

AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA - BARI - TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO



POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA “PASSANTE DI BOLOGNA”

PROGETTO DEFINITIVO

AUTOSTRADA A14 / TANGENZIALE 63T – VIADOTTO RENO NUOVO VIADOTTO RENO CARR. NORD SOTTOSTRUTTURE RELAZIONE PULVINO E PILE P6/P7 -VIA NORD
--

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Umberto Mele Ord. Ingg. Milano n.18641 RESPONSABILE STRUTTURE	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Andrea Tanzi Ordine Ingg. Parma N. 1154 PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											Ordinatore
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	WBS	PARTE D'OPERA	Tipo	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
111465	LL00	PD	AU	V63	VA63N	PIL00	R	STR	4602	0	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER: Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068		SUPPORTO SPECIALISTICO: 		REVISIONE	
					n.	data
					0	SETTEMBRE 2020
					1	
					2	
REDATTO:		VERIFICATO:		3		
				4	-	

VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---

Sommario

1	GENERALITA'	1
1.1	DESCRIZIONE	1
1.2	ANALISI STRUTTURALE	3
1.2.1	<i>Convenzione assi</i>	4
1.2.2	<i>Definizione della matrice di rigidezza in testa al palo</i>	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3	CALCOLO DEI COPRIFERRI	9
3.1	FUSTO PILA	9
3.2	PULVINI	11
4	MATERIALI E RESISTENZA DI PROGETTO	13
4.1	VERIFICHE ALLO SLU	13
5	CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE	14
5.1	PILE	14
5.2	PALI	16
5.3	PULVINI	19
6	VERIFICHE DELLE PILE	21
6.1	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU	21
6.1.1	<i>Pressoflessione</i>	21
6.1.2	<i>Taglio</i>	27
7	VERIFICHE DEI PALI	29
7.1	CAPACITA' PORTANTE	29
7.2	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU	32
8	VERIFICHE DEL PULVINO	34
8.1	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU	34
8.1.1	<i>Pressoflessione</i>	34
8.1.2	<i>Taglio</i>	38

Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1 - IMMAGINE PILA 6.....	1
FIGURA 2 - IMMAGINE PILA 7.....	1
FIGURA 3 - VISTA DELLA PILA	2
FIGURA 4 - MODELLO PILA E PULVINO.....	3
FIGURA 5 - CONVENZIONI ASSI MODELLO	4

1 GENERALITA'

1.1 DESCRIZIONE

Nel presente documento si riportano le verifiche del pulvino, delle pile e dei pali pila relativi agli allineamenti 6 e 7 del viadotto reno carreggiata Nord.

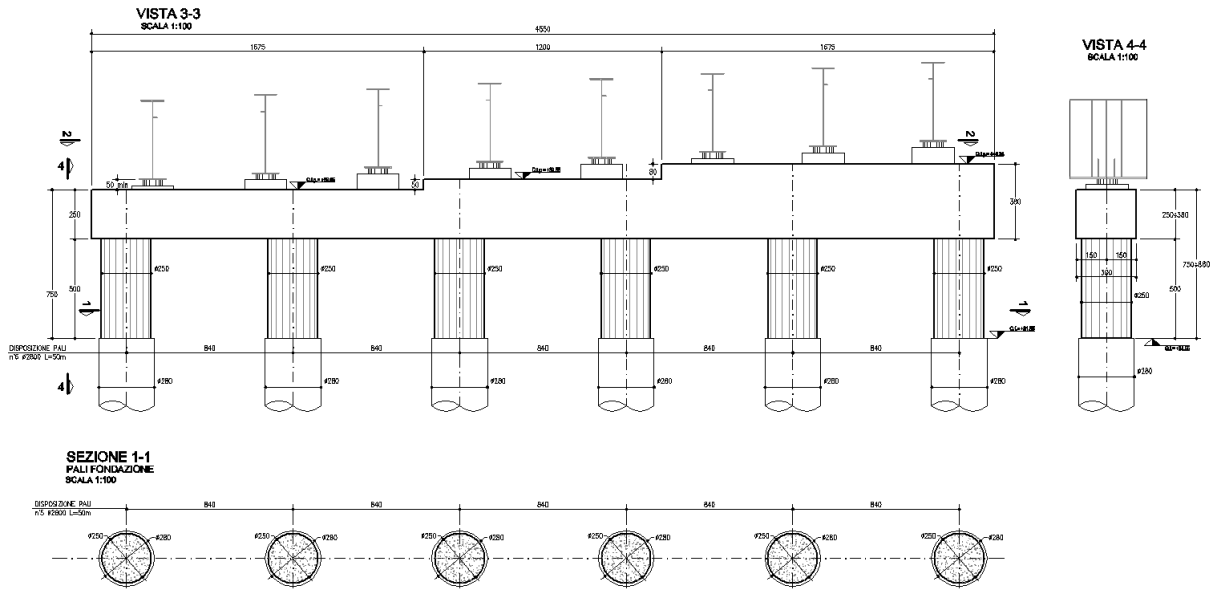


Figura 1 - Immagine pila 6

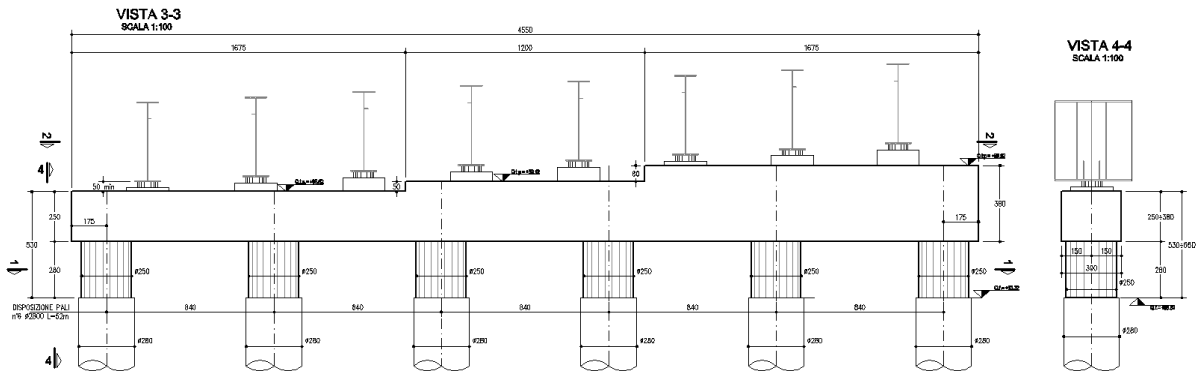


Figura 2 - Immagine pila 7

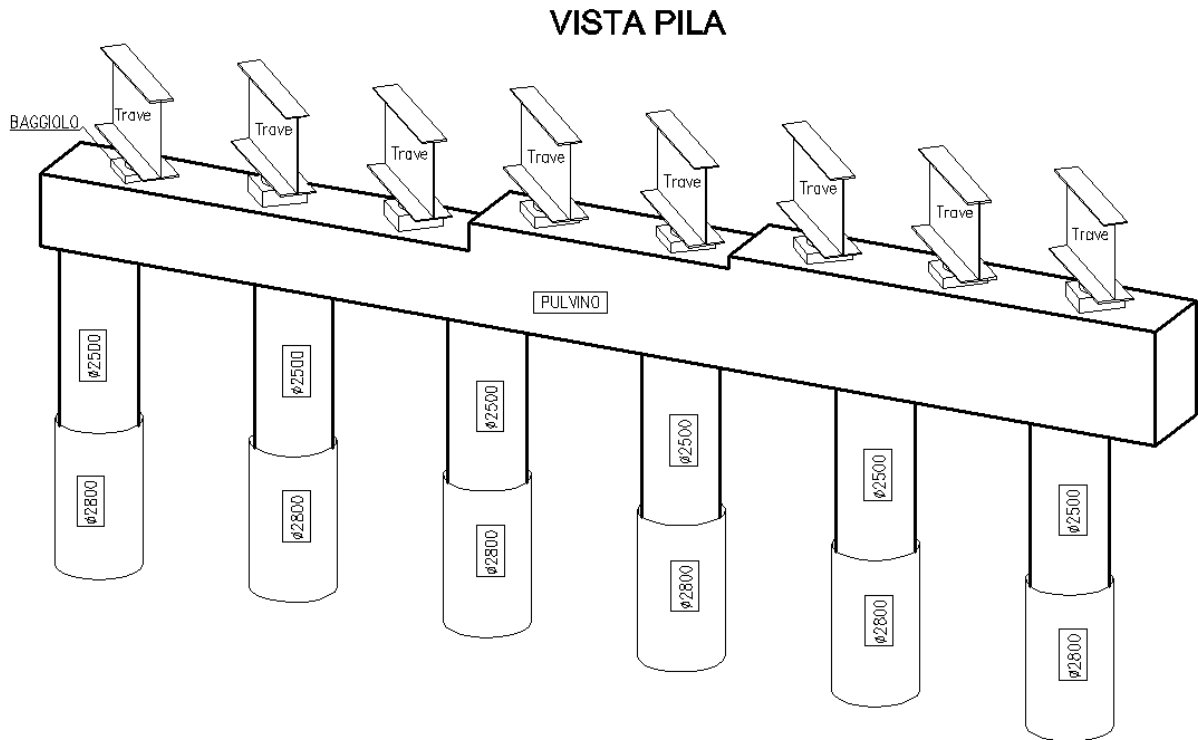


Figura 3 - Vista della pila

Il pulvino ha una sezione rettangolare di larghezza costante pari a 3.00 m, mentre l'altezza, come visibile dalle immagini precedenti, varia da un minimo di 2.50 m ad un massimo di 3.80 m.

La pila in esame è composta da sei fusti circolari di diametro pari a 2.50 m. L'altezza massima dei fusti in questione è 5.00 m.

I pali sottostanti sono caratterizzati da un diametro di 2.80 m.

1.2 ANALISI STRUTTURALE

Le sollecitazioni di verifica sono state ricavate dal modello globale. Le pile e i pulvini sono stati modellati con elementi frame ubicati in corrispondenza dell'asse baricentrico della sezione, assegnandovi le rispettive caratteristiche statiche.

Il vincolo alla base delle pile è stato applicato attraverso una serie di elementi di tipo "spring", cui viene assegnata una matrice di rigidità che rappresenta il comportamento del palo in funzione delle caratteristiche del terreno.

