

**S.G.C. E78 GROSSETO-FANO**

Tratto Siena Bettolle (A1)

Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo (Lotto 0)

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. FI-81

R.T.I. di PROGETTAZIONE: Mandataria Mandante



**PROGETTISTI:**

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)  
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Stefano Muffato - Sinergo SpA  
Ordine Ing. di Venezia n. 2087

**IL GEOLOGO**

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica - Pro Iter srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. Enrico Moretti - Erre.via. srl  
Ordine Ing. di Milano n. 16237

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. Raffaele Franco Carso

PROTOCOLLO

DATA



**06 - OPERE D'ARTE**

**06.02 - Opere d'arte maggiori - Viadotti**

06.02.06 - Viadotto Valli carreggiata Ovest (VI040)

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00VI06STRCP01B.pdf		
DPFI0081	D	20	CODICE ELAB. T00VI06STRRE01	B	-
D					
C					
B	Revisione per istruttoria ANAS		Maggio 2021	Malandrin	Imbiscuso Muffato
A	Emissione		Ottobre 2020	Malandrin	Caobianco Caobianco
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO



# INDICE

<b>1. OGGETTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>5</b>
1.1 PREMESSA.....	5
1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	8
<b>2. NORMATIVE E CODICI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>10</b>
2.1 NORMATIVA NAZIONALE COGENTE .....	10
2.2 NORME DI RIFERIMENTO.....	10
2.2.1 Norme UNI .....	10
2.2.2 Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN.....	10
2.2.3 Norme CNR.....	10
<b>3. VITA NOMINALE E CLASSI D'USO .....</b>	<b>11</b>
<b>4. MATERIALI.....</b>	<b>12</b>
4.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA .....	12
4.1.1 Caratteristiche meccaniche .....	12
4.1.2 Coefficienti parziali di sicurezza.....	12
4.1.3 Classe di resistenza .....	12
4.2 COLLEGAMENTI .....	13
4.2.1 Bulloni .....	13
4.2.2 Connettori acciaio calcestruzzo.....	14
4.2.3 Saldature.....	14
4.3 CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO .....	14
4.3.1 Prescrizioni di durabilità.....	14
4.3.2 Copriferro .....	14
4.3.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto .....	15
4.3.4 Requisiti di limitazione della fessurazione .....	15
4.4 CALCESTRUZZO SPALLE ED ELEVAZIONI .....	16
4.4.1 Prescrizioni di durabilità.....	16
4.4.2 Copriferro .....	16
4.4.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto .....	17
4.4.4 Requisiti di limitazione della fessurazione .....	17
4.5 CALCESTRUZZO BATOLI DI FONDAZIONE E PALI .....	18
4.5.1 Prescrizioni di durabilità.....	18
4.5.2 Copriferro .....	18
4.5.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto .....	18
4.5.4 Requisiti di limitazione della fessurazione .....	19
4.6 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA .....	19
4.6.1 Caratteristiche meccaniche .....	19
4.6.2 Valori di progetto.....	19
<b>5. PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>20</b>
<b>6. SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>22</b>
6.1 ANALISI STRUTTURALE DELL'IMPALCATO E DELLE SOTTOSTRUTTURE.....	22
6.2 ANALISI DI DETTAGLIO AGLI ELEMENTI FINITI:.....	22
6.3 VERIFICHE DI RESISTENZA.....	22
6.3.1 Per le sezioni in c.a. ....	22
6.3.2 Per le sezioni miste acciaio-calcestruzzo .....	22
<b>7. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>23</b>
7.1 PESI PROPRI STRUTTURALI.....	23
7.1.1 Carpenteria metallica .....	23

7.1.2	<i>Calcestruzzo di soletta</i> .....	23
7.1.3	<i>Carichi permanenti portati</i> .....	23
7.1.4	<i>Pavimentazione</i> .....	23
7.1.5	<i>Guard rail impiantistica</i> .....	23
7.1.6	<i>Cordoli e veletta</i> .....	23
7.2	RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO .....	24
7.3	SPINTA DELLE TERRE .....	24
7.4	CARICO DA TRAFFICO SUL RILEVATO .....	25
7.5	AZIONE SISMICA .....	25
7.6	SPINTA SISMICA DEL RILEVATO .....	30
7.7	AZIONI TERMICHE .....	30
7.8	AZIONE DEL VENTO .....	31
7.9	ATTRITI VINCOLARI .....	32
7.10	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO .....	33
7.10.1	<i>Schema di carico 1</i> .....	33
7.10.2	<i>Schema di carico 2</i> .....	34
7.10.3	<i>Schema di carico 5</i> .....	34
7.10.4	<i>Diffusione dei carichi</i> .....	35
7.10.5	<i>Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q3</i> .....	35
7.11	CARICHI DA FATICA .....	35
<b>8.</b>	<b>COMBINAZIONI E FATTORI</b> .....	<b>37</b>
<b>9.</b>	<b>IMPALCATO METALLICO</b> .....	<b>38</b>
9.1	ANALISI STATICA - MODELLAZIONE FEM .....	38
9.1.1	<i>Carichi applicati</i> .....	39
9.1.2	<i>Sollecitazioni agenti</i> .....	46
9.1.3	<i>Travi principali – geometrie e inerzie</i> .....	50
9.2	ANALISI SISMICA – MODELLAZIONE FEM .....	61
9.2.1	<i>Sollecitazioni agenti in corrispondenza degli appoggi q=1</i> .....	62
9.2.2	<i>Sollecitazioni agenti sulle sottostrutture q=1.5</i> .....	63
9.3	VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI .....	65
9.3.1	<i>Verifiche tensionali SLU</i> .....	65
9.3.2	<i>Verifiche di instabilità a taglio e di interazione taglio-momento</i> .....	68
9.3.3	<i>Verifica di instabilità delle anime</i> .....	71
9.3.3.1	Concio C10 di campata .....	71
9.3.3.2	Concio C4 in appoggio .....	72
9.3.4	<i>Verifiche a fatica</i> .....	73
9.4	DEFORMAZIONI .....	76
9.4.1	<i>Valutazione della contro-monta</i> .....	76
9.5	VERIFICHE DEI TRAVERSI .....	77
9.6	DIMENSIONAMENTO DEI GIUNTI .....	80
9.7	DIMENSIONAMENTO DEGLI APPOGGI .....	81
<b>10.</b>	<b>VERIFICA DEI PIOLI</b> .....	<b>85</b>
10.1	SEZIONE DI CAMPATA .....	85
10.2	SEZIONE DI APPOGGIO .....	86
<b>11.</b>	<b>TRALICCI PREDALLES</b> .....	<b>87</b>
<b>12.</b>	<b>SOLETTA DI IMPALCATO</b> .....	<b>88</b>
12.1	MODELLAZIONE FEM .....	88
12.1.1	<i>Carichi applicati</i> .....	88
12.2	VERIFICHE SLU/SLE .....	92
<b>13.</b>	<b>SOTTOSTRUTTURE</b> .....	<b>98</b>
13.1	PILE .....	98
13.1.1	<i>Combinazioni statiche con Nmax</i> .....	98



13.1.2	Combinazioni statiche con $N_{min}$ .....	98
13.1.3	Combinazioni sismiche $q=1.5$ .....	99
13.1.4	Verifiche SLU/SLE.....	99
13.2	ZATTERE.....	109
13.2.1	Sollecitazioni agenti.....	109
13.2.1.1	Combinazioni con $N_{max}$ .....	109
13.2.1.2	Combinazioni con $N_{min}$ .....	110
13.2.1.3	Combinazioni sismiche .....	110
13.2.2	Verifiche SLU .....	110
<b>14.</b>	<b>SOTTOSTRUTTURE - SPALLE .....</b>	<b>115</b>
14.1	MODELLAZIONE FEM.....	115
14.1.1	Carichi applicati.....	116
14.2	VERIFICHE SLU.....	119
14.2.1	Struttura in elevazione: paraghiaia .....	119
14.2.1.1	Sollecitazioni SLU .....	119
14.2.1.2	Verifiche SLU.....	122
14.2.2	Strutture di elevazione: paramento verticale.....	127
14.2.2.1	Sollecitazioni SLU .....	127
14.2.2.2	Verifiche SLU.....	129
14.2.3	Muri laterali.....	134
14.2.3.1	Sollecitazioni SLU .....	134
14.2.3.2	Verifiche SLU.....	136
14.2.4	Struttura di fondazione .....	142
14.2.4.1	Sollecitazioni SLU .....	142
14.2.4.2	Verifiche SLU.....	144
<b>15.</b>	<b>VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA SPALLA .....</b>	<b>147</b>
15.1	STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE .....	148
15.2	VERIFICA DEI PALI .....	150
15.2.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	150
15.3	COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI .....	151
15.3.1	Verifiche strutturali dei pali .....	153
15.3.2	Calcolo capacità portante pali .....	155
15.3.3	Verifica a carico limite orizzontale .....	157
<b>16.</b>	<b>VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA PILA .....</b>	<b>158</b>
16.1	STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE .....	159
16.2	VERIFICA DEI PALI .....	161
16.2.1	SOLLECITAZIONI AGENTI.....	161
16.2.1.1	Combinazioni con $N_{max}$ .....	161
16.2.1.2	Combinazioni con $N_{min}$ .....	161
16.2.1.3	Combinazioni sismiche .....	161
16.3	COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI .....	163
16.3.1	Verifiche strutturali dei pali .....	165
16.3.2	Calcolo capacità portante pali .....	167
16.3.3	Verifica a carico limite orizzontale .....	169

# 1. OGGETTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE

## 1.1 Premessa

La presente relazione ha come oggetto il dimensionamento e la verifica delle strutture relative all'adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo, nello specifico l'opera in oggetto è il viadotto Valli. La relazione riporta le verifiche delle strutture di impalcato e relative sottostrutture (pile/spalle) comprese le verifiche delle fondazioni.

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture oggetto di verifica.

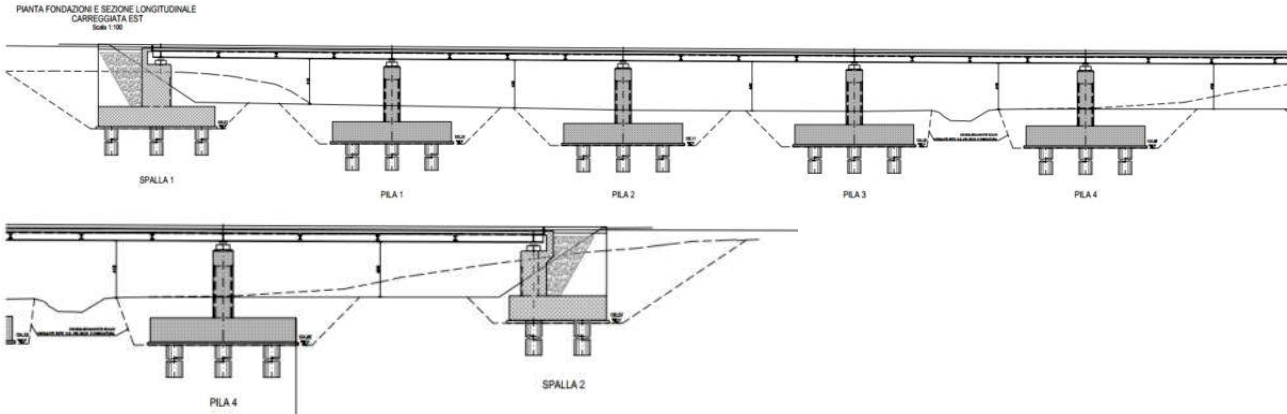


Figura 1: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

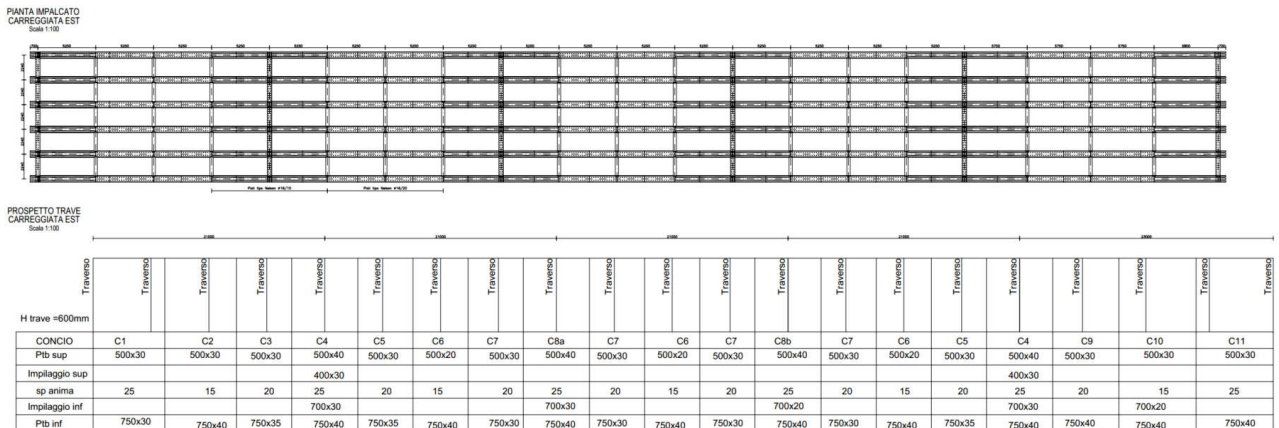


Figura 2: viste e sezioni principali – pianta e prospetti travata

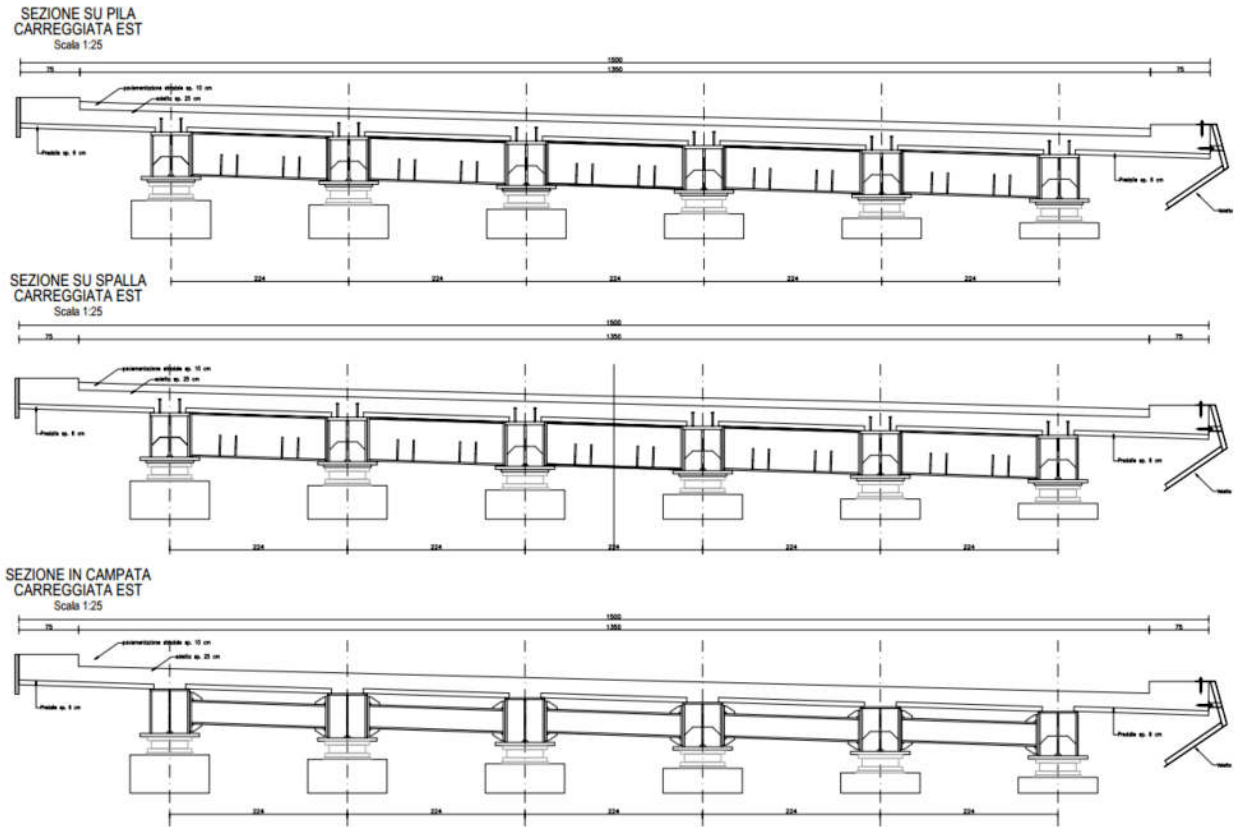


Figura 3: viste e sezioni principali – sezioni tipologiche impalcato

SEZIONE TRASVERSALE PILA  
 CARREGGIATA EST  
 Scala 1:50

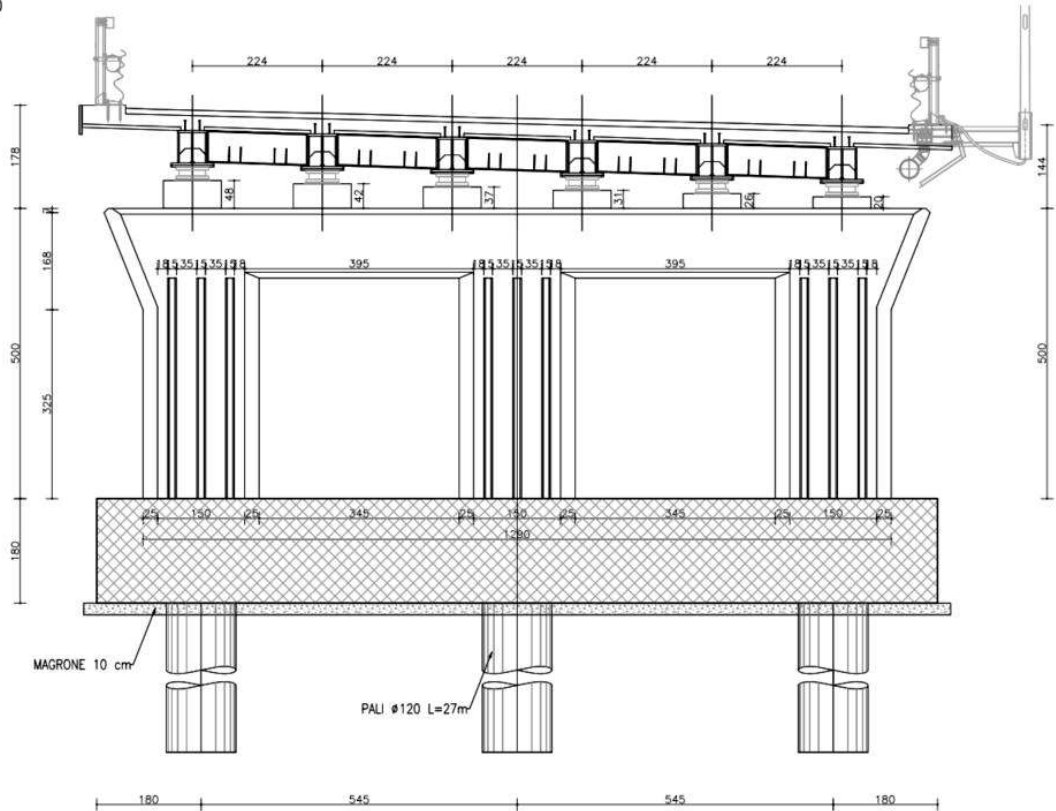


Figura 4: viste e sezioni principali – sezione trasversale in pila

SEZIONE TRASVERSALE PILA  
 CARREGGIATA EST  
 Scala 1:50

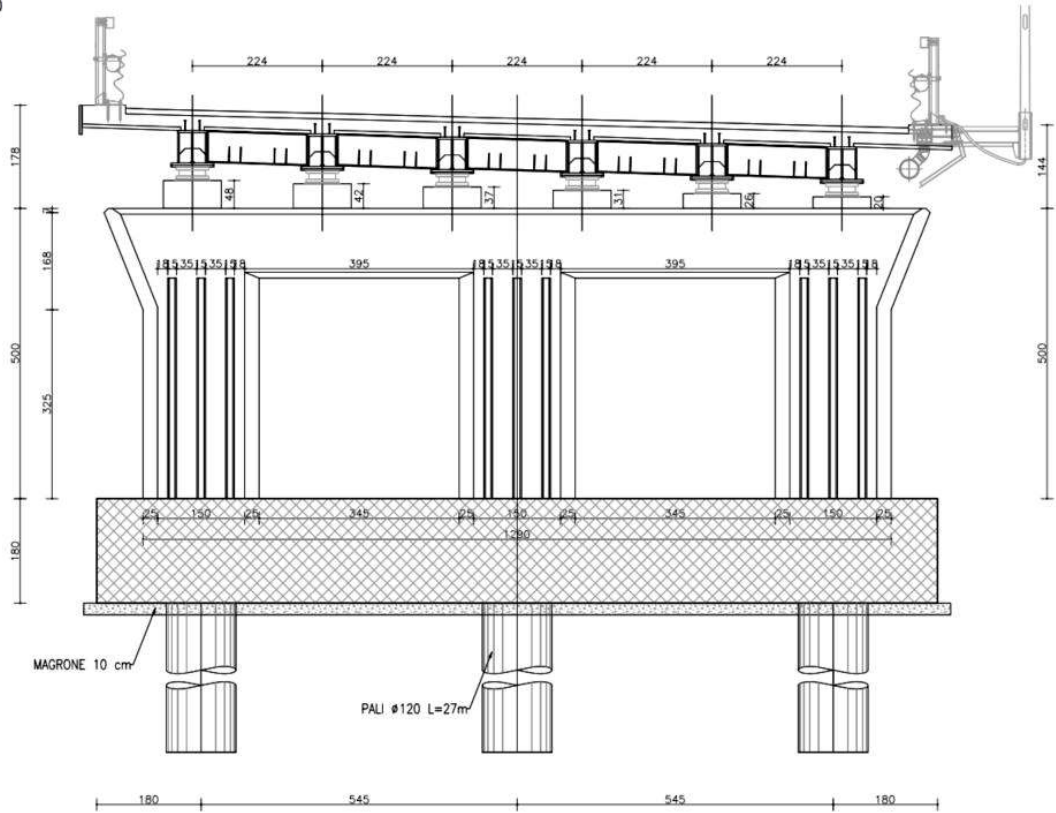
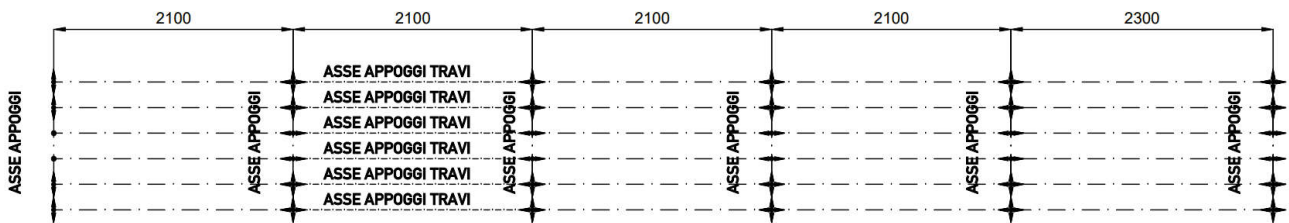


Figura 5: viste e sezioni principali – sezione trasversale in spalla

PIANTA SCHEMA APPOGGI



LEGENDA APPOGGI A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO

- ⊕ APPOGGIO TIPO MOBILE MULTIDIREZIONALE
- ⊥ APPOGGIO TIPO MOBILE UNIDIREZIONALE TRASVERSALE
- APPOGGIO TIPO FISSO
- ← APPOGGIO TIPO MOBILE UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE

Figura 6: schema di vincolo - pianta

## 1.2 Descrizione delle opere

La struttura è composta da 5 campate, 4 da 21 metri consecutive e una da 23 metri, per una lunghezza totale di 107 metri. L'asse del viadotto in oggetto si presenta in rettilineo. Lo schema statico è a campata continua. Gli appoggi fissi in direzione longitudinale sono previsti per la spalla A (lato Grosseto). Su di essa si scaricano le forze longitudinali dovute alle forze di attrito ed alla frenatura, oltre che le azioni sismiche longitudinali. Sulle altre pile e spalle sono previsti appoggi mobili unidirezionali longitudinali e multidirezionali, pertanto le azioni trasversali si distribuiscono su tutti gli elementi.

La sezione trasversale dell'impalcato è mista acciaio-calcestruzzo e si compone di 6 travi in acciaio di altezza costante e pari a 600mm, poste ad interasse 2.24 metri che sorreggono la soletta di spessore costante 25cm. La soletta è gettata su lastre predalle dello spessore di 6cm che fungono da cassero a perdere. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.50 metri, la sede stradale è di larghezza 12.00, delimitata da cordoli di larghezza 75cm e spessore 15cm. Le travi principali presentano piattabande aventi larghezza superiormente di 500mm e inferiormente 700mm, con spessori variabili. I traversi sono di tipo pieno costituiti da profili a doppio T di altezza 550mm per i traversi in appoggio e 300mm per quelli di campata. Il passo dei traversi varia da un minimo di 5250mm ad un massimo di 5750mm. L'accoppiamento fra travi in acciaio e soletta in calcestruzzo è garantito da pioli nelson di altezza 175mm e diametro da 19mm.

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta di 2.0x1.5 m. Sul perimetro sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su plinto di spessore 1.8 m che insiste su 9 pali di diametro 1.2 m.

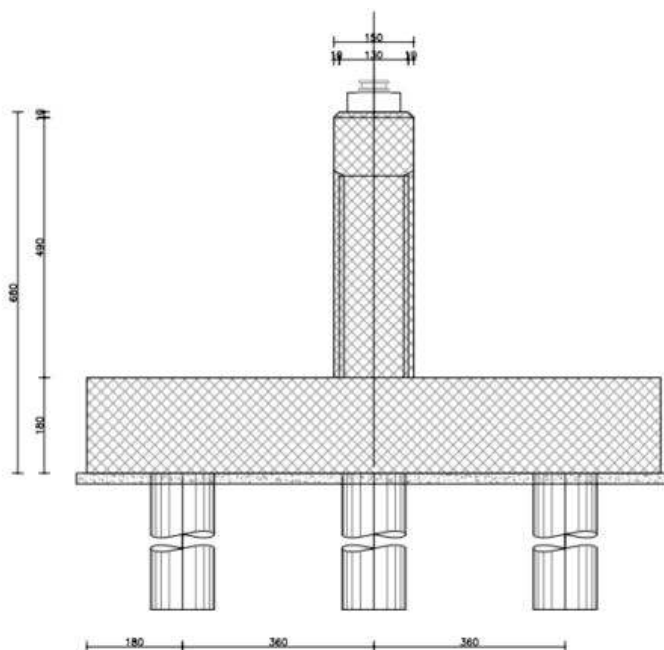
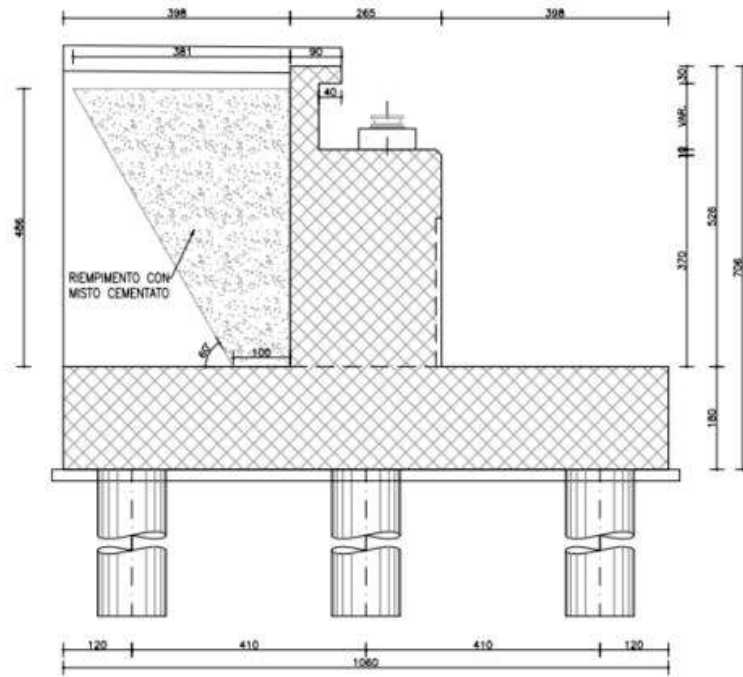


Figura 7: sezione longitudinale della pila

Le spalle sono costituite da un paramento di spessore 265cm e altezza 526cm (compreso il paraghiaia) con relativi muri di risvolto laterali posteriori. Le fondazioni sono su pali di 1.2 m di diametro; per la spalla fissa sono previsti 15 pali, la zattera ha dimensione in pianta 10.60x13.80 m.





**Figura 8: sezione longitudinale della spalla**

Per le caratteristiche strutturali e ulteriori dettagli sul ponte, si faccia riferimento alla documentazione grafica del progetto.

## 2. NORMATIVE E CODICI DI RIFERIMENTO

I seguenti codici sono presi a riferimento per la progettazione:

### 2.1 Normativa nazionale cogente

- [1] Legge 5 novembre 1971, N. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC)
- [3] C.M. 21/01/2019 n.7 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

### 2.2 Norme di riferimento

In ottemperanza a NTC §12, per riferimenti di calcolo o in mancanza di specifiche indicazioni si farà inoltre riferimento alle seguenti:

#### 2.2.1 Norme UNI

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

#### 2.2.2 Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN

(Con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali, la lista che segue è indicativa e non esaustiva dei codici eventualmente utilizzati nel seguito)

- [6] UNI EN 1991-1-5:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- [7] UNI EN 1992-1-1:2015 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [8] UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [9] UNI EN 1993-1-5:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [10] UNI EN 1993-1-8:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- [11] UNI EN 1993-2:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2: Ponti di acciaio
- [12] UNI EN 1993-1-10:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- [13] UNI EN 1993-1-11:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- [14] UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [15] UNI EN 1994-2:2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

#### 2.2.3 Norme CNR

Per eventuali ulteriori riferimenti si sono considerate anche le Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.):

- [16] CNR-DT207-2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- [17] CNR-UNI 10011/97 Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [18] CNR-UNI 10016/98 Travi composte acciaio-calcestruzzo: istruzioni per il calcolo e l'esecuzione;
- [19] CNR-UNI 10030/87 Anime irrigidite di travi in parete piena

### 3. VITA NOMINALE E CLASSI D'USO

Con riferimento alla definizione delle azioni sismiche (si veda nel seguito) si definiscono i parametri di prestazione dell'opera.

In accordo al D.M. 17.01.2018, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali viene valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $PV_R$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Coerentemente con quanto prescritto dalle NTC e tenendo conto dell'importanza della costruzione in esame, si è prevista per l'opera una vita nominale  $V_N$  di 50 anni e una classe d'uso IV, cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 2.0.

Il periodo di riferimento per le azioni sismiche risulta quindi pari a  $V_R = 100$  anni.

Vita nominale ( $V_N$ ):	50 anni
Classe d'uso:	IV ( $C_U = 2.0$ )
Periodo di riferimento azione sismica ( $V_R = V_N * C_U$ ):	100 anni
Categoria di sottosuolo	C

Stato limite	PVR (Probabilità di superamento nel periodo $V_R$ )
SL Operatività	81 %
SL Danno	63 %
SL salvaguardia Vita	10 %
SL prevenzione Collasso	5 %

Con  $T_R =$  tempo di ritorno =  $-V_R/\ln(1-PV_R)$ :

Da cui:  $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 2.0 = 100$  anni.



## 4. MATERIALI

### 4.1 Acciaio da carpenteria metallica

S355J2 per spessori  $\leq 40\text{mm}$   
S355K2 per spessori  $> 40\text{ mm}$   
S355J0 per elementi non saldati, angolari e piastre  
(UNI EN10025-1, 2 E 5)

#### 4.1.1 Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico:	$E_s = 210000\text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica:	$\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
S355:	
Resistenza allo snervamento (sp. $t \leq 40\text{mm}$ ):	$f_{yk} = 355\text{ MPa}$
Resistenza ultima ( $t \leq 40\text{mm}$ ):	$f_{tk} = 510\text{ MPa}$
Resistenza allo snervamento (sp. $40 < t \leq 80\text{mm}$ ):	$f_{yk} = 335\text{ MPa}$
Resistenza ultima ( $40 < t \leq 80\text{mm}$ ):	$f_{tk} = 490\text{ MPa}$

#### 4.1.2 Coefficienti parziali di sicurezza

Resistenza sezioni (cl. 1÷4):	$\gamma_{s,M0} = 1.05$
Resistenza instabilità membrature (ponti):	$\gamma_{s,M1} = 1.10$
Resistenza sezioni indebolite dai fori:	$\gamma_{s,M2} = 1.25$
Resistenza a fatica, rispetto a $\Delta\sigma_D$ e $\Delta\tau_D$ :	$\gamma_{M,f} = 1.35$

#### 4.1.3 Classe di resistenza

La classe di resistenza adottata è K2 o J2 a temperature di servizio  $T_{Ed} = -10^\circ\text{C}$  (si veda nel seguito la valutazione della temperatura minima secondo [2]), lo spessore massimo e la tensione massima corrispondente in combinazione frequente sono date dal prospetto 2.1 di UNI EN 1993-1-10:2005.

prospetto 2.1 **Massimi valori ammissibili dello spessore dell'elemento t in millimetri**

Classe di acciaio	Sotto-classe	Energia della prova di Charpy CVN alla temperatura T [°C]	J <sub>min</sub>	Temperatura di riferimento T <sub>Ed</sub> [°C]																				
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$						
S235	JR	20	27	60	75	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

Tabella 1: spessore in funzione dei requisiti di resilienza

In base ai requisiti richiesti di resilienza si contiene lo spessore delle lamiere ai valori indicati in rosso per i materiali di progetto, potendo così non limitare le tensioni massime in termini di resistenza. Infatti la limitazione sulla tensione nominale di esercizio è compensata dal fattore di combinazione per i carichi ultimi è mediamente 1.35 (1/1.35=0.74 <0.75); conseguentemente si ha che mantenendo gli spessori massimi impiegato entro i valori indicati non occorre penalizzare la resistenza.

## 4.2 Collegamenti

### 4.2.1 Bulloni

Bulloni per giunzioni ad attrito): cl. 10.9

Tensione di snervamento:  $f_{yb} = 1000 \text{ MPa}$

Tensione di rottura:  $f_{tb} = 900 \text{ MPa}$

Coeff. sicurezza materiali:  $\gamma_{M2} = 1.25$

Per giunzioni ad attrito, secondo la verifica condotta agli stati limite ultimi (giunti di tipo 3 resistenti ad attrito in condizioni ultime):

$$V_d \leq V_{s,Rd} = n f N_s / \gamma_{M3}$$

n: numero di superficie di attrito

f (=  $\mu$ ) = 0.30: coefficiente di attrito cautelativo, con superficie delle giunzioni sabbiato a metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni

Resist. Scorrimento SLU:  $\gamma_{M3} = 1.25$

Resist. Scorrimento SLE:  $\gamma_{M3} = 1.10$

$$\text{Forza di precarico del bullone: } N_s = F_{p,Cd} = 0.70 \cdot \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}}$$

Precarico bulloni:  $\gamma_{M7} = 1.10$

È prescritto solo l'uso di bulloni a serraggio controllato.

Le superfici di unione ad attrito devono essere preparate mediante sabbiatura a metallo bianco e opportunamente protette nei riguardi dell'ossidazione.

#### **4.2.2 Connettori acciaio calcestruzzo**

Connettori a piolo con testa, tipo KB NELSON o equivalenti, collegati con saldatura automatica. S235J2G3 + C 450 (EN ISO 13918 – UNI EN 10025) o similari (ST 37 – 3K DIN 50049)

Tensione di snervamento  $f_{yk} = 350$  MPa

Tensione di rottura  $f_{tk} = 450$  MPa

Coeff. sicurezza lato acciaio:  $\gamma_{v,1} = 1.25$

Coeff. sicurezza lato calcestruzzo:  $\gamma_{v,2} = 1.25$

#### **4.2.3 Saldature**

Sono previste giunzioni a doppio cordone d'angolo.

Coefficienti di sicurezza:

Resistenza collegamenti saldati  $\gamma_{s,M2} = 1.25$

Sezione di gola nella reale posizione (acciaio S355)  $\beta = 0.90$

Per S355:  $f_{tk} / (\beta \gamma_{M2}) = 453$  MPa

I cordoni d'angolo hanno dimensione z (lato della saldatura parallela al piatto) = 0.7 volte lo spessore minimo delle lamiere da collegare. Si prevedono inoltre saldature testa a testa tra i piatti orizzontali dei traversi e quelli delle travi, con preparazione dei lembi.

### **4.3 Calcestruzzo soletta impalcato**

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

In considerazione della protezione della soletta rispetto all'ambiente (impermeabilizzazione), si adottano le seguenti prescrizioni.

#### **4.3.1 Prescrizioni di durabilità**

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF4 Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.
- Classe di resistenza: C35/45
- Classe di lavorabilità: S5
- Massimo rapporto a/c: 0.45
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 360 kg/m<sup>3</sup>
- Diametro massimo inerte: 25 mm

#### **4.3.2 Copriferro**

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C <sub>min</sub>	C <sub>o</sub>	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>	C <sub>≥C<sub>o</sub></sub>	C <sub>min</sub> ≤C<C <sub>o</sub>
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

(ai fini della valutazione dell'ambiente si considera ambiente ordinario per effetto delle condizioni di protezione esterna applicate ai getti di calcestruzzo – impermeabilizzazione)

Elementi a piastra

Classe Calcestruzzo: C35/45  
 Condizioni ambientali: molto aggressive  
 Vita nominale costruzione: 50 [anni]  
 Tolleranza di posa: 10 [mm]  
 $c = 40 (C > C_0) + 10 (\text{tolleranza}) = 50 \text{ mm}$

#### 4.3.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		35/45	MPa
Classe di resistenza cubica:	Rck =	45	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	fck = 0.83×Rck =	37.35	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	fcm = fck + 8 =	45.35	MPa
Resist. a trazione media:	fctm = 0.30×fck <sup>2/3</sup> =	3.35	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	fctk = 0.70×fctm =	2.35	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	σt = fctm/1,2 =	1.96	MPa
Modulo elastico:	Ecm= 22000×[fcm/10] <sup>0.3</sup>	34600	MPa
	=		
Coeff. sicurezza materiali:	γM =	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	αc =	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	fcd = αc × fck / γM =	21.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	fctd = fctk / γM =	1.56	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	fbk = 2,25×n×fctk =	5.28	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	fbd = fbk/γM/1,50 =	2.35	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	fbd = fbk/γM =	3.52	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	σc = 0.60×fck =	22.41	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	σc = 0.45×fck =	16.81	MPa

#### 4.3.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4):  
poco sensibile.



Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti:

- quasi permanente  $w_1 = 0,2$  mm;
- frequente  $w_1 = 0,2$  mm

#### 4.4 Calcestruzzo spalle ed elevazioni

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

##### 4.4.1 Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF2 Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante.
- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.50
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 340 kg/m<sup>3</sup>
- Diametro massimo inerte: 25 mm

##### 4.4.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
$C_{min}$	$C_o$	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$

C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C35/45  
 Condizioni ambientali: aggressive  
 Vita nominale costruzione: 50 [anni]  
 Tolleranza di posa: 10 [mm]  
 $c = 30 (C > C_{min}) + 10 (tolleranza) = 40 \text{ mm}$

#### 4.4.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		32/40	MPa
Classe di resistenza cubica:	Rck =	40	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	fck = 0.83×Rck =	33.20	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	fcm = fck + 8 =	41.20	MPa
Resist. a trazione media:	fctm = 0.30×fck <sup>2/3</sup> =	3.10	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	fctk = 0.70×fctm =	2.17	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	σt = fctm/1,2 =	2.58	MPa
Modulo elastico:	Ecm=22000×[fcm/10] <sup>0.3</sup> =	33643	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	γM =	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	αc =	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	fcd = αc × fck / γM =	18.81	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	fctd = fctk / γM =	1.45	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	fbk = 2,25×n×fctk =	4.88	MPa
Tens. ader. di progetto (cls teso):	fbd = fbk/γM/1,50 =	2.17	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	fbd = fbk/γM =	3.25	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	σc = 0.60×fck =	19.92	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	σc = 0.45×fck =	14.94	MPa

#### 4.4.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w <sub>d</sub>	Stato limite	w <sub>d</sub>
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti:

- quasi permanente  $w_1 = 0,2$  mm;
- frequente  $w_2 = 0,3$  mm.

#### 4.5 Calcestruzzo batoli di fondazione e pali

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

##### 4.5.1 Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC2 Bagnato, raramente asciutto (batoli).
- Classe di resistenza: C28/35
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.55
- Minimo contenuto in cemento 320 kg/m<sup>3</sup>
- Diametro massimo inerte: 32 mm

##### 4.5.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

$C_{min}$	$C_o$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C28/35

Condizioni ambientali: ordinarie

Vita nominale costruzione: 50 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

$c = 25 (C > C_{min}) + 10$  (tolleranza) = 35 mm

##### 4.5.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		28/35	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	35	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	29.05	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	37.05	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{cm}^{2/3} =$	2.83	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	1.98	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$st = f_{ctk} / 1,2 =$	1.65	MPa

Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} =$	32588	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	16.46	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.32	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	4.46	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	1.98	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	2.97	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$s_c = 0.60 \times f_{ck} =$	17.93	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$s_c = 0.45 \times f_{ck} =$	13.07	MPa

#### 4.5.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_s$	Stato limite	$w_s$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Limitazioni:

- quasi permanente  $w_2 = 0,3$  mm;
- frequente  $w_3 = 0,4$  mm.

Le verifiche di fessurazione possono essere condotte in favore della sicurezza con le limitazioni previste per l'ambiente aggressivo:

- quasi permanente  $w_1 = 0,2$  mm;
- frequente  $w_2 = 0,3$  mm.

#### 4.6 Acciaio per armatura lenta

Tipo B450C

##### 4.6.1 Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico:	$E_s = 210000$ MPa
Tensione di snervamento	$f_{yk} = f_{y\text{nom}} = 450$ MPa
Tensione di rottura	$f_{tk} = f_{t\text{nom}} = 540$ MPa

##### 4.6.2 Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali:	$Y_{s,M} = 1.15$
Snervam. progetto materiali:	$f_{yd} = f_{yk} / Y_{s,M} = 391.3$ MPa

Relazione tecnica e di calcolo

19



## 5. PARAMETRI GEOTECNICI

Si riporta di seguito un estratto della tavola 2/3 del profilo geotecnico della carreggiata Grosseto-Fano, redatto per ANAS S.p.A. in occasione della progettazione definitiva delle opere di adeguamento a 4 corsie del tratto compreso tra lo svincolo con la Siena-Firenze e lo svincolo di Ruffolo. Il viadotto valli, oggetto della presente relazione di calcolo, è localizzato tra la sezione G122 e la G130. Si riportano inoltre i parametri caratteristici delle principali unità geotecniche riconosciute.

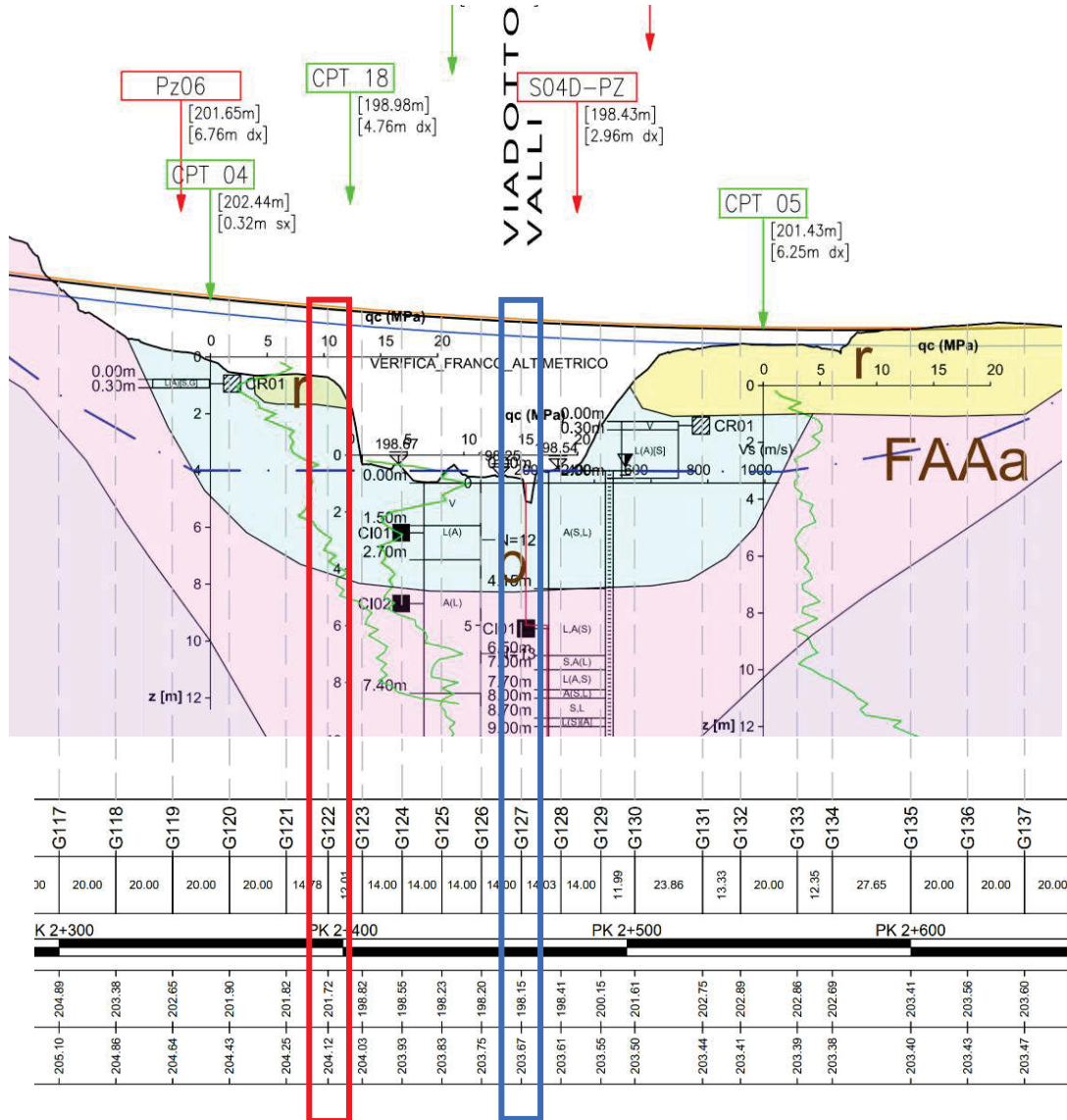


Figura 9: Estratto Tab.2/3 - Profilo geotecnico carreggiata Grosseto-Fano - ANAS S.p.A.

