Sollecitazioni calcolate a quota estradosso plinto												
Azioni combinate												
Combinazione di carico	N	Ntot	Vx	My	My	My+Vx*d	e su B	Vy	M22	Mx	Mx+Vy*d	e su L
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	m	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	m
SLU 1	-122143	-206105,07	4401		78793	96398,6307	-0,5	2805		-57703	-46483,68	0,2
SLU 2	-92310	-176272	800		-24022	-20823,02	0,1	2679		-55015	-44300,629	0,3
SLE FREQ A	-81516	-165478,6	1982		33392	41318,9452	-0,2	132		-2816	-2287,4579	0,0138
SLE FREQ A	-78746	-162707,9	444		-4645	-2867,6485	0,0	81		-1718	-1395,7536	0,0086
SLE QPERM	-71831	-155792,71	629		7165	9679,62186	-0,1	2		-47	-38,3714	0,0002
Ex-0.3Ey+0.3Ez	-64545	-148507,0	22699		335029	425823,007	-2,9	-6177		85824	61117,5435	-0,4
Ex-0.3Ey-0.3Ez	-71704	-155666,1	22210		324625	413465,22	-2,7	-6371		90317	64831,1938	-0,4
(-)Ex-0.3Ey+0.3Ez	-82450	-166412,5	-23797		-377039	-472225,46	2,8	-8244		133701	100724,306	-0,6
(-)Ex-0.3Ey-0.3Ez	-89609	-173571,6	-24285		-387443	-484583,24	2,8	-8439		138194	104437,956	-0,6
0.3Ex-Ey+0.3Ez	-75441	-159403,6	4890		47772	67332,4128	-0,4	-24061		367457	271214,173	-1,7
0.3Ex-Ey-0.3Ez	-82601	-166562,7	4402		37368	54974,6264	-0,3	-24255		371950	274927,823	-1,7

Contact pressures at the bottom of foundation

footing on soil

L	23,80	[m]
B	21,00	[m]
W _t	1982,5	[m ³]
W _i	1749,3	[m ³]
A	499,8	[m ²]

L/6	3,97	[m]
B/6	3,50	[m]
L/4	5,95	[m]
B/4	5,25	[m]

kern boundary	
x ₁	0
y ₁	3,97
x ₂	3,50
y ₂	0

Combination	P _{max}	P _{min}	P _{max}	P _{min}	m ₂	m ₁	x	y	d	e±d
	[kPa]	[kPa]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
SLU 1	-333,8	-490,9	-3,34	-4,91	-1,13	0,5	2,5	1,2	2,73	verified
SLU 2	-318,4	-386,9	-3,18	-3,87	-1,13	2,1	1,2	2,6	2,86	verified
SLE FREQ A	-306,3	-355,9	-3,06	-3,56	-1,13	0,1	3,3	0,2	3,34	verified
SLE FREQ A	-323,2	-327,9	-3,23	-3,28	-1,13	0,5	2,4	1,2	2,72	verified
SLE QPERM	-306,2	-317,3	-3,06	-3,17	-1,13	0,0	3,5	0,0	3,49	verified
Ex-0.3Ey+0.3Ez	-22,9	-571,4	-0,23	-5,71	-1,13	-0,1	4,0	-0,6	4,05	verified
Ex-0.3Ey-0.3Ez	-42,4	-580,5	-0,42	-5,81	-1,13	-0,2	4,1	-0,6	4,11	verified
(-)Ex-0.3Ey+0.3Ez	-12,2	-653,7	-0,12	-6,54	-1,13	-0,2	4,3	-0,9	4,41	verified
(-)Ex-0.3Ey-0.3Ez	-17,6	-677,0	-0,18	-6,77	-1,13	-0,2	4,3	-0,9	4,42	verified
0.3Ex-Ey+0.3Ez	-143,6	-494,2	-1,44	-4,94	-1,13	-4,0	-1,4	5,5	5,69	verified
0.3Ex-Ey-0.3Ez	-163,2	-503,4	-1,63	-5,03	-1,13	-5,0	-1,0	5,1	5,23	verified
Max/Min			0,00	-6,77						

In considerazione delle caratteristiche meccaniche del substrato lapideo (vedasi Relazione Geotecnica specifica), le pressioni di contatto agenti risultano ampiamente accettabili.

10.1.2 Verifiche strutturali plinto

Le verifiche sono omesse in quanto le sollecitazioni sono minori di quelle della pila 8