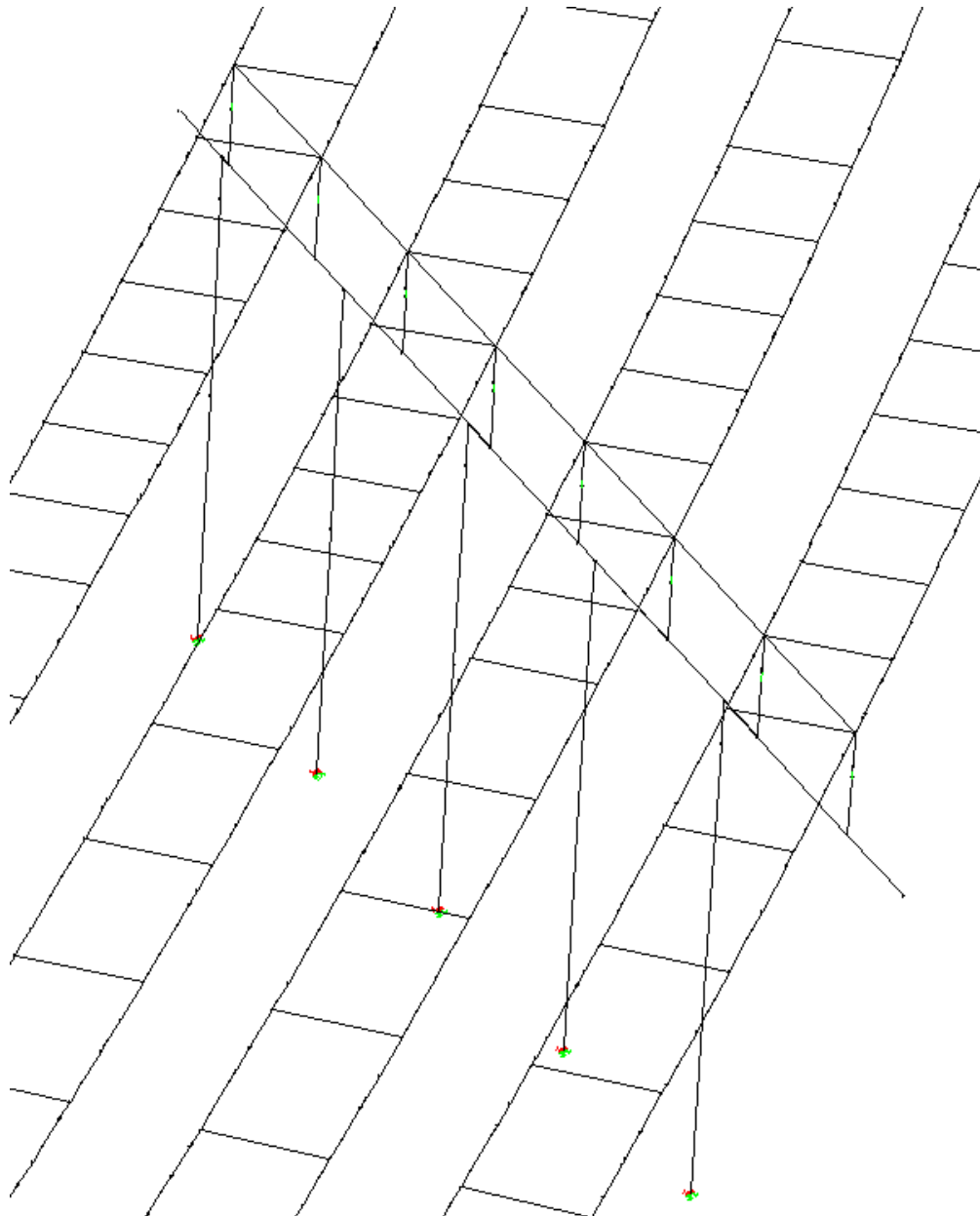


Figura 4 - Modello pila e pulvino

1.2.1 Convenzione assi

Nella seguente immagine si riporta la convenzione degli assi adottata per gli elementi frame.

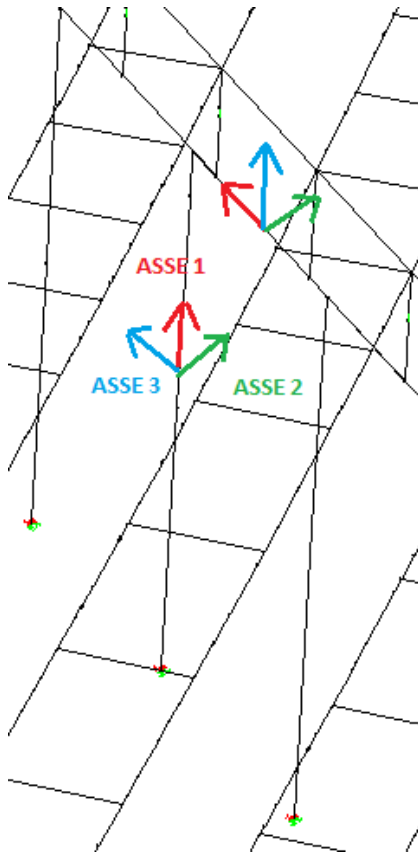


Figura 5 - Convenzioni assi modello

Assi pila:

M33 = Momento in direzione longitudinale

M22 = Momento in direzione trasversale

V3 = Taglio in direzione trasversale

V2 = Taglio in direzione longitudinale

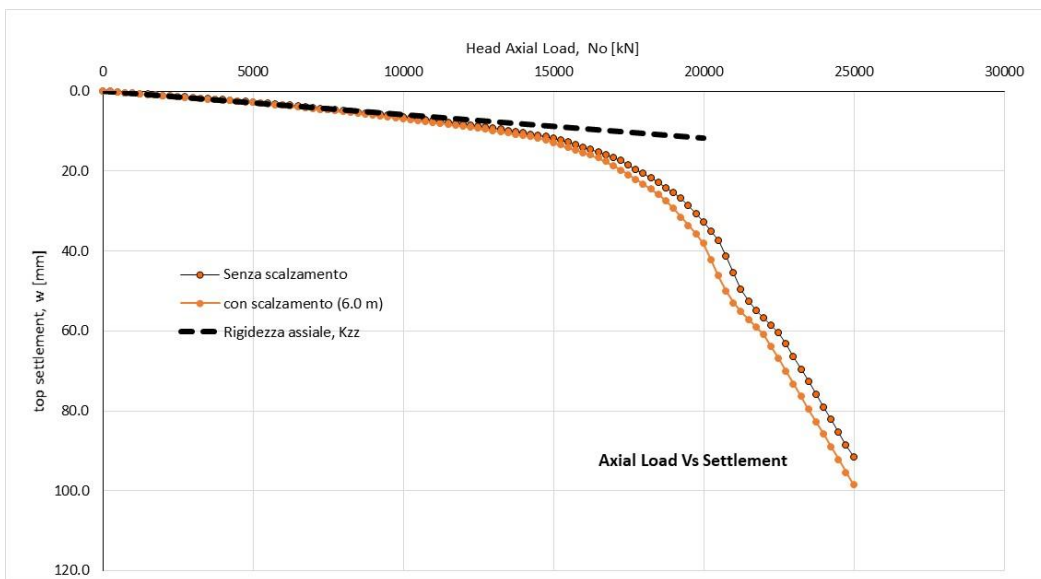
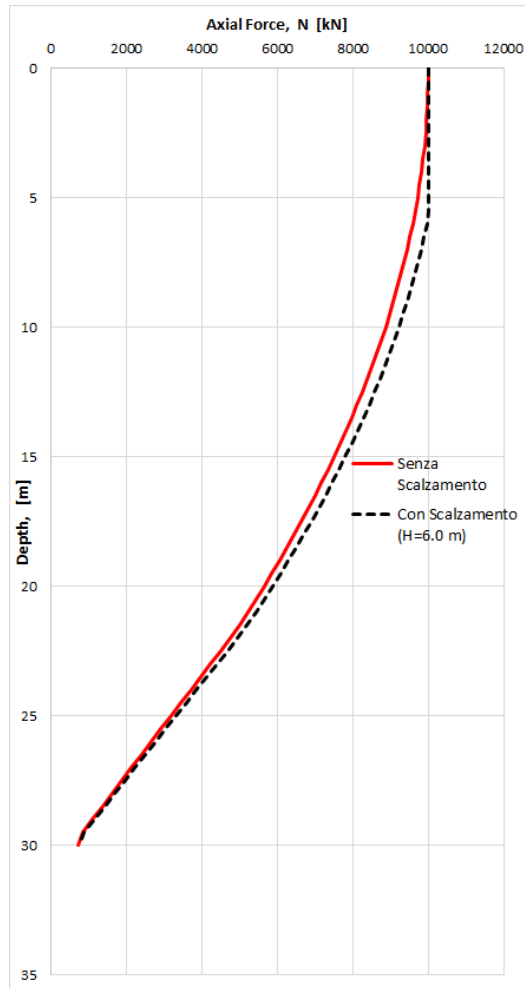
Assi pulvino:

M22 = Momento verticale

V3 = Taglio verticale

1.2.2 Definizione della matrice di rigidità in testa al palo

La matrice simula in testa al palo il comportamento del sistema palo - terreno.



La determinazione della matrice di rigidezza è stata effettuata con il programma MAP (Matrix Analysis of Piles)

La matrice di rigidezza assemblata (a quota testa pali) viene espressa nella seguente forma, nel riferimento globale riportato nella Figura 1 che segue:

Fz		A _k	0	0	0	0	0	0	dz
Fx		0	K _{dF,x}	K _{rF,x}	0	0	0	0	dx
Mx	=	0	K _{rF,x}	K _{rM,x}	0	0	0	0	rx
Fy		0	0	0	K _{dF,y}	K _{rF,y}	0	0	dy
My		0	0	0	K _{rF,y}	K _{rM,y}	0	0	ry
Mz		0	0	0	0	0	T _k	0	rz

dove:

- A_k = rigidezza assiale del palo (kN/m);
- K_{dF,x} = rigidezza traslazionale del palo in direzione x (kN/m);
- K_{rM,x} = rigidezza rotazionale del palo in direzione x (kNm/rad);
- K_{rF,x} = termine di accoppiamento roto-traslazionale in direzione x (kN/rad);
- K_{dF,y} = rigidezza traslazionale del palo in direzione y (kN/m);
- K_{rM,y} = rigidezza rotazionale del palo in direzione y (kNm/rad);
- K_{rF,y} = termine di accoppiamento roto-traslazionale in direzione y (kN);
- T_k = rigidezza torsionale (kNm/rad)

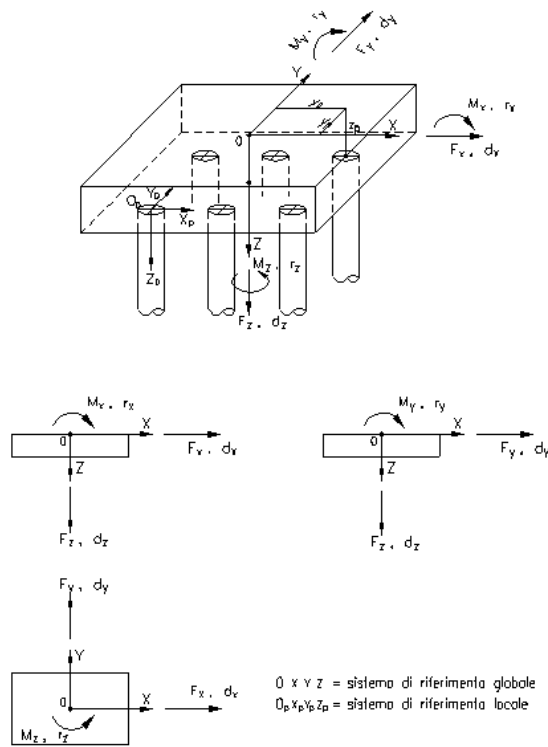
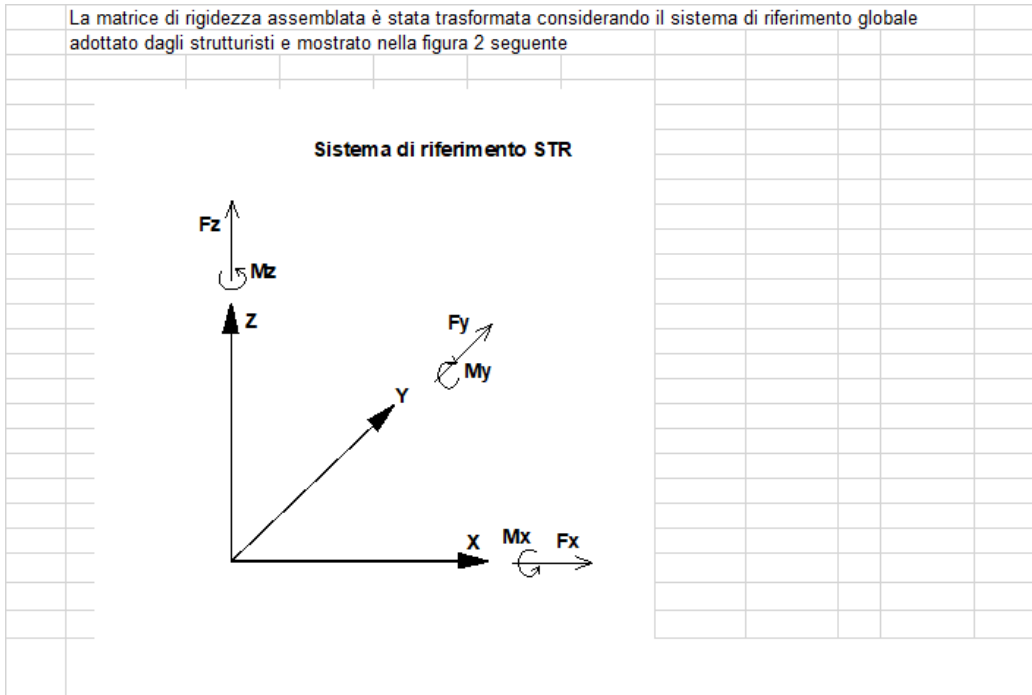