Caratterizzazione geotecnica E78 Grosseto-Fano - Lotto 0						
Unità geotecniche	Peso di volume naturale $\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso di volume saturo $\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione efficace $c'$ [kPa]	Angolo di resistenza a taglio $\phi'$ [°]	Coesione non drenata $c_u$ [kPa]	Modulo di elasticità $E$ [MPa]
Unità FAA - Argille azurre plioceniche	20	21	30	28.0	150	20
Unità FAAa - Argille azurre plioceniche alterate	19.5	20.5	20	24.0	75	10
Unità b - Depositi alluvionali (sabbie limose e limi sabbiosi)	19.5	20.5	15	30.0	75	10

La sezione G122, evidenziata in rosso, localizza le unità litologiche al di sotto della Spalla Ovest Fissa, mentre la sezione G127 viene presa in considerazione per le verifiche geotecniche delle pile in quanto ritenuta quella qualitativamente inferiore.

Superficialmente si ha la presenza di un'unità litotecnica caratterizzata da depositi di tipo alluvionali, per uno spessore di circa 5,90 m nella G122 e di circa 4,00 m nella sezione G127; più in profondità si sono riscontrate argille azzurre plioceniche alterate, con spessori nelle due sezioni rispettivamente di 9,40 m e di 11,75 m. Infine, si riscontra uno strato di argilla compatto.

Si denota presenza di falda acquifera ad una profondità minima di 3,30 m dal piano campagna nella sezione G122, mentre nella G127 è superficiale.

## 6. SOFTWARE DI CALCOLO

Si fornisce l'elenco del software utilizzato nel presente progetto.

I programmi vengono usati in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

### 6.1 Analisi strutturale dell'impalcato e delle sottostrutture

**STRAUS 7 Release 2.4.6** prodotto dalla G+D Computing, ed è commercializzato in Italia da HSH S.r.l. di Padova. Si tratta di un software completo e versatile per condurre analisi numerica agli elementi finiti (dei quali possiede una amplissima libreria) adatto ad una molteplicità di analisi.

### 6.2 Analisi di dettaglio agli elementi finiti:

**STRAUS 7 Release 2.4.6** prodotto dalla G+D Computing, ed è commercializzato in Italia da HSH S.r.l. di Padova. Si tratta di un software completo e versatile per condurre analisi numerica agli elementi finiti (dei quali possiede una amplissima libreria) adatto ad una molteplicità di analisi.

### 6.3 Verifiche di resistenza

#### 6.3.1 Per le sezioni in c.a.

- RC-SEC vers. 2010.4 rev. 212, prodotto da GEOSTRU srl. Il programma consente di effettuare il calcolo di verifica delle sezioni di travi e pilastri in c.a. agli stati limite ultimi e di esercizio tenendo conto, nel caso di calcolo sismico, della classe di duttilità richiesta e della posizione della sezione nell'asta (se ricade in zona critica o meno). Per le verifiche di resistenza (e semi-progetto delle armature) a presso-tenso flessione (retta e deviata) è previsto l'uso del diagramma tensioni-deformazione parabola rettangolo per il conglomerato e bilineare per l'acciaio. Nelle verifiche a taglio è stata implementata la nuova metodologia che prevede l'uso dell'inclinazione variabile delle bielle compresse. Vengono inoltre costruiti diagrammi momenti curvatures utilizzando più leggi di comportamento del calcestruzzo (parabola rettangolo, Kent-Park, EC2) nel nucleo confinato della sezione e valutando per ogni combinazione il valore della duttilità in curvatura (CCDF) anche in regime di pressoflessione deviata. Possono essere analizzate sezioni di qualsiasi forma, da quelle più comuni (rettangolari, a T, T doppio, ad L, circolari) a quelle più complesse (a contorno poligonale costituite da uno o più domini di conglomerato, cave, miste).
- VCaSLU v7.7 del professor Pietro Gelfi (software freeware) per il calcolo e la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato;
- Fogli di calcolo excel.

#### 6.3.2 Per le sezioni miste acciaio-calcestruzzo

Per le sezioni miste degli impalcato si impiegano tool di calcolo dedicati e sviluppati in ambiente excel e Visual Basic.

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 Pesi propri strutturali

#### 7.1.1 Carpenteria metallica

Il peso degli elementi in acciaio è calcolato con il seguente valore per unità di volume, tenendo conto di una maggiorazione cautelativa pari al 10%:

$$\gamma = 78.50 \times 1.10 = 86.35 \text{ kN/m}^3$$

Le stime di pre-dimensionamento conducono ad una incidenza cautelativa di 250kg/mq di impalcato.

Il carico per unità di lunghezza delle sole strutture metalliche utilizzato nelle analisi risulta:

$$G_{1,1} = 2.5 \times 13.50 = 33.75 \text{ kN/m}$$

#### 7.1.2 Calcestruzzo di soletta

Il peso degli elementi in calcestruzzo è calcolato con il seguente valore per unità di volume:

$$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

La soletta ha spessore 25 cm e larghezza sostanzialmente costante pari a 13.50 m; il carico per unità di lunghezza risulta pertanto:

$$G_{1,2} = 0.25 \times 25 \times 13.50 = 84.38 \text{ kN/m}$$

Il peso complessivo delle strutture risulta:

$$G_1 = G_{1,1} + G_{1,2} = 118.13 \text{ kN/m}$$

#### 7.1.3 Carichi permanenti portati

I carichi permanenti da considerare vengono elencati nel seguito nel loro valore a metro di sviluppo di implacato:

#### 7.1.4 Pavimentazione

Si considera un peso per unità di volume della pavimentazione (B=12.0 m) di 24 kN/m<sup>3</sup> e uno spessore di 15 cm (per considerare eventuali riasfaltatura senza scarifica).

$$G_{2,1} = 0.15 \times 24 \times 12 = 43.2 \text{ kN/m}$$

#### 7.1.5 Guard rail impiantistica

Si considera un peso per unità di lunghezza dei guard rail 1.5 kN/m per ciascun elemento.

$$G_{2,2} = 1.5 \times 2 = 3 \text{ kN/m}$$

#### 7.1.6 Cordoli e veletta

Si considera una veletta di peso 1.50kN/m e un cordolo di dimensioni 75x15 cm.

$$G_{2,3} = 0.15 \times 0.75 \times 25 = 2.82 \text{ kN/m} \quad (\text{cordoli})$$

$$G_{2,4} = 1.50 \text{ kN/m} \quad (\text{veletta})$$

Il valore complessivo dei permanenti portati risulta quindi:

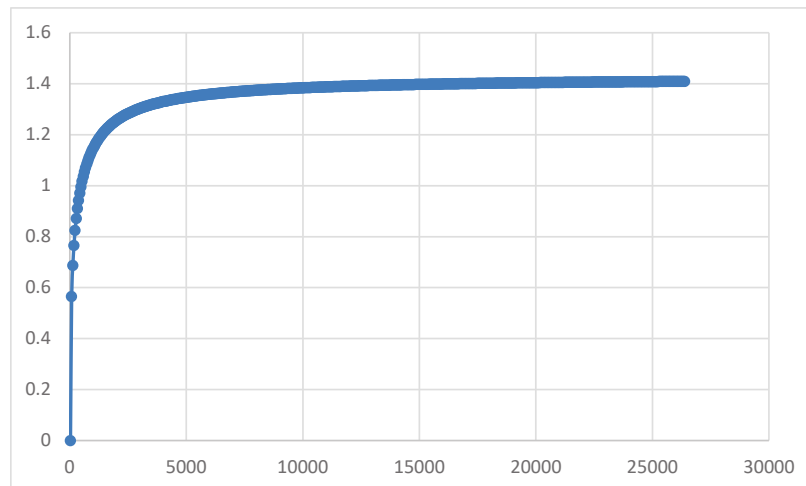
$$G_2 = G_{2,1} + G_{2,2} + G_{2,3} + G_{2,4} = 54.84 \text{ kN/m}$$

## 7.2 Ritiro e viscosità del calcestruzzo

Le considerazioni circa gli effetti del ritiro e della viscosità sull'impalcato sono valutati come riportato di seguito.

Dati di input:			
B tot	13500	mm	
S soletta	190	mm	
S predalle	60	mm	
Rck	45	MPa	
Es	206000	MPa	
		Ritiro/Viscosità	
Ac =	2.57	m <sup>2</sup>	ε <sub>c0</sub> = -0.00025
u =	13.88	m	k <sub>h</sub> = 0.73
h0 =	369.60	mm	ε <sub>cd_inf</sub> = -0.000182
U.R. =	0.80		ε <sub>ca_inf</sub> = -0.000068
f <sub>ck</sub> =	37.35	MPa	ε <sub>cs</sub> = -0.0002500
		Es/Ec	
		5.95	
		Ecm = 34625.49 MPa	
		f <sub>cm</sub> = 45.35 MPa	
		φ(inf,t0) = 2.31	
		E'c = 15247.90 MPa	
		ψ = 0.55	
		Ecm = 34625.49 MPa	
		f <sub>cm</sub> = 45.35 MPa	
		φ(inf,t0) = 1.41	
		E'c = 13577.47 MPa	
		ψ = 1.1	
		Es/Ec	
		13.51	
		Es/Ec	
		15.17	
Ritiro/Viscosità		Carichi lungo termine	
φ(t,t0) = 2.31		φ(t,t0) = 1.41	
α1 = 0.8341488		α1 = 0.834149	
α2 = 0.949507		α2 = 0.949507	
α3 = 0.8785073		α3 = 0.878507	
β(fcm) = 2.4947133		β(fcm) = 2.494713	
β(t0) = 0.8008339		β(t0) = 0.48845	
t0 = 2 gg		t0 = 28 gg	
t = 26000 gg		t = 26000 gg	
φ(RH) = 1.1702375		φ(RH) = 1.170237	
βc(t,t0) = 0.9883028		βc(t,t0) = 0.988291	
βH = 1039.9112 < 1500		βH = 1039.911 < 1500	

Il calcolo del coefficiente di viscosità è eseguito secondo l'Annesso B della UNI EN 1992-1-1:2005, considerando t0 (età del calcestruzzo al momento dell'applicazione del carico) pari a 2gg.



Si ottiene:

$N_r = E_{c,\infty} \varepsilon_{cs} A_c = 9778.7 \text{ kN} \rightarrow$  forza di trazione nella soletta che genera una deformazione pari a quella per ritiro, da dividere per il numero di travi.

Ne deriva:  $N_{r, \text{trave}} = 1630 \text{ kN}$

Sulla sezione mista graverà oltre ad una forza assiale anche un momento dovuto all'eccentricità tra baricentro della soletta e il baricentro della sezione mista.

## 7.3 Spinta delle terre

La spinta delle terre a tergo delle spalle, peraltro molto basse e costituite soltanto dal plinto e dal paraghiaia viene valutata cautelativamente come spinta a riposo di un terreno di buona qualità (rilevato) qualificabile con un angolo d'attrito di:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$  (peso in volume del terreno di rilevato)



$$\phi=35^\circ$$

$$K_0=(1-\text{sen}\phi)=0.426$$

La spinta alla profondità  $h$  sarà valutata con la relazione seguente:

$$S=\gamma \times K_0 \times h$$

#### 7.4 Carico da traffico sul rilevato

La spinta delle terre a tergo delle spalle è tenuta in conto con il seguente sovraccarico:

$$q=20 \text{ kN/m}^2$$

tenendo conto di un coefficiente di spinta pari a:

$$\phi =35^\circ \text{ (rad } 0.471)$$

$$K_0=(1-\text{sen}\phi)=0.426$$

La spinta alla, costante con la profondità sarà valutata con la relazione seguente:

$$S=q \times K_0=8.52 \text{ kN/m}^2$$

#### 7.5 Azione sismica

Coordinate del sito: 43.30025, 11.35198



Vita nominale:

$V_n = 50$  anni

Classe d'uso:

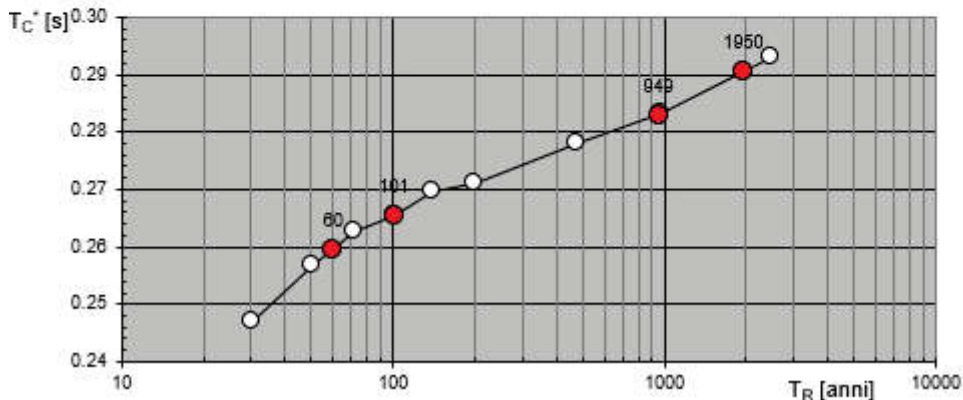
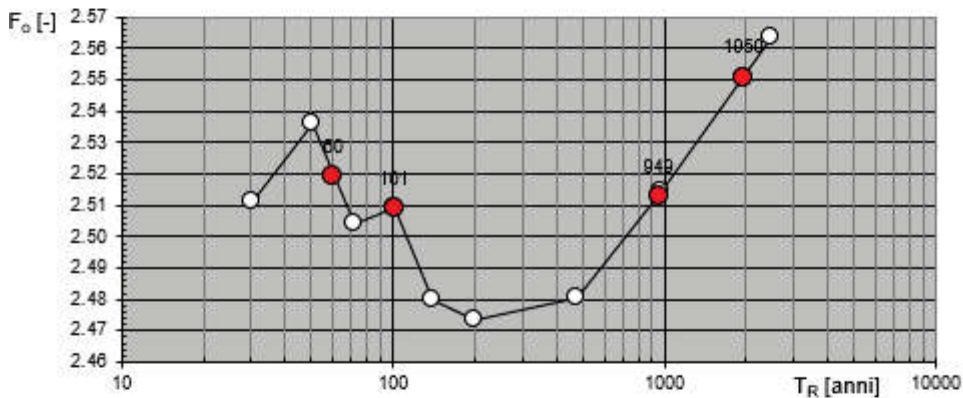
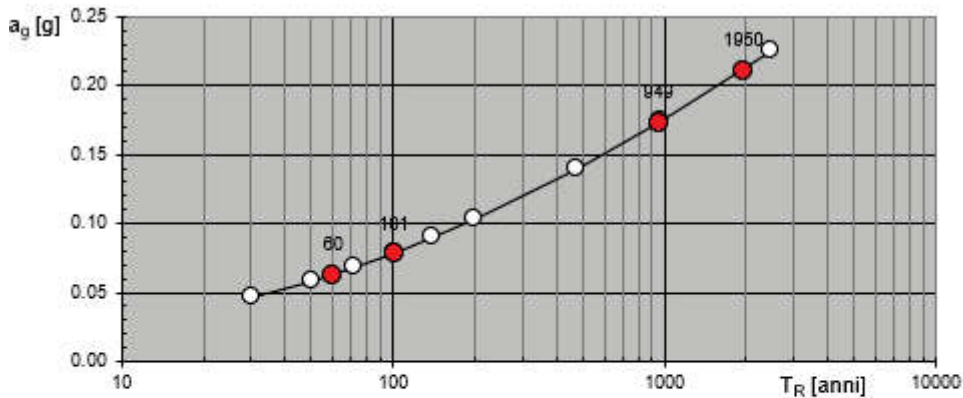
IV - Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra

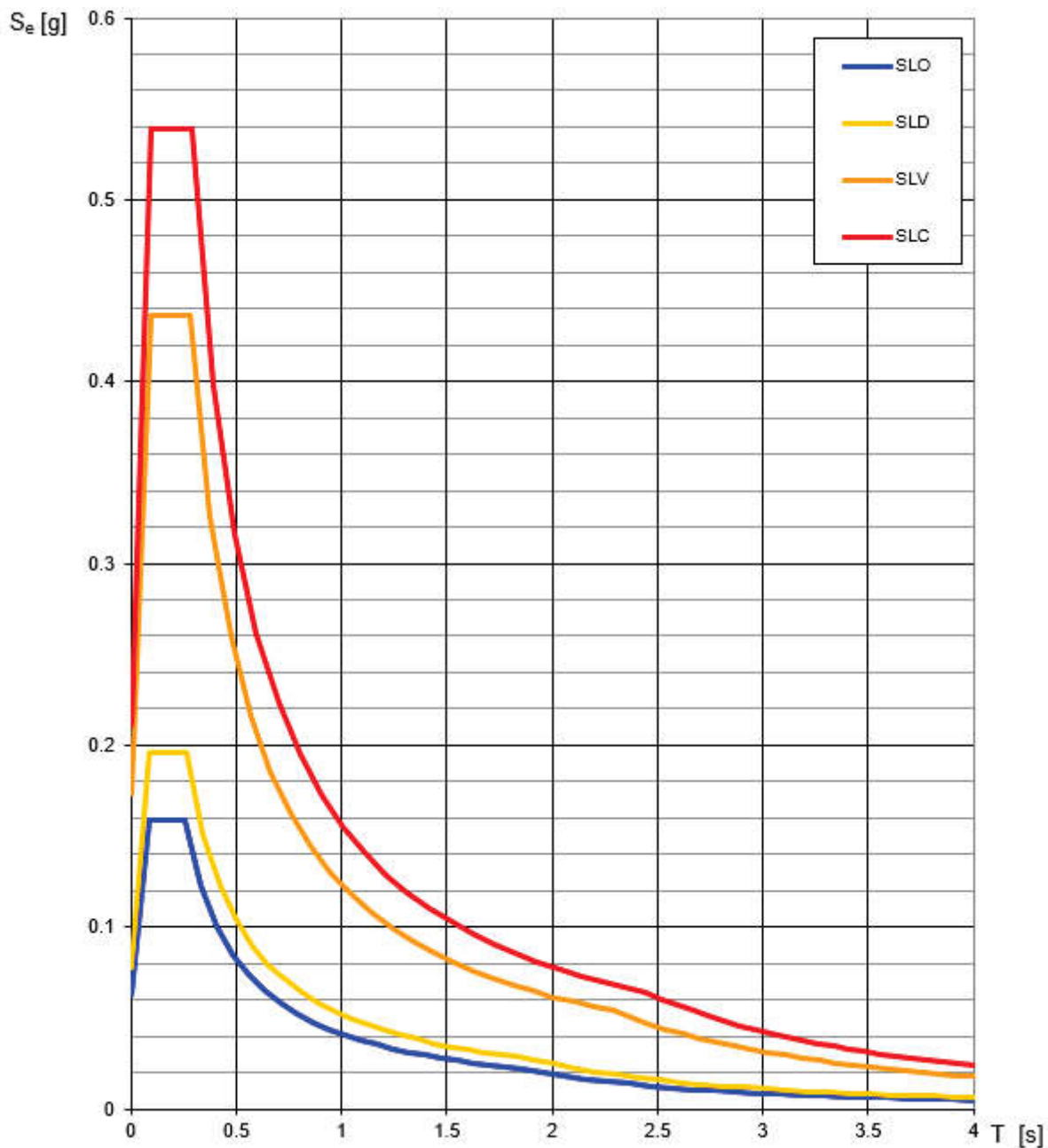
capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. Categoria del sottosuolo:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT,30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$





**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.063	2.520	0.260
SLD	101	0.078	2.509	0.265
SLV	949	0.174	2.513	0.283
SLC	1950	0.211	2.551	0.290



Si assume fattore di struttura seguente:

$$q = 1$$

adottando quindi lo spettro elastico senza particolari richieste di duttilità alla struttura.

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.174 g
$F_{a_g}$	2.513
$T_c$	0.283 s
$S_s$	1.438
$C_c$	1.593
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.438
$\eta$	1.000
$T_B$	0.150 s
$T_C$	0.451 s
$T_D$	2.294 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

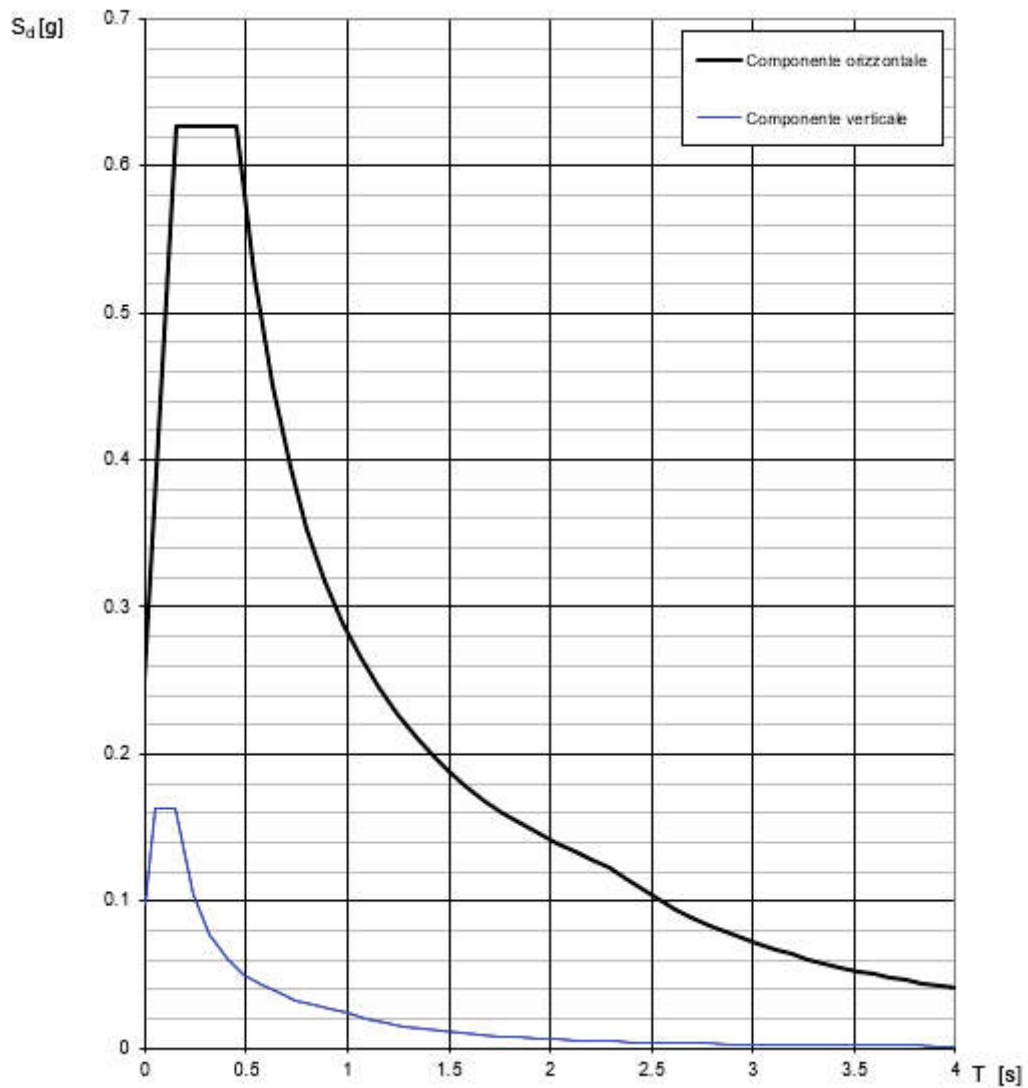
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.250
$T_B \leftarrow$	0.150	0.627
$T_C \leftarrow$	0.451	0.627
	0.538	0.525
	0.626	0.451
	0.714	0.396
	0.802	0.353
	0.890	0.318
	0.977	0.289
	1.065	0.265
	1.153	0.245
	1.241	0.228
	1.328	0.213
	1.416	0.200
	1.504	0.188
	1.592	0.178
	1.680	0.168
	1.767	0.160
	1.855	0.152
	1.943	0.145
	2.031	0.139
	2.118	0.133
	2.206	0.128
$T_D \leftarrow$	2.294	0.123
	2.375	0.115
	2.457	0.107
	2.538	0.101
	2.619	0.095
	2.700	0.089
	2.781	0.084
	2.863	0.079
	2.944	0.075
	3.025	0.071
	3.106	0.067
	3.188	0.064
	3.269	0.061
	3.350	0.058
	3.431	0.055
	3.513	0.053
	3.594	0.050
	3.675	0.048
	3.756	0.046
	3.838	0.044
	3.919	0.042
	4.000	0.041



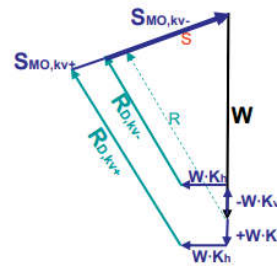
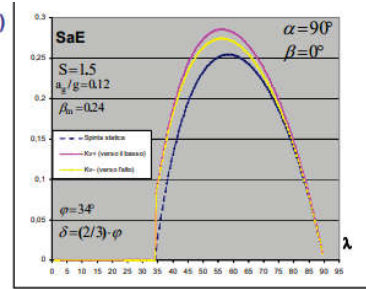
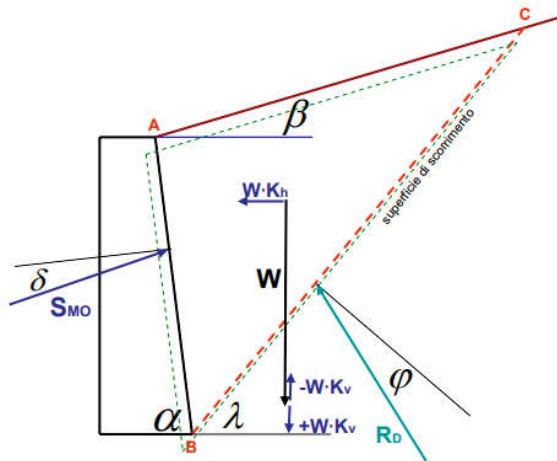
## 7.6 Spinta sismica del rilevato

L'azione è valutata nell'ipotesi d'interfaccia deformabile col terreno (manufatto che matura spostamenti), secondo la formulazione di Mononobe-Okabe:

### Spinta Attiva: Teoria di Mononobe-Okabe (condizioni dinamiche)

Costituisce un'estensione della teoria di Coulomb al caso dinamico

Valgono le stesse ipotesi della teoria di Coulomb (superficie di scorrimento piana)



$$S_{a,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{a,E}$$

$$\beta \leq \varphi - \theta$$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \varphi - \theta$$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta)}$$

$$\theta_A = \text{atan} \left( \frac{k_h}{1 + k_v} \right)$$

$$\theta_B = \text{atan} \left( \frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

## 7.7 Azioni termiche

Ai fini degli effetti globali è considerata la variazione termica uniforme in conformità al §3.5 del DM 17/01/2018 con il sito che ricade in zona II e a quota as=210 m s.l.m.:

### Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

$$T_{\min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.3]$$

$$T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.4]$$

$$T_{\max} = 42 - 2 \cdot 210 / 1000 = 41.58^\circ\text{C}$$

$$T_{\min} = -8 - 6 \cdot 210 / 1000 = -9.26^\circ\text{C}$$

La temperatura iniziale, salvo diverse indicazioni viene assunta  $T_0 = 15^\circ\text{C}$ ; risulta dunque:

$$\Delta T = +26.58 / -24.26^\circ\text{C}$$

Relazione tecnica e di calcolo

Che viene arrotondata per eccesso in +/-27°C

La variazione termica uniforme è presa in considerazione nella determinazione degli effetti globali per l'impalcato (dimensionamento giunti e scorrimenti appoggi).

Per quanto riguarda invece gli effetti locali sulla struttura mista acciaio-calcestruzzo dell'impalcato, e limitatamente alle relative membrature, si considera una differenza di temperatura di ± 10 °C tra la soletta in calcestruzzo e la trave in acciaio.

Ne deriva per tale azione termica la seguente sollecitazione assiale:

$N_r = E_m \Delta T \alpha A_c = 11686.1 \text{ kN} \rightarrow$  forza di trazione/compressione nella soletta che genera una deformazione pari a quella termica, da dividere per il numero di travi.

Ne deriva:  $N_{\Delta T, \text{trave}} = 1947.7 \text{ kN}$

Sulla sezione mista graverà oltre ad una forza assiale anche un momento dovuto all'eccentricità tra baricentro della soletta e il baricentro della sezione mista.

## 7.8 Azione del vento

Le azioni del vento sono valutate prendendo in conto la pressione cinetica di riferimento da applicarsi alla sagoma trasversale del ponte tenendo conto dell'ingombro dei carichi da traffico presenti (3.0 m da piano stradale).

Considerando una velocità di riferimento (con TR = 50 anni) pari a  $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$ , si ottiene:

$$q_r = 0.5 \times \rho v_r^2 = 0.46 \text{ kN/m}^2 \quad (\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione sull'impalcato:

Coefficiente C per ponti:

$$c_{f,x0} = c_{f,x} = 1.50 \quad [b/d_{tot} = 13.50 / (0.60 + 0.15 + 3.0) = 3.60]$$

(fig. 8.3 EC1-1-4)

Coeff. di esposizione ( $z = 8 \text{ m}$ ):

$$C_e = 2.21 \text{ [Cat. II, (classe rugosità D)]}$$

$$C = C_e \times c_{f,x} = 1.50 \times 2.21 = 3.32 \text{ (par. 8.3.2 di EC1-1-4)}$$

Considerando, come da Normativa, una sagoma d'ingombro attribuita ai carichi viaggianti a "ponte carico" di altezza pari a 3.0 m, si ha:

$$\text{Ponte carico: } d_{tot} = 0.60 + 0.15 + 3.0 = 3.75 \text{ m}$$

Azione orizzontale trasversale su impalcato:

$$F_{h,wind} = q_r \times C \times d_{tot} = 0.49 \times 3.32 \times 3.75 = 5.67 \text{ kN/m}$$

Momento torcente su impalcato:

$$M_w = F_{h,wind} \times e = 5.67 \times 0.315 = 1.79 \text{ kNm/m}$$

Le travi longitudinali sono sollecitate da un'azione verticale pari a ±0.16 kN/m e da un'azione orizzontale di 5.67 kN/m.

Pressione sulle pile

$$p = q_r \times C_e \times C_p \times C_d \text{ (con } C_p = C_d = 1.0)$$

Si assume un valore di riferimento sull'altezza delle pile ( $H_{max} = 8 \text{ m}$ ) del coefficiente di esposizione:

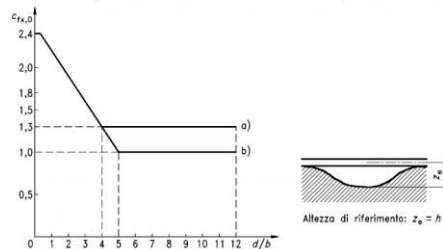
$$C_e = 2.21$$

$$p = 0.46 \times 2.21 = 1.01 \text{ kN/m}^2$$

Le colonne hanno larghezza pari a 1.50 m nella direzione ortogonale a quella considerata prevalente per il vento per cui la pressione è pari a:

$$P_w = 1.52 \text{ kN/m}$$

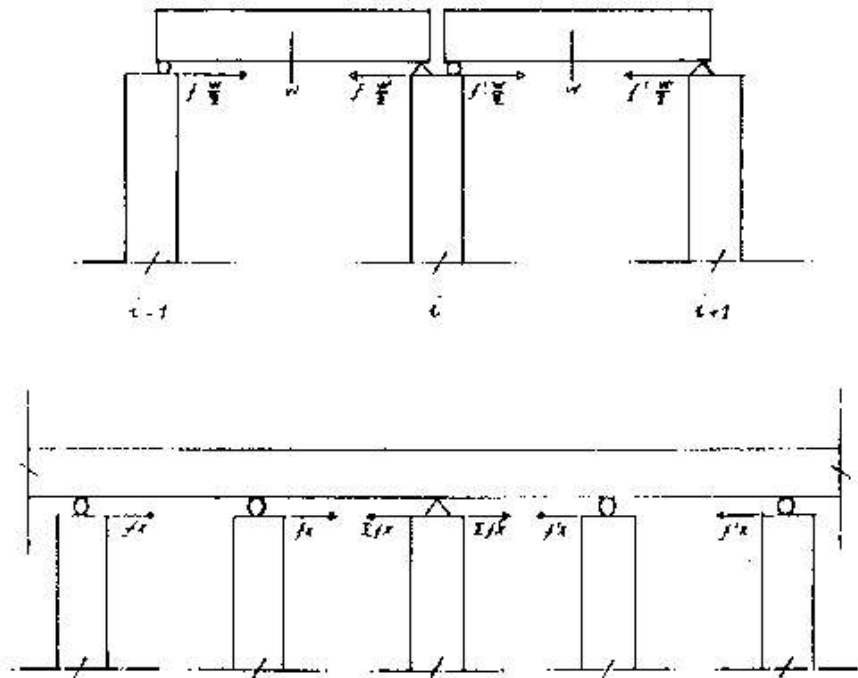
tipo di ponte	pietra accoppiata o trave	pietra multipla o trave	sezioni scabellari	curva
senza barriere o traffico				a)
con barriere o traffico				b)
	per piastrelli a trave aperta			b)



## 7.9 Attriti vincolari

Si assume come valore della resistenza vincolare il 3% della somma dei pesi propri e dei carichi permanenti.

In particolare, per le pile va considerata l'eventualità, se del caso, che si abbiano coefficienti di attrito diversi tra apparecchi di appoggio mobili di una stessa opera come esemplificato in figura.



Quindi, definita quale sia la pila fissa longitudinalmente, l'attrito vincolare che le compete si calcola applicando la sommatoria degli attriti vincolari delle pile e della spalla da un lato meno la metà della somma degli attriti vincolari del lato opposto; nello specifico:

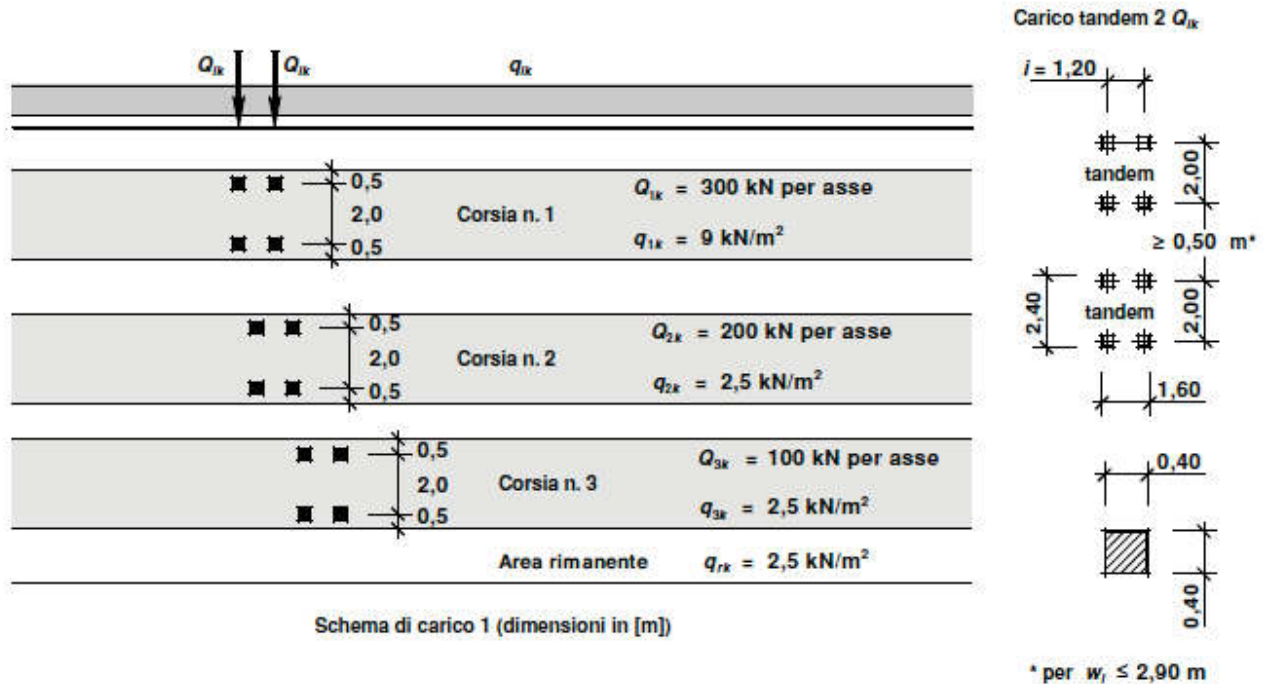
$\sum(f_x) - \sum(f'_x)$  e  $\sum(f'_x) - \sum(f_x)$  prendendo come valido il valore maggiore dei due, con:  $f'_x = 0.5f_x$  e  $f_x = 3\%$  (p.p.+ permanente).

## 7.10 Azioni variabili da traffico

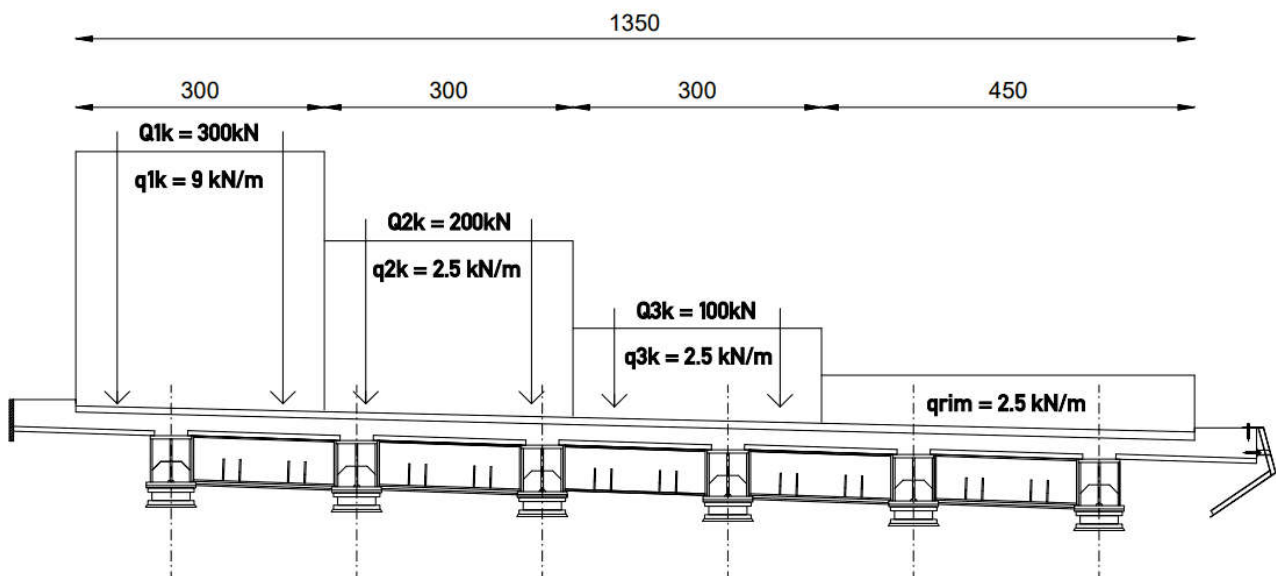
Sono definite dai seguenti schemi di carico comprensivi degli effetti dinamici.

### 7.10.1 Schema di carico 1

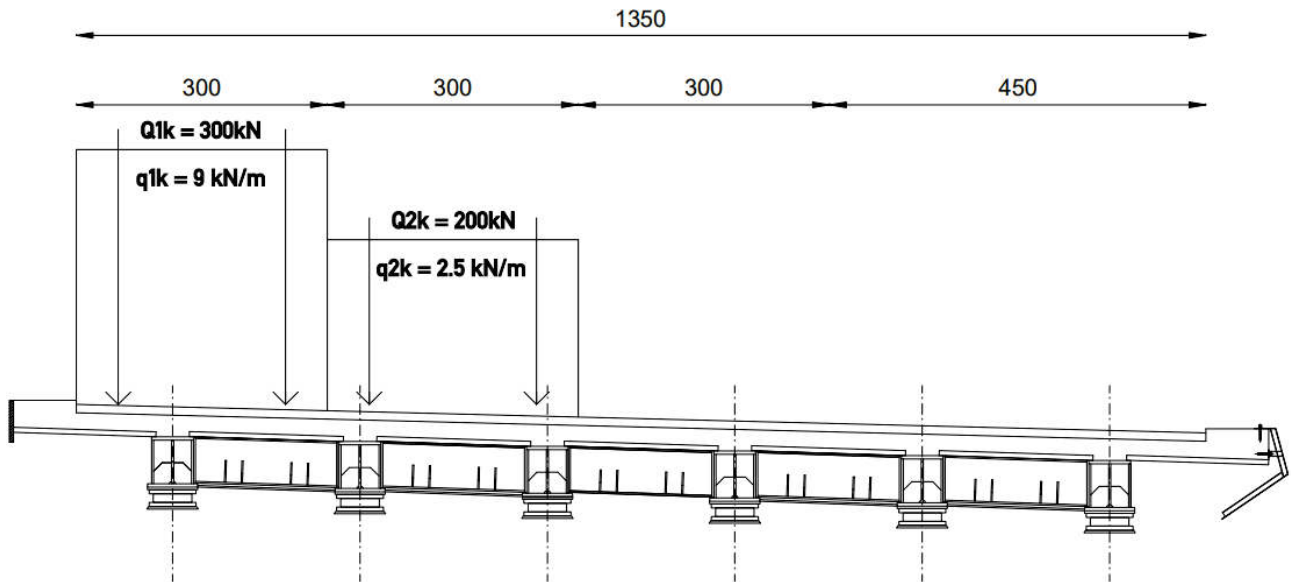
- Carichi  $Q_{ik}$  concentrati su due assi in tandem su impronta quadrata di pneumatico con lato  $l = 0,40$  m e carichi ripartiti uniformi, per ponti di 1a categoria. Questo schema è utilizzato per verifiche globali e locali.



Nella fattispecie si individuano la disposizione 1 che massimizza i carichi verticali e la disposizione 2 che massimizza invece le torsioni. La figura che segue illustra le disposizioni considerate.

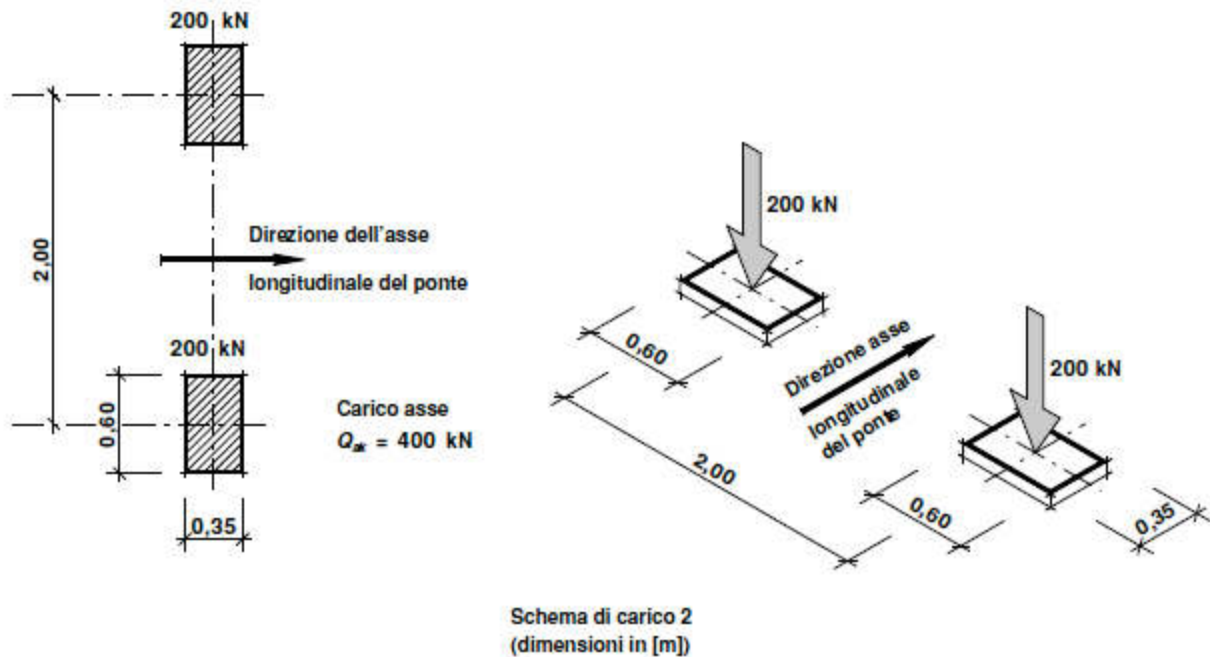






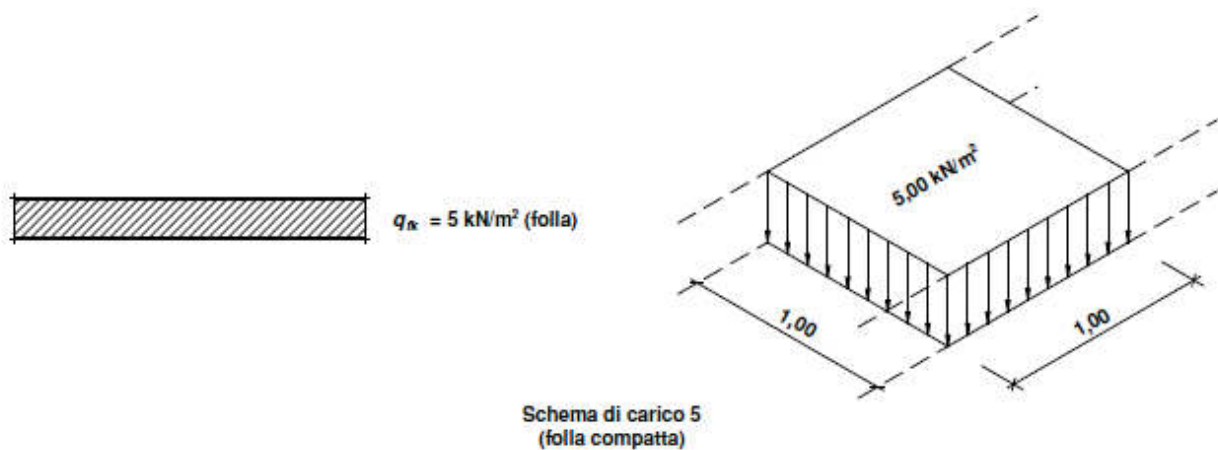
### 7.10.2 Schema di carico 2

- Un solo asse con peso complessivo  $Q_k = 400$  kN, disposto in asse alla corsia; il carico  $Q_k$  di ogni pneumatico grava su un'impronta rettangolare di  $0,60 \times 0,35$  m<sup>2</sup>; questo schema è utilizzato per verifiche locali.



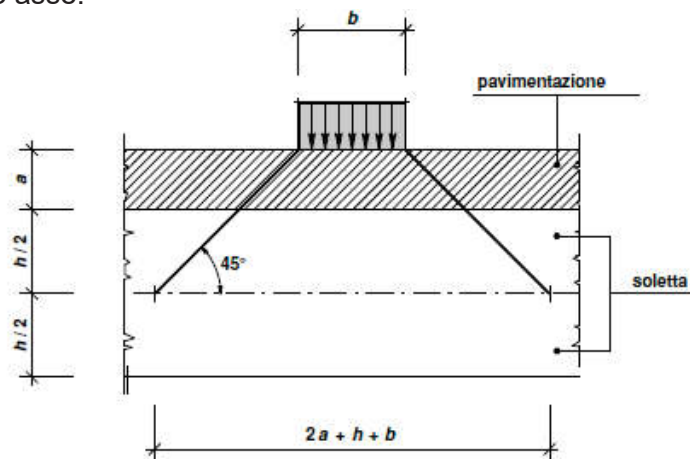
### 7.10.3 Schema di carico 5

- Schema di carico 5 (fig. 6): folla compatta considerata come carico ripartito uniforme con intensità nominale  $q_k = 5,00$  kN/m<sup>2</sup>, compresi gli effetti dinamici, e con valore di combinazione  $q_k = 2,50$  kN/m<sup>2</sup>.



### 7.10.4 Diffusione dei carichi

I carichi concentrati si considerano uniformemente ripartiti sulla relativa impronta con una diffusione a 45° fino al piano medio della soletta; nel caso di elementi monodimensionali il carico si diffonde solo nel senso del suo asse.



### 7.10.5 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q3

Si considera uniformemente distribuita sulla lunghezza L della zona caricata e dipende dal carico verticale che grava sulla corsia convenzionale n. 1.

Agisce a livello della pavimentazione e lungo l'asse della corsia con intensità fornita da (ponti di 1a categoria):

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 \times (2 Q_{1k}) + 0,10 \times q_{1k} \times w_l \times L \leq 900 \text{ kN}$$

dove:

$w_l$  = larghezza della corsia

$$F \text{ fren. corsia 1} = 0,6 \cdot 2 \cdot 300 + 0,1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot (107) = 649 \text{ kN}$$

### 7.11 Carichi da fatica

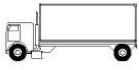
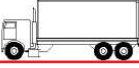
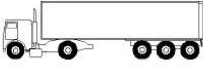


Sono condotte verifiche per vita illimitata.

Le verifiche sono condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante, controllando che il massimo delta di tensione indotto nel dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso.

Secondo quanto previsto dalle NTC18 al § 5.1.4.3, per la verifica a vita illimitata si prevede il modello di carico di fatica 2, sulla corsia identificata come lenta. Si riportano le cinque configurazioni di sagoma del veicolo.



**Tabella 2-7. Mezzi tipologici per verifica a fatica**

SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
			120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

Il veicolo adottato per le verifiche è il 5 assi evidenziato in figura.

## 8. COMBINAZIONI E FATTORI

Si riporta di seguito la visualizzazione delle verifiche con le amplificazioni dei carichi secondo la combinazioni principali analizzate.

	Peso proprio strutture (g <sub>1</sub> )	Sovraccarichi permanenti (g <sub>2</sub> )	Altre azioni permanenti (g <sub>3</sub> )	Distorsioni di progetto (c <sub>1</sub> )	Ritiro dei cal (c <sub>2</sub> )	Variazioni termiche (c <sub>3</sub> )	Scorrimenti viscosi (c <sub>4</sub> )	Cedimenti viscolari (c <sub>5</sub> )	Carichi mobili (c <sub>6</sub> )	Carichi mobili (c <sub>7</sub> )	Folla impattante	Folla marciapiedi e platee	Frenamento (c <sub>8</sub> )	Forza centrifuga (c <sub>9</sub> )	Vento (c <sub>10</sub> )	Stato di servizio dei veicoli (c <sub>11</sub> )	Ufo (c <sub>12</sub> )
A1 <sub>1</sub>	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	1.35	1.35	0	0.675	0	0	0.9	1.5	1.5
A1 <sub>1</sub> vento	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	1.02	0.54	0	0.675	0	0	1.5	1.5	1.5
A1 <sub>1</sub> temperatura	1.35	1.35	1.5	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.02	0.54	0	0.675	0	0	0.9	1.5	1.5
A1 <sub>2a</sub>	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	1.02	0.54	0	0	1.5	0	0.9	1.5	1.5
A1 <sub>2b</sub>	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	1.02	0.54	0	0	0	1.5	0.9	1.5	1.5
A1 <sub>3</sub>	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	0	0	0	1.5	0	0	0.9	1.5	1.5
A1 <sub>4</sub>	1.35	1.5	1.5	1	1.2	0.72	1.2	1.2	0	0	1.5	1.5	0	0	0.9	1.5	1.5

**Tabella 3 – coefficienti di amplificazione dei carichi per A1 STR**

	Peso proprio strutture (g <sub>1</sub> )	Sovraccarichi permanenti (g <sub>2</sub> )	Altre azioni permanenti (g <sub>3</sub> )	Distorsioni di progetto (c <sub>1</sub> )	Ritiro dei cal (c <sub>2</sub> )	Variazioni termiche (c <sub>3</sub> )	Scorrimenti viscosi (c <sub>4</sub> )	Cedimenti viscolari (c <sub>5</sub> )	Carichi mobili (c <sub>6</sub> )	Carichi mobili (c <sub>7</sub> )	Folla impattante	Folla marciapiedi e platee	Frenamento (c <sub>8</sub> )	Forza centrifuga (c <sub>9</sub> )	Vento (c <sub>10</sub> )	Stato di servizio dei veicoli (c <sub>11</sub> )	Ufo (c <sub>12</sub> )
A2 <sub>1</sub>	1	1.3	1.5	1	1	0.6	1	1	1.15	1.15	0	0.575	0	0	0.78	1	1.3
A2 <sub>1</sub> vento	1	1.3	1.5	1	1	0.6	1	1	0.87	0.46	0	0.575	0	0	1.3	1	1.3
A2 <sub>1</sub> temperatura	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0.87	0.46	0	0.575	0	0	0.78	1	1.3
A2 <sub>2a</sub>	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0.87	0.46	0	0	1.3	0	0.8	1	1.3
A2 <sub>2b</sub>	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0.87	0.46	0	0	0	1.3	0.8	1	1.3
A2 <sub>3</sub>	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0	0	0	1.15	0	0	1.3	1	1.3
A2 <sub>4</sub>	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0	0	1.15	1.15	0	0	1.3	1	1.3

**Tabella 4 – coefficienti di amplificazione dei carichi per A2 GEO**

Per i coefficienti di combinazione si è fatto riferimento alle seguenti tabelle.

**Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

	Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ <sub>01</sub>	0.90	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	γ <sub>02</sub>	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ <sub>0</sub>	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35
Carichi variabili	favorevoli	γ <sub>0s</sub>	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ <sub>e1</sub>	0.90	1.00
	sfavorevoli		1.00 <sup>(3)</sup>	1.00 <sup>(4)</sup>
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti viscolari	favorevoli	γ <sub>e2</sub> , γ <sub>e3</sub> , γ <sub>e4</sub>	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano computatamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1.50 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1.20 per effetti locali

**Tabella 5.1.VI – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ <sub>0</sub> di combinazione	Coefficiente ψ <sub>1</sub> (valori frequenti)	Coefficiente ψ <sub>2</sub> (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0.75	0.75	0.0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0.40	0.40	0.0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0.40	0.40	0.0
	Schema 2	0.0	0.75	0.0
	2	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0
	4 (folla)	----	0.75	0.0
	5	0.0	0.0	0.0
Vento q <sub>s</sub>	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0.6	0.2	0.0
	Esecuzione	0.8	----	0.0
	Vento a ponte carico	0.6		
Neve q <sub>s</sub>	SLU e SLE	0.0	0.0	0.0
	esecuzione	0.8	0.6	0.5
Temperatura	T <sub>k</sub>	0.6	0.6	0.5

## 9. IMPALCATO METALLICO

La verifica delle strutture di impalcato è stata condotta considerando un'analisi per fasi come meglio descritto di seguito.

### 9.1 Analisi statica - Modellazione FEM

Trattasi di un modello FEM della struttura realizzato per fasi. La struttura metallica dell'impalcato, compresi i traversi è stata discretizzata mediante elementi *beam*; la soletta in c.a. è inserita considerata mediante elementi *beam* orditi in senso trasversale con funzione di trasferimento del carico. Il corretto orientamento e posizionamento dei vari elementi è assicurato mediante elementi *rigid-link*. I nodi di appoggio risultano vincolati coerentemente rispetto a quanto indicato nello schema di vincolo.

Di seguito si descrivono le fasi di calcolo analizzate.

1. Fase 1: la struttura è composta dai soli elementi metallici con le loro inerzie e rigidezze. I carichi applicati sono il peso proprio della carpenteria metallica e il peso del getto della soletta (non collaborante);
2. Fase2: la struttura è composta dagli elementi di impalcato metallico considerando le inerzie delle travi principali a tempo infinito. I carichi agenti sono i permanenti non strutturali e l'azione del ritiro, concomitante a quello della viscosità;
3. Fase 3: la struttura è composta dagli elementi dell'impalcato metallico consoderando le inerzie a tempo 0. I carichi agenti sono le azioni accidentali da traffico, il vento e l'azione termica.

Si riportano alcune viste del modello di calcolo.

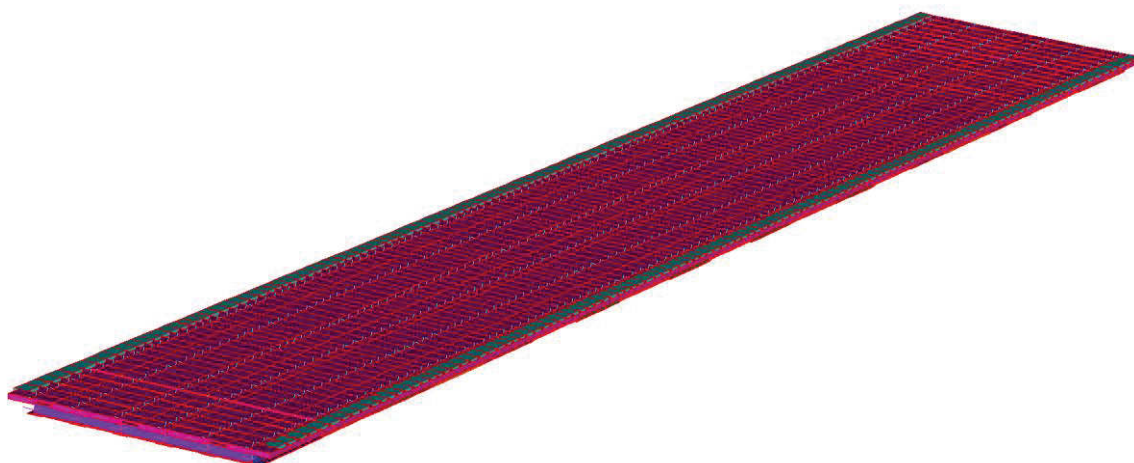


Figura 10: modello di calcolo dell'impalcato – vista globale solida

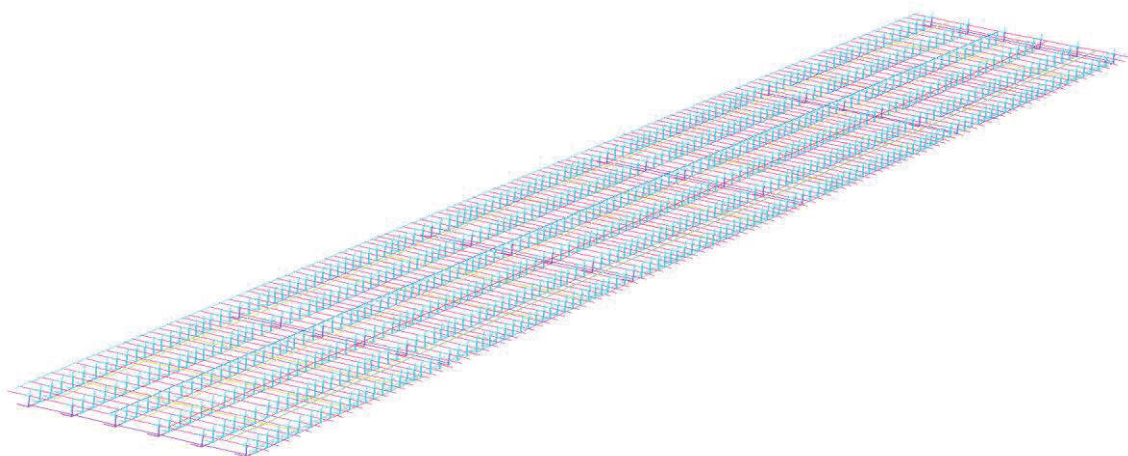


Figura 11: modello di calcolo dell'impalcato – vista globale wireframe

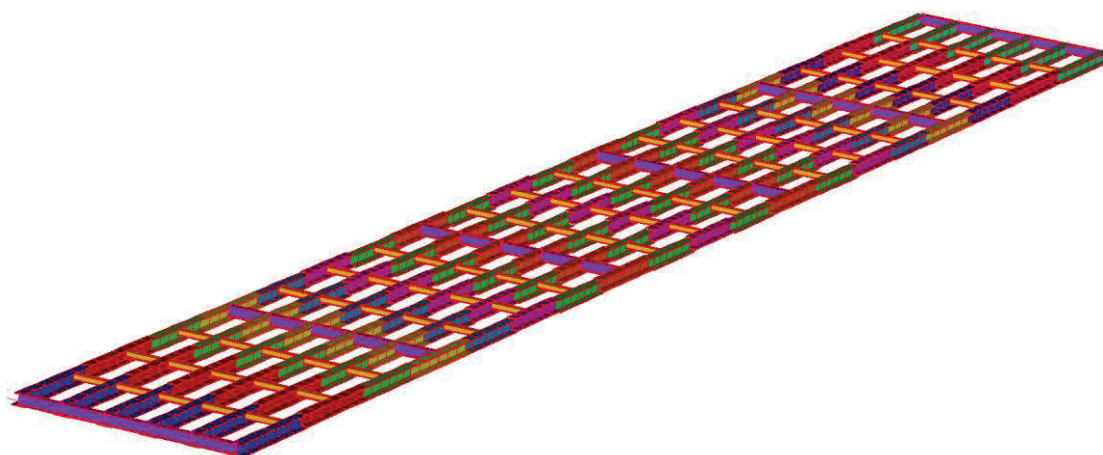


Figura 12: modello di calcolo dell'impalcato – sola struttura metallica

### 9.1.1 Carichi applicati

Si riportano di seguito i carichi applicati alla struttura dell'impalcato (il peso proprio delle strutture metalliche è applicato mediante l'azione della gravità).



Figura 13: carico del getto liquido della soletta



Figura 14: carichi permanenti non strutturali



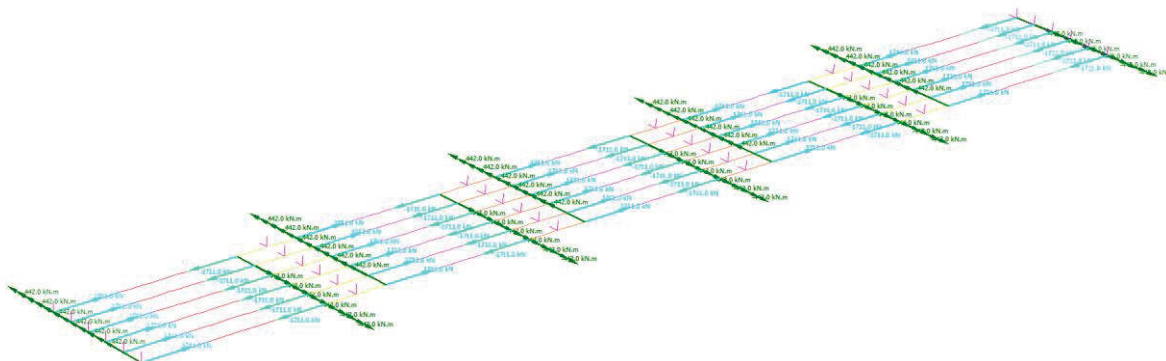


Figura 15: azione del ritiro concomitante alla viscosità

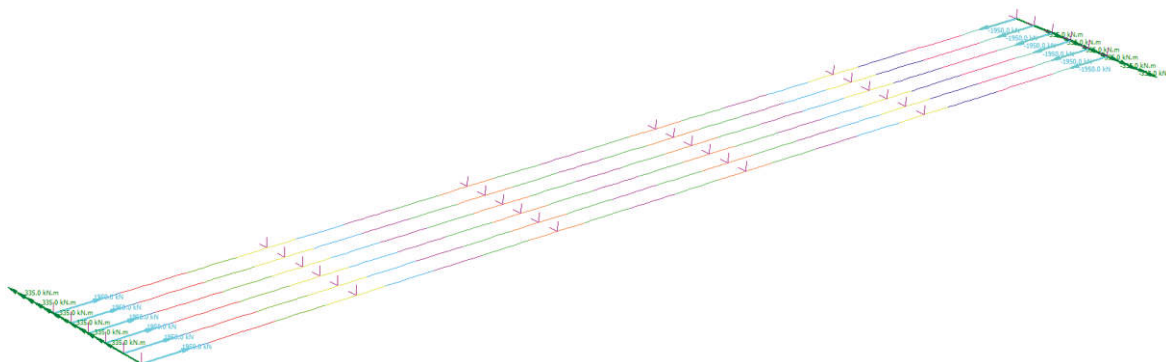


Figura 16: azione della deformazione termica

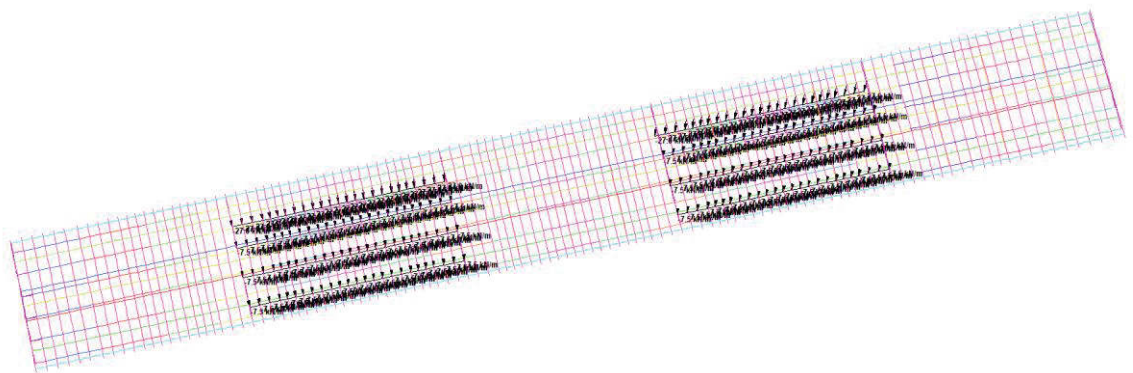


Figura 17: carichi accidentali da traffico q – campate pari

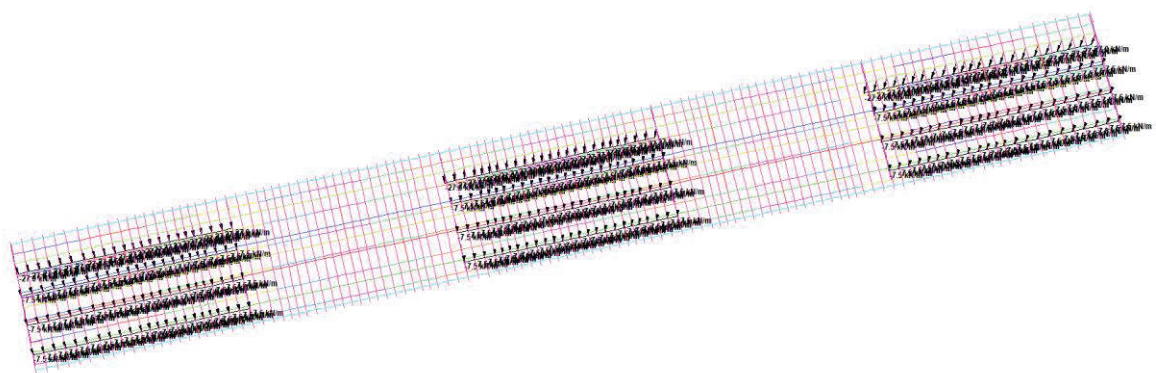
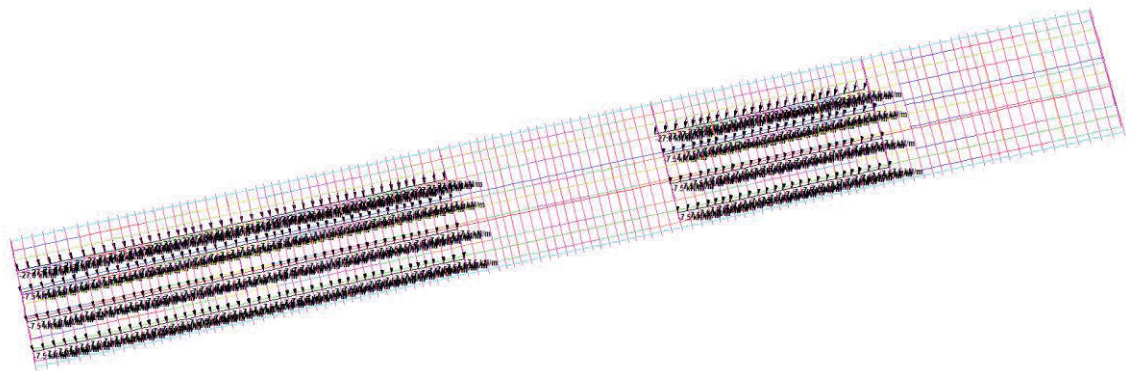
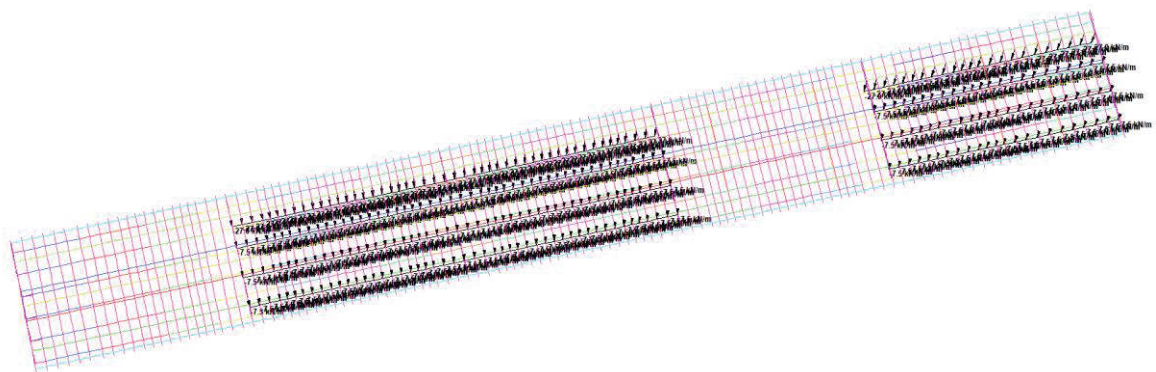


Figura 18: carichi accidentali da traffico q – campate dispari



**Figura 19: carichi accidentali da traffico q – pila 1**



**Figura 20: carichi accidentali da traffico q – pila 2**

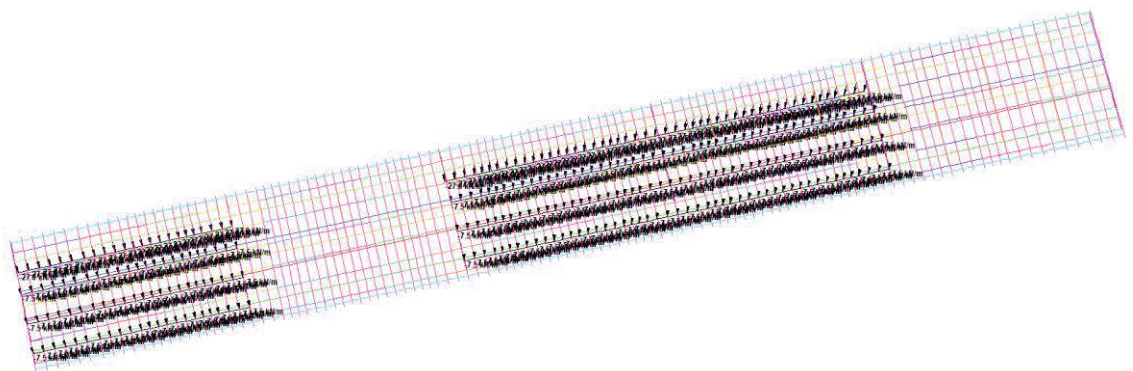


Figura 21: carichi accidentali da traffico q – pila 3

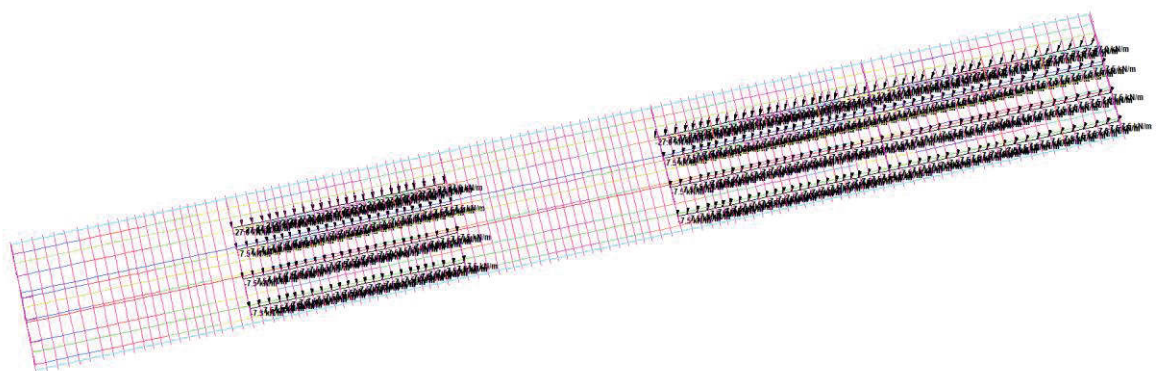


Figura 22: carichi accidentali da traffico q – pila 4



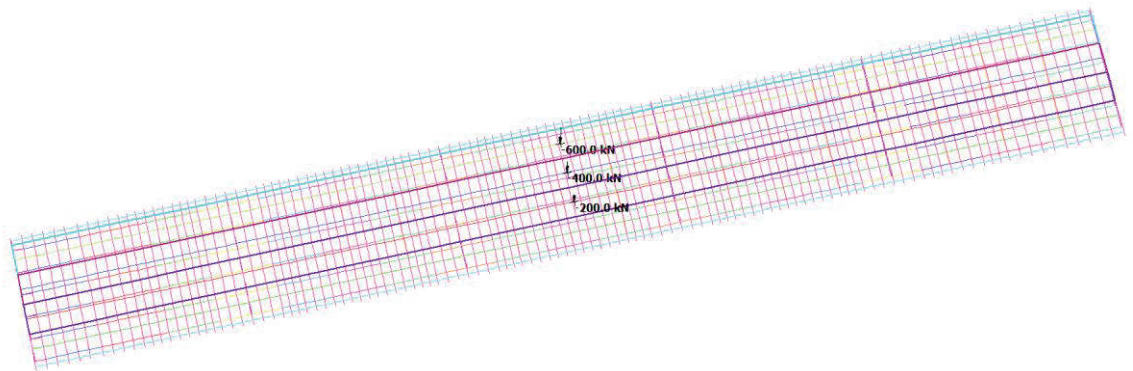


Figura 23: carichi accidentali da traffico Q – carico mobile

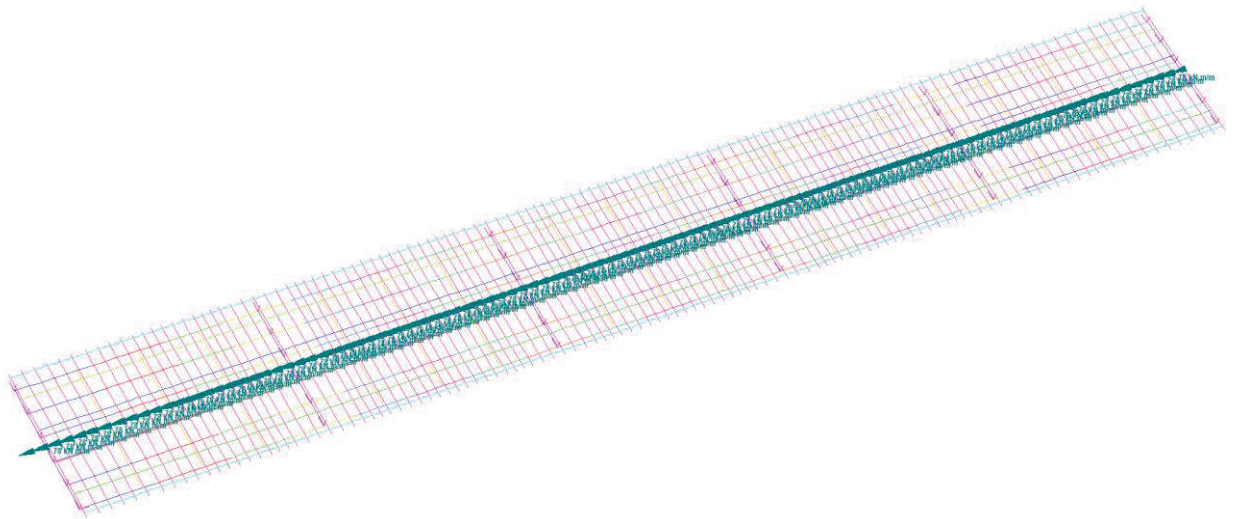


Figura 24: carichi accidentali da vento



### 9.1.2 Sollecitazioni agenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-73	85
	[Bm.44]	[Bm.454]
BM2(kN.m)	-325	235
	[Bm.2466]	[Bm.495]

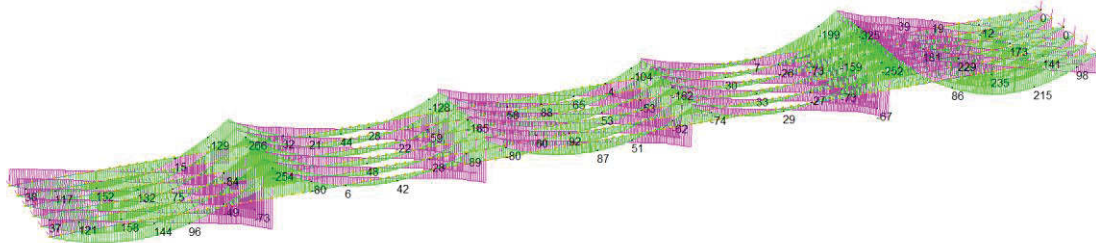


Figura 25: sollecitazioni per peso proprio struttura metallica

	MIN	MAX
SF2(kN)	-184	199
	[Bm.532]	[Bm.623]
BM2(kN.m)	-828	567
	[Bm.2470]	[Bm.504]

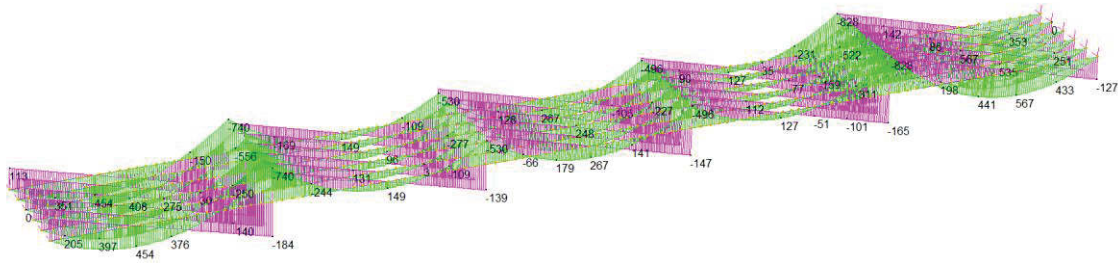


Figura 26: sollecitazioni per fase di getto della soletta

	MIN	MAX
SF2(kN)	-163	174
	[Bm.532]	[Bm.623]
BM2(kN.m)	-589	482
	[Bm.458]	[Bm.503]

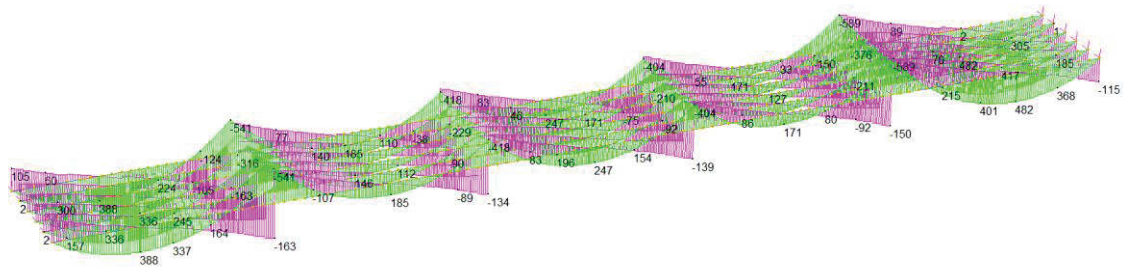


Figura 27: sollecitazioni per carichi permanenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-18	17
	[Bm.587]	[Bm.543]
BM2(kN.m)	-388	442
	[Bm.44]	[Bm.238]
AxForce(kN)	-1711	0
	[Bm.99]	[Bm.276]

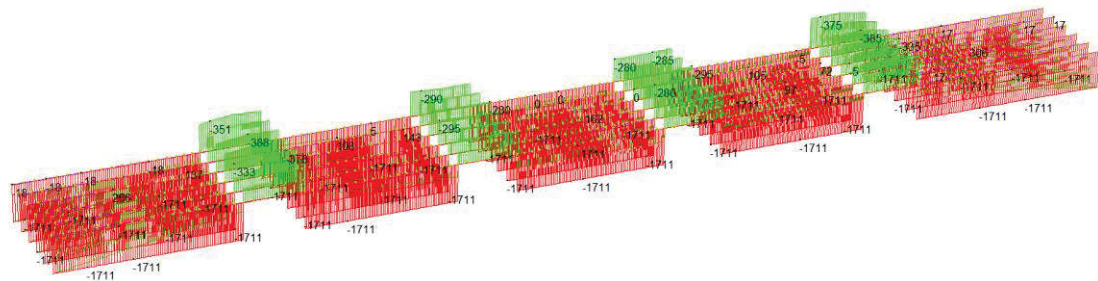


Figura 28: sollecitazioni per azione da ritiro

	MIN	MAX
SF2(kN)	-20	18
	[Bm.234]	[Bm.18]
BM2(kN.m)	-76	335
	[Bm.43]	[Bm.238]
AxForce(kN)	-1950	-1950
	[Bm.99]	[Bm.546]

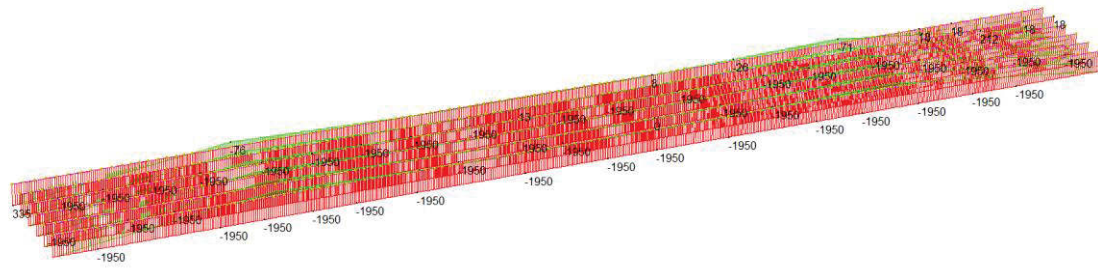


Figura 29: sollecitazioni per azione da azione termica

	MIN	MAX
SF2(kN)	-154	150
	[Bm.46]	[Bm.288]
BM2(kN.m)	-521	515
	[Bm.288]	[Bm.502]
AxForce(kN)	-14	14
	[Bm.46]	[Bm.500]

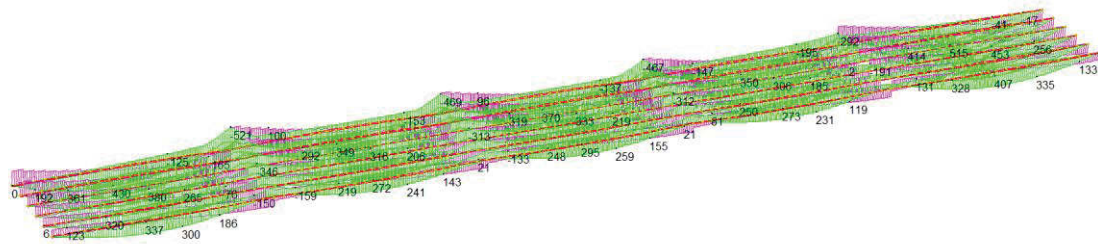


Figura 30: sollecitazioni per carichi accidentali q (involuppo)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-254	306
	[Bm.2498]	[Bm.2423]
BM2(kN.m)	-497	1074
	[Bm.458]	[Bm.502]
AxForce(kN)	-53	57
	[Bm.2461]	[Bm.2507]

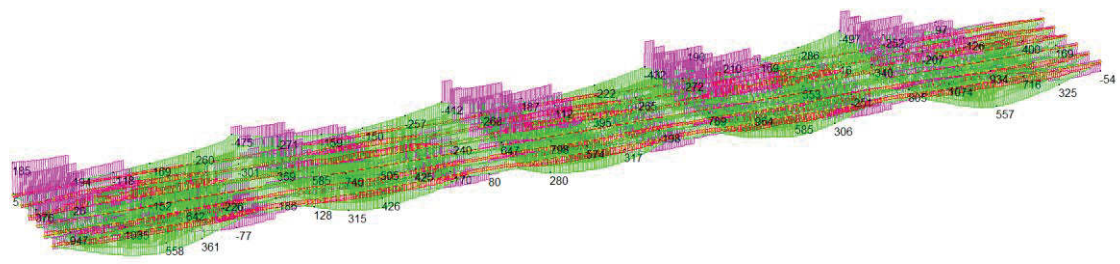


Figura 31: sollecitazioni per carichi accidentali Q (involuppo)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-3	3
	[Bm.452]	[Bm.454]
BM2(kN.m)	-4	4
	[Bm.454]	[Bm.452]

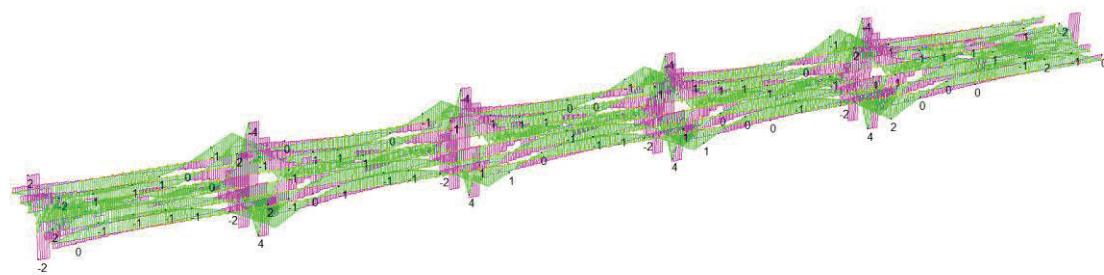


Figura 32: sollecitazioni per carico da vento

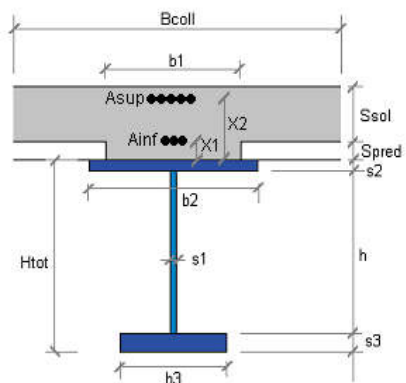
### 9.1.3 Travi principali – geometrie e inerzie

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche e inerziali dei conci che compongono l'impalcato.