Figura 1: Sistema di riferimento globale palificata MAP

La matrice di rigidezza assemblata è stata trasformata considerando il sistema di riferimento globale adottato dagli strutturisti e mostrato nella figura 2 seguente



Matrice di rigidezza senza scalzamento:

```

Matrice di Rigidezza del Palo 1
(in sommita', nel riferimento locale)
-----
dz .16700E+07 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
dx .00000E+00 .47758E+06 -.26919E+07 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
rx .00000E+00 -.26919E+07 .24535E+08 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
dy .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .47758E+06 -.26919E+07 .00000E+00
ry .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 -.26919E+07 .24535E+08 .00000E+00
rz .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
-----
    
```

Matrice di rigidezza con scalzamento:

```

Matrice di Rigidezza del Palo 1
(in sommita', nel riferimento locale)
-----
dz .16700E+07 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
dx .00000E+00 .33205E+06 -.23257E+07 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
rx .00000E+00 -.23257E+07 .23522E+08 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
dy .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .33205E+06 -.23257E+07 .00000E+00
ry .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 -.23257E+07 .23522E+08 .00000E+00
rz .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00 .00000E+00
-----
    
```

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito l'elenco delle normative cui si è fatto riferimento per il dimensionamento degli elementi.

D.M. 17.01.2018	Norme tecniche per le costruzioni.
Circolare de 21/01/2019	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 17/01/2018.

3 CALCOLO DEI COPRIFERRI

3.1 FUSTO PILA

Descrizione parte dell'opera:		Fusti pila			
Classe di esposizione:		XC4+XF1			
Valori raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (prospetto 4 -UNI 11104:2004)					
Classe di esposizione (prospetto 1 - UNI 11104:2044)		XC4	-	-	XF1
Massimo rapporto A/C		0.5	-	-	0.5
Minima classe di resistenza		C32/40	-	-	C32/40
Minimo contenuto cemento kg/m ³		340	-	-	340
Contenuto minimo in aria [%]		-	-	-	-
Altri requisiti		nessuno	-	-	Aggregati secondo UNI-EN12620, di adeguata resistenza gelo/disgelo
Valori di progetto (inviluppo) per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (prospetto 4 -UNI 11104:2004)					
Rapporto A/C		0.5			
Classe di resistenza minima		C35/45			
Contenuto cemento kg/m ³		340			
Contenuto in aria [%]		0			
Altri requisiti		-			
Determinazione del copriferro nominale (UNI EN 1992-1- :2005)					
Diametro della barra di armatura [mm]:		26			
Barre raggruppate:		no			
Barre verticali compresse o giuntate per sovrapposizione:		no			
Valore n _b per barre raggruppate: (Prospetto 4.2, UNI EN 1992-1-1:2005)		-			
Diametro della barra equivalente [mm]:		26			
Dimensione nominale massima aggregato [mm]:		25			
c _{min,b} [mm]:		26			

Elemento forma simile a soletta:					no
Controllo qualità speciale					sì
Valore strutturale di riferimento (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	S4	-	-		
Classe di resistenza (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	0	-	-		
Elemento di forma simile a soletta (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	0	-	-		
Controllo qualità speciale (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	-1	-	-		
Classe strutturale di progetto (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	S5	-	-		
$C_{min,dur}$ (Prospetto 4.4N-UNI EN 1992-1-1:2005)	35	-	-		
$\Delta C_{dur,y}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(6)	0	0	0		
$C_{dur,st}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(7)	0	0	0		
$C_{dur,add}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(8)	0	0	0		
C_{dur}	35	-	-		
C_{min} [mm] (Punto 4.2-UNI EN 1992-1-1:2005)					35
Prevista assicurazione qualità su misura copriferrì: UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.3.(3)					sì
Prevista misurazione accurata per monitoraggio: UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.3.(3)					sì
ΔC_{dev} [mm] (Punto 4.4.1.3-UNI EN 1992-1-1:2005)					0
Correzioni per aggregati esposti (Punto 4.4.1.2 (11) -UNI EN 1992-1-1:2005)					0
C_{nom} [mm] = $C_{min} + \Delta C_{dev}$					35

3.2 PULVINI

Descrizione parte dell'opera:		Pulvini			
Classe di esposizione:		XC4+XF1			
Valori raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (prospetto 4 -UNI 11104:2004)					
Classe di esposizione (prospetto 1 - UNI 11104:2044)		XC4	-	-	XF1
Massimo rapporto A/C		0.5	-	-	0.5
Minima classe di resistenza		C32/40	-	-	C32/40
Minimo contenuto cemento kg/m ³		340	-	-	340
Contenuto minimo in aria [%]		-	-	-	-
Altri requisiti		nessuno	-	-	Aggregati secondo UNI-EN12620, di adeguata resistenza gelo/disgelo
Valori di progetto (inviluppo) per la composizione e le proprietà del calcestruzzo (prospetto 4 -UNI 11104:2004)					
Rapporto A/C		0.5			
Classe di resistenza minima		C35/45			
Contenuto cemento kg/m ³		340			
Contenuto in aria [%]		0			
Altri requisiti		-			
Determinazione del copriferro nominale (UNI EN 1992-1- :2005)					
Diametro della barra di armatura [mm]:		30			
Barre raggruppate:		no			
Barre verticali compresse o giuntate per sovrapposizione:		no			
Valore n _b per barre raggruppate: (Prospetto 4.2, UNI EN 1992-1-1:2005)		-			
Diametro della barra equivalente [mm]:		30			
Dimensione nominale massima aggregato [mm]:		25			
c_{min,b} [mm]:		30			

Elemento forma simile a soletta:					no
Controllo qualità speciale					sì
Valore strutturale di riferimento (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	S4	-	-		
Classe di resistenza (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	0	-	-		
Elemento di forma simile a soletta (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	0	-	-		
Controllo qualità speciale (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	-1	-	-		
Classe strutturale di progetto (Prospetto 4.3N-UNI EN 1992-1-1:2005)	S5	-	-		
$C_{min,dur}$ (Prospetto 4.4N-UNI EN 1992-1-1:2005)	35	-	-		
$\Delta C_{dur,y}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(6)	0	0	0		
$C_{dur,st}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(7)	0	0	0		
$C_{dur,add}$ UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.2.(8)	0	0	0		
C_{dur}	35	-	-		
C_{min} [mm] (Punto 4.2-UNI EN 1992-1-1:2005)					35
Prevista assicurazione qualità su misura copriferrì: UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.3.(3)					sì
Prevista misurazione accurata per monitoraggio: UNI EN 1992-1-1:2005, §4.4.1.3.(3)					sì
ΔC_{dev} [mm] (Punto 4.4.1.3-UNI EN 1992-1-1:2005)					0
Correzioni per aggregati esposti (Punto 4.4.1.2 (11) -UNI EN 1992-1-1:2005)					0
C_{nom} [mm] = $C_{min} + \Delta C_{dev}$					35

4 MATERIALI E RESISTENZA DI PROGETTO

Il calcestruzzo impiegato per gli elementi in elevazione (pile, pulvini e baggioli) risulta di classe C35/45, quello impiegato per i pali di fondazione risulta di classe C32/40.

Le classi di esposizione adottate per il calcolo dei copriferri sono le seguenti:

- Corrosione indotta da carbonatazione: XC4 (ciclicamente bagnato e asciutto)
- Attacco di cicli gelo/disgelo: XF1 (moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo)

4.1 VERIFICHE ALLO SLU

Calcestruzzo per elementi in elevazione:	Classe C35/45
Resistenza caratteristica a compressione:	$R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$ $f_{cd} = 21.16 \text{ N/mm}^2$
Calcestruzzo per pali di fondazione:	Classe C32/40
Resistenza caratteristica a compressione:	$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$ $f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Acciaio per armatura ad aderenza migliorata:	B450 C
Tensione di snervamento caratteristica:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di progetto:	$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.00 \text{ N/mm}^2$

5 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

5.1 PILE

Pila 6

Combinazione di carico SLV_PILE	Combinazione di carico SLV_PILE - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	65000	-4443	1538	1120283	1954	1549264	0
	61000	-22828	-1601	-942437	-2150	-1192086	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	65000	-8208	1619	1048352	1786	1070422	0
	61000	-21508	-1720	-939700	-1935	-742324	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	61000	-11253	1278	1545756	1431	2266294	0
	63000	-10867	-1519	-1472825	-1978	-2134939	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	63000	-8100	1588	1346720	2141	1986611	0
	61000	-22678	-1683	-969329	-2166	-1125274	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	61000	-11053	1169	1509900	1410	2355376	0
	63000	-10861	-1406	-1444220	-1945	-2240710	0
Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
61000	-16551	-147	292684	-346	510318	0	
61000	-16551	-147	292684	-346	510318	0	

Combinazione di carico SLU_PILE	Combinazione di carico SLU_PILE - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	63000	-6356	137	-152539	270	-247880	0
	61000	-32942	-360	742138	-881	1242374	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	65000	-25019	338	-237697	351	-616931	0
	61000	-31019	-548	510189	-696	1270616	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	61000	-32040	-335	761078	-896	1233615	0
	65000	-22584	83	-430847	463	-473081	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	65000	-22275	279	-367101	505	-637239	0
	61000	-31937	-512	710660	-936	1387813	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	61000	-31681	-531	696538	-934	1393964	0
	65000	-22253	279	-367211	505	-637452	0
Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
61000	-25078	-252	405623	-460	798772	0	
61000	-25078	-252	405623	-460	798772	0	