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	2270	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle=	60	[mm]			
	b1 =	400	[mm]			
	yg ca =	748	[mm]			
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]			
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]			
	X2 =	220	[mm]			
	A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]			
	X1 =	80	[mm]			
	yAs =	750	[mm]			
	As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]			
Acciaio	b2 =	500	[mm]			
	s2 =	30	[mm]			
	H tot =	600	[mm]			
	s1 =	25	[mm]			
	h anima	540	[mm]			
	b3 =	750	[mm]			
	s3 =	30	[mm]			
	E ac =	206,00	[GPa]			
	yg ac =	258	[mm]			
	A ac =	510	[cm <sup>2</sup> ]			
J ac =	328721	[cm <sup>4</sup> ]				
				PP =	4,00	[kN/m]
				W sup =	9614	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf =	12737	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx =	6120	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx/(Jx*b) =	7,45E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	13,58	[GPa]
yG =	456,27	[mm]	456,27			
A tot =	855,72	[cm <sup>2</sup> ]	855,72	W sup cls=	21219	[cm <sup>3</sup> ]
Jx tot =	835449,92	[cm <sup>4</sup> ]	835449,92	Wb sup=	22969	[cm <sup>3</sup> ]
W sup ac=	58125,15	[cm <sup>3</sup> ]	58125,15	Wb inf=	37341	[cm <sup>3</sup> ]
W inf ac=	18310,55	[cm <sup>3</sup> ]	18310,55	W inf cls=	58125	[cm <sup>3</sup> ]
Sn soletta =	8766,90	[cm <sup>3</sup> ]	8766,90			
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34,63	[GPa]
yG =	559	[mm]	559,15			
A tot =	1320,917	[cm <sup>2</sup> ]	1320,92	W sup cls=	38152	[cm <sup>3</sup> ]
Jx tot =	1109620,79	[cm <sup>4</sup> ]	1109620,79	Wb sup=	42539	[cm <sup>3</sup> ]
W sup ac=	271663	[cm <sup>3</sup> ]	271663,22	Wb inf=	91821	[cm <sup>3</sup> ]
W inf ac=	19845	[cm <sup>3</sup> ]	19844,62	W inf cls=	271663	[cm <sup>3</sup> ]
Sn soletta =	14484	[cm <sup>3</sup> ]	14483,61			
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15,25	[GPa]
yG =	468	[mm]	468,35			
A tot =	892,635	[cm <sup>2</sup> ]	892,64	W sup cls=	22717	[cm <sup>3</sup> ]
Jx tot =	867002,7867	[cm <sup>4</sup> ]	867002,79	Wb sup=	24655	[cm <sup>3</sup> ]
W sup ac=	65857	[cm <sup>3</sup> ]	65856,73	Wb inf=	40964	[cm <sup>3</sup> ]
W inf ac=	18512	[cm <sup>3</sup> ]	18511,85	W inf cls=	65857	[cm <sup>3</sup> ]
Sn soletta =	9438	[cm <sup>3</sup> ]	9438,27			
				omogeneizzato all'acciaio		



Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85																
CA	B coll =	2270	[mm]																	
	Ssol =	190	[mm]																	
	Spredalle =	60	[mm]																	
	b1 =	400	[mm]																	
	yg ca =	748	[mm]																	
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,16</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9138</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15466</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6336</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,23E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,16	[kN/m]	W sup =	9138	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15466	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6336	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,23E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,16	[kN/m]																	
	W sup =	9138	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15466	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6336	[cm <sup>3</sup> ]																	
Sx/(Jx*b) =	1,23E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																		
X2 =	220	[mm]																		
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																		
X1 =	80	[mm]																		
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																		
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,16</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9138</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15466</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6336</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,23E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,16	[kN/m]	W sup =	9138	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15466	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6336	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,23E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,16	[kN/m]																	
	W sup =	9138	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15466	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6336	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx/(Jx*b) =	1,23E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
	s2 =	30	[mm]																	
	H tot =	600	[mm]																	
	s1 =	15	[mm]																	
h anima =	530	[mm]																		
b3 =	750	[mm]																		
s3 =	40	[mm]																		
E ac =	206,00	[GPa]																		
yg ac =	223	[mm]																		
A ac =	530	[cm <sup>2</sup> ]																		
J ac =	344661	[cm <sup>4</sup> ]																		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	13,58	[GPa]														
yG =	430,53	[mm]	430,53																	
A tot =	875,22	[cm <sup>2</sup> ]	875,22	W sup cls =	22261	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	933788,03	[cm <sup>4</sup> ]	933788,03	Wb sup =	23976	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	55100,77	[cm <sup>3</sup> ]	55100,77	Wb inf =	37431	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	21689,22	[cm <sup>3</sup> ]	21689,22	W inf cls =	55101	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	9539,22	[cm <sup>3</sup> ]	9539,22																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	34,63	[GPa]														
yG =	541	[mm]	540,85																	
A tot =	1340,417	[cm <sup>2</sup> ]	1340,42	W sup cls =	40682	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	1257680,926	[cm <sup>4</sup> ]	1257680,93	Wb sup =	45055	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	212638	[cm <sup>3</sup> ]	212638,34	Wb inf =	90385	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	23254	[cm <sup>3</sup> ]	23253,63	W inf cls =	212638	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	15884	[cm <sup>3</sup> ]	15884,17																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	15,25	[GPa]														
yG =	443	[mm]	443,40																	
A tot =	912,135	[cm <sup>2</sup> ]	912,14	W sup cls =	23879	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	970930,4023	[cm <sup>4</sup> ]	970930,40	Wb sup =	25781	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	62000	[cm <sup>3</sup> ]	61999,62	Wb inf =	41036	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	21898	[cm <sup>3</sup> ]	21897,52	W inf cls =	62000	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	10279	[cm <sup>3</sup> ]	10279,20																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	2270	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle =	60	[mm]			
	b1 =	400	[mm]			
	yg ca =	748	[mm]			
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]			
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]			
	X2 =	220	[mm]			
	A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]			
	X1 =	80	[mm]			
	As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]			
Acciaio	b2 =	500	[mm]			
	s2 =	30	[mm]			
	H tot =	600	[mm]			
	s1 =	20	[mm]			
	h anima =	535	[mm]			
	b3 =	750	[mm]			
	s3 =	35	[mm]			
	E ac =	206,00	[GPa]			
	yg ac =	240	[mm]			
	A ac =	520	[cm <sup>2</sup> ]			
J ac =	338573	[cm <sup>4</sup> ]				
				PP =	4,08	[kN/m]
				W sup =	9406	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf =	14104	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx =	6263	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx/(Jx*b) =	9,25E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)</b>						
				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	13,58	[GPa]
				yG =	443,27	[mm]
				A tot =	865,22	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	886380,26	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	56553,33	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	19996,55	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	9157,04	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=0</b>						
				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34,63	[GPa]
				yG =	550	[mm]
				A tot =	1330,417	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	1185041,819	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	236843	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	21548	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	15187	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)</b>						
				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15,25	[GPa]
				yG =	456	[mm]
				A tot =	902,135	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	920696,361	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	63828	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	20202	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	9863	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85			
Acciaio della soletta in CA	A sup =	4563	[mm <sup>2</sup> ]				
	X2 =	220	[mm]				
	A inf =	4563	[mm <sup>2</sup> ]				
	X1 =	80	[mm]				
	yAs =	750	[mm]				
	As tot =	9125	[mm <sup>2</sup> ]				
	A intermedia =		[mm <sup>2</sup> ]				
X3 =		[mm]					
Acciaio	b2 =	500	[mm]				
	s2 =	64	[mm]				
	H tot =	600	[mm]				
	s1 =	25	[mm]				
	h anima	468	[mm]				
	b3 =	750	[mm]				
	s3 =	68	[mm]				
	E ac =	206,00	[GPa]				
	yg ac =	248	[mm]				
	A ac =	947,00	[cm <sup>2</sup> ]				
J ac =	589062	[cm <sup>4</sup> ]					
				PP =	7,43	[kN/m]	
				W sup =	16714	[cm <sup>3</sup> ]	
				W inf =	23795	[cm <sup>3</sup> ]	
				Sx =	11294	[cm <sup>3</sup> ]	
				Sx/(Jx*b) =	7,67E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]	
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	1,0000	di om. Acciaio-Acciaio	
	yG =	291,72	[mm]	291,72			
	A tot =	1038,25	[cm <sup>2</sup> ]	1038,25			
	Jx tot =	799186	[cm <sup>4</sup> ]	799186,11			
	W sup ac =	25924	[cm <sup>3</sup> ]	25923,63	Wb sup =	15128	[cm <sup>3</sup> ]
	W inf ac =	27396	[cm <sup>3</sup> ]	27396,11	Wb interm =	25924	[cm <sup>3</sup> ]
	Sn armatura =	4182	[cm <sup>3</sup> ]	4182,03	Wb inf =	20582	[cm <sup>3</sup> ]
				omogeneizzato all'acciaio			

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	2270	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle =	60	[mm]			
	b1 =	400	[mm]			
	yg ca =	748	[mm]			
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]			
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]			
	X2 =	220	[mm]			
	A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]			
	X1 =	80	[mm]			
	As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]			
Acciaio	b2 =	500	[mm]			
	s2 =	30	[mm]			
	H tot =	600	[mm]			
	s1 =	20	[mm]			
	h anima	535	[mm]			
	b3 =	750	[mm]			
	s3 =	35	[mm]			
	E ac =	206,00	[GPa]			
	yg ac =	240	[mm]			
	A ac =	520	[cm <sup>2</sup> ]			
J ac =	338573	[cm <sup>4</sup> ]				
				PP =	4,08	[kN/m]
				W sup =	9406	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf =	14104	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx =	6263	[cm <sup>3</sup> ]
				Sx/(Jx*b) =	9,25E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)</b>						
				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	13,58	[GPa]
				yG =	443,27	[mm]
				A tot =	865,22	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	886380,26	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	56553,33	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	19996,55	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	9157,04	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=0</b>						
				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34,63	[GPa]
				yG =	550	[mm]
				A tot =	1330,417	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	1185041,819	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	236843	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	21548	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	15187	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						
<b>Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)</b>						
				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15,25	[GPa]
				yG =	456	[mm]
				A tot =	902,135	[cm <sup>2</sup> ]
				Jx tot =	920696,361	[cm <sup>4</sup> ]
				W sup ac =	63828	[cm <sup>3</sup> ]
				W inf ac =	20202	[cm <sup>3</sup> ]
				Sn soletta =	9863	[cm <sup>3</sup> ]
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>						

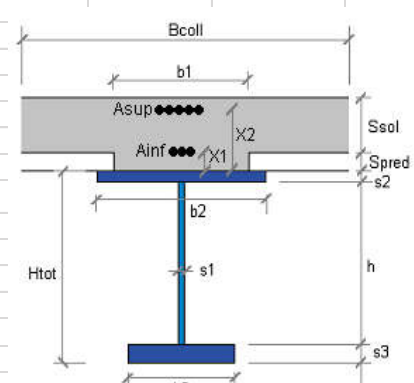
Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85																
CA	B coll =	2270	[mm]																	
	Ssol =	190	[mm]																	
	Spredalle =	60	[mm]																	
	b1 =	400	[mm]																	
	yg ca =	748	[mm]																	
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>3,78</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>6522</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>14775</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>5175</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,24E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	3,78	[kN/m]	W sup =	6522	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	14775	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	5175	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,24E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	3,78	[kN/m]																	
	W sup =	6522	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	14775	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	5175	[cm <sup>3</sup> ]																	
Sx/(Jx*b) =	1,24E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																		
X2 =	220	[mm]																		
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																		
X1 =	80	[mm]																		
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																		
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>3,78</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>6522</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>14775</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>5175</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,24E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	3,78	[kN/m]	W sup =	6522	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	14775	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	5175	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,24E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	3,78	[kN/m]																	
	W sup =	6522	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	14775	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	5175	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx/(Jx*b) =	1,24E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
	s2 =	20	[mm]																	
	H tot =	600	[mm]																	
s1 =	15	[mm]																		
h anima =	540	[mm]																		
b3 =	750	[mm]																		
s3 =	40	[mm]																		
E ac =	206,00	[GPa]																		
yg ac =	184	[mm]																		
A ac =	477	[cm <sup>2</sup> ]																		
J ac =	271474	[cm <sup>4</sup> ]																		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	13,58	[GPa]														
yG =	421,19	[mm]	422,06																	
A tot =	822,45	[cm <sup>2</sup> ]	826,72	W sup cls =	21498	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	921857,94	[cm <sup>4</sup> ]	923067,54	Wb sup =	23115	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	51553,80	[cm <sup>3</sup> ]	51873,89	Wb inf =	35618	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	21887,23	[cm <sup>3</sup> ]	21870,76	W inf cls =	51554	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	9819,67	[cm <sup>3</sup> ]	9793,55																	
				<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	34,63	[GPa]														
yG =	539	[mm]	539,57																	
A tot =	1287,656	[cm <sup>2</sup> ]	1291,92	W sup cls =	40470	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	1256980,005	[cm <sup>4</sup> ]	1257090,15	Wb sup =	44797	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	207439	[cm <sup>3</sup> ]	208029,77	Wb inf =	89404	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	23303	[cm <sup>3</sup> ]	23297,93	W inf cls =	207439	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	15995	[cm <sup>3</sup> ]	15982,27																	
				<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	15,25	[GPa]														
yG =	435	[mm]	436,01																	
A tot =	859,374	[cm <sup>2</sup> ]	863,64	W sup cls =	23171	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	961037,8239	[cm <sup>4</sup> ]	962054,80	Wb sup =	24978	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	58331	[cm <sup>3</sup> ]	58664,32	Wb inf =	39265	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	22080	[cm <sup>3</sup> ]	22065,13	W inf cls =	58331	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	10554	[cm <sup>3</sup> ]	10528,27																	
				<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																

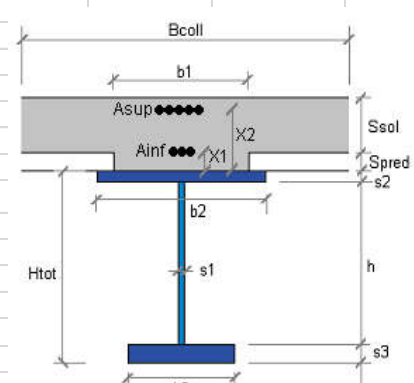


Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	2270	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spred =	60	[mm]																
	b1 =	400	[mm]																
	yg ca =	748	[mm]																
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>3,79</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9344</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>12577</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>5926</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>9,21E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>	PP =	3,79	[kN/m]	W sup =	9344	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	12577	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	5926	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	9,21E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	3,79	[kN/m]																
	W sup =	9344	[cm <sup>3</sup> ]																
	W inf =	12577	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx =	5926	[cm <sup>3</sup> ]																
Sx/(Jx*b) =	9,21E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
X2 =	220	[mm]																	
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																	
X1 =	80	[mm]																	
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																	
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>3,79</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9344</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>12577</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>5926</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>9,21E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>	PP =	3,79	[kN/m]	W sup =	9344	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	12577	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	5926	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	9,21E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	3,79	[kN/m]																
	W sup =	9344	[cm <sup>3</sup> ]																
	W inf =	12577	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx =	5926	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx/(Jx*b) =	9,21E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	600	[mm]																
s1 =	20	[mm]																	
h anima =	540	[mm]																	
b3 =	750	[mm]																	
s3 =	30	[mm]																	
E ac =	206,00	[GPa]																	
yg ac =	256	[mm]																	
A ac =	483	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ac =	321660	[cm <sup>4</sup> ]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17 di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	13,58 [GPa]														
yG =	461,36	[mm]	461,36																
A tot =	828,72	[cm <sup>2</sup> ]	828,72	W sup cls=	21153 [cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	822080,87	[cm <sup>4</sup> ]	822080,87	Wb sup=	22922 [cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac=	59295,36	[cm <sup>3</sup> ]	59295,36	Wb inf=	37599 [cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac=	17818,71	[cm <sup>3</sup> ]	17818,71	W inf cls=	59295 [cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	8614,12	[cm <sup>3</sup> ]	8614,12	<b>omogeneizzato all'acciaio</b>															
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95 di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	34,63 [GPa]														
yG =	565	[mm]	564,56																
A tot =	1293,917	[cm <sup>2</sup> ]	1293,92	W sup cls=	37996 [cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	1084547,91	[cm <sup>4</sup> ]	1084547,91	Wb sup=	42458 [cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac=	306043	[cm <sup>3</sup> ]	306043,43	Wb inf=	93951 [cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac=	19210	[cm <sup>3</sup> ]	19210,42	W inf cls=	306043 [cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	14070	[cm <sup>3</sup> ]	14069,76	<b>omogeneizzato all'acciaio</b>															
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51 di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	15,25 [GPa]														
yG =	474	[mm]	473,60																
A tot =	865,635	[cm <sup>2</sup> ]	865,64	W sup cls=	22650 [cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	852550,8241	[cm <sup>4</sup> ]	852550,82	Wb sup=	24612 [cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac=	67449	[cm <sup>3</sup> ]	67449,27	Wb inf=	41306 [cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac=	18001	[cm <sup>3</sup> ]	18001,45	W inf cls=	67449 [cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	9261	[cm <sup>3</sup> ]	9261,31	<b>omogeneizzato all'acciaio</b>															

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85			
Acciaio della soletta in CA	A sup =	4563	[mm <sup>2</sup> ]				
	X2 =	220	[mm]				
	A inf =	4563	[mm <sup>2</sup> ]				
	X1 =	80	[mm]				
	yAs =	750	[mm]				
	As tot =	9125	[mm <sup>2</sup> ]				
	A intermedia =		[mm <sup>2</sup> ]				
X3 =		[mm]					
Acciaio	b2 =	500	[mm]				
	s2 =	40	[mm]				
	H tot =	600	[mm]				
	s1 =	25	[mm]				
	h anima	492	[mm]				
	b3 =	750	[mm]				
	s3 =	68	[mm]				
	E ac =	206,00	[GPa]				
	yg ac =	206	[mm]				
	A ac =	833,00	[cm <sup>2</sup> ]				
J ac =	472019	[cm <sup>4</sup> ]					
				PP =	6,54	[kN/m]	
				W sup =	11993	[cm <sup>3</sup> ]	
				W inf =	22865	[cm <sup>3</sup> ]	
				Sx =	9034	[cm <sup>3</sup> ]	
				Sx/(Jx*b) =	7,66E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]	
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	1,0000	di om. Acciaio-Acciaio	
	yG =	260,10	[mm]	260,10			
	A tot =	924,25	[cm <sup>2</sup> ]	924,25			
	Jx tot =	715018	[cm <sup>4</sup> ]	715018,46			
	W sup ac =	21036	[cm <sup>3</sup> ]	21036,41	Wb sup =	12771	[cm <sup>3</sup> ]
	W inf ac =	27490	[cm <sup>3</sup> ]	27489,68	Wb interm =	21036	[cm <sup>3</sup> ]
	Sn armatura =	4470	[cm <sup>3</sup> ]	4470,49	Wb inf =	17028	[cm <sup>3</sup> ]
				omogeneizzato all'acciaio			

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85																
CA	B coll =	2270	[mm]																	
	Ssol =	190	[mm]																	
	Spred =	60	[mm]																	
	b1 =	400	[mm]																	
	yg ca =	748	[mm]																	
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,36</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9446</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15548</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6552</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>9,29E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,36	[kN/m]	W sup =	9446	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15548	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6552	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	9,29E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,36	[kN/m]																	
	W sup =	9446	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15548	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6552	[cm <sup>3</sup> ]																	
Sx/(Jx*b) =	9,29E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																		
X2 =	220	[mm]																		
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																		
X1 =	80	[mm]																		
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																		
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,36</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9446</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15548</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6552</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>9,29E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,36	[kN/m]	W sup =	9446	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15548	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6552	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	9,29E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,36	[kN/m]																	
	W sup =	9446	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15548	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6552	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx/(Jx*b) =	9,29E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
	s2 =	30	[mm]																	
	H tot =	600	[mm]																	
	s1 =	20	[mm]																	
	h anima =	530	[mm]																	
b3 =	750	[mm]																		
s3 =	40	[mm]																		
E ac =	206,00	[GPa]																		
yg ac =	227	[mm]																		
A ac =	556	[cm <sup>2</sup> ]																		
J ac =	352567	[cm <sup>4</sup> ]																		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	13,58	[GPa]														
yG =	426,84	[mm]	426,84																	
A tot =	901,72	[cm <sup>2</sup> ]	901,72	W sup cls =	22309	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	944044,38	[cm <sup>4</sup> ]	944044,38	Wb sup =	24012	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	54519,15	[cm <sup>3</sup> ]	54519,15	Wb inf =	37291	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	22116,97	[cm <sup>3</sup> ]	22116,97	W inf cls =	54519	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	9649,92	[cm <sup>3</sup> ]	9649,92																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	34,63	[GPa]														
yG =	536	[mm]	536,28																	
A tot =	1366,917	[cm <sup>2</sup> ]	1366,92	W sup cls =	40748	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	1278339,477	[cm <sup>4</sup> ]	1278339,48	Wb sup =	45057	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	200622	[cm <sup>3</sup> ]	200621,71	Wb inf =	88947	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	23837	[cm <sup>3</sup> ]	23837,12	W inf cls =	200622	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	16234	[cm <sup>3</sup> ]	16234,09																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	15,25	[GPa]														
yG =	439	[mm]	439,49																	
A tot =	938,635	[cm <sup>2</sup> ]	938,64	W sup cls =	23923	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	982066,0743	[cm <sup>4</sup> ]	982066,07	Wb sup =	25809	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	61184	[cm <sup>3</sup> ]	61184,13	Wb inf =	40833	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	22346	[cm <sup>3</sup> ]	22345,58	W inf cls =	61184	[cm <sup>3</sup> ]														
Sn soletta =	10411	[cm <sup>3</sup> ]	10410,88																	
<b>omogeneizzato all'acciaio</b>																				

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	2270	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spred =	60	[mm]																
	b1 =	400	[mm]																
	yg ca =	748	[mm]																
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>5,23</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9144</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>20171</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>7067</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,25E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>	PP =	5,23	[kN/m]	W sup =	9144	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	20171	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	7067	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,25E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	5,23	[kN/m]																
	W sup =	9144	[cm <sup>3</sup> ]																
	W inf =	20171	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx =	7067	[cm <sup>3</sup> ]																
Sx/(Jx*b) =	1,25E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
X2 =	220	[mm]																	
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																	
X1 =	80	[mm]																	
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																	
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>5,23</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9144</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>20171</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>7067</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>1,25E-02</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>	PP =	5,23	[kN/m]	W sup =	9144	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	20171	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	7067	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	1,25E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	5,23	[kN/m]																
	W sup =	9144	[cm <sup>3</sup> ]																
	W inf =	20171	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx =	7067	[cm <sup>3</sup> ]																
	Sx/(Jx*b) =	1,25E-02	[1/cm <sup>2</sup> ]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	600	[mm]																
	s1 =	15	[mm]																
h anima	511,34	[mm]																	
b3 =	750	[mm]																	
s3 =	58,66	[mm]																	
E ac =	206,00	[GPa]																	
yg ac =	187	[mm]																	
A ac =	667	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ac =	377499	[cm <sup>4</sup> ]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	13,58	[GPa]													
yG =	378,89	[mm]	378,89	W sup cls =	23479	[cm <sup>3</sup> ]													
A tot =	1012,37	[cm <sup>2</sup> ]	1012,37	Wb sup =	25076	[cm <sup>3</sup> ]													
Jx tot =	1106127,30	[cm <sup>4</sup> ]	1106127,30	Wb inf =	36735	[cm <sup>3</sup> ]													
W sup ac =	50025,53	[cm <sup>3</sup> ]	50025,53	W inf cls =	50026	[cm <sup>3</sup> ]													
W inf ac =	29194,09	[cm <sup>3</sup> ]	29194,09	omogeneizzato all'acciaio															
Sn soletta =	11088,98	[cm <sup>3</sup> ]	11088,98																
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34,63	[GPa]													
yG =	495	[mm]	495,23	W sup cls =	43925	[cm <sup>3</sup> ]													
A tot =	1477,568	[cm <sup>2</sup> ]	1477,57	Wb sup =	47982	[cm <sup>3</sup> ]													
Jx tot =	1558314,543	[cm <sup>4</sup> ]	1558314,54	Wb inf =	84338	[cm <sup>3</sup> ]													
W sup ac =	148736	[cm <sup>3</sup> ]	148735,69	W inf cls =	148736	[cm <sup>3</sup> ]													
W inf ac =	31467	[cm <sup>3</sup> ]	31466,53	omogeneizzato all'acciaio															
Sn soletta =	19376	[cm <sup>3</sup> ]	19375,75																
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15,25	[GPa]													
yG =	392	[mm]	391,89	W sup cls =	25237	[cm <sup>3</sup> ]													
A tot =	1049,286	[cm <sup>2</sup> ]	1049,29	Wb sup =	27005	[cm <sup>3</sup> ]													
Jx tot =	1156112,292	[cm <sup>4</sup> ]	1156112,29	Wb inf =	40127	[cm <sup>3</sup> ]													
W sup ac =	55553	[cm <sup>3</sup> ]	55552,75	W inf cls =	55553	[cm <sup>3</sup> ]													
W inf ac =	29501	[cm <sup>3</sup> ]	29500,99	omogeneizzato all'acciaio															
Sn soletta =	12015	[cm <sup>3</sup> ]	12015,07																

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85																
CA	B coll =	2270	[mm]																	
	Ssol =	190	[mm]																	
	Spred =	60	[mm]																	
	b1 =	400	[mm]																	
	yg ca =	748	[mm]																	
	A ca =	4553	[cm <sup>2</sup> ]																	
J ca =	165993	[cm <sup>4</sup> ]																		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	2281	[mm <sup>2</sup> ]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,57</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9747</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15644</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6762</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>7,51E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,57	[kN/m]	W sup =	9747	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15644	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6762	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	7,51E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,57	[kN/m]																	
	W sup =	9747	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15644	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6762	[cm <sup>3</sup> ]																	
Sx/(Jx*b) =	7,51E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																		
X2 =	220	[mm]																		
A inf =	2281,35	[mm <sup>2</sup> ]																		
X1 =	80	[mm]																		
As tot =	4563	[mm <sup>2</sup> ]																		
Acciaio	b2 =	500	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>4,57</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>9747</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>15644</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>6762</td> <td>[cm<sup>3</sup>]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>7,51E-03</td> <td>[1/cm<sup>2</sup>]</td> </tr> </table>		PP =	4,57	[kN/m]	W sup =	9747	[cm <sup>3</sup> ]	W inf =	15644	[cm <sup>3</sup> ]	Sx =	6762	[cm <sup>3</sup> ]	Sx/(Jx*b) =	7,51E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]
	PP =	4,57	[kN/m]																	
	W sup =	9747	[cm <sup>3</sup> ]																	
	W inf =	15644	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx =	6762	[cm <sup>3</sup> ]																	
	Sx/(Jx*b) =	7,51E-03	[1/cm <sup>2</sup> ]																	
	s2 =	30	[mm]																	
	H tot =	600	[mm]																	
	s1 =	25	[mm]																	
h anima =	530	[mm]																		
b3 =	750	[mm]																		
s3 =	40	[mm]																		
E ac =	206,00	[GPa]																		
yg ac =	230	[mm]																		
A ac =	583	[cm <sup>2</sup> ]																		
J ac =	360319	[cm <sup>4</sup> ]																		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15,17	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	13,58	[GPa]														
yG =	423,36	[mm]	423,36	W sup cls =	22363	[cm <sup>3</sup> ]														
A tot =	928,22	[cm <sup>2</sup> ]	928,22	Wb sup =	24054	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	954069,31	[cm <sup>4</sup> ]	954069,31	Wb inf =	37176	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	54013,05	[cm <sup>3</sup> ]	54013,05	W inf cls =	54013	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	22535,48	[cm <sup>3</sup> ]	22535,48																	
Sn soletta =	9754,31	[cm <sup>3</sup> ]	9754,31																	
omogeneizzato all'acciaio																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5,95	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	34,63	[GPa]														
yG =	532	[mm]	531,88	W sup cls =	40817	[cm <sup>3</sup> ]														
A tot =	1393,417	[cm <sup>2</sup> ]	1393,42	Wb sup =	45067	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	1298448,204	[cm <sup>4</sup> ]	1298448,20	Wb inf =	87663	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	190619	[cm <sup>3</sup> ]	190619,16	W inf cls =	190619	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	24412	[cm <sup>3</sup> ]	24412,31																	
Sn soletta =	16571	[cm <sup>3</sup> ]	16570,71																	
omogeneizzato all'acciaio																				
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13,51	di omogeneizzazione all'Acciaio														
				Ec =	15,25	[GPa]														
yG =	436	[mm]	435,80	W sup cls =	23972	[cm <sup>3</sup> ]														
A tot =	965,135	[cm <sup>2</sup> ]	965,14	Wb sup =	25844	[cm <sup>3</sup> ]														
Jx tot =	992930,8822	[cm <sup>4</sup> ]	992930,88	Wb inf =	40660	[cm <sup>3</sup> ]														
W sup ac =	60470	[cm <sup>3</sup> ]	60469,84	W inf cls =	60470	[cm <sup>3</sup> ]														
W inf ac =	22784	[cm <sup>3</sup> ]	22784,24																	
Sn soletta =	10535	[cm <sup>3</sup> ]	10535,33																	
omogeneizzato all'acciaio																				



## 9.2 Analisi sismica – Modellazione FEM

Nel modello FEM sismico sono state discretizzate gli elementi delle sottostrutture (fusti delle pile, traversoni) mediante elementi *beam*. Le pile sono considerate incastrate alla base. Per gli elementi di impalcato si è ricorso ad un elemento *beam* unico avente la sezione dell'intero impalcato, omogeneizzato all'acciaio. Si riportano di seguito alcune visualizzazioni del modello.

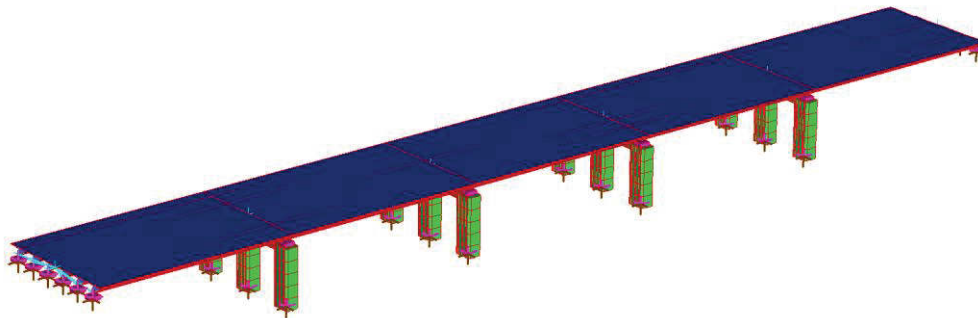


Figura 33: modello FEM sismico

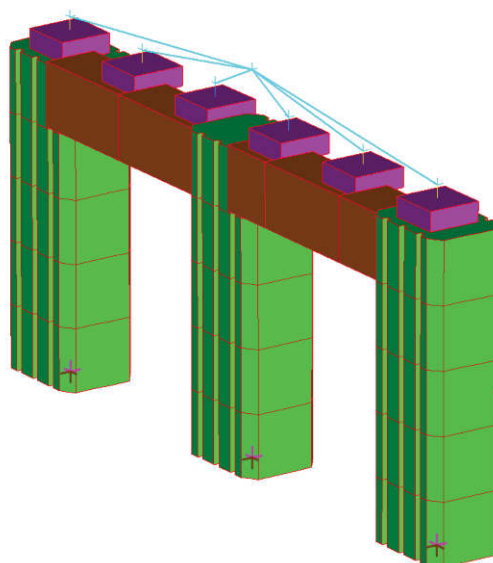


Figura 34: modello FEM sismico – Pila generica

Per gli elementi di appoggio sono stati considerati elementi *connection* che consentono di simulare un grado di rigidità differente per ogni asse locale in funzione del grado di vincolo offerto dall'appoggio.

I carichi permanenti strutturali e non e il 20% dei carichi accidentali sono stati applicati a livello di densità degli elementi di impalcato. L'analisi sismica è di tipo modale a spettro di risposta con fattore di comportamento  $q=1.0$ , per le verifiche degli appoggi, e  $q=1.5$  per le verifiche delle elevazioni. Come riportato al §7.2.5 delle NTC2018, per gli elementi di fondazione sono state considerate le

azioni derivanti dagli elementi sovrastanti amplificate di un fattore 1.1 (valido per CD"B").  
 Si riportano di seguito i carichi considerati in combinazione sismica e la loro applicazione all'elemento beam dell'impalcato:

Impalcato metallico	3755.7	kN
Getto	9028.125	kN
Cordolo	601.875	kN
Permanenti	4622.4	kN
Barriera	321	kN
Accidentali	2262.3	kN
Somma dei carichi	20591.4	kN
	2059140	kg
Sez trasversale impalcato	0.888	m <sup>q</sup>
Densità beam	21700	kg/mc

Le sollecitazioni ottenute per ciascuna direzione di applicazione del sisma sono state combinate secondo quanto riportato alle NTC2018.

### 9.2.1 Sollecitazioni agenti in corrispondenza degli appoggi q=1

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	1212
	[Bm.7]	[Bm.6]
SF2(kN)	0	482
	[Bm.2]	[Bm.9]
AxForce(kN)	-1956	-80
	[Bm.15]	[Bm.24]

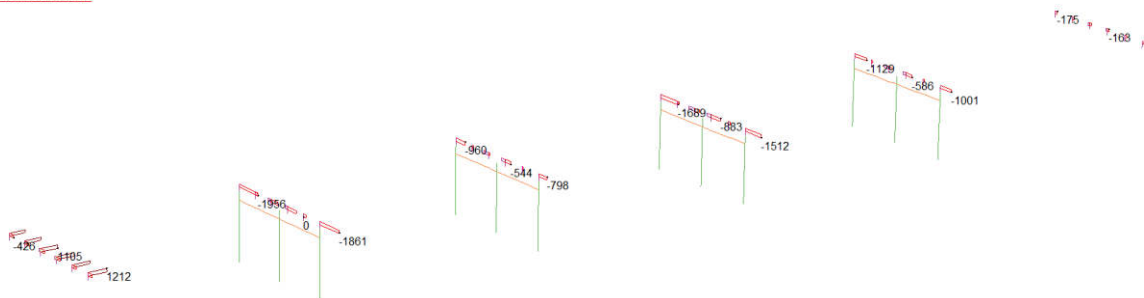


Figura 35: sollecitazioni agli appoggi – q=1 – X+0.3Y

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	633
	[Bm.7]	[Bm.6]
SF2(kN)	0	1529
	[Bm.2]	[Bm.9]
AxForce(kN)	-1775	168
	[Bm.15]	[Bm.8]

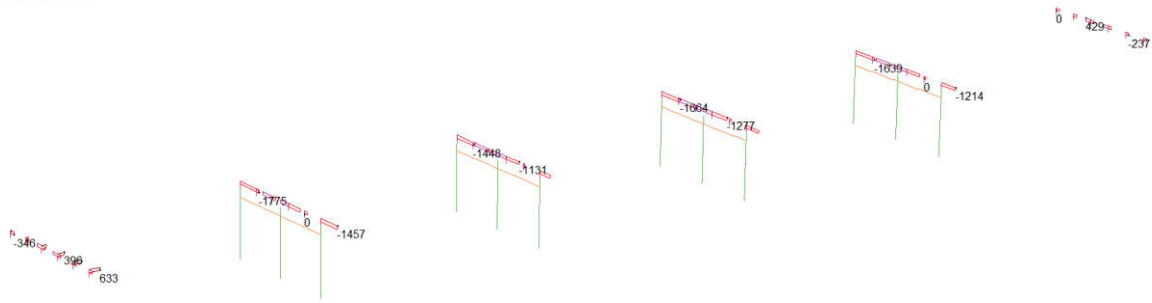


Figura 36: sollecitazioni agli appoggi –  $q=1 - Y+0.3X$

### 9.2.2 Sollecitazioni agenti sulle sottostrutture $q=1.5$

	MIN	MAX
SF1(kN)	-1011	742
	[Bm.75]	[Bm.106]
BM1(kN.m)	-694	849
	[Bm.110]	[Bm.75]
SF2(kN)	-41	275
	[Bm.92]	[Bm.99]
BM2(kN.m)	-684	950
	[Bm.138]	[Bm.112]
AxForce(kN)	-2564	141
	[Bm.97]	[Bm.90]

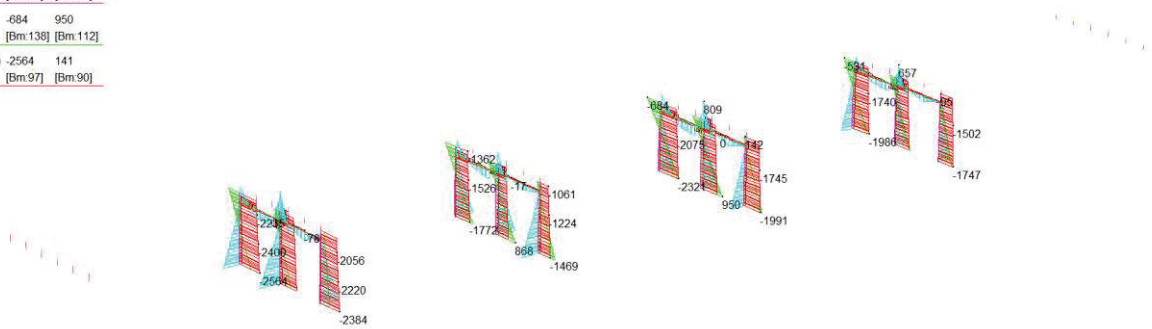


Figura 37: sollecitazioni pile e trasverso –  $q=1.5 - X+0.3Y$

	MIN	MAX
SF1(kN)	-1491	336
	[Bm.85]	[Bm.106]
BM1(kN.m)	-829	1133
	[Bm.82]	[Bm.85]
SF2(kN)	-40	830
	[Bm.92]	[Bm.112]
BM2(kN.m)	-1654	3167
	[Bm.154]	[Bm.112]
AxForce(kN)	-2550	616
	[Bm.97]	[Bm.91]

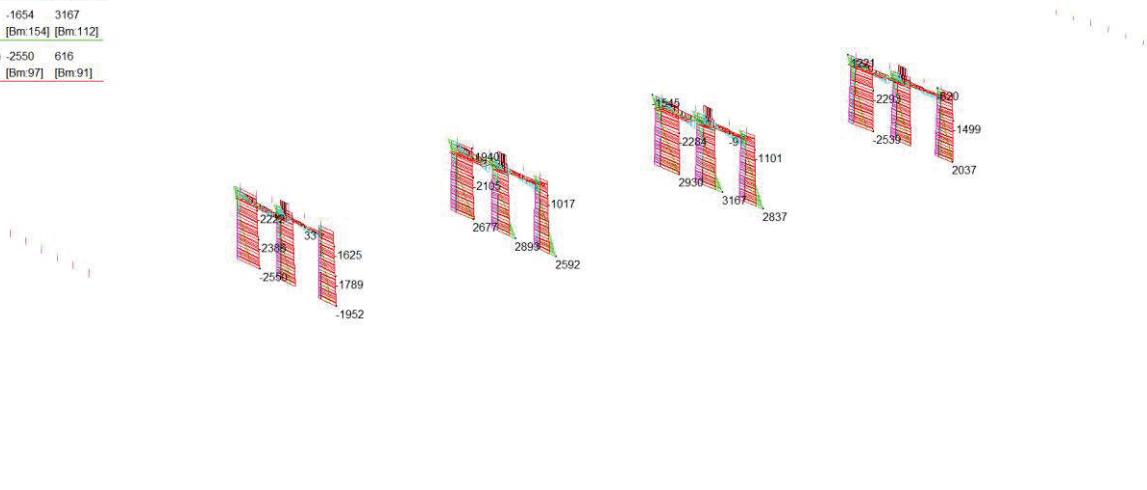


Figura 38: sollecitazioni pile e traverso –  $q=1.5 - Y+0.3X$

### 9.3 Verifiche travi principali

#### 9.3.1 Verifiche tensionali SLU

Le verifiche delle travi principali sono state eseguite per via tensionale, controllando che le tensioni si mantengano al di sotto del limite elastico dei diversi materiali. I limiti di snervamento considerati sono i seguenti:

- Acciaio S355:  $f_{yd}=338\text{MPa}$
- Acciaio B450c:  $f_{yd}=391\text{MPa}$
- Calcestruzzo  $R_{ck}45$ :  $f_{cd}=21.17\text{MPa}$

L'armatura longitudinale in soletta è pari a  $5\phi 16/\text{m}$  superiori e inferiori per i conci di campata e  $10\phi 16/\text{m}$  superiori e inferiori per i conci in appoggio.

Si riporta a titolo di esempio la verifica del conco C2 in campata.

SOLLECITAZIONI TOTALI COMBINAZIONE														A1-STR (v. cella G56 per altre combinazioni)										
A11		A11		A11		A11		A11		A11		A12a		A12b		A13		A14						
+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT						
Momento	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	788.4	Msd max	3531.66	kNm	
M1	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	887.25	887.25	887.25	887.25	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9	942.9				
M2	1800.36	1500.84	1206.18	906.66	1305.42	806.22	806.22	1205.58	906.06	1205.58	906.06	906.06	906.06	150.66	-148.86	150.66	-148.86	150.66	-148.86					
Mtot	<b>3531.66</b>	<b>3232.14</b>	<b>2937.48</b>	<b>2637.96</b>	<b>2981.07</b>	<b>2481.87</b>	<b>2481.87</b>	<b>2936.88</b>	<b>2637.36</b>	<b>2936.88</b>	<b>2637.36</b>	<b>2936.88</b>	<b>2637.36</b>	<b>1881.96</b>	<b>1582.44</b>	<b>1881.96</b>	<b>1582.44</b>	<b>1881.96</b>	<b>1582.44</b>					
Taglio																								
V0	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8				
V1	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	48.6	48.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6	51.6				
V2	175.05	146.25	126.18	97.38	135.78	87.78	87.78	126.18	97.38	126.18	97.38	126.18	97.38	14.4	-14.4	14.4	-14.4	14.4	-14.4					
Vtot	<b>264.45</b>	<b>235.65</b>	<b>216.58</b>	<b>186.78</b>	<b>222.16</b>	<b>174.18</b>	<b>174.18</b>	<b>215.58</b>	<b>186.78</b>	<b>215.58</b>	<b>186.78</b>	<b>215.58</b>	<b>186.78</b>	<b>103.8</b>	<b>75</b>	<b>103.8</b>	<b>75</b>	<b>103.8</b>	<b>75</b>		Vsd max	264.45	kN	
Assiale																								
N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
N1	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2061.3	2061.3	2061.3	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2	2062.2				
N2	1404	-1404	1404	-1404	2340	-2340	2340	-2340	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404				
Ntot	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>4401.3</b>	<b>-278.7</b>	<b>4401.3</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>	<b>3466.2</b>	<b>658.2</b>		Nsd max	4401.3	kN	
tensioni																								
g1	Perm		Ritiro		DT		Q1		q1		q3		q4		q5									
cc sup =	-1.03	-3.37	-2.70	-3.40	-1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cb sup =	-14.43	6.27	-15.55	-18.27	-8.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cc inf =	-8.87	10.91	-13.23	-9.11	-4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cb inf =	-0.38	-2.75	-2.00	-0.65	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cs sup =	-63.91	-6.66	13.56	13.57	-3.87	-1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cs inf =	37.76	17.17	33.46	23.49	35.39	17.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cs =	3.43	2.45	2.21	2.45	12.13	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					

Si riporta a titolo di esempio la verifica del conco C8 in appoggio.

SOLLECITAZIONI TOTALI COMBINAZIONE														A1-STR (v. cella G56 per altre combinazioni)										
A11		A11		A11		A11		A11		A11		A12a		A12b		A13		A14						
+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT		+DT		-DT						
Momento	-621	-621	-621	-621	-621	-701.85	-701.85	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	-621	Msd max	3871.08	kNm	
M1	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-701.85	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5	-742.5				
M2	-942.66	-959.94	-555.9	-573.18	-549.54	-578.34	-2490.3	-2507.58	-555.3	-572.58	7.74	-9.54	7.74	-9.54										
Mtot	<b>-2306.16</b>	<b>-2323.44</b>	<b>-1919.4</b>	<b>-1936.68</b>	<b>-1872.39</b>	<b>-1901.19</b>	<b>-3853.8</b>	<b>-3871.08</b>	<b>-1918.8</b>	<b>-1936.08</b>	<b>-1355.76</b>	<b>-1373.04</b>	<b>-1355.76</b>	<b>-1373.04</b>										
Taglio																								
V0	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65	241.65				
V1	192	192	192	192	172.8	172.8	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192				
V2	434.7	434.7	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	259.32	0	0	0	0	0	0	0				
Vtot	<b>868.35</b>	<b>868.35</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>673.77</b>	<b>673.77</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>692.97</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>	<b>433.65</b>		Vsd max	868.35	kN
Assiale																								
N0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
N1	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-14.85	-14.85	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5	-16.5				
N2	1404	-1404	1404	-1404	2340	-2340	2340	-2340	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404	1404	-1404				
Ntot	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>2325.15</b>	<b>-2354.85</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>	<b>1387.5</b>	<b>-1420.5</b>		Nsd max	2354.85	kN
tensioni																								
g1	Perm		Ritiro		DT		Q1		q1		q3		q4		q5									
cc sup =	21.37	22.19	21.81	30.20	25.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cb sup =	15.84	16.49	22.06	22.43	19.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cc inf =	38.35	12.68	13.22	20.01	17.99	15.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cb inf =	-22.06	-10.99	-11.24	21.06	-15.29	-12.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
cs =	13.59	9.72	0.00	0.00	13.51	10.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					

Nelle tabelle che seguono sono riassunte le verifiche relative a tutti i conci.



MAX M	CIA	oc sup	Verifica	cb sup	Verifica	cb inf	Verifica	oc inf	Verifica	os sup	Verifica	os inf	Verifica	ss	Verifica	VM inf	Verifica VM inf	VM sup	Verifica VM sup
		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]		[MPa]	
Concio C1	C	-9.96	OK	-33.32	OK	19.02	OK	-6.23	OK	-25.09	OK	122.71	OK	55.09	OK	155.45	OK	98.66	OK
	C	-8.60	OK	-22.82	OK	25.24	OK	-5.95	OK	31.11	OK	89.31	OK	58.44	OK	134.99	OK	105.90	OK
	C	-15.44	OK	-67.55	OK	-28.03	OK	-6.76	OK	-86.96	OK	237.58	OK	24.90	OK	241.47	OK	97.06	OK
Concio C2	C	-14.96	OK	-65.90	OK	-27.43	OK	-6.70	OK	-94.13	OK	237.96	OK	20.92	OK	240.70	OK	100.86	OK
	C	-13.93	OK	-59.77	OK	-26.92	OK	-6.97	OK	-102.78	OK	202.16	OK	27.41	OK	207.66	OK	113.23	OK
	C	-14.35	OK	-61.96	OK	-28.00	OK	-7.05	OK	-100.24	OK	204.79	OK	32.41	OK	212.34	OK	114.89	OK
Concio C3	C	-14.32	OK	-61.28	OK	-27.46	OK	-6.98	OK	-103.16	OK	206.22	OK	23.18	OK	210.10	OK	110.70	OK
	C	-14.64	OK	-62.15	OK	-27.69	OK	-6.99	OK	-100.44	OK	207.48	OK	28.18	OK	213.14	OK	111.68	OK
	C	-12.07	OK	-42.87	OK	-17.01	OK	-6.47	OK	-64.38	OK	158.35	OK	60.74	OK	190.11	OK	123.34	OK
Concio C4	C	-13.18	OK	-50.66	OK	-21.32	OK	-6.68	OK	-76.64	OK	177.19	OK	56.42	OK	202.35	OK	124.19	OK
	C	-11.22	OK	-36.09	OK	17.75	OK	-6.15	OK	-46.54	OK	147.99	OK	50.71	OK	170.79	OK	98.48	OK
	C	-12.28	OK	-44.24	OK	16.84	OK	-6.35	OK	-52.06	OK	169.40	OK	46.90	OK	187.64	OK	101.82	OK
Concio C5	C	-7.41	OK	26.04	OK	27.55	OK	-5.51	OK	65.07	OK	50.48	OK	80.07	OK	147.59	OK	152.20	OK
	C	-5.95	OK	31.71	OK	32.93	OK	-5.20	OK	87.74	OK	-21.86	OK	83.07	OK	145.54	OK	168.52	OK
	A	0.00	OK	191.66	OK	144.43	OK	0.00	OK	159.07	OK	-139.03	OK	74.44	OK	189.62	OK	204.76	OK
Concio C6	A	0.00	OK	164.24	OK	124.27	OK	0.00	OK	127.08	OK	-113.71	OK	70.90	OK	167.36	OK	176.71	OK
	A	0.00	OK	231.70	OK	173.84	OK	0.00	OK	219.97	OK	-185.55	OK	67.26	OK	239.31	OK	266.89	OK
	A	0.00	OK	211.34	OK	158.88	OK	0.00	OK	189.46	OK	-161.58	OK	83.71	OK	217.10	OK	237.79	OK
Concio C7	A	0.00	OK	231.70	OK	173.84	OK	0.00	OK	219.97	OK	-185.55	OK	74.33	OK	225.84	OK	254.87	OK
	A	0.00	OK	214.38	OK	161.11	OK	0.00	OK	192.98	OK	-164.39	OK	70.67	OK	204.96	OK	228.53	OK
	A	0.00	OK	199.81	OK	150.42	OK	0.00	OK	169.40	OK	-145.85	OK	59.96	OK	179.04	OK	198.70	OK
Concio C8	A	0.00	OK	177.30	OK	133.87	OK	0.00	OK	143.02	OK	-124.32	OK	56.30	OK	158.01	OK	173.10	OK
	C	-5.19	OK	36.02	OK	35.75	OK	-5.00	OK	104.87	OK	-36.27	OK	65.34	OK	118.85	OK	154.30	OK
	C	-5.04	OK	31.46	OK	31.70	OK	-5.21	OK	96.78	OK	-31.70	OK	66.80	OK	119.69	OK	153.22	OK
Concio C9	C	-9.54	OK	20.08	OK	24.63	OK	-5.69	OK	28.41	OK	101.91	OK	32.01	OK	115.14	OK	62.29	OK
	C	-10.11	OK	-24.29	OK	23.14	OK	-5.79	OK	18.20	OK	114.20	OK	28.50	OK	124.41	OK	52.61	OK
	C	-10.30	OK	-25.79	OK	22.52	OK	-5.80	OK	-33.85	OK	118.73	OK	32.45	OK	131.36	OK	65.62	OK
Concio C10	C	-8.94	OK	-22.28	OK	23.61	OK	-5.71	OK	-24.03	OK	109.53	OK	36.65	OK	126.60	OK	67.88	OK
	C	-10.65	OK	-28.17	OK	22.15	OK	-5.86	OK	-40.89	OK	125.79	OK	26.08	OK	133.66	OK	60.93	OK
	C	-9.29	OK	-23.92	OK	21.81	OK	-5.92	OK	-44.86	OK	120.98	OK	21.16	OK	136.23	OK	58.53	OK
Concio C11	C	-10.01	OK	-24.83	OK	22.08	OK	-5.78	OK	-38.70	OK	118.45	OK	35.11	OK	133.15	OK	72.09	OK
	C	-10.48	OK	-27.79	OK	21.64	OK	-5.86	OK	-43.67	OK	125.47	OK	30.74	OK	136.31	OK	68.87	OK
	C	-9.99	OK	-24.03	OK	23.08	OK	-5.53	OK	-20.20	OK	126.25	OK	30.36	OK	136.77	OK	56.33	OK
Concio C12	C	-10.40	OK	-27.05	OK	22.21	OK	-5.58	OK	-26.47	OK	135.81	OK	26.99	OK	143.63	OK	53.72	OK
	C	-7.27	OK	24.92	OK	27.80	OK	-5.28	OK	59.35	OK	58.64	OK	60.58	OK	120.21	OK	120.55	OK
	C	-8.14	OK	28.79	OK	31.72	OK	-5.11	OK	74.06	OK	31.78	OK	63.30	OK	114.16	OK	114.16	OK
Concio C13	A	0.00	OK	186.26	OK	143.46	OK	0.00	OK	143.87	OK	-107.24	OK	54.62	OK	143.00	OK	172.18	OK
	A	0.00	OK	208.60	OK	160.21	OK	0.00	OK	172.85	OK	-125.91	OK	58.05	OK	161.13	OK	199.97	OK
	A	0.00	OK	241.46	OK	184.84	OK	0.00	OK	230.48	OK	-161.48	OK	70.53	OK	202.49	OK	260.85	OK
Concio C14	A	0.00	OK	223.62	OK	171.46	OK	0.00	OK	199.50	OK	-142.42	OK	67.00	OK	183.71	OK	230.79	OK
	A	0.00	OK	221.61	OK	169.95	OK	0.00	OK	196.59	OK	-140.81	OK	73.31	OK	189.60	OK	234.03	OK
	A	0.00	OK	241.46	OK	184.84	OK	0.00	OK	230.48	OK	-161.48	OK	70.53	OK	202.49	OK	260.85	OK
Concio C15	A	0.00	OK	205.00	OK	157.52	OK	0.00	OK	167.07	OK	-122.77	OK	58.38	OK	159.05	OK	195.28	OK
	A	0.00	OK	184.74	OK	142.32	OK	0.00	OK	137.65	OK	-104.38	OK	54.83	OK	141.12	OK	167.24	OK
	C	-6.19	OK	27.23	OK	31.12	OK	-5.14	OK	66.64	OK	38.21	OK	63.56	OK	116.54	OK	128.69	OK
Concio C16	C	-7.10	OK	22.74	OK	27.38	OK	-5.31	OK	50.13	OK	64.04	OK	60.72	OK	123.13	OK	116.50	OK
	C	-11.10	OK	-32.70	OK	20.51	OK	-5.72	OK	-38.26	OK	153.30	OK	30.75	OK	162.29	OK	65.57	OK
	C	-11.31	OK	-35.08	OK	18.27	OK	-5.76	OK	-46.62	OK	162.37	OK	27.25	OK	169.09	OK	66.34	OK
Concio C17	C	-10.37	OK	-32.61	OK	19.00	OK	-6.01	OK	-47.03	OK	140.85	OK	35.29	OK	153.27	OK	90.72	OK
	C	-10.98	OK	-33.90	OK	18.24	OK	-6.04	OK	-74.53	OK	145.13	OK	30.93	OK	154.70	OK	91.78	OK
	C	-12.09	OK	-40.31	OK	17.78	OK	-6.21	OK	-81.31	OK	159.30	OK	24.35	OK	164.78	OK	91.60	OK
Concio C18	C	-11.58	OK	-37.57	OK	17.78	OK	-6.14	OK	-81.69	OK	154.39	OK	23.32	OK	159.16	OK	90.37	OK
	C	-11.11	OK	-34.00	OK	18.87	OK	-6.05	OK	-70.00	OK	144.23	OK	33.92	OK	155.74	OK	91.39	OK
	C	-11.74	OK	-38.13	OK	18.12	OK	-6.16	OK	-77.12	OK	153.37	OK	29.67	OK	162.21	OK	92.58	OK
Concio C19	C	-11.55	OK	-36.50	OK	19.15	OK	-5.79	OK	-46.69	OK	166.72	OK	26.23	OK	172.80	OK	66.59	OK
	C	-10.74	OK	-31.02	OK	20.31	OK	-5.69	OK	-40.76	OK	151.21	OK	29.86	OK	159.81	OK	65.85	OK
	C	-6.13	OK	27.11	OK	30.96	OK	-5.15	OK	60.70	OK	42.10	OK	62.56	OK	116.24	OK	124.20	OK
Concio C20	C	-7.17	OK	22.74	OK	27.38	OK	-5.33	OK	44.58	OK	69.06	OK	60.72	OK	123.13	OK	116.50	OK
	C	-11.10	OK	-32.70	OK	20.51	OK	-5.72	OK	-38.26	OK	153.30	OK	30.75	OK	162.29	OK	65.57	OK
	C	-11.31	OK	-35.08	OK	18.27	OK	-5.76	OK	-46.62	OK	162.37	OK	27.25	OK	169.09	OK	66.34	OK
Concio C21	C	-10.37	OK	-32.61	OK	19.00	OK	-6.01	OK	-47.03	OK	140.85	OK	35.29	OK	153.27	OK	90.72	OK
	C	-10.98	OK	-33.90	OK	18.24	OK	-6.04	OK	-74.53	OK	145.13	OK	30.93	OK	154.70	OK	91.78	OK
	C	-12.09	OK	-40.31	OK	17.78	OK	-6.21	OK	-81.31	OK	159.30	OK	24.35	OK	164.78	OK	91.60	OK
Concio C22	C	-11.58	OK	-37.57	OK	17.78	OK	-6.14	OK	-81.69	OK	154.39	OK	23.32	OK	159.16	OK	90.37	OK
	C	-11.11	OK	-34.00	OK	18.87	OK	-6.05	OK	-70.00	OK	144.23	OK	33.92	OK	155.74	OK	91.39	OK
	C	-11.74	OK	-38.13	OK	18.12	OK	-6.16	OK	-77.12	OK	153.37	OK	29.67	OK	162.21	OK	92.58	



### 9.3.2 Verifiche di instabilità a taglio e di interazione taglio-momento

Si riportano di seguito le verifiche di instabilità a taglio e di interazione taglio-momento secondo EN1993-1-5 §5.1-5.2-5.3-5.4-5.5.

Si riporta a titolo di esempio la verifica del concio C1.

Resistenza a taglio			Caratteristiche sezione composta		
RESISTENZA ALL'INSTABILITA' PER TAGLIO			RESISTENZA ALL'INSTABILITA' PER TAGLIO		
Reazione appoggio	1091.55	kN	B ptb sup	500	sp. ptb sup 64 mm
n campate	4		B raddoppio	0	sp. Raddoppio 0 mm
Ved	1091.55	kN	sp. Anima	25	H tot 600 mm
hw	468	mm	B raddoppio	0	sp. raddoppio 0 mm
tw	25	mm	B ptb inf	750	sp. Ptb inf 68 mm
hw/tw	18.72		Af	83000	mm2
Aw	11700	mm2	Aw	11700	mm2
tipo acciaio	S355		Af/Aw	7.094	
fy	355	MPa	calcolo tm	93.29	MPa
γ m0	1.05				
γ m1	1.1				
Tipo di analisi	e			λ <sub>w</sub> = 0.26	parametro di snellezza a taglio
tipo di montante	2		> 1. montante rigido	χ <sub>e</sub> = 1.257	coefficiente di instabilità elastica
Vbw,Rd	2741	kN	2. altro tipo di montante	χ <sub>e</sub> = 1.257	coefficiente di instabilità elastica
Ved < Vbw,Rd	0.398	VERIFICATO			
Caratteristiche geometriche sezione					
H tot trave		600	mm		
ptb sup	b sup	500	mm		
	t sup	64	mm		
ptb sup impilaggio	b sup	0	mm		
	t sup	0	mm		
anima	h w	468.00	mm		
	t w	25	mm		
ptb inf impilaggio	b inf	0	mm		
	t inf	0	mm		
ptb inf	b inf	750	mm		
	t inf	68	mm		
Materiale					
fy	355	MPa			
ε	0.81				
Sollecitazioni					
Ved	1092	kN			
Ned	2356	kN			
Med	4569	kNm			
MRd	9571	kNm			
Sollecitazioni sulle piattabande					
Acciaio				tasso di lavoro delle piattabande	
σ sup	210	0.62	η1		
σ inf	-182	-0.54	η1		

Shear buckling resilience - contributo anima			
a	2625	mm	
$\eta$	1.2		
$k\tau$	5.47		
$\lambda_w$	0.26		
$\chi_w$	1.200		
V <sub>Ed</sub>	1091.550	kN	
V <sub>bw,Rd</sub>	2616.03	kN	
<b>VERIFICA</b>			
$\eta_3$	0.42	<1	
V <sub>Ed</sub> /V <sub>b,Rd</sub>	VERIFICATO MA CALCOLARE INTERAZIONE		
Verifica anima + flange			
c =	2227	mm	
V <sub>bf, Rd</sub> =	62.08	kN	EN1993-1-5:§5,2(1)
M <sub>ed</sub> /M <sub>f,Rd</sub> =	0.8		
V <sub>bf,Rd</sub> limite =	1562.14	valore limite per le flange	
V <sub>bf, Rd</sub> =	62.08		
V <sub>b, Rd</sub> = (V <sub>bw, Rd</sub> +V <sub>bf, Rd</sub> )=	2678.11	kN	
<b>VERIFICA</b>			
$\eta_3$	0.41	<1	
V <sub>Ed</sub> /V <sub>b,Rd</sub>	VERIFICATO MA CALCOLARE INTERAZIONE		
test interazione			
$\eta_3$	0.41	<	0.5
M <sub>Ed</sub> /M <sub>f,Rd</sub> =	0.79	<	1
NON SERVE INTERAZIONE			
Verifica a TAGLIO-PRESSOFLESSIONE			
M <sub>f,Rd</sub> (k)	5777.37	kNm	
M <sub>ed</sub>	4568.73	kNm	
M <sub>pl,Rd</sub>	9570.70	kNm	
V <sub>ed</sub>	1091.55	kN	
V <sub>bw,Rd</sub>	2678.11	kN	
<b>VERIFICA</b>			
$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2$	0.49	<1	VERIFICATO

Nella tabella che segue sono riportate le verifiche di tutti i conci.

MAX M		Msd	Vsd	Nsd	MIN M		Msd	Vsd	Nsd	Ved < Vbw,Rd		Ved/Vb,Rd		γ <sub>1</sub> + (M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub> ) - γ <sub>2</sub>
		[kNm]	[kN]	[kN]			[kNm]	[kN]	[kN]	A/C	A/C			
Concio C1	C1	1484.58	739.80	4381.05	Concio C1	C1	1201.62	739.80	4381.05	0.23	0.25	0.37	0.28	
		929.25	784.80	4381.05			923.07	784.80	4381.05	0.25	0.26	0.28		
Concio C1	C1	3571.29	334.35	4399.95	Concio C1	C1	1806.84	334.35	4399.95	0.11	0.11	0.87	0.90	
		3538.56	280.95	4399.95			1883.46	280.95	4399.95	0.09	0.09	0.90		
Concio C2	C2	3457.41	223.65	4401.30	Concio C2	C2	1891.41	223.65	4401.30	0.12	0.13	0.80	0.76	
		3531.66	264.45	4401.30			1881.96	264.45	4401.30	0.14	0.15	0.76		
Concio C2	C2	3552.03	189.15	4402.65	Concio C2	C2	1860.48	189.15	4402.65	0.10	0.11	0.85	0.81	
		3595.83	229.95	4402.65			1785.48	229.95	4402.65	0.12	0.13	0.81		
Concio C2	C2	2614.47	495.60	4399.95	Concio C2	C2	1214.52	495.60	4399.95	0.27	0.28	0.46	0.53	
		2999.19	460.35	4399.95			1395.39	460.35	4399.95	0.25	0.26	0.53		
Concio C3	C3	2210.61	541.80	4398.60	Concio C3	C3	979.41	541.80	4398.60	0.22	0.23	0.49	0.56	
		2616.42	503.85	4398.60			1215.12	503.85	4398.60	0.20	0.21	0.56		
Concio C3	C3	508.59	865.80	4386.45	Concio C3	C3	741.69	865.80	4386.45	0.35	0.36	0.13	0.12	
		515.19	898.20	4386.45			1126.74	898.20	4386.45	0.36	0.38	0.12		
Concio C4	C4	3410.67	970.65	2350.80	Concio C4	C4	3916.29	970.65	2350.80	0.35	0.37	0.44	0.39	
		2728.53	924.45	2350.80			3356.91	924.45	2350.80	0.34	0.35	0.39		
Concio C4	C4	4644.84	1137.75	2356.20	Concio C4	C4	5375.46	1137.75	2356.20	0.42	0.43	0.57	0.49	
		4008.87	1091.55	2356.20			4568.73	1091.55	2356.20	0.40	0.42	0.49		
Concio C4	C4	4644.84	969.18	2356.20	Concio C4	C4	5374.44	969.18	2356.20	0.35	0.37	0.59	0.53	
		4100.67	921.48	2356.20			4732.05	921.48	2356.20	0.34	0.35	0.53		
Concio C4	C4	3626.82	781.83	2349.45	Concio C4	C4	4170.78	781.83	2349.45	0.29	0.30	0.51	0.47	
		3064.92	734.13	2349.45			3705.96	734.13	2349.45	0.27	0.28	0.47		
Concio C5	C5	809.46	706.53	4386.45	Concio C5	C5	1507.41	706.53	4386.45	0.28	0.30	0.22	0.20	
		549.60	676.98	4386.45			1189.50	676.98	4386.45	0.27	0.28	0.20		
Concio C5	C5	1476.57	346.08	4399.95	Concio C5	C5	347.97	346.08	4399.95	0.14	0.14	0.52	0.57	
		1707.84	308.13	4399.95			487.44	308.13	4399.95	0.12	0.13	0.57		
Concio C6	C6	1876.26	261.93	4399.95	Concio C6	C6	581.61	261.93	4399.95	0.14	0.14	0.62	0.56	
		1703.64	295.83	4399.95			485.94	295.83	4399.95	0.16	0.16	0.56		
Concio C6	C6	2010.45	210.48	4401.30	Concio C6	C6	645.60	210.48	4401.30	0.11	0.12	0.70	0.76	
		2110.47	175.23	4401.30			679.47	175.23	4401.30	0.09	0.10	0.76		
Concio C6	C6	1825.17	283.38	4401.30	Concio C6	C6	633.12	283.38	4401.30	0.15	0.16	0.59	0.65	
		1975.68	248.13	4401.30			678.33	248.13	4401.30	0.13	0.14	0.65		
Concio C7	C7	1668.09	329.58	4399.95	Concio C7	C7	547.59	329.58	4399.95	0.13	0.14	0.56	0.60	
		1827.12	292.98	4399.95			633.72	292.98	4399.95	0.12	0.12	0.60		
Concio C7	C7	562.41	657.63	4387.80	Concio C7	C7	617.76	657.63	4387.80	0.26	0.27	0.22	0.16	
		272.37	687.18	4387.80			867.72	687.18	4387.80	0.27	0.28	0.16		
Concio C8	C8	2501.79	713.43	2348.10	Concio C8	C8	3107.07	713.43	2348.10	0.25	0.26	0.52	0.55	
		2977.74	758.28	2348.10			3499.20	758.28	2348.10	0.26	0.28	0.55		
Concio C8	C8	3862.11	921.33	2354.85	Concio C8	C8	4531.29	921.33	2354.85	0.32	0.34	0.63	0.61	
		3386.88	875.13	2354.85			3975.78	875.13	2354.85	0.30	0.32	0.57		
Concio C8	C8	3346.71	957.60	2354.85	Concio C8	C8	3930.45	957.60	2354.85	0.33	0.35	0.54	0.61	
		3862.11	1003.95	2354.85			4532.31	1003.95	2354.85	0.35	0.37	0.61		
Concio C8	C8	2900.16	762.60	2348.10	Concio C8	C8	3419.52	762.60	2348.10	0.26	0.28	0.54	0.50	
		2436.18	716.25	2348.10			2993.88	716.25	2348.10	0.25	0.26	0.50		
Concio C7	C7	177.06	690.00	4387.80	Concio C7	C7	746.16	690.00	4387.80	0.27	0.29	0.15	0.22	
		615.66	659.10	4387.80			464.16	659.10	4387.80	0.26	0.27	0.22		
Concio C7	C7	2075.46	333.75	4399.95	Concio C7	C7	805.11	333.75	4399.95	0.13	0.14	0.61	0.66	
		2208.36	295.80	4399.95			923.16	295.80	4399.95	0.12	0.12	0.66		
Concio C6	C6	2204.16	284.85	4401.30	Concio C6	C6	921.66	284.85	4401.30	0.15	0.16	0.64	0.69	
		2282.46	249.60	4401.30			994.56	249.60	4401.30	0.13	0.14	0.69		
Concio C6	C6	2590.56	196.50	4401.30	Concio C6	C6	1047.51	196.50	4401.30	0.10	0.11	0.79	0.80	
		2473.11	180.15	4401.30			1052.91	180.15	4401.30	0.09	0.10	0.80		
Concio C6	C6	2279.49	273.75	4401.30	Concio C6	C6	942.99	273.75	4401.30	0.14	0.15	0.66	0.73	
		2480.01	238.65	4401.30			1011.21	238.65	4401.30	0.13	0.13	0.73		
Concio C7	C7	2282.34	284.70	4399.95	Concio C7	C7	944.49	284.70	4399.95	0.11	0.12	0.67	0.61	
		2021.94	324.15	4399.95			835.29	324.15	4399.95	0.13	0.13	0.61		
Concio C7	C7	221.04	679.05	4387.80	Concio C7	C7	706.14	679.05	4387.80	0.27	0.28	0.16	0.24	
		684.69	646.65	4387.80			427.44	646.65	4387.80	0.26	0.27	0.24		
Concio C8	C8	2813.52	751.50	2348.10	Concio C8	C8	3363.66	751.50	2348.10	0.26	0.27	0.55	0.51	
		2386.56	705.30	2348.10			2946.54	705.30	2348.10	0.24	0.25	0.51		
Concio C8	C8	3759.21	913.20	2354.85	Concio C8	C8	4454.49	913.20	2354.85	0.31	0.33	0.64	0.58	
		3252.48	868.35	2354.85			3871.08	868.35	2354.85	0.30	0.31	0.58		
Concio C8	C8	3759.21	1007.28	2354.85	Concio C8	C8	4455.51	1007.28	2354.85	0.34	0.36	0.62	0.55	
		3318.30	962.43	2354.85			3891.84	962.43	2354.85	0.33	0.34	0.55		
Concio C8	C8	2843.97	742.98	2348.10	Concio C8	C8	3429.99	742.98	2348.10	0.25	0.27	0.56	0.53	
		2476.44	696.78	2348.10			3056.82	696.78	2348.10	0.24	0.25	0.53		
Concio C7	C7	227.70	670.53	4387.80	Concio C7	C7	814.95	670.53	4387.80	0.27	0.28	0.16	0.22	
		548.91	639.63	4387.80			578.61	639.63	4387.80	0.25	0.26	0.22		
Concio C7	C7	1966.05	273.63	4399.95	Concio C7	C7	590.40	273.63	4399.95	0.11	0.11	0.64	0.61	
		1963.47	311.58	4399.95			521.67	311.58	4399.95	0.12	0.13	0.61		
Concio C6	C6	1963.35	264.03	4401.30	Concio C6	C6	590.40	264.03	4401.30	0.14	0.15	0.63	0.67	
		1928.61	227.43	4401.30			621.81	227.43	4401.30	0.12	0.13	0.67		
Concio C6	C6	2022.12	204.93	4402.65	Concio C6	C6	623.52	204.93	4402.65	0.11	0.11	0.71	0.68	
		2130.78	240.18	4402.65			594.48	240.18	4402.65	0.13	0.13	0.68		
Concio C6	C6	1861.08	398.88	4401.30	Concio C6	C6	357.18	398.88	4401.30	0.21	0.22	0.47	0.55	
		2172.57	362.28	4401.30			467.52	362.28	4401.30	0.19	0.20	0.55		
Concio C5	C5	1475.76	445.08	4399.95	Concio C5	C5	376.26	445.08	4399.95	0.18	0.19	0.45	0.52	
		1858.83	407.13	4399.95			356.28	407.13	4399.95	0.16	0.17	0.52		
Concio C5	C5	747.87	775.98	4387.80	Concio C5	C5	1444.47	775.98	4387.80	0.31	0.32	0.19	0.21	
		1020.78	806.88	4387.80			1778.13	806.88	4387.80	0.32	0.34	0.21		
Concio C4	C4	3059.34	830.43	2348.10	Concio C4	C4	3949.08	830.43	2348.10	0.30	0.32	0.47	0.51	
		3757.44	878.13	2348.10			4418.58	878.13	2348.10	0.32	0.34	0.51		
Concio C4	C4	4908.03	1033.08	2353.50	Concio C4	C4	5533.89	1033.08	2353.50	0.38	0.39	0.60	0.54	
		4348.47	984.03	2353.50			4941.45	984.03	23					



### 9.3.3 Verifica di instabilità delle anime

Si riportano di seguito le verifiche di instabilità dei pannelli d'anima in appoggio e in campata.

#### 9.3.3.1 Concio C10 di campata

Sollecitazioni Anima						
Point	Altezza trave	Tensione MPa				
[1]:1	0.00	138.00		piattab.superiore	compressione	
[1]:2	120.00	72.80			compressione	
[1]:3	200.00	29.33			compressione	
[1]:4	300.00	-25.00			trazione	
[1]:5	350.00	-52.17			trazione	
[1]:6	350.00	-52.17			trazione	
[1]:7	350.00	-52.17			trazione	
[1]:8	350.00	-52.17			trazione	
[1]:9	350.00	-52.17			trazione	
[1]:10	350.00	-52.17			trazione	
[1]:11	350.00	-52.17			trazione	
[1]:12	350.00	-52.17			trazione	
[1]:13	350.00	-52.17			trazione	
[1]:14	350.00	-52.17			trazione	
[1]:15	600.00	-158.00		piattab.inferiore	trazione	

Caratteristiche geometriche sezione						
Trave						
H tot trave		600	mm			
ptb sup	b sup	500	mm			
	t sup	30	mm			
anima	h w	510	mm			
	t w	15	mm			
ptb inf	b inf	750	mm			
	t inf	40	mm	beq sup	500	mm
ptb inf impilaggio	b inf	700	mm	teq sup	30.00	mm
	t inf	20	mm			
ptb sup impilaggio	b sup	0	mm	beq inf	750	mm
	t sup	0	mm	teq inf	58.67	mm

Materiale						
fy		355	MPa			
ε		0.814				

Pannello d'anima 1						
hw	600.00	mm				
b medio	600.00	mm				
zero	253.99	mm				vedi equazione linea di tendenza per x=0
yg	406.01	mm				dal bordo inferiore (compresa piattabanda)
bc	253.99	mm				Distanza lembo compresso-asse neutro
ψ1	-0.73					
κσ1	17.70					inserire espressione da tabella 4.1
λpl	0.41					
ρpl	1.00	ρpl calc	1.00			EN1993-1-5:2006 §4,4 (2)
Larghezze efficaci:						
beff	346.01	mm				
be1	138.40	mm				
be2	207.61	mm				
b non efficace	-92.02					
b compressa totale	253.99	mm				zona non efficace (comprensiva di zona tesa)
	VERO	mm				

Anima						
a	2875.00	mm				interasse irrigidimenti trasversali
b	600.00	mm				
t	15.00	mm				
σcr,c	4.78	MPa				
σcr,p	2101.49	MPa				
ξ	438.99					se compreso tra 0 e 1 bisogna indagare instabilità di colonna

Interazione instabilità						
Ac,eff	49190.18	mm2				
Ieff	4.83E+09	mm4				
Iyy	4.83E+09	mm4				Sezione senza considerare le riduzioni
rapporto	1.00	OK				
Weff	1.70E+07	mm3				

Verifica						
Med	2350.35	kNm	solo anima	fy	355	MPa
Weff	1.70E+07	mm3		γMO	1.1	
η	0.43	<	1			verificato

### 9.3.3.2 Concio C4 in appoggio

Sollecitazioni Anima			
Point	Altezza trave	Tensione MPa	
[1]:1	0.00	-293.00	piattab.superiore
[1]:2	120.00	-163.20	
[1]:3	250.00	-59.42	
[1]:4	350.00	20.42	
[1]:5	480.00	124.20	
[1]:6	500.00	140.17	
[1]:7	550.00	180.08	
[1]:8	550.00	180.08	
[1]:9	550.00	180.08	
[1]:10	550.00	180.08	
[1]:11	550.00	180.08	
[1]:12	550.00	180.08	
[1]:13	550.00	180.08	
[1]:14	550.00	180.08	
[1]:15	600.00	220.00	piattab.inferiore

Sollecitazioni trave			
Tensioni MPa			
300.00	200.00	-100.00	100.00 200.00 300.00
$y = 1.2528x + 324.43$			

Caratteristiche geometriche sezione				Materiale			
Trave				fy 355 MPa			
H tot trave	600	mm		c	0.814		
ptb sup	b sup	500	mm				
	t sup	40	mm				
anima	h w	460	mm				
	t w	25	mm				
ptb inf	b inf	750	mm				
	t inf	40	mm	beq sup	500	mm	
ptb inf impilaggio	b inf	700	mm	teq sup	64.00	mm	
	t inf	30	mm				
ptb sup impilaggio	b sup	400	mm	beq inf	750	mm	
	t sup	30	mm	teq inf	68.00	mm	

Pannello d'anima 1					
hw	600.00	mm			
b medio	600.00	mm			
zero	324.43	mm	vedi equazione linea di tendenza per x=0		
yg	345.57	mm	dal bordo inferiore (compresa piattabanda)		
bc	275.57	mm	Distanza lembo compresso-asse neutro		
ψ1	-1.18				
κσ1	28.35		inserire espressione da tabella 4.1		
λpl	0.20				
ρpl	1.00	ppl calc	1.00	EN1993-1-5:2006 §4,4 (2)	
Larghezze efficaci:					
beff	275.57	mm			
be1	110.23	mm			
be2	165.34	mm			
b non efficace	0.00				
b compressa totale	275.57	mm	zona non efficace (comprensiva di zona tesa)		
	VERO	mm			

Anima			
a	2875.00	mm	interasse irrigidimenti trasversali
b	600.00	mm	
t	25.00	mm	
σcr,c	13.27	MPa	
σcr,p	9351.00	MPa	
ξ	703.82		se compreso tra 0 e 1 bisogna indagare instabilità di colonna

Interazione instabilità			
Ac,eff	57889.35	mm <sup>2</sup>	
Ieff	6.76E+09	mm <sup>4</sup>	Sezione senza considerare le riduzioni
Iyy	6.76E+09	mm <sup>4</sup>	
rapporto	1.00	OK	
Weff	2.18E+07	mm <sup>3</sup>	

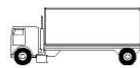
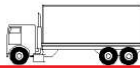
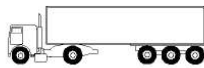
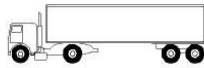
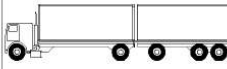
Verifica					
Med	4806.67	kNm	solo anima	fy	355 MPa
Weff	2.18E+07	mm <sup>3</sup>		γM0	1.1
η	0.68	<	1	verificato	

### 9.3.4 Verifiche a fatica

Vengono svolte le verifiche a fatica per "vita illimitata" adottando gli spettri di carico associati. In assenza di studi specifici, volti alla determinazione dell'effettivo spettro di carico che interessa il ponte, si può far riferimento ai modelli descritti nel seguito.

Secondo quanto previsto dalle NTC18 al § 5.1.4.3, per la verifica a vita illimitata si prevede il modello di carico di fatica 2, sulla corsia identificata come lenta. Si riportano le cinque configurazioni di sagoma del veicolo.

**Tabella 4-7. Mezzi tipologici per verifica a fatica**

SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90	A
			190	B
		4,20	80	A
		1,30	140	B
			140	B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120	C
		1,30	120	C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140	B
			140	B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110	C
			110	C

I delta di tensione si determinano in base agli effetti più severi dell'autocarro scelto (nel riquadro), viaggiante sulla corsia lenta, a massimizzare gli effetti sulla trave di bordo.

I valori dei coefficienti  $\gamma_{Mf}$  adottati nelle verifiche a fatica sono i seguenti:

- $\gamma_f = 1$  coefficiente parziale di sicurezza relativo alle azioni di fatica
- $\gamma_M = 1.35$  coefficiente parziale di sicurezza relativo alla resistenza a fatica
- $\gamma_{Mf} = \gamma_f \times \gamma_M = 1.35$  coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche a fatica

Metodo di valutazione	Conseguenze del collasso	
	Basse conseguenze	Alte conseguenze
metodo del "danneggiamento accettabile"	1,00	1,15
metodo della "vita sicura"	1,15	1,35

Per la verifica a fatica secondo il criterio della vita illimitata, l'ampiezza di tensione di riferimento è quella ad ampiezza costante, definita come:

$$\Delta\sigma_D = 0.737 \times \Delta\sigma_C$$

dove  $\Delta\sigma_C$  è il valore della classe del dettaglio.

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che sia

$$\Delta\sigma_{max} \times \gamma_{Mf} \leq \Delta\sigma_D$$

dove  $\Delta\sigma_D$  sono i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per vita illimitata.

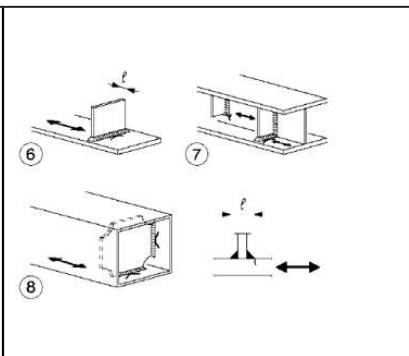
Nelle verifiche a fatica le tensioni considerate sono coerenti con quelle alle quali è riferita la curva S-N del dettaglio. Per le successive verifiche si farà riferimento a tre dettagli tipologici di classe 80 e

125 ritenuti rappresentativi dei dettagli previsti per l'impalcato metallico. A tali dettagli si associa una curva S-N riferita alle tensioni nominali e pertanto ad esse si fa riferimento.

Le resistenze a fatica dei dettagli tipici sono:

**Dettaglio 80:** per le giunzioni previste per realizzare il collegamento degli irrigidimenti verticali.

**Tabella 5-7. Dettaglio 80**

80 (a) 71 (b)		Attacchi trasversali 6) Saldati a una piastra 7) Nervature verticali saldate a un profilo o a una trave composta 8) Diagrammi di travi a cassone composte, saldati all'anima o alla piattabanda  (a) $l \leq 50$ mm (b) $50 < l \leq 80$ mm  Le classi sono valide anche per nervature anulari	6) e 7) Le parti terminali delle saldature devono essere molate accuratamente per eliminare tutte le rientranze presenti  7) Se la nervatura termina nell'anima, $\Delta\sigma$ deve essere calcolato usando le tensioni principali
------------------	---	--	---

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C = 80$  MPa

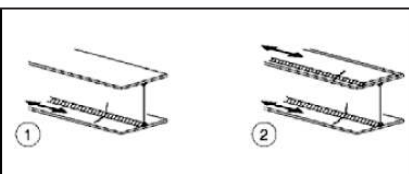
classe del particolare: limite di fatica per  $2 \times 10^6$  cicli

$\Delta\sigma_D = 0.737 \Delta\sigma_C = 58.96$  MPa

limite di fatica ad ampiezza costante per  $5 \times 10^6$  cicli

**Dettaglio 125:** per le saldature tra piattabande e anima della trave.

**Tabella 6-7. Dettaglio 125**

125		Saldature longitudinali continue 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C4.2.XVI.a)	1) e 2) Non sono consentite interruzioni/riprese, a meno che la riparazione sia eseguita da un tecnico qualificato e siano eseguiti controlli atti a verificare la corretta esecuzione della riparazione
-----	--	--	--

Caratteristiche resistenziali del dettaglio a fatica

$\Delta\sigma_C = 125$  MPa

classe del particolare: limite di fatica per  $2 \times 10^6$  cicli

$\Delta\sigma_D = 0.737 \Delta\sigma_C = 92.12$  MPa

limite di fatica ad ampiezza costante per  $5 \times 10^6$  cicli

Il dettaglio più gravoso risulta il dettaglio 80.

Si riportano di seguito le tensioni longitudinali di fibra per le distribuzioni di carico assunte a base di verifica e per i vari componenti strutturali principali dell'impalcato metallico riferite ad ogni concio in esame.





## 9.4 Deformazioni

### 9.4.1 Valutazione della contro-monta

La contro-monta viene conferita alla carpenteria metallica al fine di contro bilanciare la deformazione legata alla azione dei pesi propri e quelli permanenti. Viene inoltre conferito un 15% delle deformazioni per accidentali.

Nelle figure che seguono si riportano le deformate principali per carichi permanenti e per sovraccaricchi accidentali.

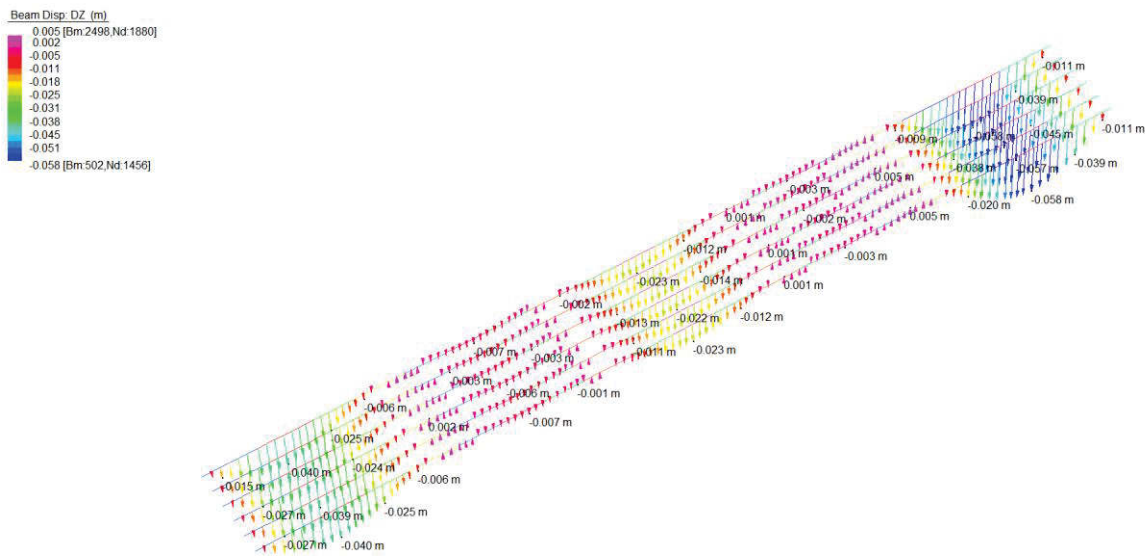


Figura 39: abbassamenti SLE per carichi permanenti

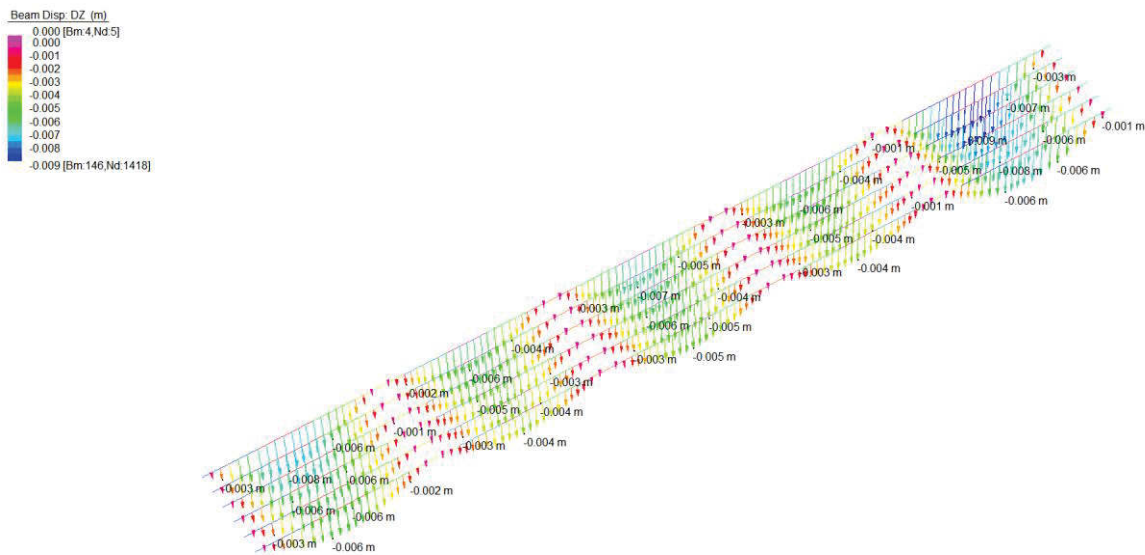
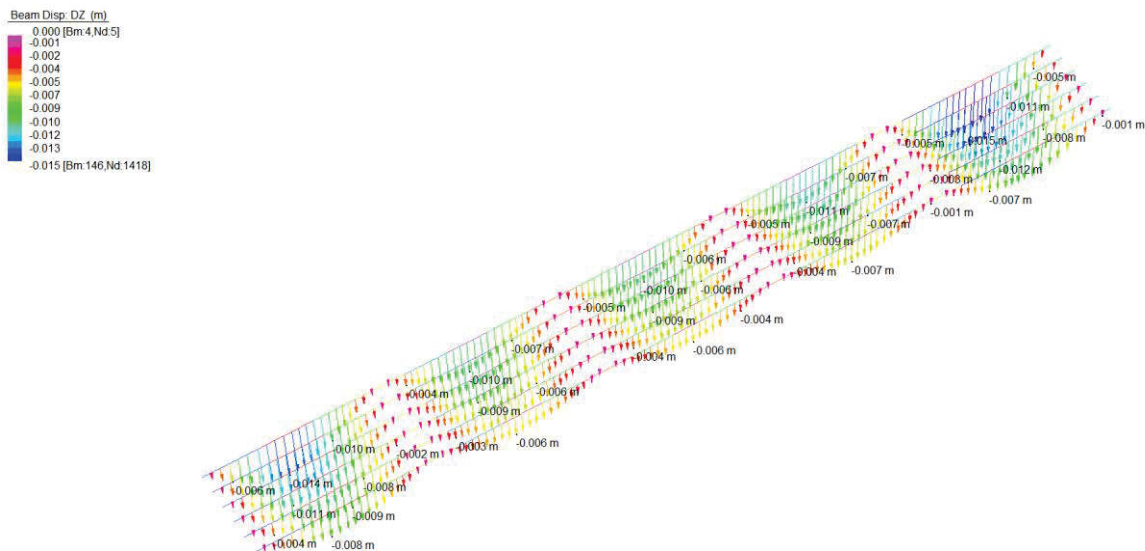


Figura 40: abbassamenti SLE per carichi accidentali q



**Figura 41: abbassamenti SLE per carichi accidentali Q**

Si riportano di seguito le contro-monte da applicare alle diverse campate.

	<b>dZ Permanenti</b> [mm]	<b>dZ Accidentali</b> [mm]	<b>dZ Perm+15%Acc</b> [mm]	<b>Contro-monta</b> [mm]
<b>Campata 1</b>	-40	-22	-43,3	45
<b>Campata 2</b>	-7	-16	-9,4	10
<b>Campata 3</b>	-23	-17	-25,55	26
<b>Campata 4</b>	-3	-17	-5,55	10
<b>Campata 5</b>	-58	-24	-61,6	62

## 9.5 Verifiche dei traversi

Per lo studio dei traversi di pila e di spalla vengono approntati 2 modelli agli elementi finiti per lo studio di dettaglio. Trattandosi di elementi a parete piena vengono schematizzati con elementi plate che simulano anche la presenza delle costole di ripartizione e l'interazione con le anime del ponte. I modelli sono implementati su Straus 7 e risolti con solutore statico lineare, al fine di avere la restituzione della mappa tensionale sulle varie membrature.

La geometria del traverso riprodotta è quella realmente progettata e viene schematizzato anche uno spezzone della trave; vengono poi realizzati link rigidi fra i nodi di estremità della trave schematizzata e un nodo baricentrico della sezione della trave principale. Tale nodo viene vincolato in modo da mantenere isostatico l'intero modello; i carichi applicati sono quindi le reazioni vincolari massime. E' inoltre stata applicata, nella reale posizione ed in un'altra condizione di carico la reazione vincolare durante il sollevamento per manutenzione/sostituzione degli appoggi.