Pila 7

Combinazione di carico SLV_PILE	Combinazione di carico SLV_PILE - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	75000	-4914	2170	987711	2557	476979	0
	71000	-22133	-2182	-699198	-3198	-3739	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	75000	-7937	2691	1209778	2413	340075	0
	71000	-21020	-2812	-1036420	-2902	98486	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	71000	-14097	2143	1529873	966	1265423	0
	74000	-12046	-2286	-1395383	-1945	-849749	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	73000	-9045	2161	1063048	3129	856995	0
	71000	-22030	-2359	-784767	-3226	53102	0
	Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
71000	-13745	1485	1205780	1202	1416707	0	
73000	-11521	-1715	-1048572	-2485	-1153346	0	
Combinazione di carico SLV_PILE - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
71000	-17251	-204	296551	-920	620337	0	
71000	-17251	-204	296551	-920	620337	0	

Combinazione di carico SLU_PILE	Combinazione di carico SLU_PILE - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	73000	-6586	287	-15842	526	-200611	0
	71000	-33991	-551	681219	-2218	1494521	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	75000	-22125	668	-34646	895	-615793	0
	71000	-32455	-951	369453	-1927	1516121	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	71000	-33256	-471	703450	-2177	1439722	0
	75000	-20317	113	-344123	981	-447331	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	75000	-15307	529	-91241	1058	-456682	0
	71000	-33725	-868	535570	-2289	1603241	0
	Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
71000	-33743	-877	528880	-2276	1603256	0	
75000	-21618	661	-54893	913	-646715	0	
Combinazione di carico SLU_PILE - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
71000	-26022	-305	443184	-1339	965326	0	
71000	-26022	-305	443184	-1339	965326	0	

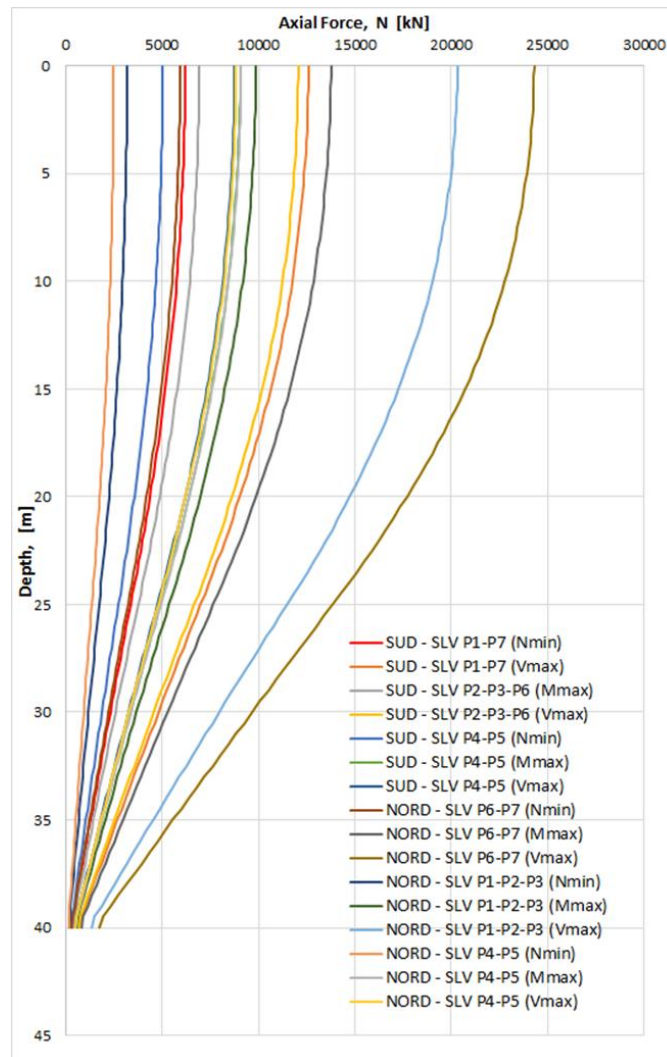
5.2 PALI

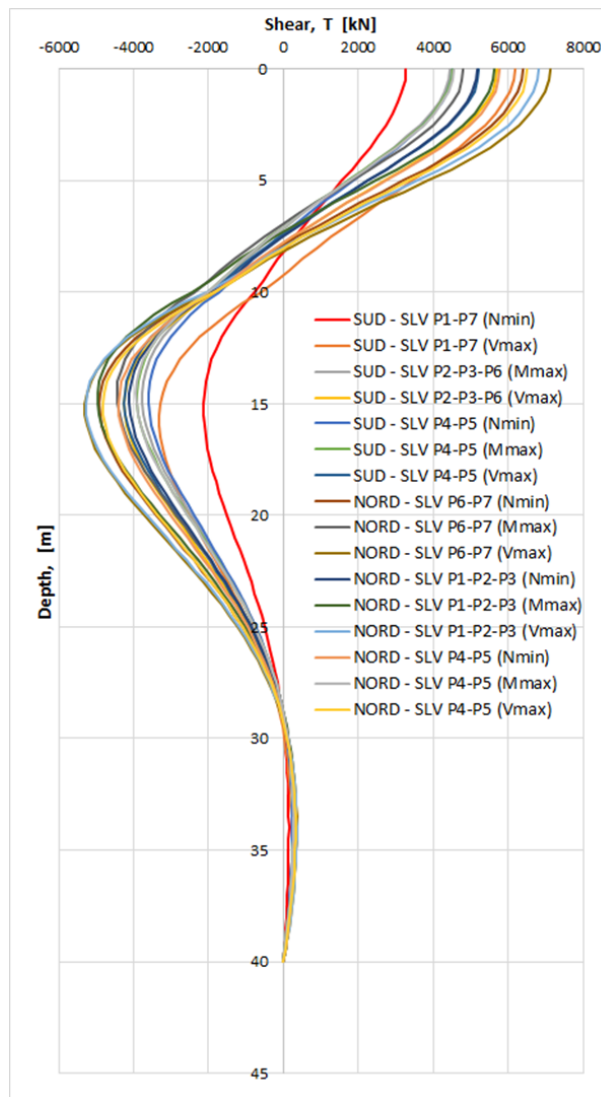
I pali di fondazione sono stati sottoposti a due tipologie di verifiche distinte: la verifica di capacità portante, al fine di calcolare la profondità che i pali dovranno raggiungere, e la verifica di resistenza strutturale, per poter dimensionare le armature longitudinali e la quantità di calcestruzzo necessari ad ottenere un fattore di sicurezza adeguato.

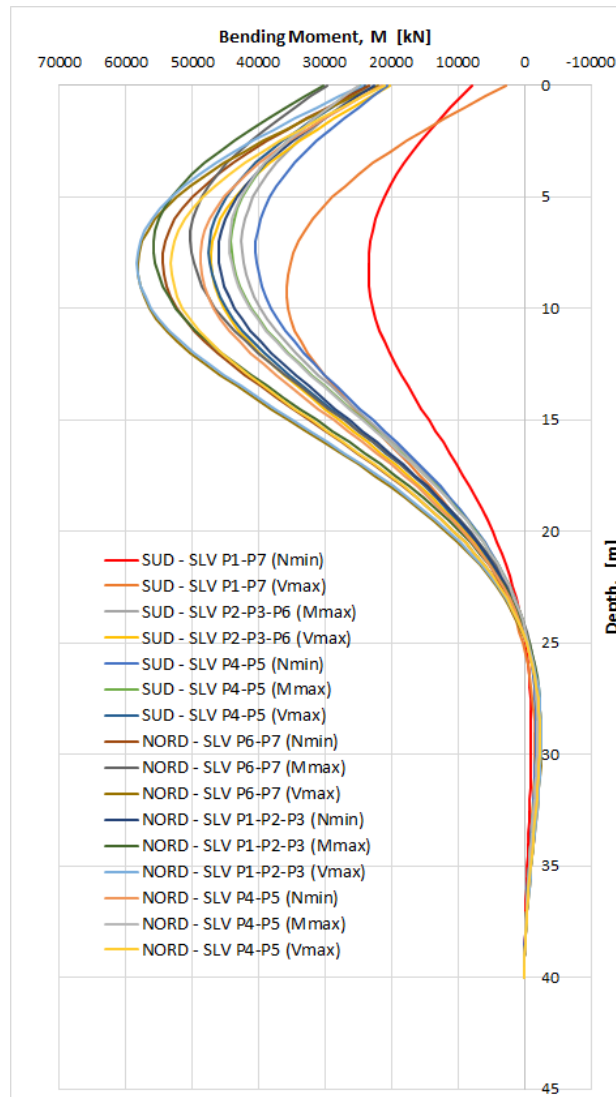
Per le verifiche di capacità portante, cui si rimanda al paragrafo 7.1, la condizione dimensionante risulta essere quella che comporta sforzi assiali di compressione maggiori, determinata dalla combinazione SLU.

Per le verifiche di resistenza strutturale, svolte al paragrafo 7.2, la condizione dimensionante si ottiene quando sul palo agisce il momento flettente massimo, dovuto alla combinazione sismica SLV. Tale condizione risulta essere maggiormente gravosa quando si considera il contemporaneo sforzo assiale di compressione minimo in quanto, al crescere della sollecitazione di compressione agente, il dominio di rottura del palo aumenta e, di conseguenza, si ricaverebbero tassi di sfruttamento dell'elemento minori. Per queste ragioni, ed in via largamente cautelativa, la verifica di resistenza strutturale del palo è stata condotta considerando il momento flettente massimo, dovuto alla combinazione sismica SLV, tra tutti i pali delle pile dei viadotti Nord e Sud. A questo valore è stato associato lo sforzo assiale di compressione minimo agente alla stessa quota.

Di seguito si riportano le sollecitazioni agenti su tutti i pali dei viadotti Nord e Sud nella combinazione sismica SLV, per la verifica strutturale dei pali. Per i valori di carico per la verifica di capacità portante si rimanda al paragrafo 7.1.







5.3 PULVINI

Pulvino 6

Combinazione di carico SLV_PULV	Combinazione di carico SLV_PULV - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60005	1797	787	201445	12552	58841	250809
	60005	-1409	-760	-198975	998	-1431788	-378841
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60005	1499	990	211792	11595	-165973	262771
	60005	-1113	-963	-209108	1830	-1212400	-390297
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60008	1184	588	322076	807	492663	252403
	60008	-427	-586	-318940	-7749	-2213675	-264671
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60010	1603	839	189954	14433	878029	253161
	60013	-1026	-546	-159641	-13738	-4012309	-159198
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
60006	511	190	196906	3666	2281230	246023	
60003	-353	-411	-161158	-11042	-4682305	-200350	
Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
60010	1498	769	205699	12432	1456905	371087	
60010	-738	-643	-201922	2430	-4228790	-883511	

Combinazione di carico SLU_PULV	Combinazione di carico SLU_PULV - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60010	1089	175	5442	12728	-3257175	-595104
	60013	-144	17	4829	-24273	-6897036	-3556
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60010	999	277	-27293	12884	-3334544	-630713
	60005	136	-123	33383	6638	-611078	-9881
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60008	656	79	47492	-5662	-1497173	-10219
	60008	494	-76	-44967	-2927	-965898	29396
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	60010	825	147	-2331	14518	-3472405	-642567
	60013	-127	10	2828	-25212	-7172605	-1919
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
60007	460	-67	19603	7183	563445	38194	
60013	-44	-63	-18224	-25201	-7189192	15302	
Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
60007	349	-72	22098	5064	360336	51245	
60010	1027	259	-20969	13098	-3436539	-654802	