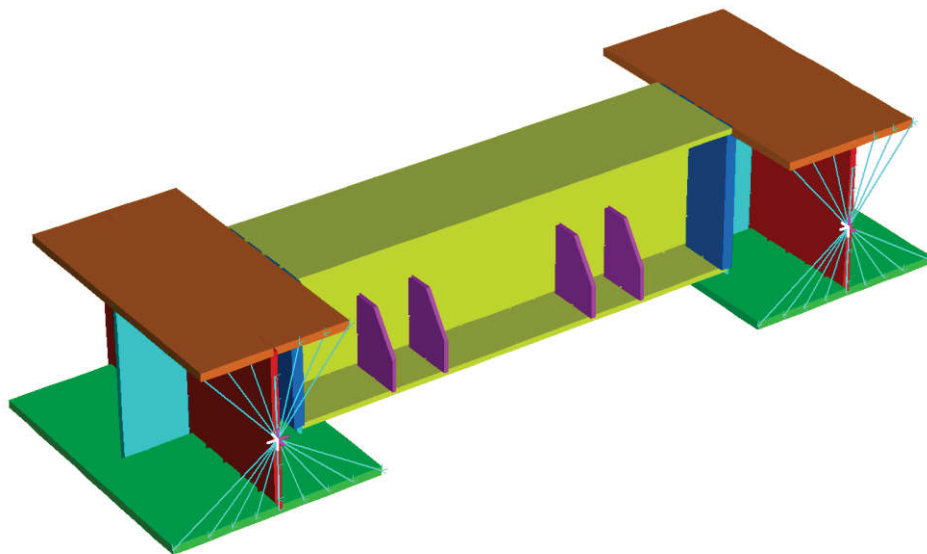


Figura 42: modello di calcolo locale del traverso di spalla

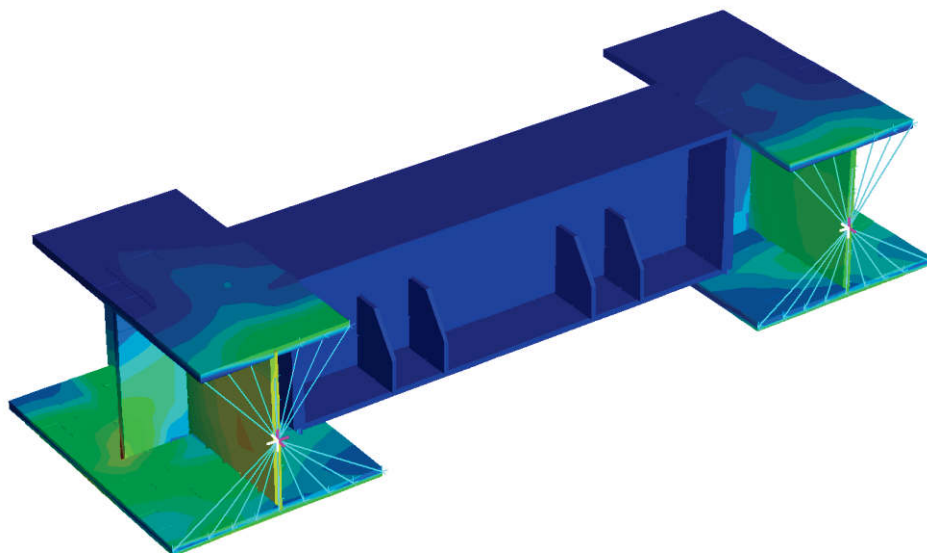
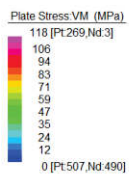


Figura 43: tensioni di Von Mises SLU – traverso di spalla

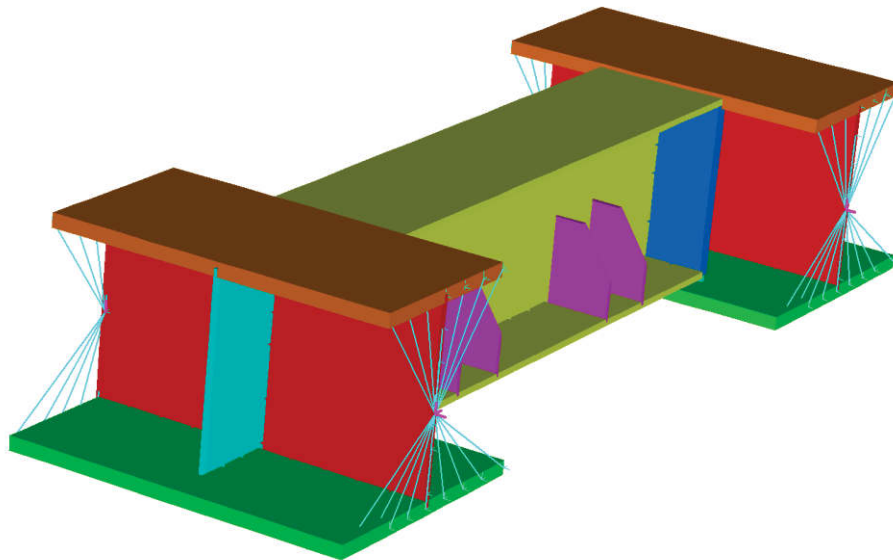


Figura 44: modello di calcolo locale del traverso di pila

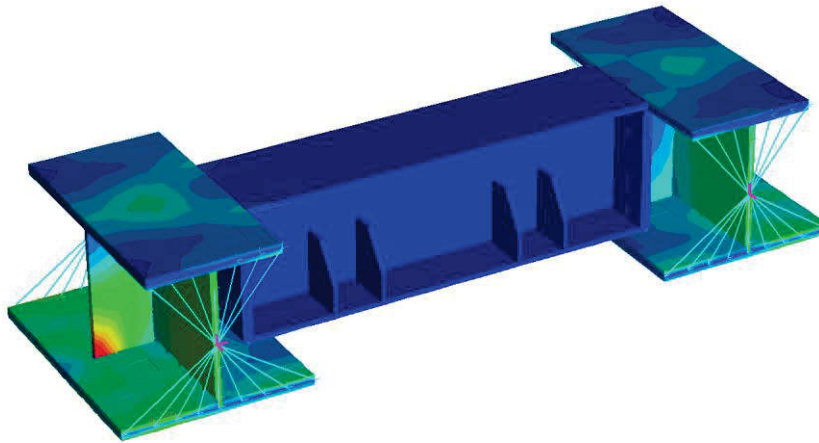
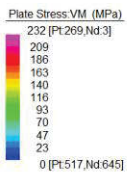
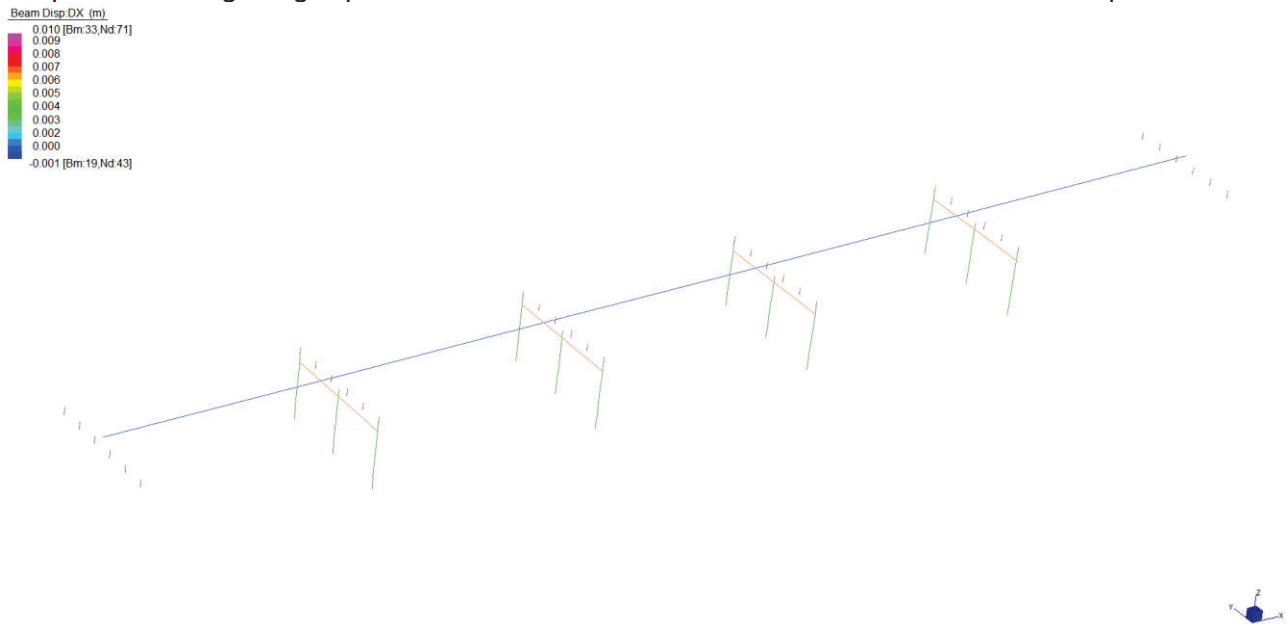


Figura 45: tensioni di Von Mises SLU – traverso di pila

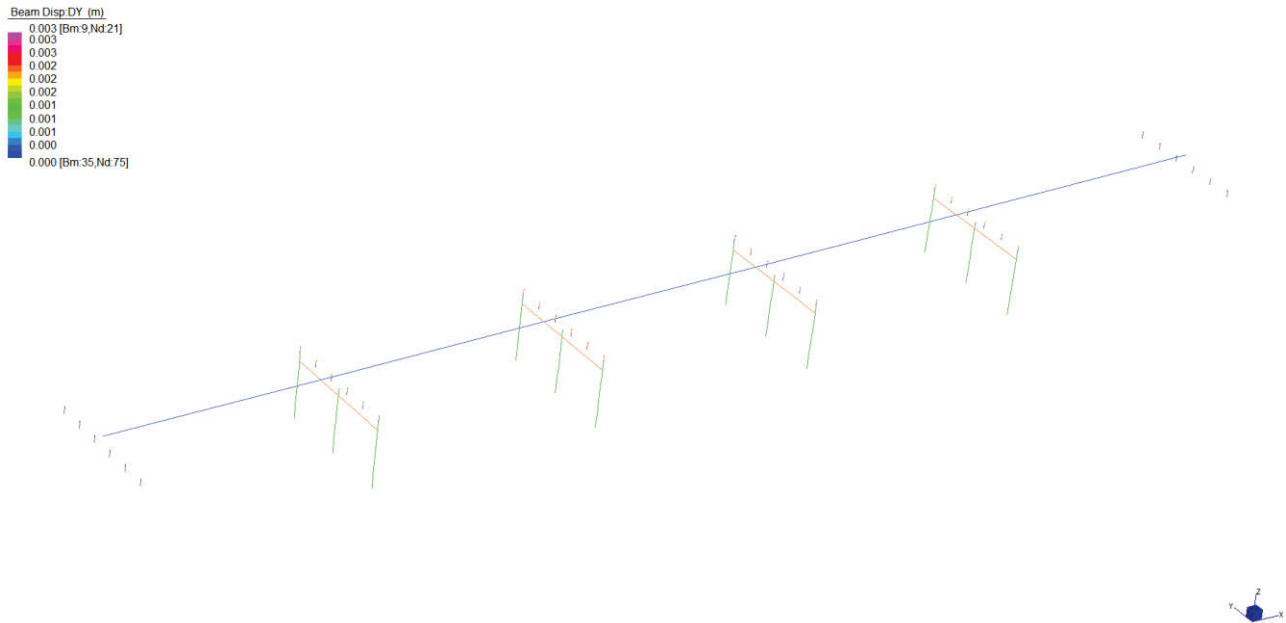
Le tensioni risultano inferiori al limite elastico del materiale, pari a  $f_{yd}=338\text{MPa}$ .

## 9.6 Dimensionamento dei giunti

Si riportano di seguito gli spostamenti massimi ottenuti in combinazione sismica con  $q=1$ .  
 Si riportano di seguito gli spostamenti massimi ottenuti in combinazione sismica con  $q=1$ .



**Figura 46: Spostamenti Appoggi SLV X+0.3Y q=1**



**Figura 47: Spostamenti Appoggi SLV Y+0.3X q=1**

Lo spostamento massimo è pari a circa 10mm.

In condizioni statiche, la deformazione dovuta all'azione termica risulta:

$$\varepsilon = \alpha \Delta T = 1.2 \times 10^{-5} \times 107 \times 27^\circ = 34.66 \text{ mm}$$

$$\text{In condizioni ultime si ottiene: } \varepsilon_{SLU} = 34.66 \times 1.2 = 41.61 \text{ mm}$$

Si prevede pertanto un giunto GPE100 che consente un escursione pari a  $\pm 50 \text{ mm}$ .



## 9.7 Dimensionamento degli appoggi

Si riportano di seguito le reazioni in appoggio per la combinazione più gravosa SLU e SLE.

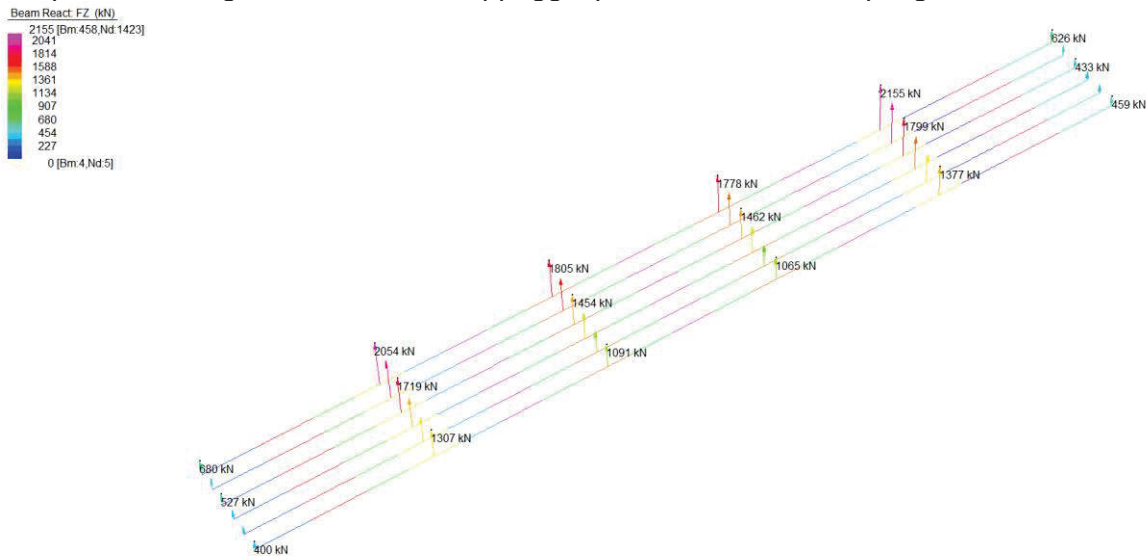


Figura 48: reazioni SLU

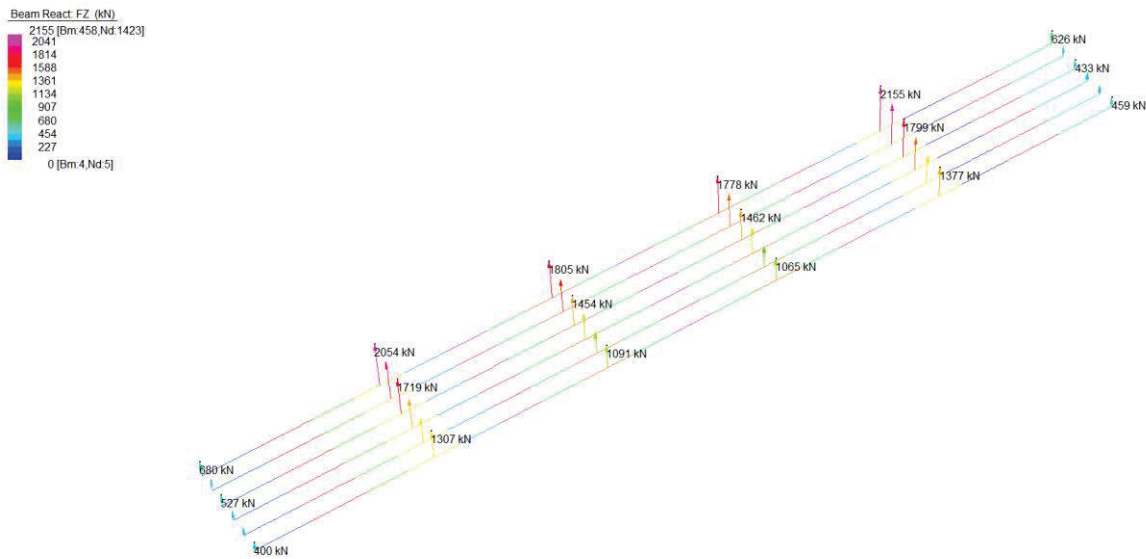


Figura 49: reazioni SLE

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	1212
	[Bm.7]	[Bm.6]
SF2(kN)	0	482
	[Bm.2]	[Bm.9]
AxForce(kN)	-1956	.80
	[Bm.15]	[Bm.24]

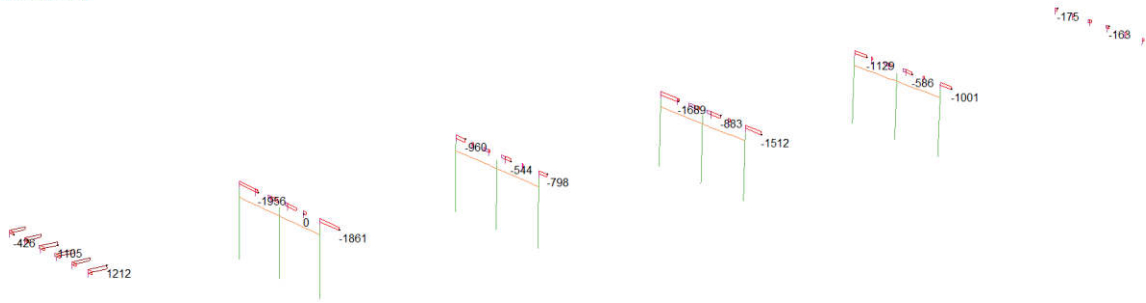


Figura 50: sollecitazioni agli appoggi – q=1 – X+0.3Y

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	633
	[Bm.7]	[Bm.6]
SF2(kN)	0	1529
	[Bm.2]	[Bm.9]
AxForce(kN)	-1775	168
	[Bm.15]	[Bm.8]

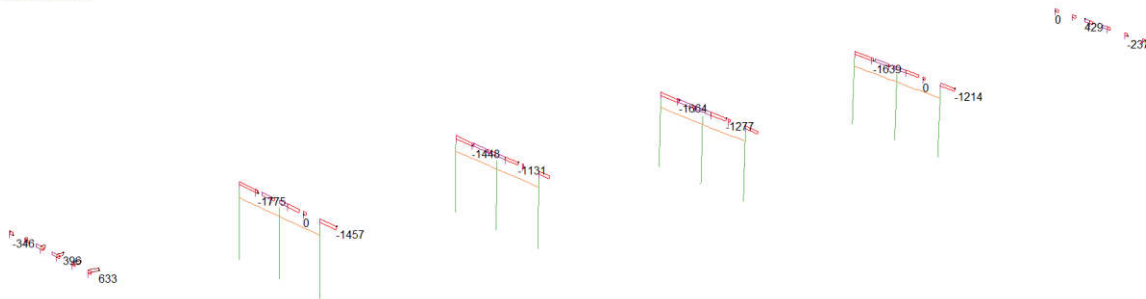


Figura 51: sollecitazioni agli appoggi – q=1 – Y+0.3X

Nella tabella seguente si riportano i valori dimensionanti per ciascun appoggio.

	Spalla A					
	SLU			SLV		
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
<b>UNI Trasv</b>	290	0	680	1034	0	269
<b>UNI Trasv</b>	290	0	564	1069	0	269
<b>Fisso</b>	290	51	527	1105	390	269
<b>Fisso</b>	290	51	439	1141	390	269
<b>UNI Trasv</b>	290	0	370	1176	0	269
<b>UNI Trasv</b>	290	0	328	1212	0	269

<b>Pila 1</b>						
	<b>SLU</b>			<b>SLV</b>		
	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>
<b>Multi</b>	0	0	2054	0	0	1491
<b>Multi</b>	0	0	1848	0	0	1491
<b>UNI Long</b>	0	82.5	1719	0	856	1491
<b>UNI Long</b>	0	82.5	1464	0	752	1491
<b>Multi</b>	0	0	1262	0	0	1491
<b>Multi</b>	0	0	1307	0	0	1491
<b>Pila 2</b>						
	<b>SLU</b>			<b>SLV</b>		
	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>
<b>Multi</b>	0	0	1805	0	0	1305
<b>Multi</b>	0	0	1597	0	0	1305
<b>UNI Long</b>	0	90	1454	0	1411	1305
<b>UNI Long</b>	0	90	1236	0	1302	1305
<b>Multi</b>	0	0	1061	0	0	1305
<b>Multi</b>	0	0	1091	0	0	1305
<b>Pila 3</b>						
	<b>SLU</b>			<b>SLV</b>		
	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>
<b>Multi</b>	0	0	1778	0	0	1268
<b>Multi</b>	0	0	1586	0	0	1268
<b>UNI Long</b>	0	91.5	1462	0	1529	1268
<b>UNI Long</b>	0	91.5	1214	0	1439	1268
<b>Multi</b>	0	0	1015	0	0	1268
<b>Multi</b>	0	0	1065	0	0	1268
<b>Pila 4</b>						
	<b>SLU</b>			<b>SLV</b>		
	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>	<b>Fx [kN]</b>	<b>Fy [kN]</b>	<b>Fz [kN]</b>
<b>Multi</b>	0	0	2155	0	0	1581
<b>Multi</b>	0	0	1932	0	0	1581
<b>UNI Long</b>	0	88.5	1799	0	1138	1581
<b>UNI Long</b>	0	88.5	1544	0	1007	1581
<b>Multi</b>	0	0	1338	0	0	1581
<b>Multi</b>	0	0	1377	0	0	1581

Di seguito è riportata la tipologia di ciascun appoggio scelta in funzione dei valori di carico dimensionanti.

**SLV:**

	<b><i>F<sub>x</sub> [kN]</i></b>	<b><i>F<sub>y</sub> [kN]</i></b>	<b><i>F<sub>z</sub> [kN]</i></b>	<b><i>Tipo Appoggio</i></b>
<b><i>UNI Trasv</i></b>	1212	0	680	VUH* 450-135/50
<b><i>Fisso</i></b>	1141	390	527	VFH 500-150
<b><i>Multi</i></b>	0	0	2155	VM 250/100/50
<b><i>UNI Long</i></b>	0	1529	2155	VUH 600-100/180

**SLC:**

	<b><i>F<sub>x</sub> [kN]</i></b>	<b><i>F<sub>y</sub> [kN]</i></b>	<b><i>F<sub>z</sub> [kN]</i></b>	<b><i>Tipi Appoggio</i></b>
<b><i>UNI Trasv</i></b>	1454	0	680	VUH* 500-150/50
<b><i>Fisso</i></b>	1396	468	527	VFH 500-150
<b><i>Multi</i></b>	0	0	2155	VM 250/100/50
<b><i>UNI Long</i></b>	0	1834	2155	VUH 700-100/210

## 10. VERIFICA DEI PIOLI

Si riportano di seguito le verifiche dei pioli per le sezioni di campata e di appoggio.

### 10.1 Sezione di campata

<b>Verifica pioli</b>				
Diametro del gambo del piolo	d	=	16	[mm]
Lunghezza del piolo	h	=	175	[mm]
Resistenza ultima a trazione	f <sub>u</sub>	=	450	[N/mm <sup>2</sup> ]
Classe del calcestruzzo	C	=	(35/45)	
Resistenza caratteristica cilindrica	f <sub>ck</sub>	=	35	[N/mm <sup>2</sup> ]
Valore medio del modulo secante	E <sub>cm</sub>	=	34.07715	[kN/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ <sub>v</sub>	=	1.25	
Resistenza a taglio di progetto	P <sub>Rd.1</sub>	=	57.91	[kN] P <sub>Rd.1</sub> =0,8 f <sub>u</sub> (π d <sup>2</sup> /4)/γ <sub>v</sub>
Resistenza a taglio di progetto	P <sub>Rd.2</sub>	=	64.86	[kN] P <sub>Rd.2</sub> =(0,29 α d <sup>2</sup> (f <sub>ck</sub> E <sub>cm</sub> ) <sup>0,5</sup> )/γ <sub>v</sub>
			57.91	[kN]
Forza di taglio agente sul giunto tempo 0	V <sub>Sd0</sub>	=	150	[kN]
Momento d'inerzia sezione mista tempo 0	J <sub>n0</sub>	=	1.26E+06	[cm <sup>4</sup> ]
Momento statico sezione mista tempo 0	S <sub>n0</sub>	=	1.59E+04	[cm <sup>3</sup> ]
Forza di scorrimento tempo 0	F <sub>sc0</sub>	=	189.45	[kN/m]
Forza di taglio agente sul giunto tempo infinito	V <sub>Sd∞</sub>	=	45.00	[kN]
Momento d'inerzia sezione mista tempo infinito	J <sub>n∞</sub>	=	9.34E+05	[cm <sup>4</sup> ]
Momento statico sezione mista tempo infinito	S <sub>n∞</sub>	=	9.54E+03	[cm <sup>3</sup> ]
Forza di scorrimento tempo infinito	F <sub>sc∞</sub>	=	45.97	[kN/m]
Forza di scorrimento totale/m lunghezza	F <sub>sc tot</sub>	=	235.42	[kN/m]
	l	=	1.00	[m]
Numero di pioli presenti nella lunghezza	n <sub>p</sub>	=	10	
Forza di taglio agente singolo piolo	F <sub>b,Sd</sub>	=	23.54	[kN] <b>Verifica soddisfatta</b>
Coefficiente parziale di sicurezza	γ <sub>Mb</sub>	=	1.25	
Resistenza a trazione del piolo	F <sub>t,Rd</sub>	=	65.14	[kN] F <sub>Rd,t</sub> =0,9 f <sub>u</sub> (π d <sup>2</sup> /4)/γ <sub>Mb</sub>
Forza di trazione di sfilamento	F <sub>t,Sd</sub>	=	5.79	[kN] <b>Verifica soddisfatta</b>

## 10.2 Sezione di appoggio

<b>Verifica pioli - sezione 2</b>					
Diametro del gambo del piolo	d	=	16	[mm]	
Lunghezza del piolo	h	=	175	[mm]	
Resistenza ultima a trazione	f <sub>u</sub>	=	450	[N/mm <sup>2</sup> ]	
Classe del calcestruzzo	C	=	(35/45)		
Resistenza caratteristica cilindrica	f <sub>ck</sub>	=	35	[N/mm <sup>2</sup> ]	
Valore medio del modulo secante	E <sub>cm</sub>	=	34.07715	[kN/mm <sup>2</sup> ]	
Coefficiente parziale di sicurezza	γ <sub>v</sub>	=	1.25		
Resistenza a taglio di progetto	P <sub>Rd,1</sub>	=	57.91	[kN]	P <sub>Rd,1</sub> =0,8 f <sub>u</sub> (π d <sup>2</sup> /4)/γ <sub>v</sub>
Resistenza a taglio di progetto	P <sub>Rd,2</sub>	=	64.86	[kN]	P <sub>Rd,2</sub> =(0,29 α d <sup>2</sup> (f <sub>ck</sub> E <sub>cm</sub> ) <sup>0,5</sup> )/γ <sub>v</sub>
			57.91	[kN]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo 0	V <sub>Sd0</sub>	=	528	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo 0	J <sub>n0</sub>	=	1.81E+06	[cm <sup>4</sup> ]	
Momento statico sezione mista tempo 0	S <sub>n0</sub>	=	2.16E+04	[cm <sup>3</sup> ]	
Forza di scorrimento tempo 0	F <sub>sc0</sub>	=	630.78	[kN/m]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo infinito	V <sub>Sd∞</sub>	=	250	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo infinito	J <sub>n∞</sub>	=	1.38E+06	[cm <sup>4</sup> ]	
Momento statico sezione mista tempo infinito	S <sub>n∞</sub>	=	1.25E+04	[cm <sup>3</sup> ]	
Forza di scorrimento tempo infinito	F <sub>sc∞</sub>	=	226.23	[kN/m]	
Forza di scorrimento totale/m lunghezza	F <sub>sc tot</sub> l	=	857.01 1.20	[kN/m] [m]	
Numero di pioli presenti nella lunghezza	n <sub>p</sub>	=	20		
Forza di taglio agente singolo piolo	F <sub>b,Sd</sub>	=	51.42	[kN]	Verifica soddisfatta
Coefficiente parziale di sicurezza	γ <sub>Mb</sub>	=	1.25		
Resistenza a trazione del piolo	F <sub>t,Rd</sub>	=	65.14	[kN]	F <sub>Rd,t</sub> =0,9 f <sub>u</sub> (π d <sup>2</sup> /4)/γ <sub>Mb</sub>
Forza di trazione di sfilamento	F <sub>t,Sd</sub>	=	5.79	[kN]	Verifica soddisfatta



## 11. TRALICCI PREDALLES

Si riportano di seguito le verifiche delle lastre predalles.

Geometria													
carico di servizio (operaio)		carico di servizio (operaio)											
		APPOGGIO		APPOGGIO		getto		19 [cm]					
L1		L2				lastra		6 [cm]					
1.15 [m]		2.24 [m]				operaio		1.00 [kN]					
Dati lastre													
Larghezza lastre		263 [cm]		PP lastra		5.33 [kN/m]		Q getto		16.86 [kN/m]			
								Acc		0.75 [kN/mq] (eventuale sovraccarico)			
Traliccio tipo				1 ferro sup		16 [mm]		As sup =		201 [mm^2]			
				staffe		8 [mm]		As staffe =		50 [mm^2]			
				2 ferri inf		12 [mm]		As tot inf =		226 [mm^2]			
		H traliccio		16.5 [cm]		interasse ferri inferiori		10 [cm]		n° tralicci per lastra		3	
Sollecitazioni lastre													
Max M-		17.13 [kNm/lastra]		Tmax sbalzo		28.79 [kN/lastra]							
				Tmax campata		28.06 [kN/lastra]							
		Max M+		13.95 [kNm/lastra]									
Verifica sbalzo													
Max M-		17.13 [kNm/lastra]		Trazione ferri sup		103.81 [kN]		tensione ferri sup		172.10 [Mpa]		OK	
				Compressione ferri inf		-103.81 [kN]		raggio inerzia ferri inf		3 [mm]			
								lunghezza sbandamento		200 [mm]			
								fattore di sbandamento		66.67			
								fattore ω		1.33			
								tensione ferri inf		-202.94 [Mpa]		OK	
Verifica campata													
Max M+		13.95 [kNm/lastra]		Trazione ferri inf		84.57 [kN]		tensione ferri inf		124.63 [Mpa]		OK	
				Compressione ferri sup		-84.57 [kN]		raggio inerzia ferro sup		4 [mm]			
								lunghezza sbandamento		200 [mm]			
								fattore di sbandamento		50.00			
								fattore ω		1.16			
								tensione ferri sup		-162.58 [Mpa]		OK	
Verifica taglio max													
Max T		28.79 [kN/lastra]		Compressione ferri diagonali		-17.59 [kN]		raggio inerzia ferro diag		2 [mm]			
								lunghezza sbandamento		193 [mm]			
								fattore di sbandamento		96.47			
								fattore ω		2.02			
								tensione ferri inf		-235.47 [Mpa]		OK	

Si prevedono lastre di larghezza 120cm a tre tralicci con le seguenti caratteristiche:

- Altezza traliccio: 16.5cm
- Armatura superiore: 1φ16
- Armatura inferiore: 2φ12
- Staffe φ8

## 12. SOLETTA DI IMPALCATO

Si riporta di seguito la verifica della soletta di impalcato con il dimensionamento delle armature trasversali.

### 12.1 Modellazione FEM

Il modello di calcolo considerato per la determinazione delle sollecitazioni rappresenta lo sviluppo trasversale della soletta in appoggio sulle sottostanti travi metalliche per un campo di 4 metri.

La soletta e i cordoli sono discretizzati mediante elementi *plate/shell* aventi il reale spessore delle strutture, il peso delle barriere è applicato a *beam* fittizi aventi la sola funzione di trasmissione del carico.

La forza d'urto sulla barriera è valutata pari a 100kN, come indicato nelle NTC2018.

Le azioni accidentali sono applicate sia prendendo come riferimento sia lo schema 1 che lo schema 2 (quest'ultimo disposto ortogonalmente all'asse dell'impalcato in modo da massimizzare la componente flettente). La soletta è vincolata verticalmente in corrispondenza delle piattabande delle travi metalliche e nel piano mediante vincoli nodali in XY in corrispondenza delle piolature.

Si riporta di seguito il modello di calcolo.

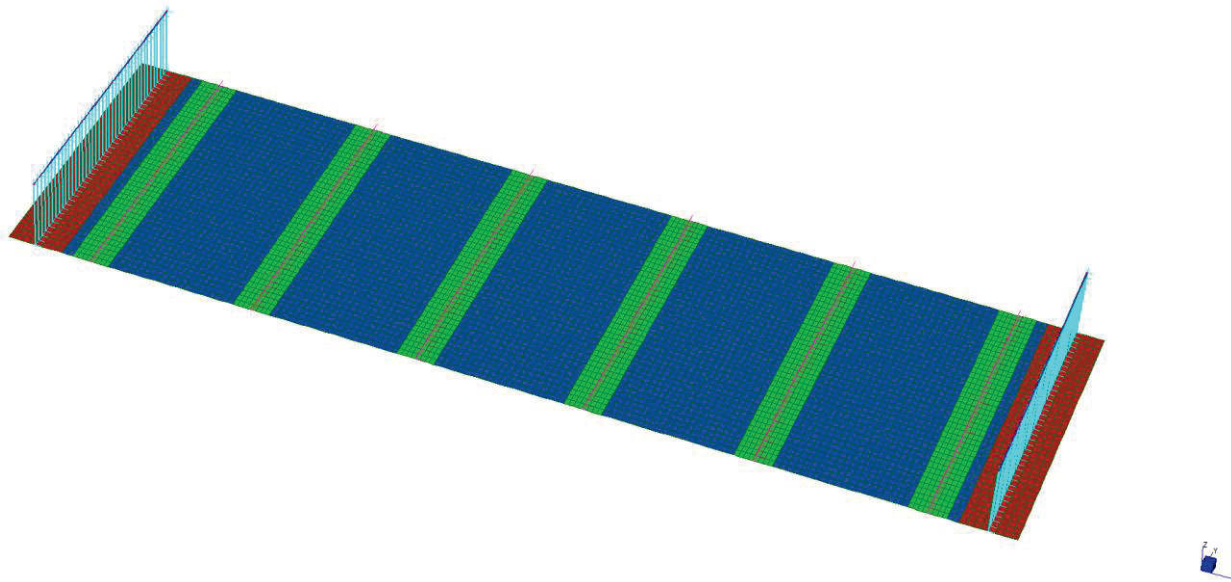


Figura 52: Modello FEM della soletta

#### 12.1.1 Carichi applicati

I carichi applicati sono elencati di seguito:

- Peso proprio strutturale della soletta e del cordolo
- Carichi permanenti della pavimentazione e delle barriere
- Carico accidentale secondo schema 1
- Carico accidentale secondo schema 2 (due impronte da 200kN di dimensioni in pianta 0.6x0.35mq)
- Forza d'urto pari a 100kN, applicata ad un metro di altezza

Si riportano di seguito le visualizzazioni dei carichi applicati.

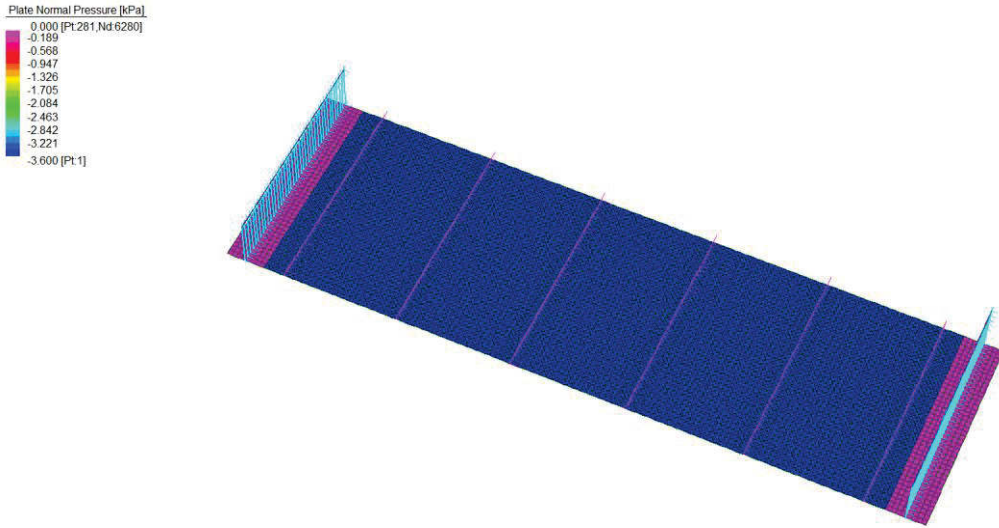


Figura 53: Carichi permanenti non strutturali

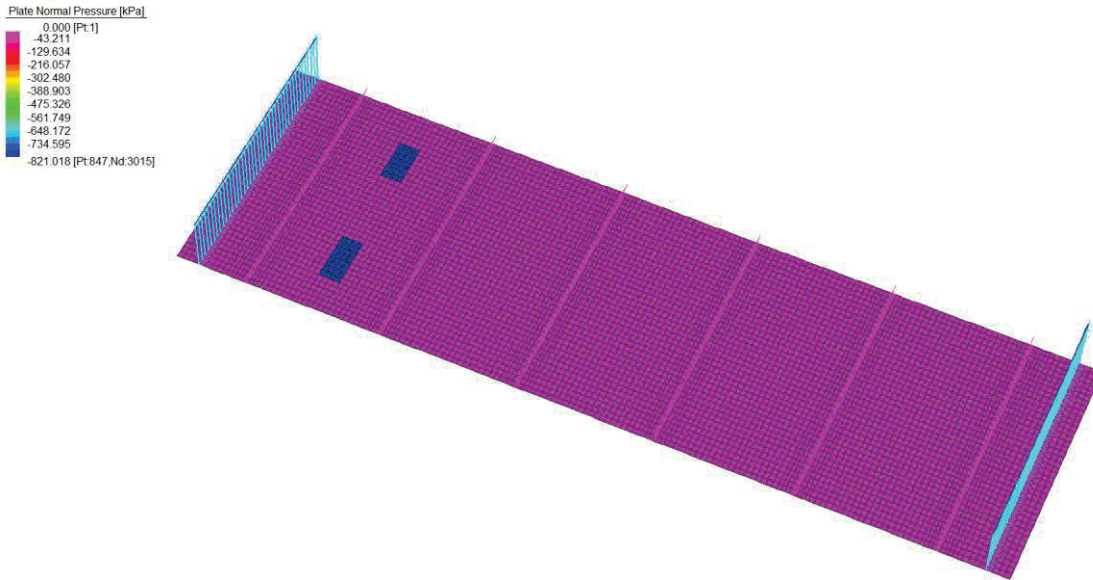


Figura 54: Carichi accidentali – schema 2 – pos.1

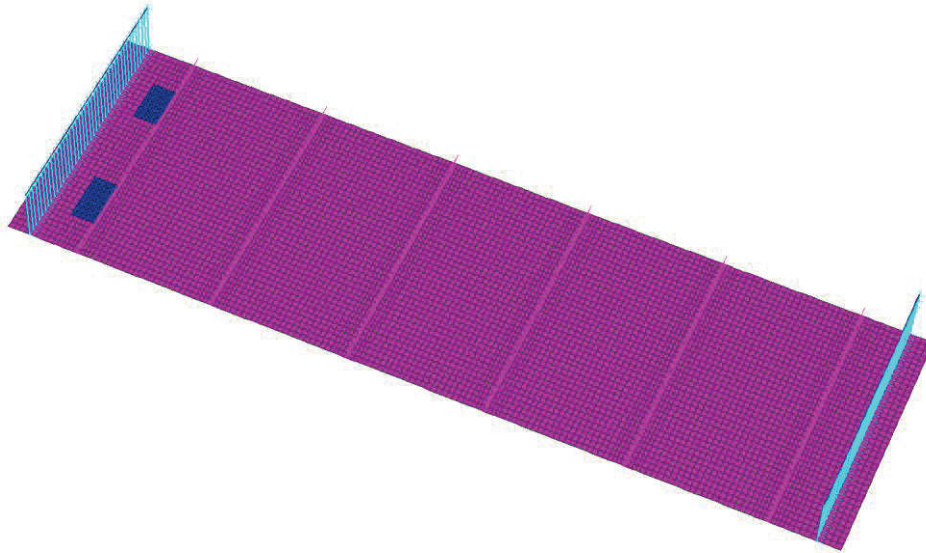
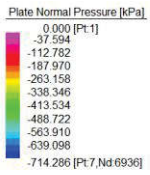


Figura 55: Carichi accidentali – schema 2 – pos.2

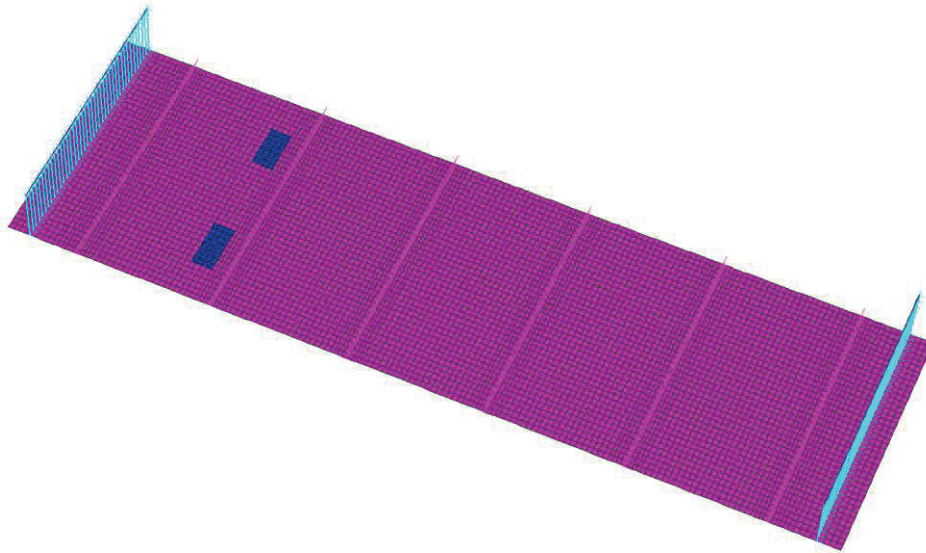
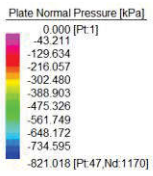


Figura 56: Carichi accidentali – schema 2 – pos.3



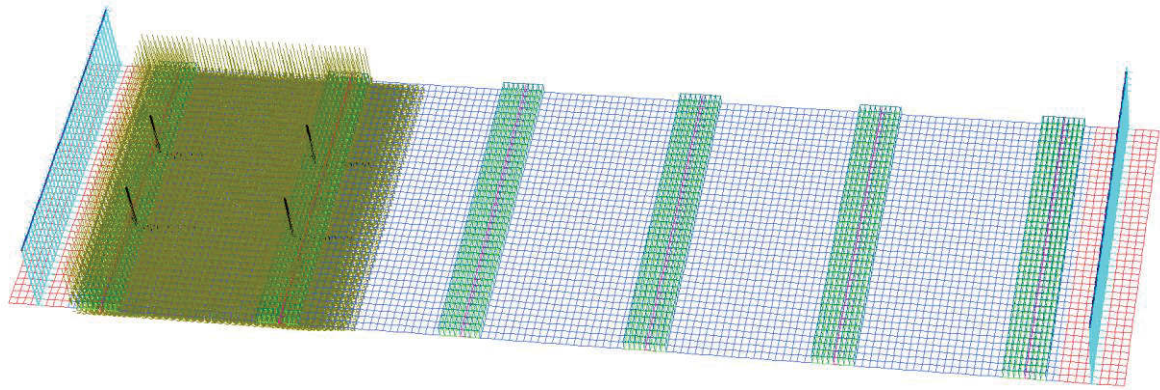


Figura 57: Carichi accidentali – schema 1 – sbalzo

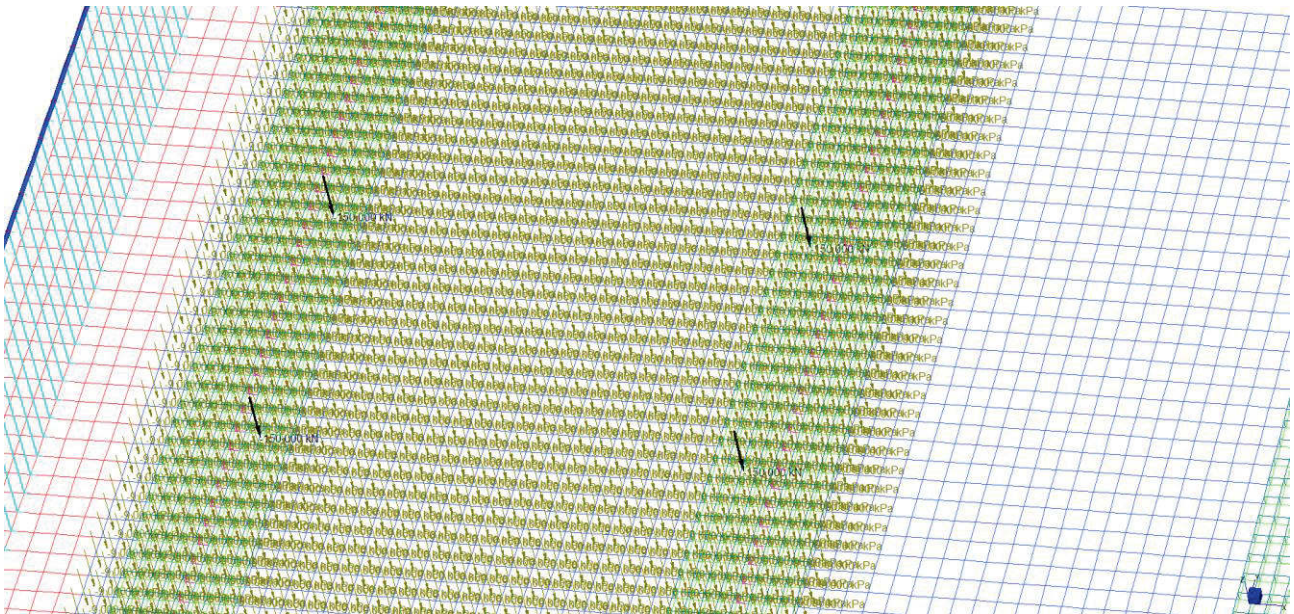


Figura 58: Carichi accidentali – schema 1 – sbalzo (zoom carichi)

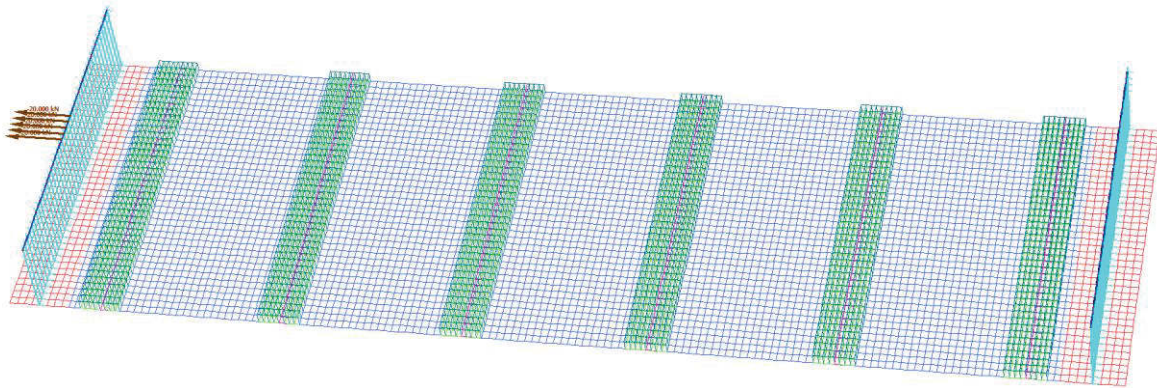


Figura 59: Carichi accidentali – Urto

## 12.2 Verifiche SLU/SLE

Si riportano di seguito le sollecitazioni ottenute per le combinazioni più gravose.