Pulvino 7

Combinazione di carico SLV_PULV	Combinazione di carico SLV_PULV - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2606	1163	136124	12033	-25997	239147
	70013	-1342	-926	-202376	-15088	-3277869	-219824
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2225	1573	161254	11107	-230821	247051
	70005	-324	-1629	-237317	-10354	-1605946	-258313
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70013	1035	1250	281869	-9420	-1751457	230482
	70013	-1037	-1275	-286922	-14751	-3203910	-223877
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2553	1277	123934	12170	-69378	213079
	70013	-634	-476	-107080	-15931	-3343767	-113272
	Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
70004	1368	381	16649	4832	1409500	113759	
70013	-1261	-1037	-225084	-15830	-3448254	-194296	
Combinazione di carico SLV_PULV - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
70005	2089	1365	210242	-3913	677454	323572	
70010	-97	-1355	-184816	5182	-2362244	-342430	

Combinazione di carico SLU_PULV	Combinazione di carico SLU_PULV - Massima e minima azione assiale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2706	22	-1559	12768	-2668209	-47629
	70013	-164	40	8085	-26809	-5454406	-8465
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo taglio longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2073	270	-30891	12545	-2244495	-91488
	70005	1566	-305	-35605	-12102	-1017319	77233
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento longitudinale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70008	1121	125	37273	-2541	-732581	-42039
	70008	2086	-158	-51049	-6145	-1561335	46112
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo taglio trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
	70010	2076	105	-13214	14098	-2616953	-65310
	70013	-135	22	4459	-28821	-5872428	-4388
	Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento trasversale						
	Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]
70004	837	23	-366	3338	829481	-5888	
70013	-9	-152	-31181	-28758	-5888559	35675	
Combinazione di carico SLU_PULV - Massimo e minimo momento torcente							
Elem	N [kN]	V2 [kN]	M33 [kNcm]	V3 [kN]	M22 [kNcm]	T [kNcm]	
70005	1638	-297	-32094	-11522	-1069147	83934	
70010	2170	242	-21638	12332	-2359193	-106191	

6 VERIFICHE DELLE PILE

6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU

6.1.1 Pressoflessione

Si riportano le verifiche di resistenza a pressoflessione delle pile maggiormente sollecitate.

Sono state previste le seguenti armature a flessione: 1 fila esterna di 75 $\Phi 26$ + 1 fila interna di 75 $\Phi 24$.

Verifica C.A. S.L.U. - File: P6-P7_Nmin

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

Titolo: N min

N° Vertici: 151 Zoom N° barre: 150 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-7.84881	124.7533	1	5.3092	-2.46073	117.4742
2	-13.06606	124.3152	2	5.3092	12.28205	116.8563
3	-18.26038	123.659	3	5.3092	-22.0173	115.4187
4	-23.42266	122.7859	4	5.3092	31.59805	113.1716
5	-28.54386	121.6974	5	5.3092	40.95722	110.1306
6	-33.61498	120.3953	6	5.3092	50.02907	106.3172

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 4443 kN
M_{xEd}: 11203 kNm
M_{yEd}: 15493 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

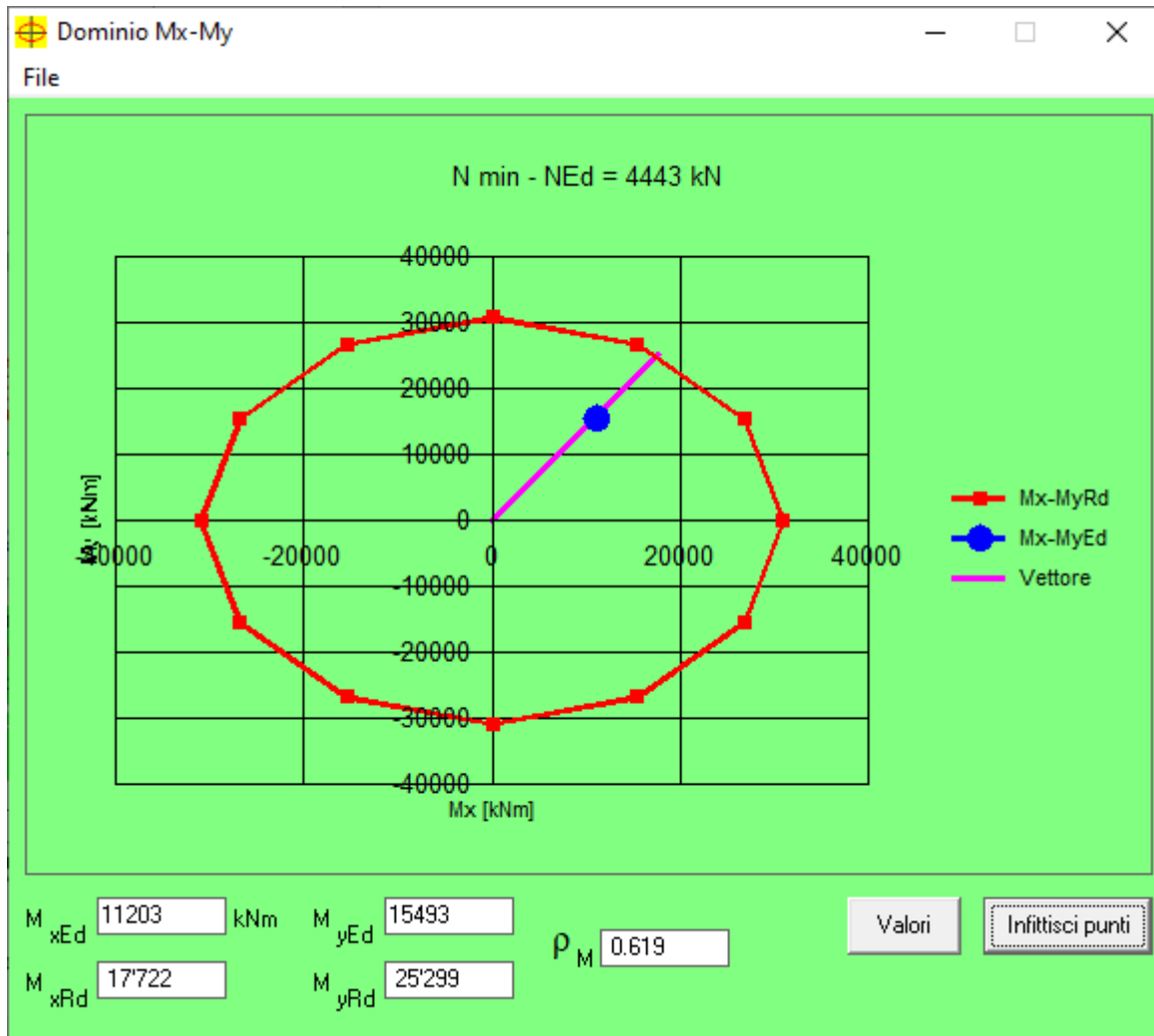
angolo asse neutro θ° : 305

Precompresso

Materiali: B450C C35/45

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} : 19.83 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 13.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.8
 τ_{c1} : 2.257

M_{xRd}: 17'722 kN m
M_{yRd}: 25'299 kN m
 σ_c : -19.83 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 9.539 ‰
d: 242.5 cm
x: 65.08 x/d: 0.2684
 δ : 0.7755



Verifica C.A. S.L.U. - File: P6-P7_Nmax

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

Titolo : N max

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-7.84881	124.7533	1	5.3092	-2.46073	117.4742
2	-13.06606	124.3152	2	5.3092	12.28205	116.8563
3	-18.26038	123.659	3	5.3092	-22.0173	115.4187
4	-23.42266	122.7859	4	5.3092	31.59808	113.1716
5	-28.54386	121.6974	5	5.3092	40.95722	110.1306
6	-33.61498	120.3953	6	5.3092	50.02907	106.3172

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

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

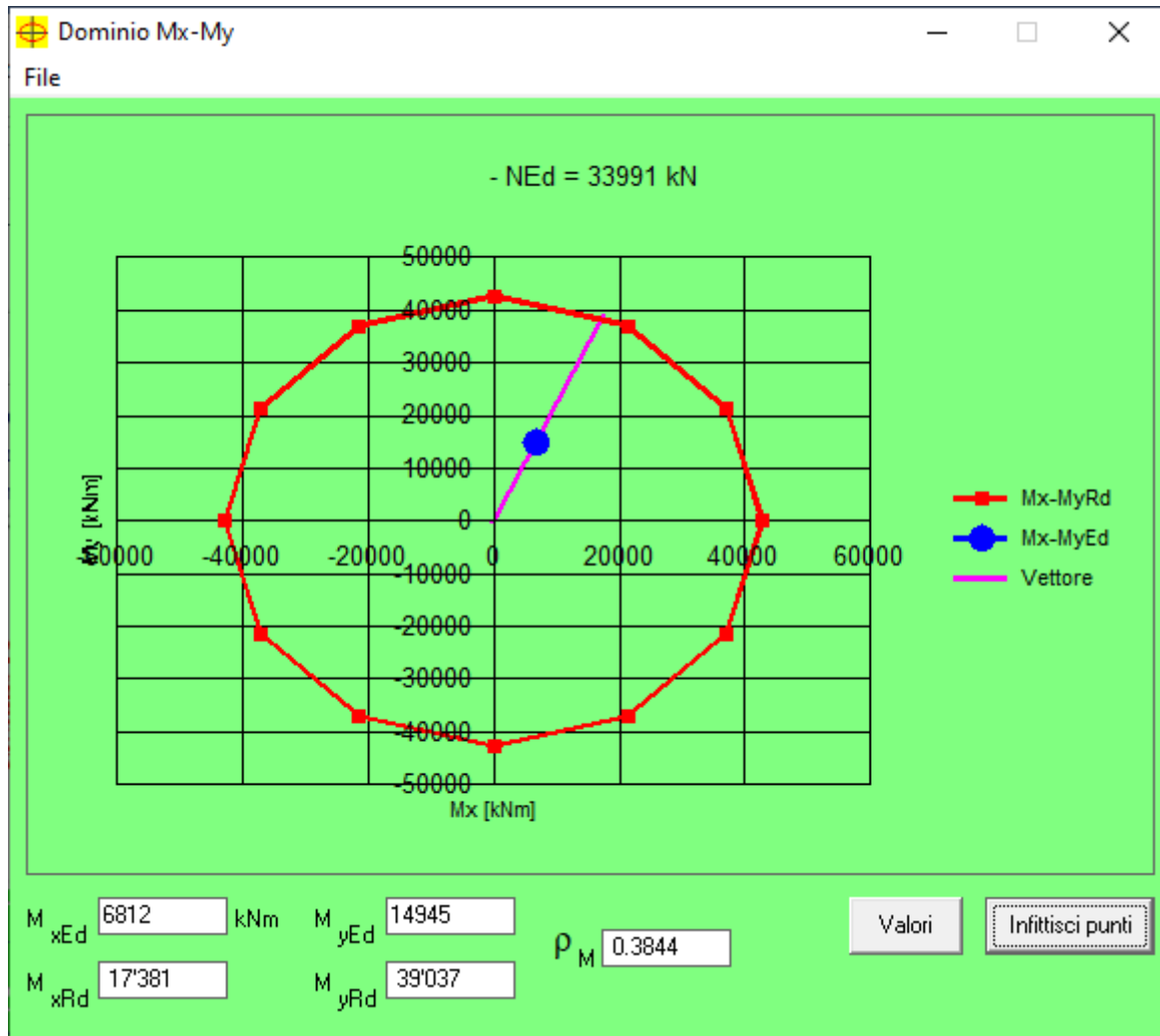
angolo asse neutro θ°

Precompresso

Materiali: B450C C35/45

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

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



Verifica C.A. S.L.U. - File: P6-P7_Mmax

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

Titolo : **M max**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-7.84881	124.7533	1	5.3092	-2.46073	117.4742
2	-13.06606	124.3152	2	5.3092	12.28205	116.8563
3	-18.26038	123.659	3	5.3092	-22.0173	115.4187
4	-23.42266	122.7859	4	5.3092	31.59808	113.1716
5	-28.54386	121.6974	5	5.3092	40.95722	110.1306
6	-33.61498	120.3953	6	5.3092	50.02907	106.3172

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

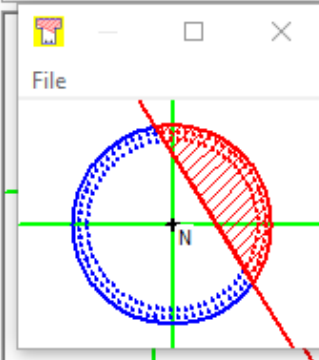
angolo asse neutro θ°

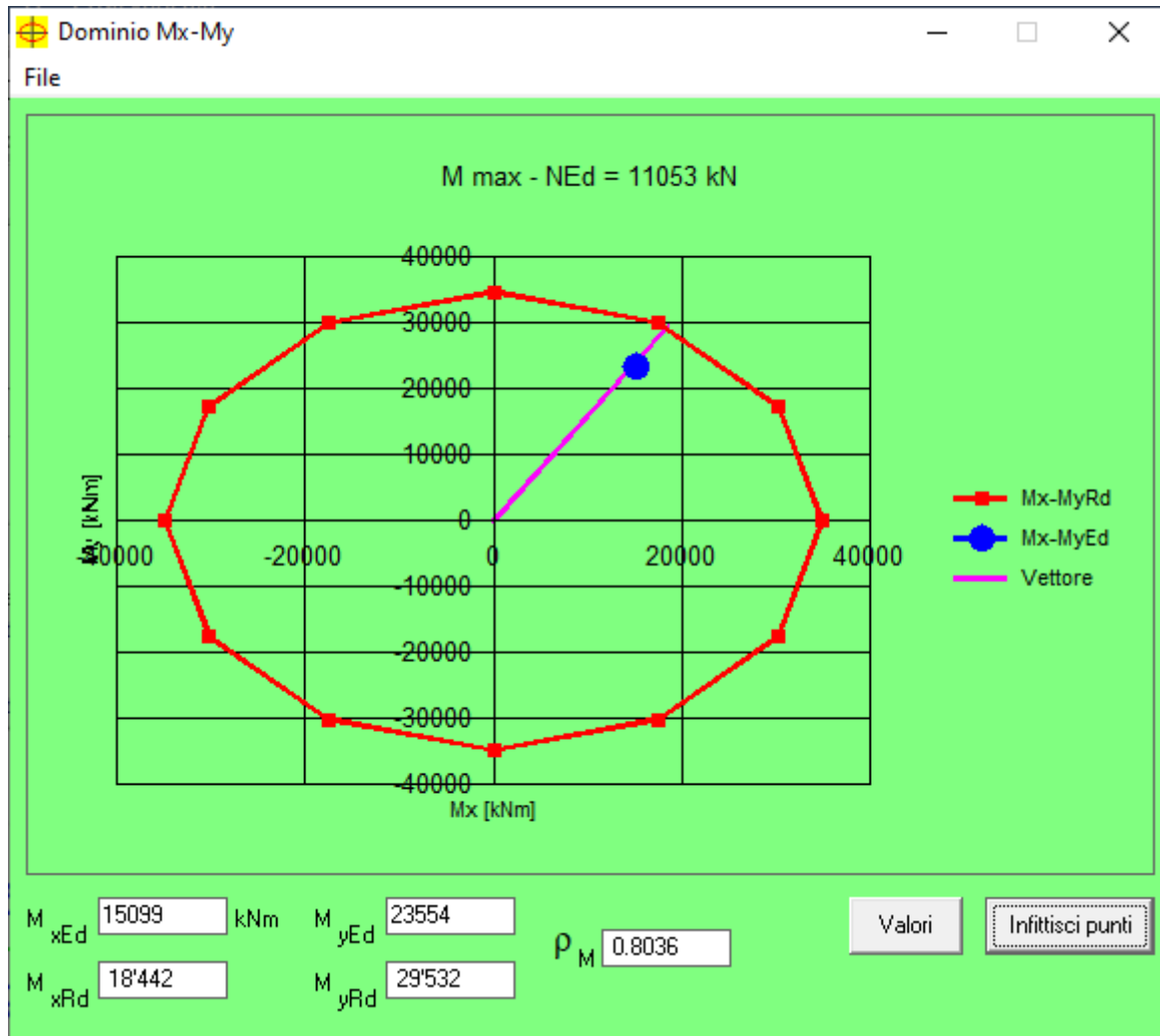
Precompresso

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} ‰

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





6.1.2 Taglio

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO - NTC 2018 § 4.1.2.3.5.2

Caratteristiche dei materiali

$N_p =$	0.00 kN	(Compressione positiva)
$R_{ck} =$	45.00 N/mm ²	
$f_{ck} =$	37.35 N/mm ²	
$f_{ctk} =$	2.35 N/mm ²	
$f_{cd} =$	21.17 N/mm ²	
$f_{ctd} =$	1.56 N/mm ²	

Staffe:

$d_{sw} =$	20.00 mm	
$n_{sw} =$	2.00 -	Numero di braccia
$A_{sw,MIN} =$	2652.00 mm ² /m	Area minima delle staffe secondo NTC 2018
$A_{sw} =$	628.32 mm ²	Area della singola staffa
$A_{sw,TOT} =$	3141.59 mm ² /m	Armatura minima soddisfatta
$s =$	200.00 mm	
$f_{yd} =$	391 N/mm ²	
$d =$	2425 mm	
$\alpha =$	90.00 °	Inclinazione dell'armatura a taglio rispetto all'asse della trave
$ctg\alpha =$	0.00 -	

Ferri piegati

$d_{sw} =$	0.00 mm	
$n_{sw} =$	1.00 -	
$A_{sw} =$	0.00 mm ²	
$A_{sw,TOT} =$	0.00 mm ² /m	
$s =$	1.00 mm	
$f_{yd} =$	1.00 N/mm ²	
$d =$	2425 mm	
$\alpha =$	1.00 °	Inclinazione dell'armatura a taglio rispetto all'asse della trave
$ctg\alpha =$	57.29 -	

Il valore di θ che uguaglia i contributi di resistenza a taglio trazione V_{RSd} e taglio compressione V_{Rcd} è

$\theta =$	14.85 °	Inclinazione dei puntoni di CLS rispetto all'asse della trave
$V_{RSd,ST} =$	10117 kN	Resistenza a taglio staffe
$V_{RSd,\phi} =$	0 kN	Resistenza a taglio dei ferri piegati
$V_{RSd} =$	10117 kN	Taglio trazione
$V_{Rcd} =$	10117 kN	Taglio compressione
$\theta_{lim,inf} =$	21.80 °	Limite inferiore inclinazione dei puntoni
$\theta_{lim,sup} =$	45.00 °	Limite superiore inclinazione dei puntoni

Si assume θ pari a:

$$\theta = 21.80^\circ \quad \text{Traliccio con puntoni ad inclinazione variabile}$$

$$\text{ctg}\theta = 2.50 -$$

$$V_{\text{RSd,st}} = 6708 \text{ kN} \quad \text{Resistenza a taglio delle staffe}$$

$$V_{\text{RSd,fp}} = 0 \text{ kN} \quad \text{Resistenza a taglio dei ferri piegati}$$

$$V_{\text{RSd}} = 6708 \text{ kN}$$

$$b_w = 1768 \text{ mm}$$

$$A_c = 3125824 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{cp}} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_c = 1.00 -$$

$$f'_{\text{cd}} = 10.58 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{\text{Rcd}} = 14080 \text{ kN} \quad \text{Resistenza a taglio del calcestruzzo d'anima}$$

$$V_{\text{Rd}} = 6708 \text{ kN} \quad \text{Resistenza a taglio della sezione}$$

$$V_{\text{Ed}} = 3758 \text{ kN} < V_{\text{Rd}} = 6708 \text{ kN} \text{ Verificato}$$

7 VERIFICHE DEI PALI

7.1 CAPACITA' PORTANTE

La verifica di capacità portante dei pali di fondazione è stata svolta considerando la massima sollecitazione di compressione agente sul singolo palo.

Il calcolo è stato effettuato considerando un ipotetico scalzamento generalizzato di tutti i pali in alveo (pile da P2 a P6). In particolare, si è deciso di considerare una porzione di palo non reagente con il terreno (in tabella indicata come L_{nr}) fino alla quota di scalzamento fissata a 21,46m per tutti i pali del viadotto situati in alveo.

Nelle successive pagine, sono riportati gli andamenti delle curve di capacità portante sia in presenza, sia in assenza di scalzamento: come si può apprezzare dal loro confronto, le capacità portanti in presenza di scalzamento sono di poco inferiori rispetto a quelle calcolate in assenza di tale fenomeno. A titolo esemplificativo, considerando per entrambi i grafici la curva dei parametri A1+M1+R3 minimi, a 40m di profondità si ha portata con scalzamento pari a circa 29000 kN e pari a circa 30000 kN senza.

Ciò premesso, si evidenzia come il fenomeno dello scalzamento si configuri come una combinazione di carico eccezionale ai sensi della normativa vigente, da verificarsi pertanto con coefficienti di ponderazione unitari delle azioni. La condizione di calcolo in assenza di scalzamento, invece, risulta una verifica da condurre in combinazione SLU e pertanto con coefficienti di ponderazione amplificativi delle azioni agenti.

Dalle considerazioni di cui sopra risulta pertanto che il carico Q_d , dimensionante per la valutazione della capacità portante, sia quello calcolato allo SLU. In via largamente cautelativa, si faranno le seguenti assunzioni:

- per le pile P1 e P7 si utilizzeranno i grafici di capacità portante in condizione senza scalzamento mentre per le pile da P2 a P6 si utilizzeranno comunque le curve calcolate in presenza di scalzamento;
- delle due curve presenti in ciascun grafico, si assumerà quella in corrispondenza dei parametri A1+M1+R3 minimi.