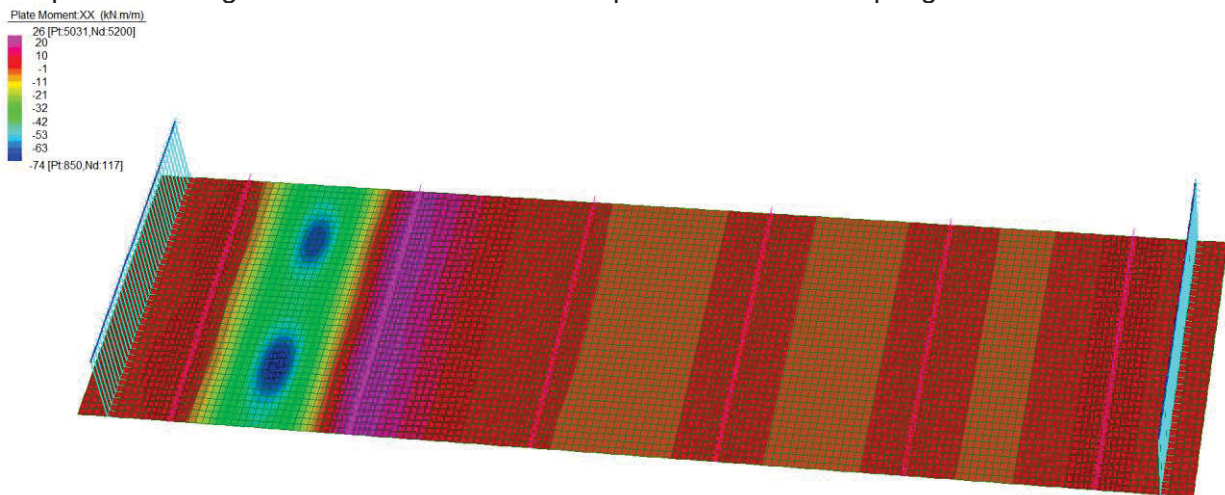


Figura 60: Massimo momento in campata SLU



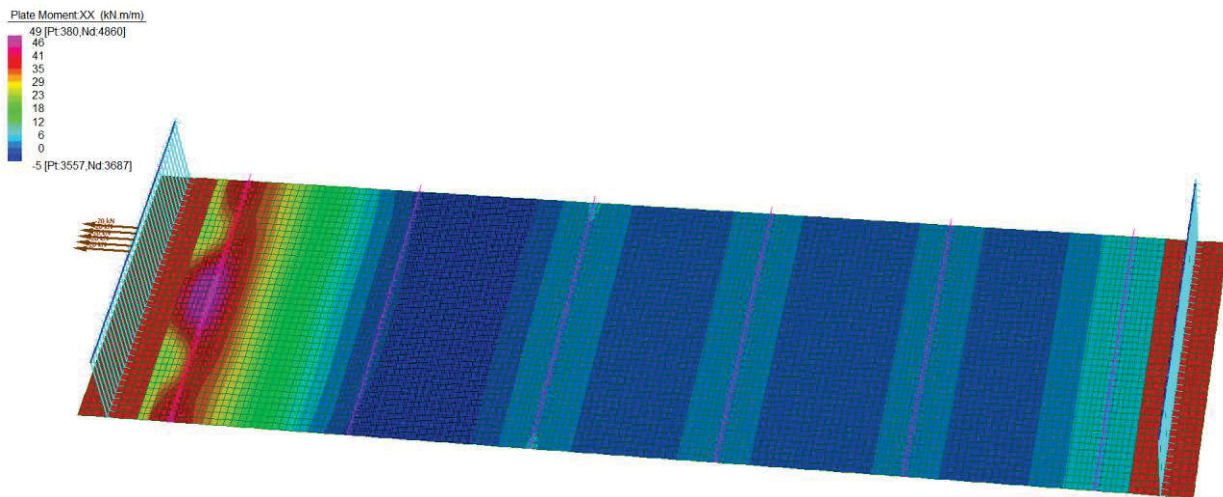


Figura 61: Massimo momento in appoggio SLU (urto)

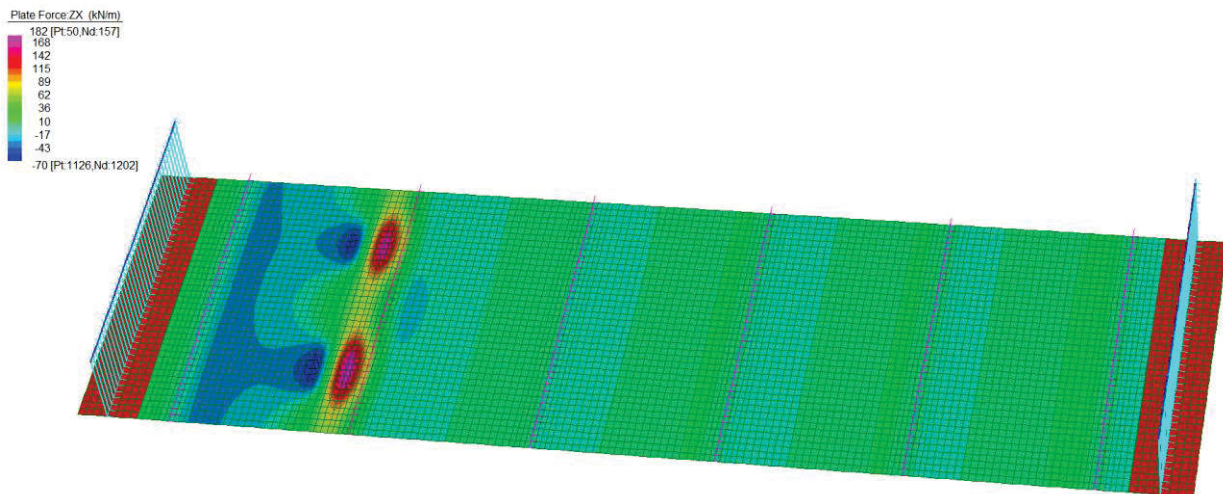


Figura 62: Massimo taglio SLU

La sezione tipologica, di spessore 25cm, risulta armata mediante  $5\phi 20/m$  superiori e  $10\phi/m$  inferiori. Si riportano di seguito le verifiche a flessione della sezione. Non si prevede armatura a taglio specifica.

Descrizione Sezione:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45

Resis. compr. di progetto fcd:	21.170	MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	34625.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.350	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	210.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	25.0
3	50.0	25.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	20
2	-45.0	20.0	20
3	45.0	20.0	20
4	45.0	5.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	20
2	1	4	8	20

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y

N°Comb.	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
	Vx	N	Mx	My	Vy
1		0.00	74.00	0.00	0.00
2		-74.00	-49.00	0.00	0.00
3		0.00	0.10	0.00	182.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	55.00	0.00
2	0.00	-24.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	55.00 (47.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	-24.00 (-43.38)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3.00 (47.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	-5.00 (-43.38)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

1	S	0.00	74.00	0.00	0.00	210.12	0.00	2.84	31.4(3.9)
2	S	-74.00	-49.00	0.00	-73.84	-110.81	0.00	2.22	15.7(3.9)
3	S	0.00	0.10	0.00	0.00	210.12	0.00	999.00	31.4(3.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.303	-50.0	25.0	0.00061	45.0	20.0	-0.00807	-45.0	5.0
2	0.00350	0.226	-50.0	0.0	-0.00037	-45.0	5.0	-0.01200	45.0	20.0
3	0.00350	0.303	-50.0	25.0	0.00061	45.0	20.0	-0.00807	-45.0	5.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000578322	-0.010958038	0.303	0.818
2	0.000000000	-0.000774796	0.003500000	0.226	0.722
3	0.000000000	0.000578322	-0.010958038	0.303	0.818

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio $V_y$ di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.00	182.52	20.0	100.0	0.0157	0.00
2	S	0.00	0.00	20.0	100.0	0.0000	0.00
3	S	182.00	182.52	20.0	100.0	0.0157	0.00

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.90	-50.0	25.0	-105.5	-25.0	5.0	550	31.4
2	S	3.06	50.0	0.0	-89.8	22.5	20.0	600	15.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.90	-50.0	25.0	-105.5	-25.0	5.0	550	31.4

2 S 3.06 50.0 0.0 -89.8 22.5 20.0 600 15.7

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e\_sm - e\_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1 0.00	S	-0.00077	0	0.500	20.0	40	0.00032 (0.00032)	196	0.062 (0.20)	47.38	
2 0.00	S	-0.00062	0	0.500	20.0	40	0.00027 (0.00027)	266	0.072 (0.20)	-43.38	

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.32	-50.0	25.0	-5.8	-45.0	5.0	550	31.4
2	S	0.64	50.0	0.0	-18.7	22.5	20.0	600	15.7

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1 0.00	S	-0.00004	0	0.500	20.0	40	0.00002 (0.00002)	196	0.003 (0.20)	47.38	
2 0.00	S	-0.00013	0	0.500	20.0	40	0.00006 (0.00006)	266	0.015 (0.20)	-43.38	

## 13. SOTTOSTRUTTURE

### 13.1 Pile

Si riportano di seguito le sollecitazioni agenti alla base delle pile, statiche e sismiche.  
La convenzione sulle direzioni di sollecitazione è la seguente:

*Fz: Forza vert*

*Fy: Forza trasv*

*Fx: Forza Long*

*Mz: Torsione*

*My: Flessione dir Long*

*Mx: Flessione dir Trasv*

#### 13.1.1 Combinazioni statiche con Nmax

	ID	SLU Traffico						SLU Vento					
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1-A	40	-271	3927	391	5	29	31	-287	3584	470	8	20
pila	1-B	9	86	4804	95	-2	44	7	31	4422	209	-2	32
pila	1-C	45	205	2724	-40	-2	67	33	158	2625	71	-5	50
pila	2-A	35	-244	3670	414	-5	32	26	-265	3340	496	-3	24
pila	2-B	9	63	4398	143	0	47	7	11	4037	259	0	35
pila	2-C	47	157	2453	29	5	66	35	114	2366	140	3	50
pila	3-A	39	-255	3655	399	4	35	29	-272	3324	487	3	26
pila	3-B	8	72	4384	132	0	47	6	18	4016	253	0	35
pila	3-C	47	159	2432	13	-4	68	35	114	2344	131	-3	51
pila	4-A	36	-296	4100	457	-40	59	26	-310	3738	532	-34	46
pila	4-B	12	90	4897	118	6	62	10	32	4526	236	6	47
pila	4-C	62	177	2593	9	34	83	47	136	2547	114	28	62

	ID	SLE Traffico						SLE Vento					
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1-A	30	-194	2854	275	3	21	23	-203	2599	326	5	15
pila	1-B	7	66	3498	59	-1	32	5	28	3215	137	-1	24
pila	1-C	33	151	1968	-37	-1	49	25	119	1896	37	-3	37
pila	2-A	26	-174	2669	291	-3	24	20	-187	2423	344	-2	18
pila	2-B	7	50	3206	93	0	35	5	13	2938	171	0	26
pila	2-C	35	117	1773	12	3	49	26	87	1710	86	2	37
pila	3-A	29	-182	2659	280	3	26	22	-193	2412	337	2	20
pila	3-B	6	57	3197	85	0	35	5	18	2924	167	0	26
pila	3-C	35	118	1758	0	-3	50	26	87	1695	79	-2	38
pila	4-A	26	-212	2979	323	-29	44	19	-220	2710	371	-25	34
pila	4-B	9	69	3563	75	4	46	7	28	3288	155	4	35
pila	4-C	46	130	1868	-2	25	62	35	103	1836	68	21	46

#### 13.1.2 Combinazioni statiche con Nmin

	ID	SLU Traffico						SLU Vento					
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1-A	40	-222	3242	348	5	29	31	-237	2898	427	7	21
pila	1-B	9	86	3894	95	-1	44	7	31	3512	209	-1	32
pila	1-C	45	156	2039	3	-3	66	33	109	1940	114	-5	49
pila	2-A	35	-201	3045	376	-5	32	26	-221	2716	458	-3	24
pila	2-B	9	63	3581	143	0	47	7	11	3219	259	0	35
pila	2-C	47	114	1829	68	5	66	35	70	1742	178	3	50
pila	3-A	39	-212	3037	361	4	35	29	-230	2706	449	3	26
pila	3-B	8	72	3579	132	0	47	6	18	3211	253	0	35
pila	3-C	47	116	1815	51	-4	68	35	71	1726	168	-3	51
pila	4-A	36	-244	3388	411	-39	58	26	-258	3027	486	-33	45
pila	4-B	12	90	3948	118	4	62	9	32	3577	236	4	47
pila	4-C	62	125	1881	54	35	84	47	85	1835	160	29	63



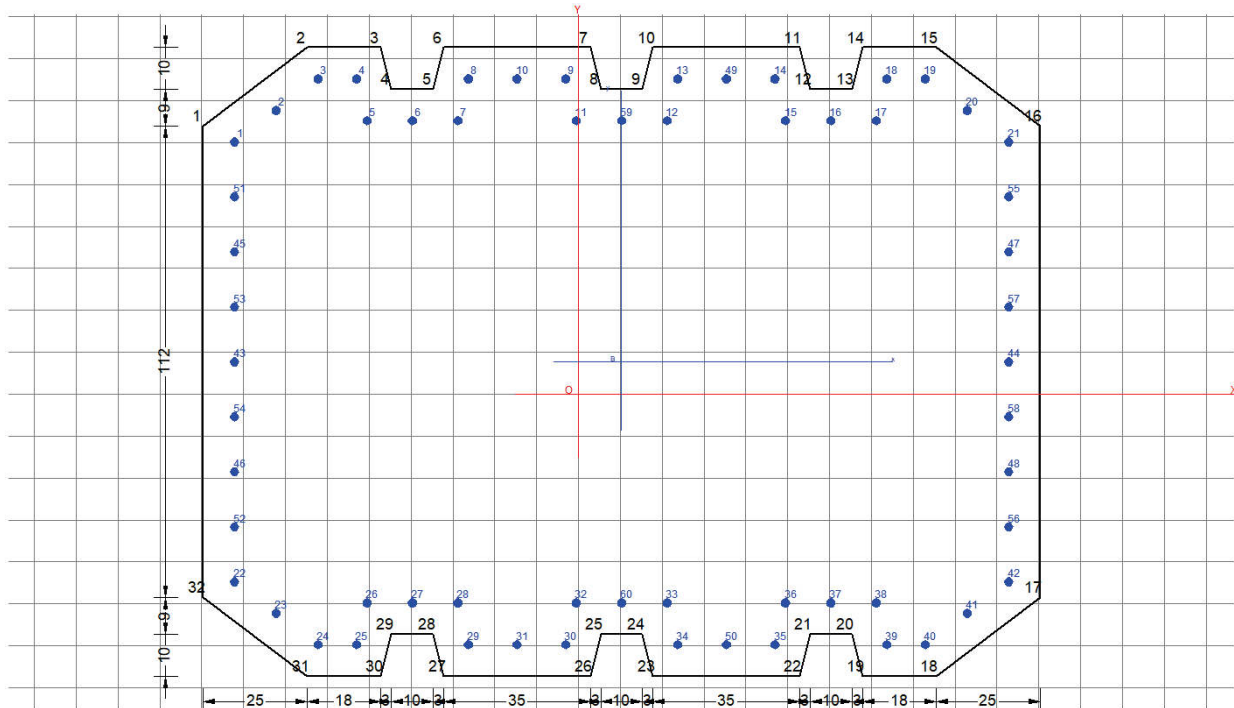
	ID	SLE Traffico						SLE Vento					
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1-A	30	-194	2854	275	3	21	23	-203	2599	326	5	15
pila	1-B	7	66	3498	59	-1	32	5	28	3215	137	-1	24
pila	1-C	33	151	1968	-37	-1	49	25	119	1896	37	-3	37
pila	2-A	26	-174	2669	291	-3	24	20	-187	2423	344	-2	18
pila	2-B	7	50	3206	93	0	35	5	13	2938	171	0	26
pila	2-C	35	117	1773	12	3	49	26	87	1710	86	2	37
pila	3-A	29	-182	2659	280	3	26	22	-193	2412	337	2	20
pila	3-B	6	57	3197	85	0	35	5	18	2924	167	0	26
pila	3-C	35	118	1758	0	-3	50	26	87	1695	79	-2	38
pila	4-A	26	-212	2979	323	-29	44	19	-220	2710	371	-25	34
pila	4-B	9	69	3563	75	4	46	7	28	3288	155	4	35
pila	4-C	46	130	1868	-2	25	62	35	103	1836	68	21	46

### 13.1.3 Combinazioni sismiche $q=1.5$

	ID	SLV X+0.3Y						SLV Y+0.3X					
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1-A	-118	-188	2564	533	-567	3	-3	-454	2550	1629	-15	-47
pila	1-B	-147	-136	2163	519	-694	-9	-44	-454	1976	1729	-208	-31
pila	1-C	118	-47	2384	412	567	3	3	-328	1952	1521	15	-47
pila	2-A	124	-239	1772	827	595	-27	58	-704	2351	2677	277	-38
pila	2-B	-133	-227	1449	868	632	-6	-40	-758	1639	2893	189	-20
pila	2-C	-124	-154	1469	754	-595	-27	-58	-604	1344	2592	-277	-38
pila	3-A	102	-275	2321	916	493	-10	19	-770	2530	2930	93	13
pila	3-B	-121	-249	1897	950	574	3	-36	-830	1748	3167	172	11
pila	3-C	-102	-155	1991	814	-493	-10	-19	-662	1428	2837	-93	13
pila	4-A	-96	-206	1986	670	-459	28	-62	-578	2539	2139	-294	57
pila	4-B	97	-180	1654	688	458	9	29	-601	1884	2293	137	31
pila	4-C	96	-105	1747	583	459	28	62	-459	1744	2037	294	57

### 13.1.4 Verifiche SLU/SLE

La sezione è armata mediante  $60\phi 20$  longitudinali e  $\phi 16/200$  trasversali.  
Si riportano di seguito le verifiche delle pile per le diverse combinazioni.



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	8.500	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-89.7	63.9
2	-64.7	82.7
3	-47.2	82.7
4	-44.7	72.7
5	-34.7	72.7
6	-32.2	82.7
7	2.8	82.7
8	5.3	72.7
9	15.3	72.7
10	17.8	82.7
11	52.8	82.7
12	55.3	72.7
13	65.3	72.7
14	67.8	82.7
15	85.4	82.7
16	110.3	63.9
17	110.3	-48.5
18	85.4	-67.3
19	67.8	-67.3
20	65.3	-57.3
21	55.3	-57.3
22	52.8	-67.3
23	17.8	-67.3
24	15.3	-57.3
25	5.3	-57.3
26	2.8	-67.3
27	-32.2	-67.3
28	-34.7	-57.3
29	-44.7	-57.3
30	-47.2	-67.3
31	-64.7	-67.3
32	-89.7	-48.5

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-82.2	60.2	20
2	-72.2	67.7	20
3	-62.2	75.2	20
4	-53.0	75.2	20
5	-50.5	65.2	20
6	-39.7	65.2	20
7	-28.8	65.2	20
8	-26.3	75.2	20
9	-3.0	75.2	20
10	-14.7	75.2	20
11	-0.5	65.2	20
12	21.2	65.2	20
13	23.7	75.2	20
14	47.0	75.2	20
15	49.5	65.2	20
16	60.3	65.2	20
17	71.2	65.2	20
18	73.7	75.2	20
19	82.9	75.2	20
20	92.9	67.7	20
21	102.8	60.2	20
22	-82.2	-44.8	20
23	-72.2	-52.3	20
24	-62.2	-59.8	20
25	-53.0	-59.8	20
26	-50.5	-49.8	20
27	-39.7	-49.8	20
28	-28.8	-49.8	20
29	-26.3	-59.8	20
30	-3.0	-59.8	20
31	-14.7	-59.8	20
32	-0.5	-49.8	20
33	21.2	-49.8	20
34	23.7	-59.8	20
35	47.0	-59.8	20
36	49.5	-49.8	20
37	60.3	-49.8	20
38	71.2	-49.8	20
39	73.7	-59.8	20
40	82.9	-59.8	20
41	92.9	-52.3	20
42	102.8	-44.8	20
43	-82.2	7.7	20
44	102.8	7.7	20
45	-82.2	33.9	20
46	-82.2	-18.5	20
47	102.8	33.9	20
48	102.8	-18.5	20
49	35.3	75.2	20
50	35.3	-59.8	20
51	-82.2	47.1	20
52	-82.2	-31.6	20
53	-82.2	20.8	20
54	-82.2	-5.4	20
55	102.8	47.1	20
56	102.8	-31.6	20
57	102.8	20.8	20
58	102.8	-5.4	20
59	10.3	65.2	20
60	10.3	-49.8	20

## ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm

Passo staffe: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3241.90	4.60	347.60	40.05	221.85
2	2898.48	7.00	426.80	30.86	237.49
3	2563.51	567.40	532.61	117.82	187.73
4	2550.10	14.93	1629.03	2.60	454.44
5	3894.20	1.00	94.50	9.45	85.50
6	3512.15	1.00	209.48	7.09	31.13
7	2162.51	694.44	518.82	146.50	136.11
8	1976.24	208.34	1729.41	43.95	453.71
9	2038.60	2.60	3.40	45.00	155.70
10	1939.90	5.00	113.65	32.93	108.68
11	2384.17	567.40	412.47	117.82	47.09
12	1952.28	14.93	1521.24	2.60	328.31
13	3045.35	4.50	375.65	35.10	201.00
14	2715.54	2.55	458.04	26.33	221.40
15	1771.69	594.94	826.76	123.83	238.81
16	2351.16	276.67	2677.24	57.97	704.21
17	3580.85	0.10	142.65	9.45	63.00
18	3219.39	0.10	258.79	7.09	10.95
19	1448.75	631.53	867.90	133.24	227.47
20	1638.55	189.45	2893.01	39.97	758.24
21	1828.55	4.50	67.60	47.25	114.15
22	1741.89	2.55	178.00	35.44	70.46
23	1469.47	594.94	753.97	123.83	153.76
24	1343.75	276.67	2591.85	57.97	604.38
25	3037.35	4.05	361.15	39.15	212.15
26	2706.11	3.04	449.39	29.36	229.51
27	2321.36	493.22	916.39	102.44	274.84
28	2529.94	93.43	2930.12	19.06	770.41
29	3578.85	0.10	131.85	8.10	72.45
30	3210.64	0.10	253.16	6.08	18.04
31	1896.70	573.89	950.00	121.07	249.00
32	1748.39	172.20	3166.68	36.31	830.00
33	1814.70	4.05	51.05	47.25	115.85
34	1726.43	3.04	168.31	35.44	71.49
35	1990.63	493.22	813.89	102.44	154.89
36	1427.51	93.43	2837.46	19.06	662.02
37	3388.25	39.35	411.30	35.55	244.05
38	3026.71	33.31	486.23	25.84	258.11
39	1985.80	459.36	669.69	95.67	206.13
40	2538.89	293.80	2139.06	61.62	578.16
41	3947.65	4.00	117.90	11.80	89.55
42	3576.74	4.00	236.10	9.10	31.69
43	1654.41	457.95	687.91	96.61	180.36
44	1884.32	137.40	2293.02	28.99	601.19
45	1881.20	35.35	54.45	61.65	125.25
46	1835.38	29.31	160.09	47.06	84.86
47	1747.29	459.36	583.24	95.67	105.08
48	1743.84	293.80	2037.36	61.62	459.20

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2854.40	3.40	274.80
2	2598.50	5.00	326.00
3	3498.00	1.00	58.80
4	3215.00	1.00	136.50
5	1967.60	1.40	37.20
6	1896.00	3.00	37.00
7	2669.20	3.40	291.40
8	2423.25	2.00	344.25
9	3206.00	0.00	93.40
10	2938.25	0.00	171.25
11	1772.80	3.40	12.40
12	1710.25	2.00	86.00
13	2658.80	3.00	280.20
14	2411.75	2.25	337.25
15	3197.00	0.00	85.20
16	2924.25	0.00	166.75
17	1758.20	3.00	0.20
18	1694.50	2.25	78.75
19	2979.20	29.40	323.00
20	2709.75	24.75	370.50
21	3563.00	4.00	75.40
22	3288.25	4.00	155.00
23	1867.80	25.40	2.00
24	1835.50	20.75	68.25

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.9 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3241.90	4.60	347.60	3242.10	93.02	8880.23	25.55	188.5(84.9)
2	S	2898.48	7.00	426.80	2898.76	114.66	8646.85	20.26	188.5(84.9)
3	S	2563.51	567.40	532.61	2563.75	5285.69	5004.47	9.35	188.5(84.9)
4	S	2550.10	14.93	1629.03	2550.26	66.71	8409.84	5.16	188.5(84.9)
5	S	3894.20	1.00	94.50	3894.09	75.63	9308.98	98.50	188.5(84.9)
6	S	3512.15	1.00	209.48	3512.33	36.73	9063.99	43.27	188.5(84.9)
7	S	2162.51	694.44	518.82	2162.50	5424.39	4052.42	7.81	188.5(84.9)
8	S	1976.24	208.34	1729.41	1976.48	943.75	7910.68	4.57	188.5(84.9)
9	S	2038.60	2.60	3.40	2038.49	4483.11	5890.54	999.00	188.5(84.9)
10	S	1939.90	5.00	113.65	1939.71	372.22	7965.97	70.10	188.5(84.9)
11	S	2384.17	567.40	412.47	2384.09	5552.87	4034.19	9.78	188.5(84.9)
12	S	1952.28	14.93	1521.24	1952.34	71.55	7994.18	5.26	188.5(84.9)
13	S	3045.35	4.50	375.65	3045.51	84.13	8748.22	23.29	188.5(84.9)
14	S	2715.54	2.55	458.04	2715.29	40.90	8525.11	18.61	188.5(84.9)
15	S	1771.69	594.94	826.76	1771.69	4253.87	5931.11	7.17	188.5(84.9)

16	S	2351.16	276.67	2677.24	2351.01	834.60	8191.26	3.06	188.5(84.9)
17	S	3580.85	0.10	142.65	3580.81	3.44	9113.11	63.88	188.5(84.9)
18	S	3219.39	0.10	258.79	3219.54	1.92	8869.99	34.27	188.5(84.9)
19	S	1448.75	631.53	867.90	1448.61	4156.79	5756.73	6.62	188.5(84.9)
20	S	1638.55	189.45	2893.01	1638.41	508.03	7738.76	2.68	188.5(84.9)
21	S	1828.55	4.50	67.60	1828.42	517.64	7874.20	116.47	188.5(84.9)
22	S	1741.89	2.55	178.00	1741.86	102.37	7844.07	44.07	188.5(84.9)
23	S	1469.47	594.94	753.97	1469.33	4376.68	5499.55	7.32	188.5(84.9)
24	S	1343.75	276.67	2591.85	1343.65	834.94	7481.11	2.89	188.5(84.9)
25	S	3037.35	4.05	361.15	3037.38	77.38	8743.79	24.21	188.5(84.9)
26	S	2706.11	3.04	449.39	2706.08	46.49	8519.98	18.96	188.5(84.9)
27	S	2321.36	493.22	916.39	2321.50	3706.17	6891.84	7.52	188.5(84.9)
28	S	2529.94	93.43	2930.12	2530.11	287.64	8383.71	2.86	188.5(84.9)
29	S	3578.85	0.10	131.85	3578.96	3.72	9112.06	69.11	188.5(84.9)
30	S	3210.64	0.10	253.16	3210.60	1.96	8863.99	35.01	188.5(84.9)
31	S	1896.70	573.89	950.00	1896.77	3899.11	6401.97	6.75	188.5(84.9)
32	S	1748.39	172.20	3166.68	1748.68	438.16	7824.55	2.47	188.5(84.9)
33	S	1814.70	4.05	51.05	1814.52	598.91	7855.67	153.84	188.5(84.9)
34	S	1726.43	3.04	168.31	1726.29	128.29	7831.25	46.53	188.5(84.9)
35	S	1990.63	493.22	813.89	1990.54	3930.35	6447.11	7.93	188.5(84.9)
36	S	1427.51	93.43	2837.46	1427.55	224.45	7610.54	2.68	188.5(84.9)
37	S	3388.25	39.35	411.30	3388.33	856.73	8886.07	21.61	188.5(84.9)
38	S	3026.71	33.31	486.23	3026.94	610.13	8683.65	17.86	188.5(84.9)
39	S	1985.80	459.36	669.69	1985.91	4218.73	6150.07	9.18	188.5(84.9)
40	S	2538.89	293.80	2139.06	2538.72	1121.96	8262.06	3.86	188.5(84.9)
41	S	3947.65	4.00	117.90	3947.75	317.66	9319.81	79.05	188.5(84.9)
42	S	3576.74	4.00	236.10	3576.74	121.11	9100.80	38.54	188.5(84.9)
43	S	1654.41	457.95	687.91	1654.34	4035.93	6067.10	8.82	188.5(84.9)
44	S	1884.32	137.40	2293.02	1884.30	475.82	7918.19	3.45	188.5(84.9)
45	S	1881.20	35.35	54.45	1880.98	4068.89	6220.67	114.50	188.5(84.9)
46	S	1835.38	29.31	160.09	1835.49	1447.39	7690.78	48.08	188.5(84.9)
47	S	1747.29	459.36	583.24	1747.38	4477.32	5626.74	9.69	188.5(84.9)
48	S	1743.84	293.80	2037.36	1743.73	1091.39	7713.81	3.78	188.5(84.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	110.3	63.9	0.00281	102.8	60.2	-0.01412	-82.2	-44.8
2	0.00350	110.3	63.9	0.00279	102.8	60.2	-0.01468	-82.2	-44.8
3	0.00350	85.4	82.7	0.00299	82.9	75.2	-0.00904	-62.2	-59.8
4	0.00350	110.3	63.9	0.00276	102.8	60.2	-0.01553	-82.2	-44.8
5	0.00350	110.3	63.9	0.00285	102.8	60.2	-0.01311	-82.2	-44.8
6	0.00350	110.3	63.9	0.00283	102.8	60.2	-0.01383	-82.2	-44.8
7	0.00350	85.4	82.7	0.00292	82.9	75.2	-0.00993	-62.2	-59.8
8	0.00350	110.3	63.9	0.00283	102.8	60.2	-0.01384	-82.2	-44.8
9	0.00350	110.3	63.9	0.00302	102.8	60.2	-0.00943	-82.2	-44.8
10	0.00350	110.3	63.9	0.00276	102.8	60.2	-0.01566	-82.2	-44.8
11	0.00350	85.4	82.7	0.00293	82.9	75.2	-0.00977	-62.2	-59.8
12	0.00350	110.3	63.9	0.00271	102.8	60.2	-0.01678	-82.2	-44.8
13	0.00350	110.3	63.9	0.00280	102.8	60.2	-0.01451	-82.2	-44.8
14	0.00350	110.3	63.9	0.00277	102.8	60.2	-0.01529	-82.2	-44.8
15	0.00350	110.3	63.9	0.00301	102.8	60.2	-0.00961	-82.2	-44.8
16	0.00350	110.3	63.9	0.00284	102.8	60.2	-0.01357	-82.2	-44.8
17	0.00350	110.3	63.9	0.00283	102.8	60.2	-0.01380	-82.2	-44.8
18	0.00350	110.3	63.9	0.00280	102.8	60.2	-0.01445	-82.2	-44.8
19	0.00350	110.3	63.9	0.00300	102.8	60.2	-0.00996	-82.2	-44.8
20	0.00350	110.3	63.9	0.00275	102.8	60.2	-0.01578	-82.2	-44.8



21	0.00350	110.3	63.9	0.00277	102.8	60.2	-0.01537	-82.2	-44.8
22	0.00350	110.3	63.9	0.00270	102.8	60.2	-0.01713	-82.2	-44.8
23	0.00350	85.4	82.7	0.00299	82.9	75.2	-0.01003	-62.2	-59.8
24	0.00350	110.3	63.9	0.00278	102.8	60.2	-0.01518	-82.2	-44.8
25	0.00350	110.3	63.9	0.00280	102.8	60.2	-0.01455	-82.2	-44.8
26	0.00350	110.3	63.9	0.00277	102.8	60.2	-0.01529	-82.2	-44.8
27	0.00350	110.3	63.9	0.00303	102.8	60.2	-0.00911	-82.2	-44.8
28	0.00350	110.3	63.9	0.00279	102.8	60.2	-0.01480	-82.2	-44.8
29	0.00350	110.3	63.9	0.00283	102.8	60.2	-0.01381	-82.2	-44.8
30	0.00350	110.3	63.9	0.00280	102.8	60.2	-0.01447	-82.2	-44.8
31	0.00350	110.3	63.9	0.00302	102.8	60.2	-0.00942	-82.2	-44.8
32	0.00350	110.3	63.9	0.00275	102.8	60.2	-0.01581	-82.2	-44.8
33	0.00350	110.3	63.9	0.00278	102.8	60.2	-0.01511	-82.2	-44.8
34	0.00350	110.3	63.9	0.00270	102.8	60.2	-0.01706	-82.2	-44.8
35	0.00350	110.3	63.9	0.00302	102.8	60.2	-0.00933	-82.2	-44.8
36	0.00350	110.3	63.9	0.00269	102.8	60.2	-0.01734	-82.2	-44.8
37	0.00350	110.3	63.9	0.00290	102.8	60.2	-0.01206	-82.2	-44.8
38	0.00350	110.3	63.9	0.00286	102.8	60.2	-0.01312	-82.2	-44.8
39	0.00350	110.3	63.9	0.00302	102.8	60.2	-0.00937	-82.2	-44.8
40	0.00350	110.3	63.9	0.00288	102.8	60.2	-0.01259	-82.2	-44.8
41	0.00350	110.3	63.9	0.00288	102.8	60.2	-0.01249	-82.2	-44.8
42	0.00350	110.3	63.9	0.00284	102.8	60.2	-0.01349	-82.2	-44.8
43	0.00350	110.3	63.9	0.00301	102.8	60.2	-0.00967	-82.2	-44.8
44	0.00350	110.3	63.9	0.00277	102.8	60.2	-0.01540	-82.2	-44.8
45	0.00350	110.3	63.9	0.00302	102.8	60.2	-0.00944	-82.2	-44.8
46	0.00350	110.3	63.9	0.00288	102.8	60.2	-0.01274	-82.2	-44.8
47	0.00350	85.4	82.7	0.00301	82.9	75.2	-0.00973	-62.2	-59.8
48	0.00350	110.3	63.9	0.00283	102.8	60.2	-0.01380	-82.2	-44.8

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
 x/d      Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
 C.Rid.      Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000090872	0.000001203	-0.006603129	---	---
2	0.000093584	0.000001535	-0.006923677	---	---
3	0.000028779	0.000058195	-0.003771015	---	---
4	0.000098332	0.000000901	-0.007407052	---	---
5	0.000085784	0.000000908	-0.006022980	---	---
6	0.000089759	0.000000428	-0.006430900	---	---
7	0.000024240	0.000069116	-0.004286612	---	---
8	0.000083478	0.000011724	-0.006459771	---	---
9	0.000038989	0.000049916	-0.003992174	---	---
10	0.000096603	0.000005201	-0.007491085	---	---
11	0.000023489	0.000068767	-0.004193675	---	---
12	0.000104758	0.000001028	-0.008124148	---	---
13	0.000092927	0.000001113	-0.006824197	---	---
14	0.000097307	0.000000542	-0.007271004	---	---
15	0.000041161	0.000047752	-0.004093465	---	---
16	0.000082887	0.000010214	-0.006298154	---	---
17	0.000089847	0.000000063	-0.006417278	---	---
18	0.000093229	0.000000036	-0.006788690	---	---
19	0.000042087	0.000049350	-0.004297761	---	---
20	0.000096049	0.000007237	-0.007560121	---	---
21	0.000093953	0.000007181	-0.007325213	---	---
22	0.000106291	0.000001523	-0.008324890	---	---
23	0.000039349	0.000054211	-0.004344358	---	---
24	0.000090543	0.000011467	-0.007222913	---	---
25	0.000093159	0.000001045	-0.006845377	---	---
26	0.000097237	0.000000657	-0.007270605	---	---
27	0.000045528	0.000035382	-0.003784684	---	---
28	0.000092896	0.000003875	-0.006997364	---	---
29	0.000089860	0.000000068	-0.006419061	---	---
30	0.000093314	0.000000037	-0.006798155	---	---
31	0.000044282	0.000040414	-0.003968772	---	---

32	0.000096796	0.000006217	-0.007577354	----	----
33	0.000092047	0.000008212	-0.007180833	----	----
34	0.000105704	0.000001908	-0.008284716	----	----
35	0.000043935	0.000040212	-0.003917583	----	----
36	0.000106285	0.000003500	-0.008450603	----	----
37	0.000075500	0.000009474	-0.005435761	----	----
38	0.000082254	0.000007260	-0.006039493	----	----
39	0.000041419	0.000045019	-0.003947266	----	----
40	0.000076373	0.000012791	-0.005744126	----	----
41	0.000081073	0.000003548	-0.005671906	----	----
42	0.000087399	0.000001481	-0.006237758	----	----
43	0.000043153	0.000044729	-0.004120006	----	----
44	0.000094478	0.000006593	-0.007345528	----	----
45	0.000042767	0.000043317	-0.003987262	----	----
46	0.000074901	0.000016778	-0.005836541	----	----
47	0.000038515	0.000052961	-0.004169738	----	----
48	0.000082253	0.000013515	-0.006439097	----	----

## VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm  
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	222.36	7205.56	3437.51	187.7  174.8	131.8	2.500	1.067	1.3	20.1(0.0)
2	S	237.96	7200.12	3445.90	187.7  175.2	132.3	2.500	1.060	1.4	20.1(0.0)
3	S	188.83	6410.82	2631.35	146.0  133.8	155.2	2.500	1.053	1.4	20.1(0.0)
4	S	454.45	7187.94	3459.51	187.9  175.9	132.4	2.500	1.053	2.6	20.1(0.0)
5	S	85.60	7294.53	3425.13	188.1  174.1	132.2	2.500	1.081	0.5	20.1(0.0)
6	S	31.16	7244.67	3435.58	188.0  174.7	131.9	2.500	1.073	0.2	20.1(0.0)
7	S	183.29	6512.78	2552.18	140.7  129.8	163.9	2.500	1.045	1.4	20.1(0.0)
8	S	455.41	6723.45	3386.61	183.8  172.2	128.0	2.500	1.041	2.7	20.1(0.0)
9	S	131.31	5740.65	2804.28	156.5  142.6	131.8	2.500	1.042	0.9	20.1(0.0)
10	S	110.29	6999.19	3450.51	186.8  175.4	130.8	2.500	1.040	0.6	20.1(0.0)
11	S	126.71	6724.12	2527.04	139.4  128.5	170.1	2.500	1.050	1.0	20.1(0.0)
12	S	328.32	7147.73	3474.55	187.9  176.7	132.7	2.500	1.041	1.9	20.1(0.0)
13	S	201.41	7186.38	3443.18	187.8  175.1	131.7	2.500	1.063	1.2	20.1(0.0)
14	S	221.54	7194.60	3456.39	188.0  175.7	132.2	2.500	1.056	1.3	20.1(0.0)

15	S	249.71	5255.72	2873.28	160.9	146.1	118.4	2.500	1.037	1.7	20.1(0.0)
16	S	706.01	6787.45	3389.04	184.3	172.3	128.1	2.500	1.049	4.2	20.1(0.0)
17	S	63.01	7280.25	3437.73	188.2	174.8	132.3	2.500	1.074	0.4	20.1(0.0)
18	S	10.95	7253.65	3447.27	188.2	175.3	132.3	2.500	1.067	0.1	20.1(0.0)
19	S	248.98	5225.34	2885.48	161.1	146.7	118.0	2.500	1.030	1.7	20.1(0.0)
20	S	759.10	6901.44	3439.84	185.9	174.9	130.2	2.500	1.034	4.4	20.1(0.0)
21	S	117.42	6918.90	3434.52	185.9	174.6	130.2	2.500	1.038	0.7	20.1(0.0)
22	S	70.96	7104.46	3475.77	187.7	176.7	132.4	2.500	1.036	0.4	20.1(0.0)
23	S	190.54	5480.21	2805.56	155.9	142.6	127.2	2.500	1.031	1.4	20.1(0.0)
24	S	606.87	6740.67	3415.40	184.5	173.6	128.8	2.500	1.028	3.6	20.1(0.0)
25	S	212.58	7239.04	3447.36	188.0	175.3	132.5	2.500	1.063	1.2	20.1(0.0)
26	S	229.71	7186.96	3456.02	187.9	175.7	132.1	2.500	1.056	1.3	20.1(0.0)
27	S	279.87	6090.67	3013.79	168.8	153.2	129.4	2.500	1.048	1.9	20.1(0.0)
28	S	770.53	7111.34	3443.64	187.2	175.1	131.7	2.500	1.053	4.5	20.1(0.0)
29	S	72.46	7280.49	3437.78	188.2	174.8	132.3	2.500	1.074	0.4	20.1(0.0)
30	S	18.04	7253.12	3447.51	188.2	175.3	132.4	2.500	1.067	0.1	20.1(0.0)
31	S	265.53	5763.30	2983.63	166.8	151.7	124.7	2.500	1.039	1.8	20.1(0.0)
32	S	830.62	6969.84	3448.26	186.5	175.3	130.9	2.500	1.036	4.8	20.1(0.0)
33	S	119.59	6852.39	3425.48	185.4	174.2	129.4	2.500	1.038	0.7	20.1(0.0)
34	S	72.12	7115.62	3479.50	188.0	176.9	132.5	2.500	1.036	0.4	20.1(0.0)
35	S	183.42	5768.39	2979.58	166.8	151.5	124.8	2.500	1.041	1.2	20.1(0.0)
36	S	662.28	7040.10	3477.04	187.4	176.8	132.0	2.500	1.030	3.8	20.1(0.0)
37	S	246.58	6877.26	3361.42	184.4	170.9	128.3	2.500	1.070	1.5	20.1(0.0)
38	S	259.38	6987.81	3399.26	185.7	172.8	129.8	2.500	1.063	1.5	20.1(0.0)
39	S	209.97	5449.91	2897.49	162.5	147.3	121.2	2.500	1.041	1.5	20.1(0.0)
40	S	580.40	6702.19	3356.01	183.3	170.6	127.3	2.500	1.053	3.5	20.1(0.0)
41	S	89.98	7160.13	3402.96	187.0	173.0	130.5	2.500	1.082	0.5	20.1(0.0)
42	S	31.84	7242.45	3431.43	187.9	174.5	131.8	2.500	1.074	0.2	20.1(0.0)
43	S	194.75	5506.15	2946.12	164.5	149.8	121.2	2.500	1.034	1.3	20.1(0.0)
44	S	601.75	6943.07	3438.28	186.1	174.8	130.4	2.500	1.039	3.5	20.1(0.0)
45	S	131.87	5579.36	2941.45	164.5	149.5	122.5	2.500	1.039	0.9	20.1(0.0)
46	S	93.10	6513.49	3339.04	182.0	169.8	126.1	2.500	1.038	0.6	20.1(0.0)
47	S	139.17	5777.24	2795.00	155.2	142.1	133.8	2.500	1.036	1.0	20.1(0.0)
48	S	463.11	6623.67	3377.74	183.2	171.7	127.0	2.500	1.036	2.8	20.1(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.19	110.3	63.9	10.0	-82.2	-44.8	----	----
2	S	1.16	110.3	63.9	8.1	-82.2	-44.8	----	----
3	S	1.18	110.3	63.9	16.0	-82.2	-44.8	----	----
4	S	1.17	110.3	63.9	13.6	-82.2	-44.8	----	----
5	S	0.67	110.3	63.9	9.0	-82.2	-44.8	----	----
6	S	0.65	110.3	63.9	8.6	-82.2	-44.8	----	----
7	S	1.14	110.3	63.9	8.9	-82.2	-44.8	----	----
8	S	1.11	110.3	63.9	7.0	-82.2	-44.8	----	----
9	S	1.12	110.3	-48.5	14.2	-82.2	-5.4	----	----
10	S	1.11	110.3	-48.5	11.8	-82.2	-5.4	----	----
11	S	0.58	110.3	63.9	8.3	-82.2	-44.8	----	----
12	S	0.63	110.3	63.9	7.1	-82.2	-44.8	----	----
13	S	1.13	110.3	63.9	9.0	-82.2	-44.8	----	----
14	S	1.10	110.3	63.9	7.0	-82.2	-44.8	----	----
15	S	1.11	110.3	-48.5	14.3	-82.2	-5.4	----	----
16	S	1.10	110.3	-48.5	11.8	-82.2	-5.4	----	----
17	S	0.57	85.4	82.7	8.4	-62.2	-59.8	----	----
18	S	0.62	110.3	63.9	7.1	-82.2	-44.8	----	----
19	S	1.30	110.3	63.9	9.6	-82.2	-44.8	----	----
20	S	1.25	110.3	63.9	7.7	-82.2	-44.8	----	----
21	S	1.22	110.3	63.9	16.1	-82.2	-44.8	----	----
22	S	1.21	110.3	63.9	13.7	-82.2	-44.8	----	----
23	S	0.63	85.4	82.7	8.5	-62.2	-59.8	----	----
24	S	0.68	110.3	63.9	7.6	-82.2	-44.8	----	----

## 13.2 Zattere

Le zattere di fondazione sono a pianta rettangolare 14.50x10.80 metri, di spessore 180cm. Le verifiche delle zattere sono eseguite ricorrendo ad un modello FEM a *plate/shell* in cui le azioni di base delle pile sono applicate al nodo baricentrico di ogni singolo fusto. I pali sono considerati mediante molle nodali di rigidezza coerente con la sezione e la lunghezza del palo. Ogni zattera presenta in totale 9 pali in calsetruzzo di diametro 120cm. Si riporta di seguito la visualizzazione del modello.