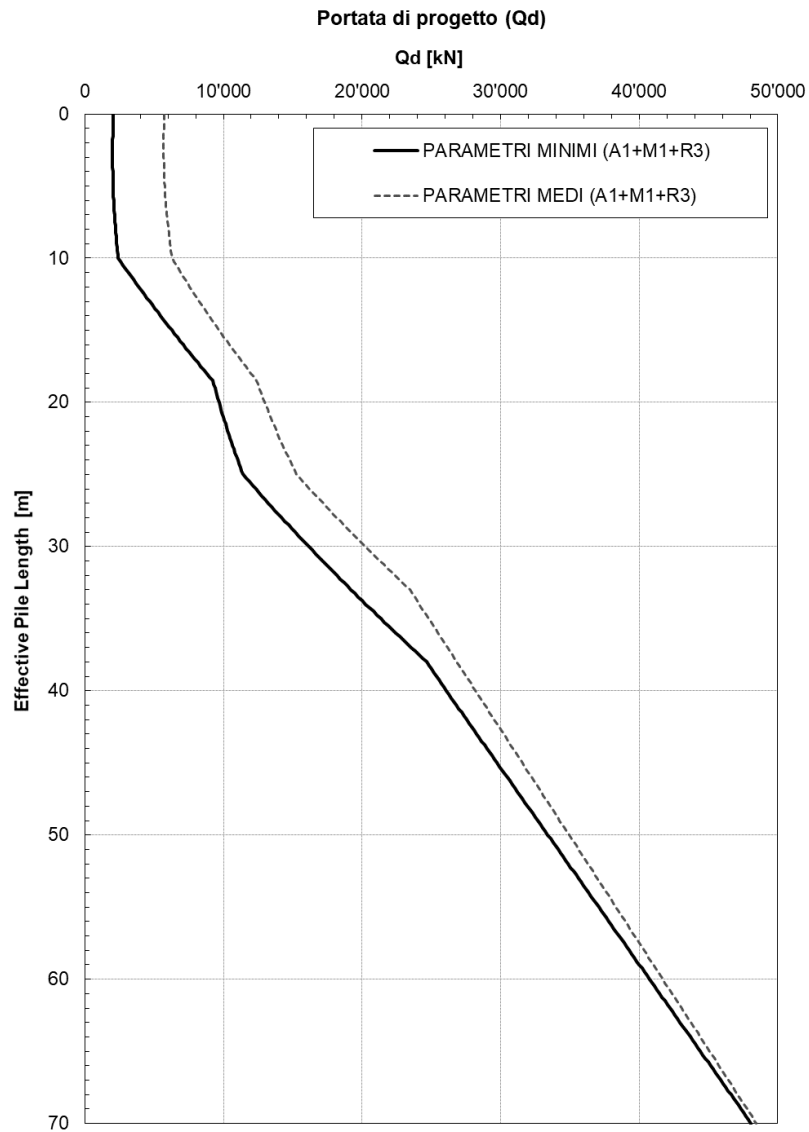
Per i pali oggetto della presente relazione di calcolo sono stati calcolati i seguenti valori di carico agente e, di conseguenza, la seguente lunghezza reagente L_r .

Laddove necessario (pile da P2 a P6) si terrà in conto della quota-parte non reagente L_{nr} del palo nella valutazione della lunghezza totale dell'elemento, secondo la seguente formula:

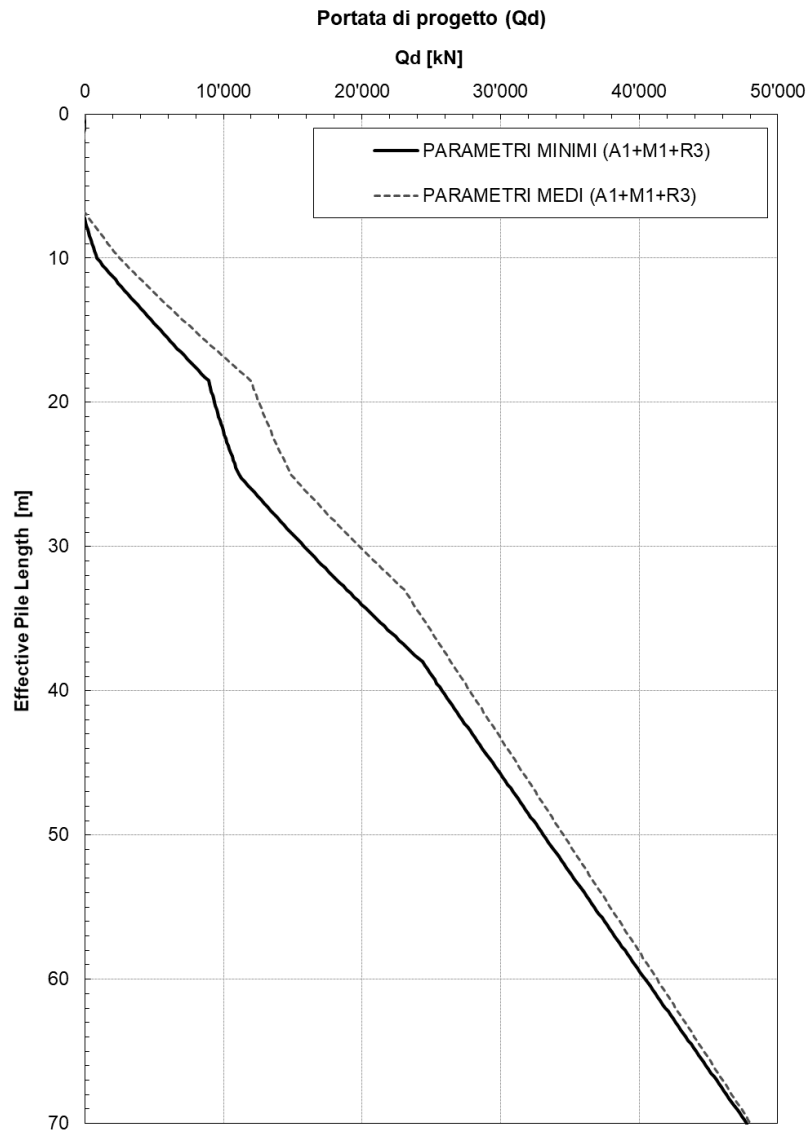
$$L_T = L_r + L_{nr}$$

RENO - CARREGGIATA NORD						
PILA	POSSIBILE SCALZAMENTO	L_{nr}	N_{SLU}	Q_d	L_r	L_T
		[m]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
P6	Sì	10.09	24000	25761	40	51
P7	No	0	24000	26080	40	40

Curve di portanza senza scalzamento:



Curve di portanza con scalzamento:



7.2 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU

Si riportano le verifiche di resistenza a pressoflessione dei pali in esame soggetti alla combinazione di carico più gravosa.

Sono state previste le seguenti armature a flessione: 1 fila esterna di 75 $\Phi 32$ + 1 fila intermedia di 75 $\Phi 32$ + 1 fila interna di 75 $\Phi 32$.

Verifica C.A. S.L.U. - File: D2800_Mmax_N min

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

Titolo: N min - M max

N° Vertici: 50 Zoom N° barre: 225 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-26.23338	137.5202	1	3.042499	-13.5887	129.2879
2	-43.26238	133.1479	2	3.042499	24.3595	127.6973
3	-59.6091	126.6758	3	3.042499	34.9595	125.2111
4	-75.01575	118.2059	4	3.042499	45.3143	121.8467
5	-89.23936	107.8718	5	3.042499	55.3513	117.6275
6	-102.0556	95.8366	6	3.042499	-65	112.5833

Tipologia sezione: Rettan.re Trapezi a T Circolare Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 2000 kN
M_{xEd}: 58000 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

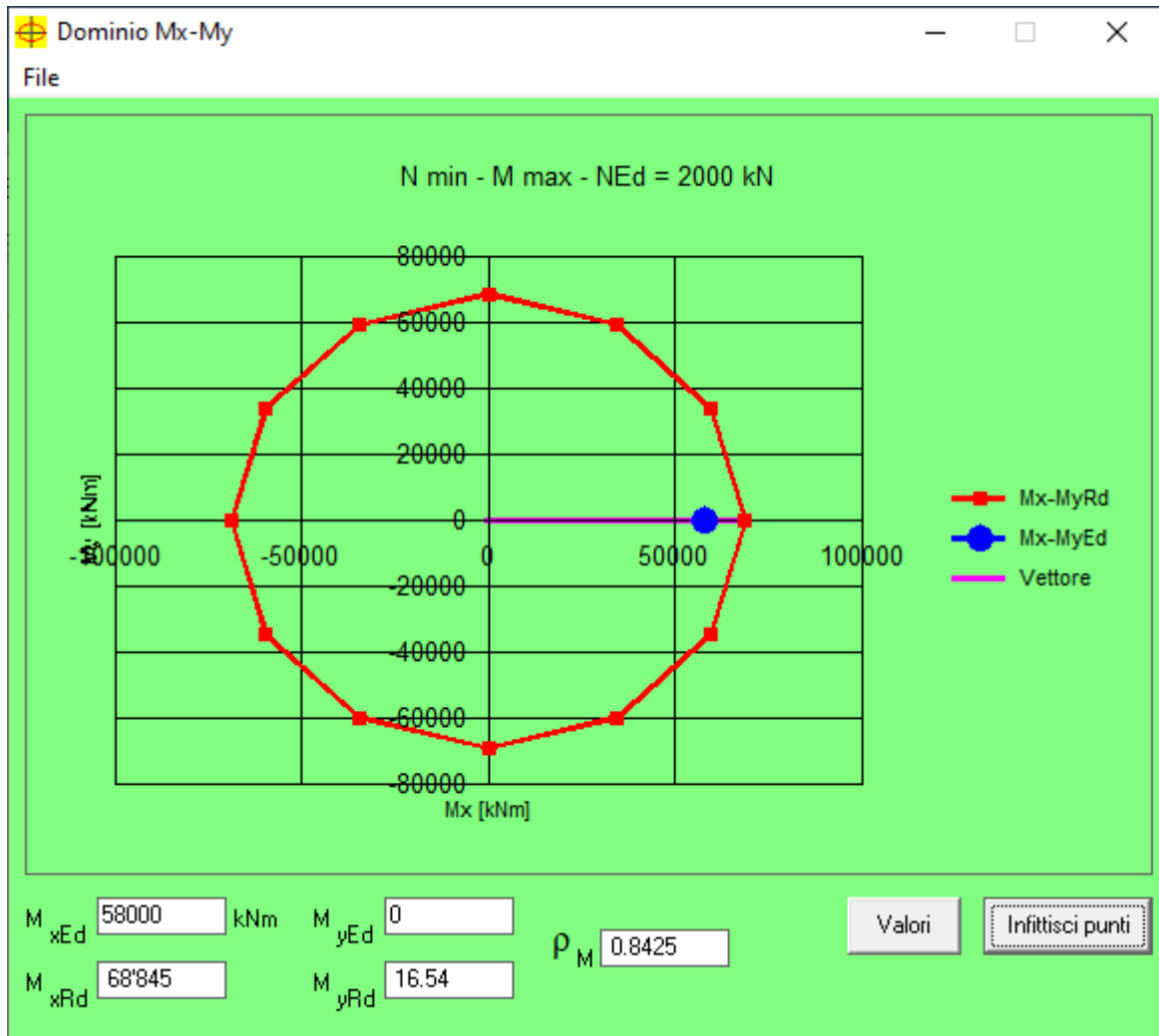
angolo asse neutro θ° : 0

Precompresso

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

M_{xRd}: 68'845 kN m
M_{yRd}: 16.54 kN m
 σ_c : -18.81 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 7.271 ‰
d: 269.7 cm
x: 87.64 x/d: 0.325
 δ : 0.8462



8 VERIFICHE DEL PULVINO

8.1 VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLU

8.1.1 Pressoflessione

Si riportano le verifiche di resistenza a pressoflessione dei pulvini maggiormente sollecitati.

Sono state previste le seguenti armature a flessione: 3 file di 50 $\Phi 30$ a lembo superiore e 3 file di 20 $\Phi 30$ a lembo inferiore.

Verifica C.A. S.L.U. - File: P6-P7_Mmax

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

Titolo: **M max**

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	300	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	141.4	243
2	141.4	237
3	141.4	231
4	353.43	7
5	353.43	13
6	353.43	19

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:
 Retta Deviata

N° rett.:

Calcola MRd Dominio Mx-My

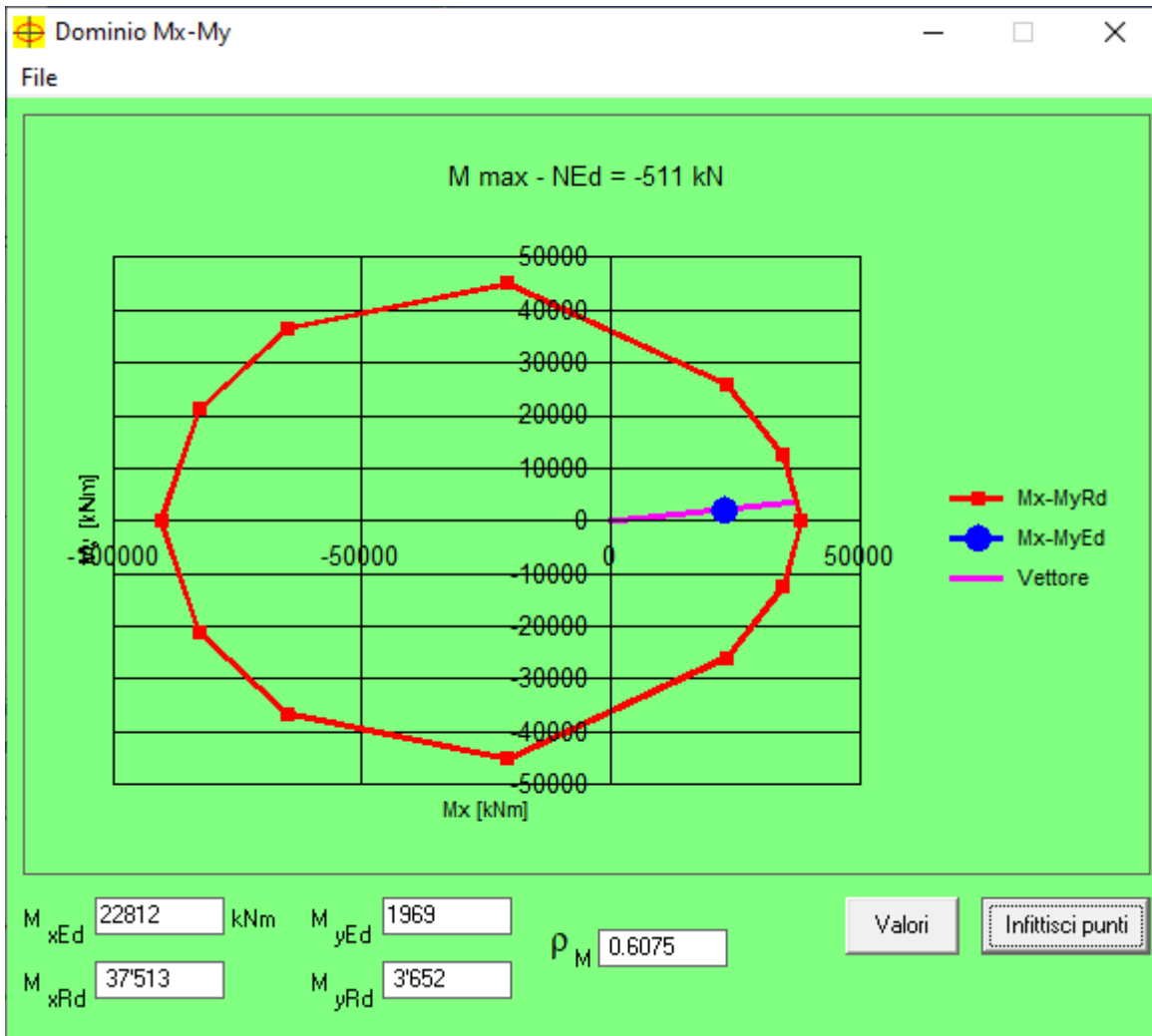
angolo asse neutro θ° :

Precompresso

Materiali

B450C		C35/45	
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}	19.83
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	13.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.8
		τ_{c1}	2.257

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



Verifica C.A. S.L.U. - File: P6-P7_Mmin

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

Titolo: **M min**

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	300	250

N°	As [cm²]	d [cm]
1	141.4	243
2	141.4	237
3	141.4	231
4	353.43	7
5	353.43	13
6	353.43	19

Tipologia: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ°

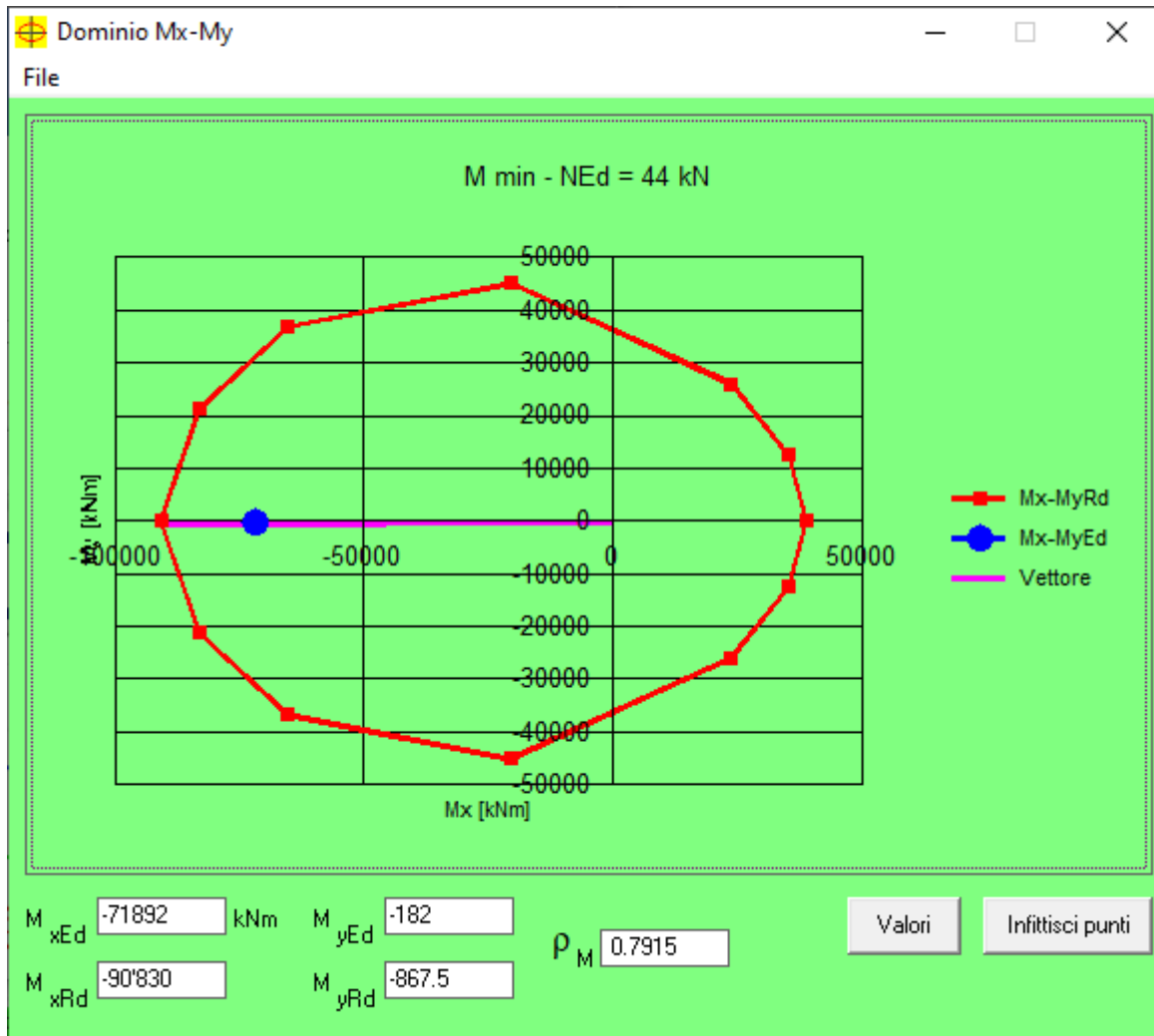
Precompresso

Materiali

B450C C35/45

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

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



8.1.2 Taglio

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO - NTC 2018 § 4.1.2.3.5.2

Caratteristiche dei materiali

$N_p =$	0.00 kN	(Compressione positiva)
$R_{ck} =$	45.00 N/mm ²	
$f_{ck} =$	37.35 N/mm ²	
$f_{ctk} =$	2.35 N/mm ²	
$f_{cd} =$	21.17 N/mm ²	
$f_{ctd} =$	1.56 N/mm ²	

Staffe:

$d_{sw} =$	20.00 mm	
$n_{sw} =$	8.00 -	Numero di braccia
$A_{sw,MIN} =$	4500.00 mm ² /m	Area minima delle staffe secondo NTC 2018
$A_{sw} =$	2513.27 mm ²	Area della singola staffa
$A_{sw,TOT} =$	16755.16 mm ² /m	Armatura minima soddisfatta
$s =$	150.00 mm	
$f_{yd} =$	391 N/mm ²	
$d =$	2430 mm	
$\alpha =$	90.00 °	Inclinazione dell'armatura a taglio rispetto all'asse della trave
$ctg\alpha =$	0.00 -	

Ferri piegati

$d_{sw} =$	20.00 mm	
$n_{sw} =$	6.00 -	
$A_{sw} =$	1884.96 mm ²	
$A_{sw,TOT} =$	9424.78 mm ² /m	
$s =$	200.00 mm	
$f_{yd} =$	391.00 N/mm ²	
$d =$	2430 mm	
$\alpha =$	45.00 °	Inclinazione dell'armatura a taglio rispetto all'asse della trave
$ctg\alpha =$	1.00 -	

Il valore di θ che uguaglia i contributi di resistenza a taglio trazione V_{RSd} e taglio compressione V_{Rcd} è :

$\theta =$	36.19 °	Inclinazione dei puntoni di CLS rispetto all'asse della trave
$V_{RSd,ST} =$	19599 kN	Resistenza a taglio staffe
$V_{RSd,\phi} =$	13488 kN	Resistenza a taglio dei ferri piegati
$V_{RSd} =$	33087 kN	Taglio trazione
$V_{Rcd} =$	33087 kN	Taglio compressione
$\theta_{lim,inf} =$	21.80 °	Limite inferiore inclinazione dei puntoni
$\theta_{lim,sup} =$	45.00 °	Limite superiore inclinazione dei puntoni

Si assume θ pari a:

$\theta = 36.19^\circ$ Traliccio con puntoni ad inclinazione variabile
 $\text{ctg}\theta = 1.37$ -

$V_{\text{RSd,st}} = 19599 \text{ kN}$ Resistenza a taglio delle staffe
 $V_{\text{RSd,fp}} = 13488 \text{ kN}$ Resistenza a taglio dei ferri piegati

$V_{\text{RSd}} = 33087 \text{ kN}$

$b_w = 3000 \text{ mm}$

$A_c = 7290000 \text{ mm}^2$

$\sigma_{\text{cp}} = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\alpha_c = 1.00$ -

$f'_{\text{cd}} = 10.58 \text{ N/mm}^2$

$V_{\text{Rcd}} = 33087 \text{ kN}$ Resistenza a taglio del calcestruzzo d'anima

$V_{\text{Rd}} = 33087 \text{ kN}$ Resistenza a taglio della sezione

$V_{\text{Ed}} = 28821 \text{ kN} < V_{\text{Rd}} = 33087 \text{ kN}$ Verificato