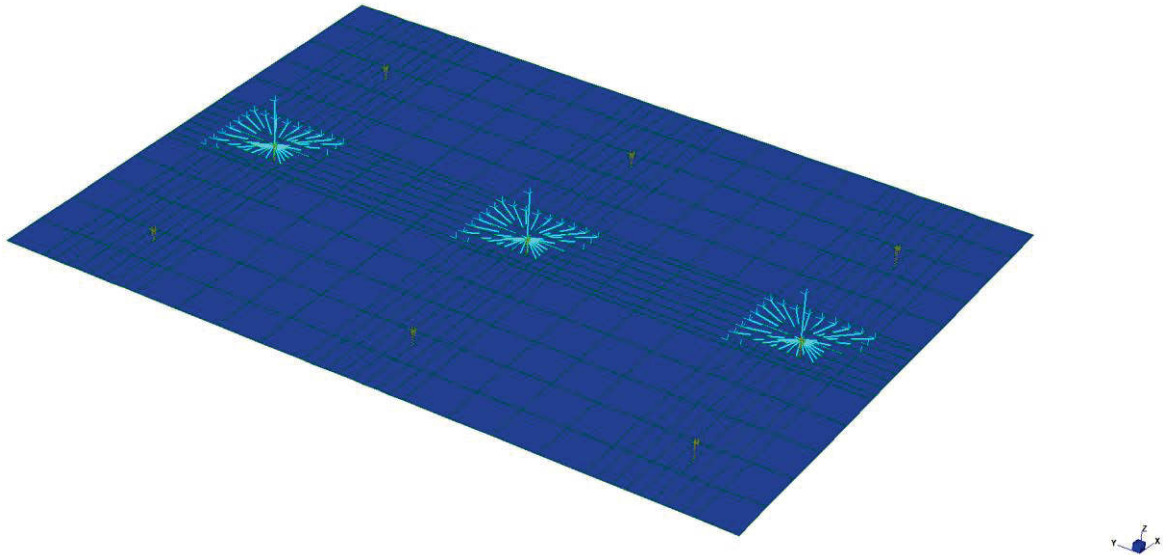


Figura 63: Modello FEM globale

### 13.2.1 Sollecitazioni agenti

Si riportano di seguito le sollecitazioni agenti alla base della pila applicate al modello di calcolo della zattera di fondazione.

I valori della combinazione sismica sono ottenuti dall'analisi spettrale con  $q=1.5$ , poi amplificati per 1.1 come definito dalle NTC2018 per le fondazioni dimensionate in CD"B".

#### 13.2.1.1 Combinazioni con Nmax

			pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila	pila
			1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	4-A	4-B	4-C
SLU Traffico	FX	(kN)	40.05	9.45	45.00	35.10	9.45	47.25	39.15	8.10	47.25	35.55	11.80	61.65
	FY	(kN)	-221.85	85.50	155.70	-201.00	63.00	114.15	-212.15	72.45	115.85	-244.05	89.55	125.25
	FZ	(kN)	3241.90	3894.20	2038.60	3045.35	3580.85	1828.55	3037.35	3578.85	1814.70	3388.25	3947.65	1881.20
	MX	(kN.m)	347.60	94.50	3.40	375.65	142.65	67.60	361.15	131.85	51.05	411.30	117.90	54.45
	MY	(kN.m)	4.60	-1.00	-2.60	-4.50	0.00	4.50	4.05	0.00	-4.05	-39.35	4.00	35.35
	MZ	(kN.m)	29.15	43.65	66.25	32.40	47.25	66.15	35.10	47.25	67.50	58.25	61.65	83.95
SLU Vento	FX	(kN)	30.86	7.09	32.93	26.33	7.09	35.44	29.36	6.08	35.44	25.84	9.10	47.06
	FY	(kN)	-237.49	31.13	108.68	-221.40	10.95	70.46	-229.51	18.04	71.49	-258.11	31.69	84.86
	FZ	(kN)	2898.48	3512.15	1939.90	2715.54	3219.39	1741.89	2706.11	3210.64	1726.43	3026.71	3576.74	1835.38
	MX	(kN.m)	426.80	209.48	113.65	458.04	258.79	178.00	449.39	253.16	168.31	486.23	236.10	160.09
	MY	(kN.m)	7.00	-1.00	-5.00	-2.55	0.00	2.55	3.04	0.00	-3.04	-33.31	4.00	29.31
	MZ	(kN.m)	20.79	31.91	49.11	24.30	35.44	49.61	26.33	35.44	50.63	45.01	47.06	63.29
SLE Traffico	FX	(kN)	29.60	7.00	33.40	26.00	7.00	35.00	29.00	6.00	35.00	26.40	9.00	45.60
	FY	(kN)	-193.80	66.00	151.20	-174.20	49.60	116.80	-182.20	56.60	117.80	-211.60	69.20	130.40
	FZ	(kN)	2854.40	3498.00	1967.60	2669.20	3206.00	1772.80	2658.80	3197.00	1758.20	2979.20	3563.00	1867.80
	MX	(kN.m)	274.80	58.80	-37.20	291.40	93.40	12.40	280.20	85.20	0.20	323.00	75.40	-2.00
	MY	(kN.m)	3.40	-1.00	-1.40	-3.40	0.00	3.40	3.00	0.00	-3.00	-29.40	4.00	25.40
	MZ	(kN.m)	21.40	32.40	49.40	24.00	35.00	49.00	26.00	35.00	50.00	43.60	45.60	61.60
SLE Vento	FX	(kN)	22.75	5.25	24.50	19.50	5.25	26.25	21.75	4.50	26.25	19.25	7.00	34.75
	FY	(kN)	-203.25	27.50	118.50	-187.00	13.00	86.75	-192.75	18.25	87.25	-219.75	28.25	102.75
	FZ	(kN)	2598.50	3215.00	1896.00	2423.25	2938.25	1710.25	2411.75	2924.25	1694.50	2709.75	3288.25	1835.50
	MX	(kN.m)	326.00	136.50	37.00	344.25	171.25	86.00	337.25	166.75	78.75	370.50	155.00	68.25
	MY	(kN.m)	5.00	-1.00	-3.00	-2.00	0.00	2.00	2.25	0.00	-2.25	-24.75	4.00	20.75
	MZ	(kN.m)	15.25	23.75	36.75	18.00	26.25	36.75	19.50	26.25	37.50	33.75	34.75	46.25





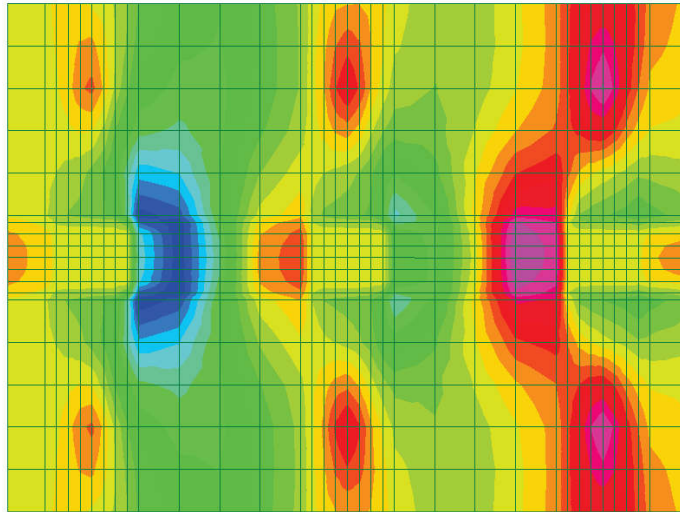
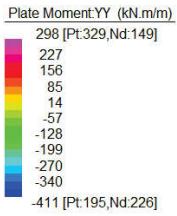


Figura 65: Myy SLU

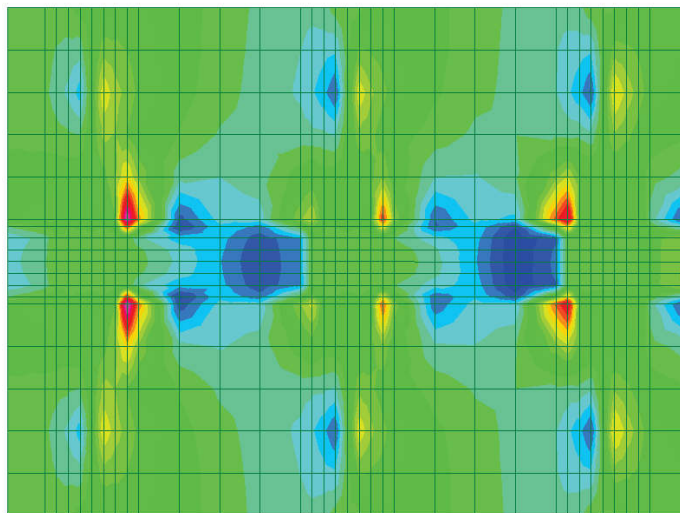
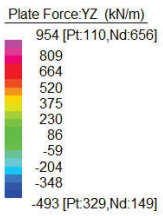


Figura 66: Fzx SLU

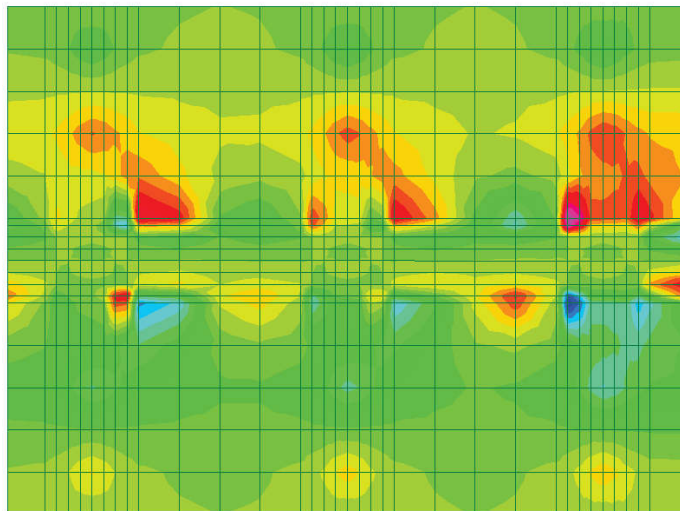
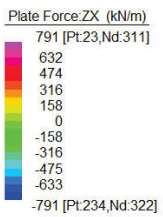


Figura 67: Fzx SLU – Involuppo assoluto

La sezione di spessore 180cm risulta armata mediante 10 $\phi$ 24/m superiori e inferiori in entrambe le direzioni. A taglio si dispongono 9 ganci  $\phi$ 12/mq.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	180.0
3	50.0	180.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	175.0	24
3	45.0	175.0	24
4	45.0	5.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24
2	1	4	8	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	698.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-411.00	0.00	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	698.00	0.00	0.00	3027.79	0.00	4.34	45.2(27.9)
2	S	0.00	-411.00	0.00	0.00	-3027.79	0.00	7.37	45.2(27.9)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00297	0.042	-50.0	180.0	0.00095	-45.0	175.0	-0.06750	-45.0	5.0
2	0.00297	0.042	-50.0	0.0	0.00095	-45.0	5.0	-0.06750	-45.0	175.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000402675	-0.069513373	0.042	0.700
2	0.000000000	-0.000402675	0.002968063	0.042	0.700

Dati CA				Calcolo sezione in C.A.					
sezione									
B =	1000	[mm]		k =	1.34	$\rho_1 =$	0.00259	$v_{min} =$	0.29
H =	1800	[mm]		$\sigma_{cp} =$	0.00	[MPa]	=====>	$\alpha_c =$	1
d =	1750	[mm]		<b>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</b>					
c =	50	[mm]		$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{Rd, calc} \\ V_{Rd, min} \end{array} \right.$					
Rck =	35	[MPa]		$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$					
$\gamma_{CLS} =$	1.5		$V_{Rd, min} =$	510.97	[kN]	<b><math>V_{Rd} =</math></b>	<b>550.26</b>	<b>kN</b>	
$v =$	0.5		$V_{Rd, calc} =$	550.26	[kN]				
Armature longitudinali lembo teso:									
	Base	Agg	As						
n° barre	10								
$\Phi$ barre	24								
armatura			B	<b>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</b>					
As =	4524	[mm <sup>2</sup> ]		<b>Taglio trazione</b>					
$\phi$ braccio =	12	[mm]		$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$					
A braccio =	113	[mm <sup>2</sup> ]		$V_{Rd} =$				<b><math>V_{Rd} =</math></b>	
p staffe =	300.0	[mm]		1742.56 [kN]					
$\alpha$ staffe =	90.0	[°]		<b>Taglio compressione</b>				<b>1742.56</b>	
n° bracci =	3			$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$					
$A_{sw}/s$	1.131			$V_{Rcd} =$				<b>kN</b>	
fyk =	450	[MPa]		4470.19 [kN]					
$\theta$ puntoni =	13.41	[°]							
$\gamma_{ACC} =$	1.15								

## 14. SOTTOSTRUTTURE - SPALLE

### 14.1 Modellazione FEM

Le verifiche della spalla sono state eseguite sulla base delle sollecitazioni ottenute dal seguente modello FEM, dove le strutture della spalla (zattera e muri) sono modellate mediante elementi *plate/shell*; le azioni derivanti dall'impalcato sono state applicate a livello degli appoggi, discretizzati mediante elementi *beam*.

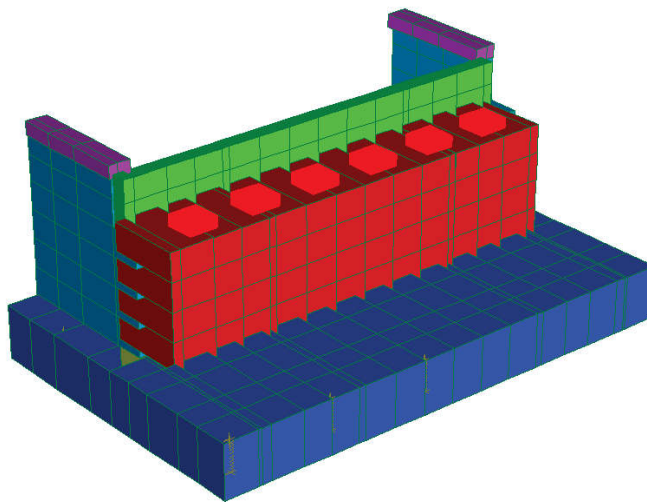


Figura 68: Modello FEM globale

La fondazione è stata modellata considerandola poggiante integralmente su molle verticali nodali a simulare la rigidità offerta dai pali. Tali molle traslazionali sono state dimensionate coerentemente con le rigidità delle strutture di fondazione.

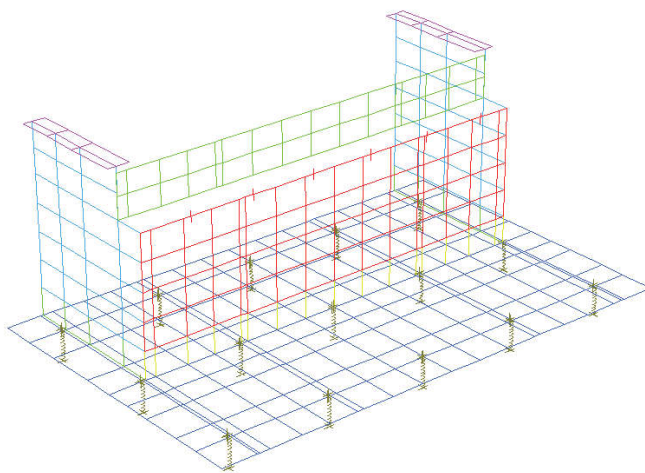


Figura 69: Modello FEM wireframe - Molle nodali

### 14.1.1 Carichi applicati

Si riportano di seguito i carichi applicati alla struttura della spalla. I pesi propri strutturali sono considerati per mezzo dell'azione della forza di gravità.

Plate Normal Pressure [kPa]

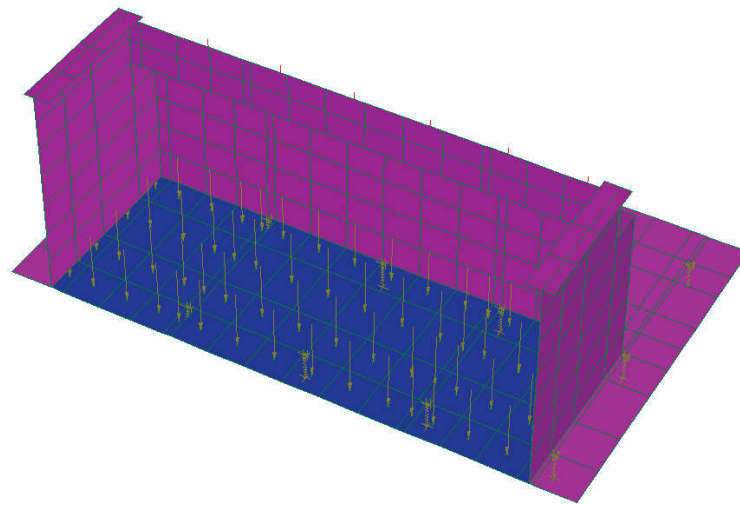
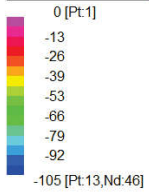


Figura 70: Carico verticale del del terreno

Plate Normal Pressure [kPa]

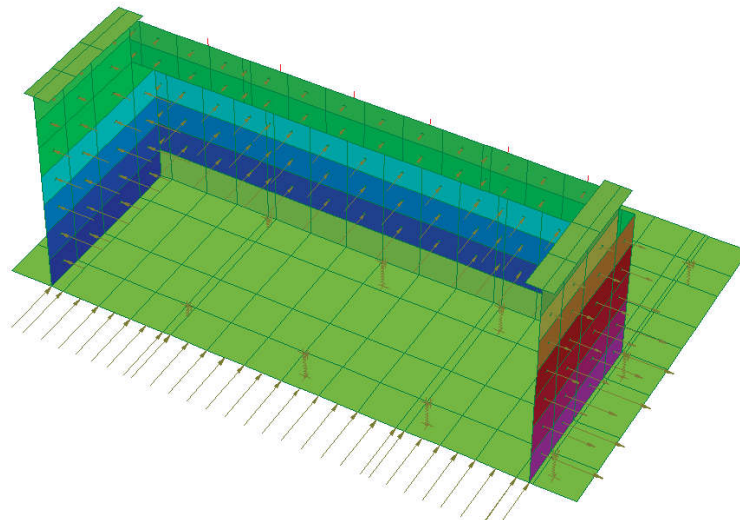
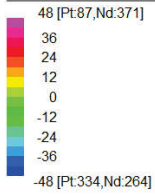
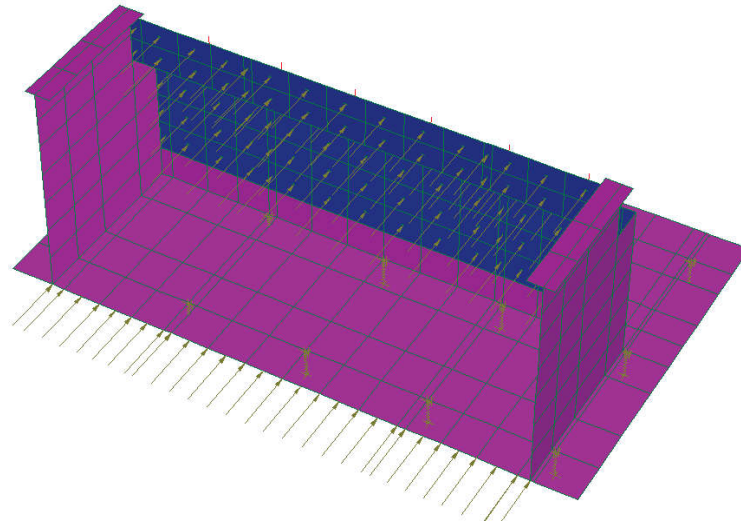
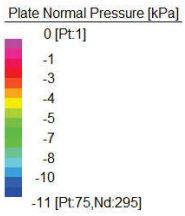
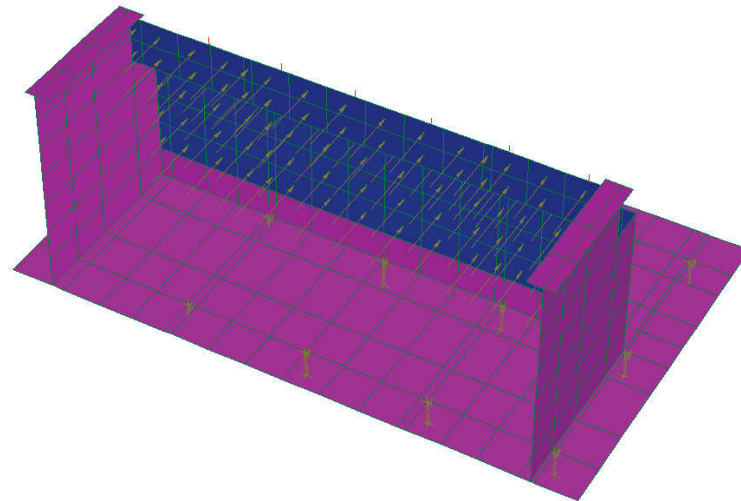
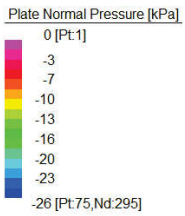


Figura 71: Spinta statica del terreno

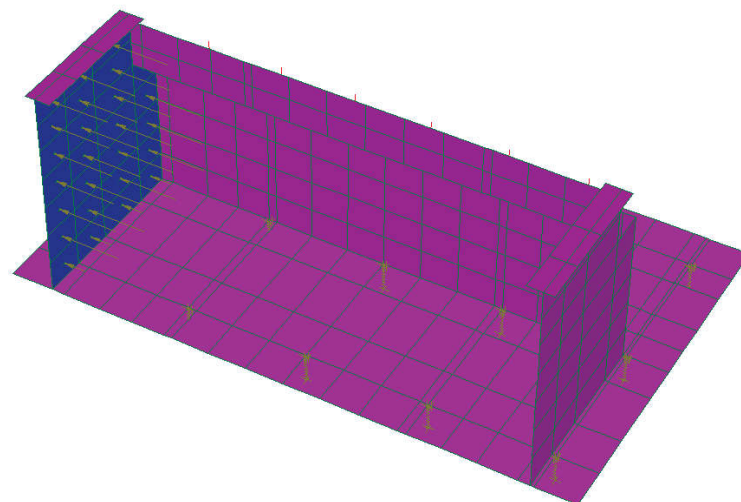
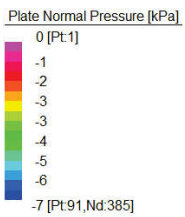




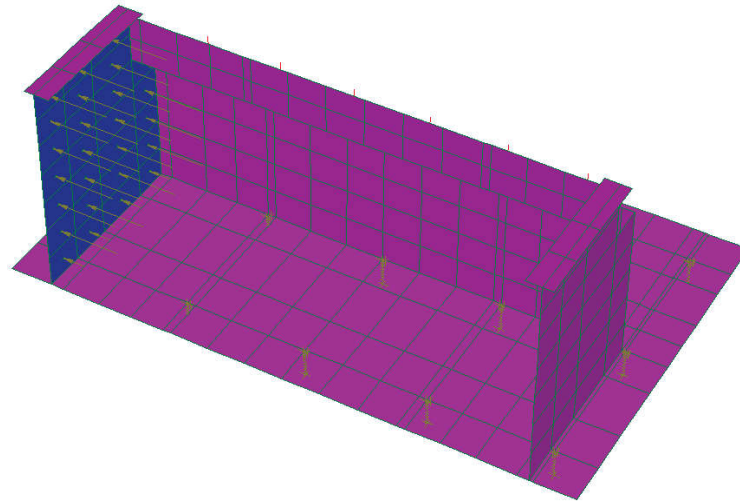
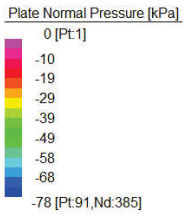
**Figura 72: Spinta sismica del terreno longitudinale**



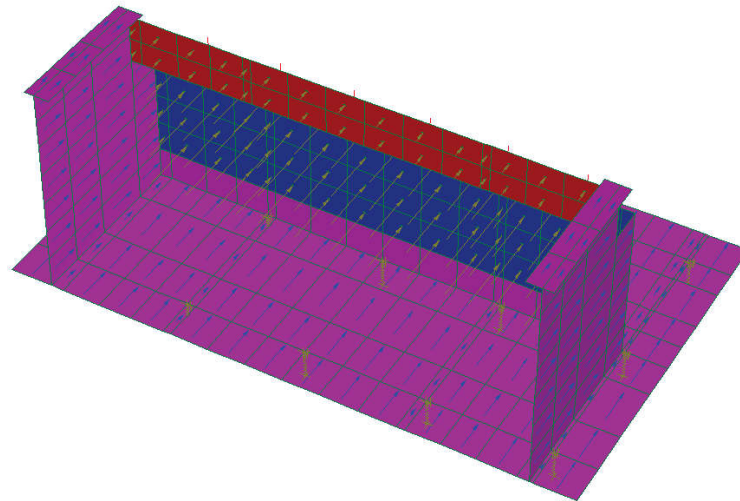
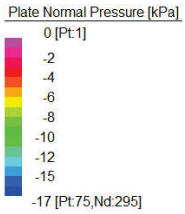
**Figura 73: Inerzia del terreno longitudinale**



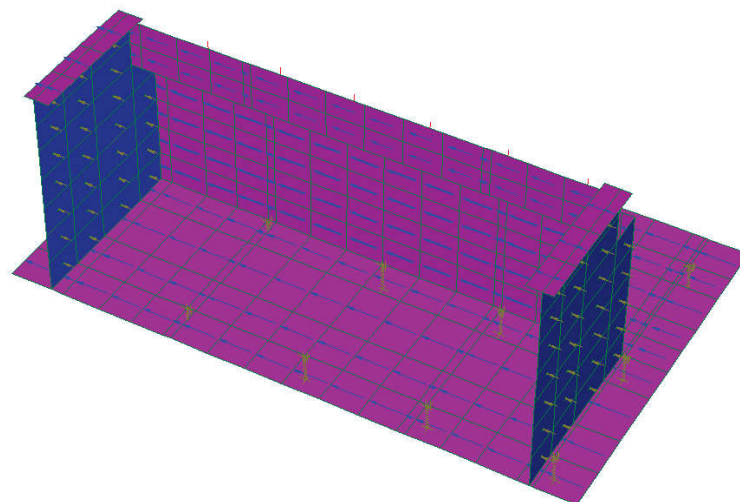
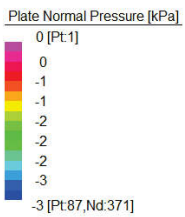
**Figura 74: Spinta sismica del terreno trasversale**



**Figura 75: Inerzia del terreno trasversale**



**Figura 76: Inerzia strutturale longitudinale**



**Figura 77: Inerzia strutturale trasversale**

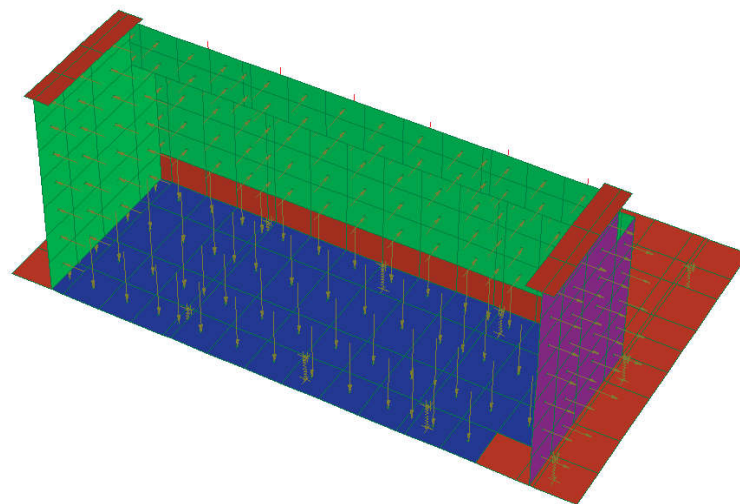
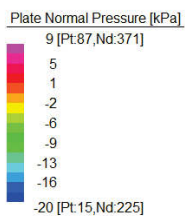


Figura 78: Sovraccarico accidentale

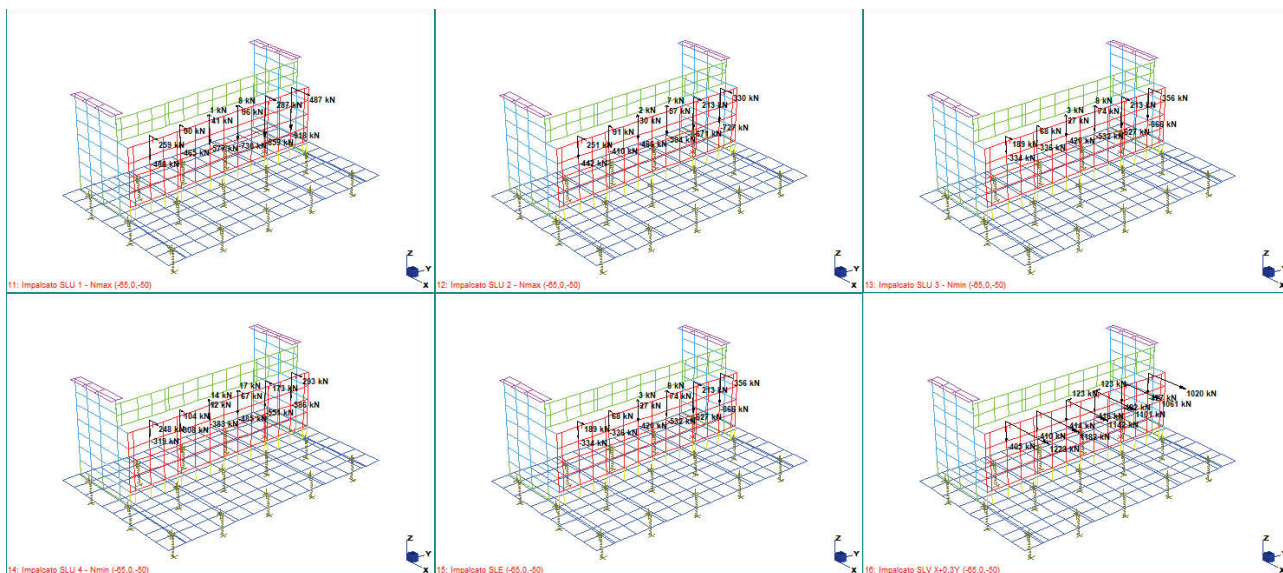


Figura 79: Carichi derivanti dagli appoggi dell'impalcato

## 14.2 VERIFICHE SLU

### 14.2.1 Struttura in elevazione: paraghiaia

#### 14.2.1.1 Sollecitazioni SLU

Si riportano di seguito le visualizzazioni delle sollecitazioni agenti sui vari elementi per le combinazioni più gravose.



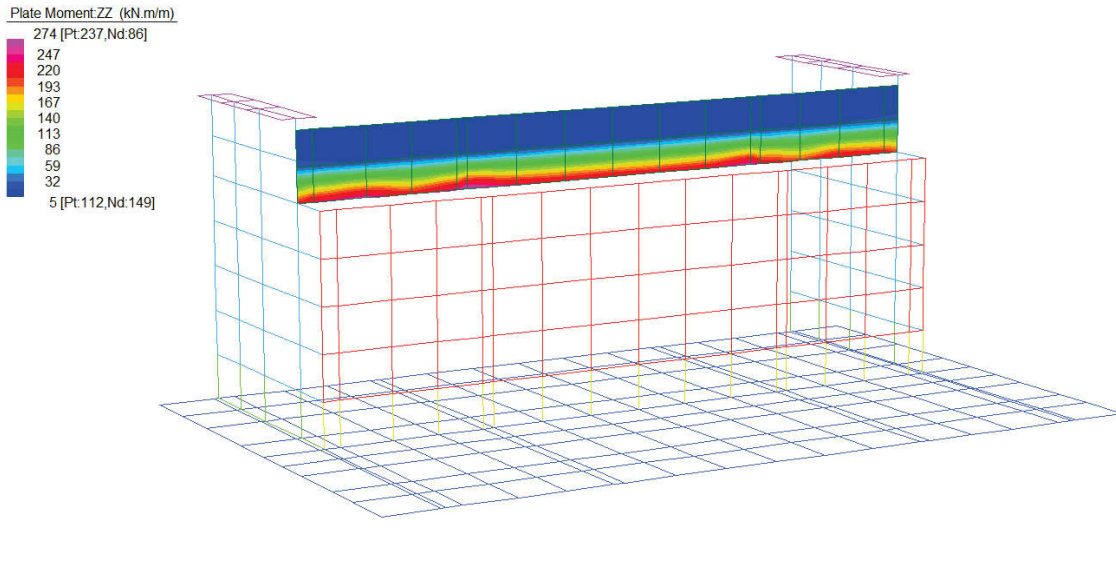


Figura 80: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo

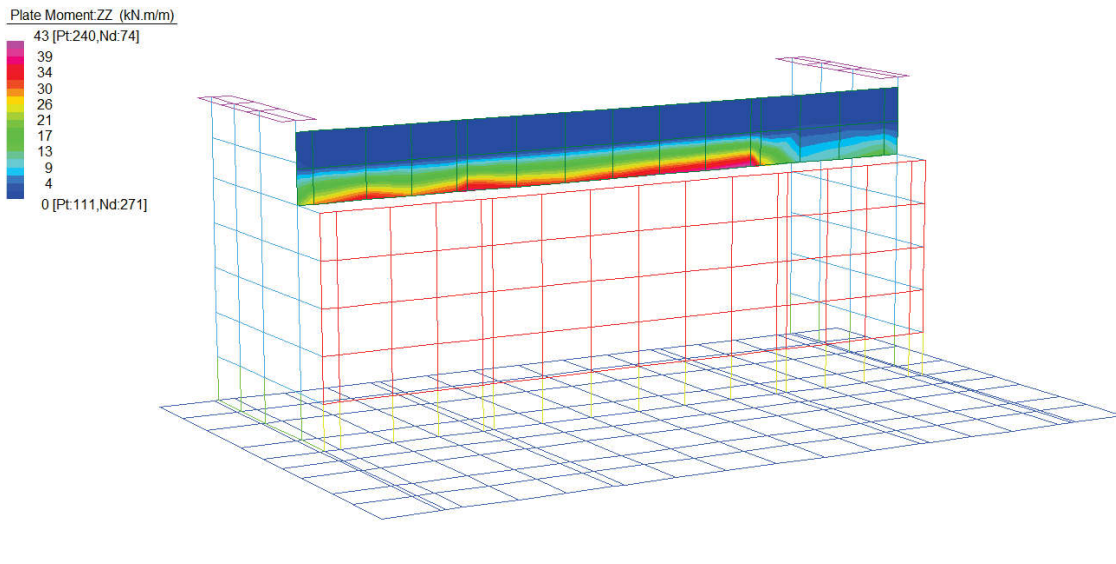


Figura 81: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo

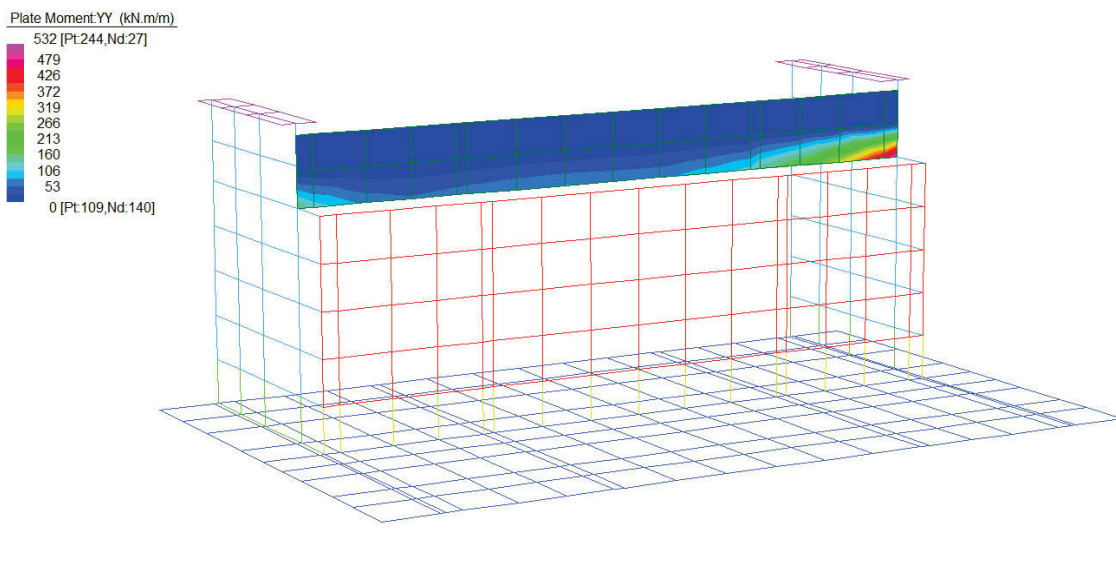


Figura 82: Momenti YY – SLU – Involuppo massimo

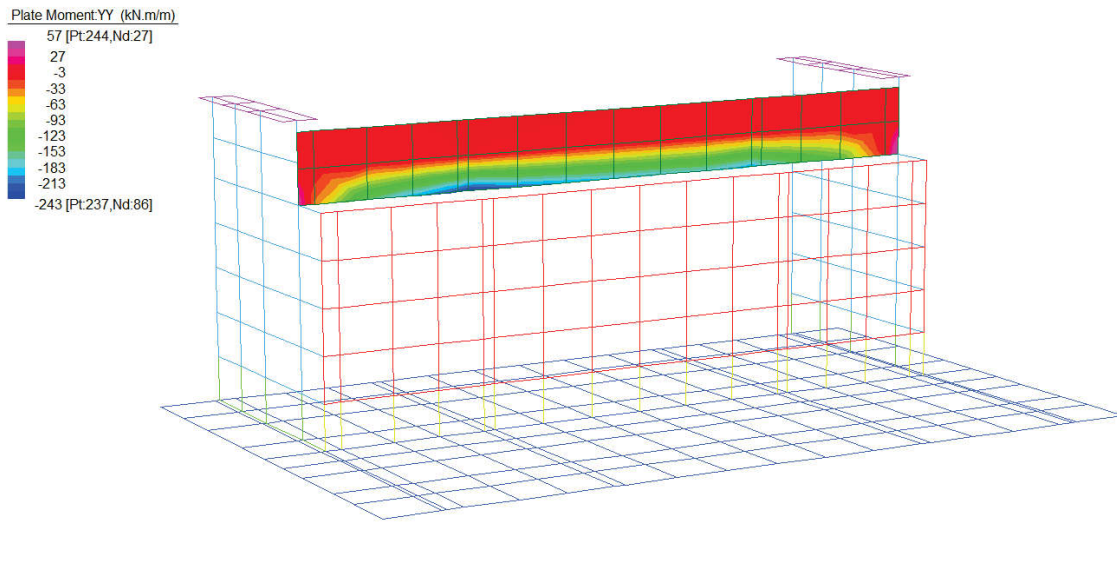


Figura 83: Momenti YY – SLU – Inviluppo minimo

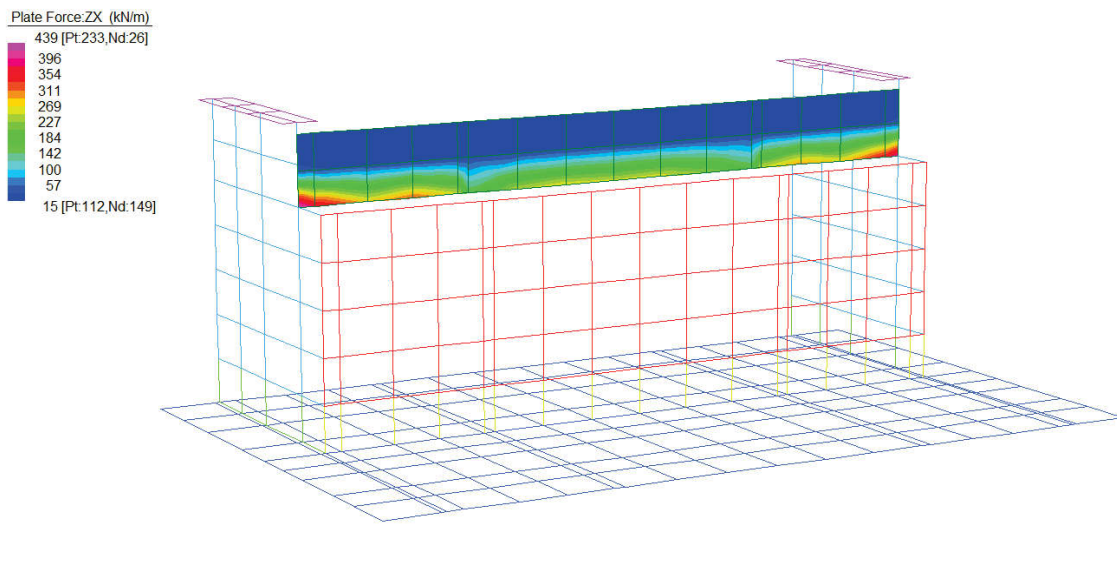


Figura 84: Taglio ZX – SLU – Inviluppo assoluto

### 14.2.1.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 50cm risulta armata mediante 10 $\phi$ 20/m interni ed esterni in direzione verticale e mediante 10 $\phi$ 20/m interni ed esterni in direzione orizzontale. A taglio si dispongono 9 ganci  $\phi$ 12/mq.

#### NOME SEZIONE: Paraghiaia\_direzione verticale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	20
2	-45.0	45.0	20
3	45.0	45.0	20
4	45.0	5.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20



2 1 4 8 20

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	277.00	0.00	0.00	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	277.00	0.00	0.00	512.35	0.00	1.85	31.4(7.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	-50.0	50.0	0.00062	-45.0	45.0	-0.02239	-45.0	5.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000575415	-0.025270738	0.135	0.700

## NOME SEZIONE: Paraghiaia\_direzione orizzontale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

## CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

## CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	20
2	-45.0	45.0	20
3	45.0	45.0	20
4	45.0	5.0	20

## DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20
2	1	4	8	20

## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	249.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	418.00	0.00	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	249.00	0.00	0.00	512.35	0.00	2.06	31.4(7.5)
2	S	0.00	418.00	0.00	0.00	512.35	0.00	1.23	31.4(7.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	-50.0	50.0	0.00062	-45.0	45.0	-0.02239	-45.0	5.0
2	0.00350	0.135	-50.0	50.0	0.00062	-45.0	45.0	-0.02239	-45.0	5.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000575415	-0.025270738	0.135	0.700
2	0.000000000	0.000575415	-0.025270738	0.135	0.700

Dati CA				Calcolo sezione in C.A.					
sezione	B =	1000	[mm]	k =	1.67	$\rho 1 =$	0.00698	$v \text{ min} =$	0.41
	H =	500	[mm]	$\sigma \text{ cp} =$	0.00	[MPa]	=====>	$\alpha \text{ c} =$	1
	d =	450	[mm]	<b>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</b>					
	c =	50	[mm]	$V_{Rd \text{ calc}}$		$V_{Rd \text{ min}}$			
	Rck =	35	[MPa]	$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$					
	$\gamma \text{ CLS} =$	1.5		$V_{Rd, \text{ min}} =$	182.65	[kN]	$V_{Rd} =$	245.44	kN
	$v =$	0.5		$V_{Rd, \text{ calc}} =$	245.44	[kN]			
Armature longitudinali lembo teso:				<b>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</b>					
	Base	Agg	As	<b>Taglio trazione</b>		$V_{Rd} =$ 448.09 kN			
	n° barre	10		$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$					
	$\Phi$ barre	20		$V_{Rd} =$ 448.09 [kN]		<b>Taglio compressione</b>			
	armatura			$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$					
	As =	3142	[mm²]	$V_{Rcd} =$ 1149.48 [kN]					
	$\phi$ braccio =	12	[mm]						
	A braccio =	113	[mm²]						
	p staffe =	300.0	[mm]						
	$\alpha$ staffe =	90.0	[°]						
	n° bracci =	3							
	$A_{sw}/s$	1.131							
	f <sub>yk</sub> =	450	[MPa]						
	$\theta$ puntoni =	13.41	[°]						
	$\gamma \text{ ACC} =$	1.15							

## 14.2.2 Strutture di elevazione: paramento verticale

### 14.2.2.1 Sollecitazioni SLU

Si riportano di seguito le visualizzazioni delle sollecitazioni agenti sui vari elementi per le combinazioni più gravose.

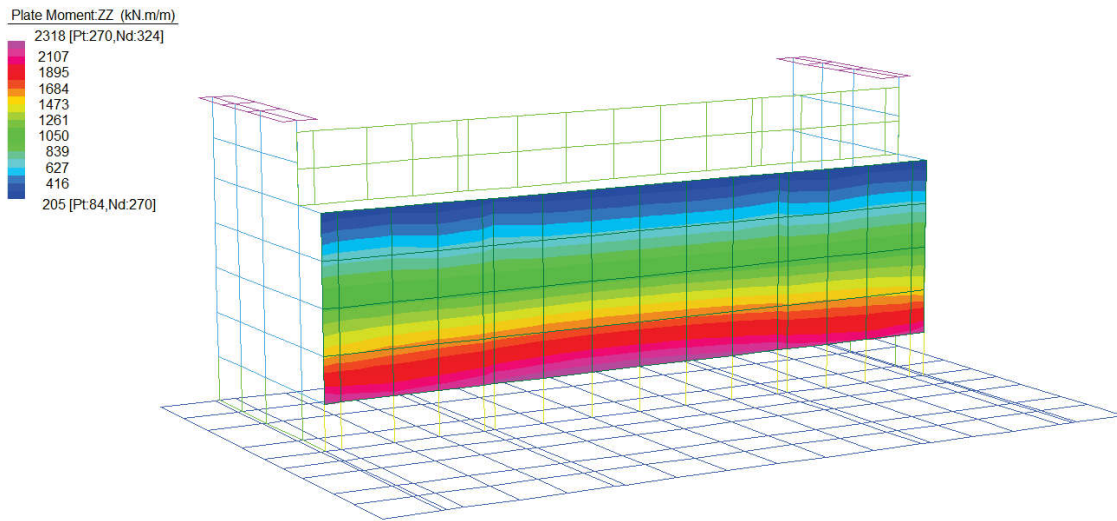


Figura 85: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo

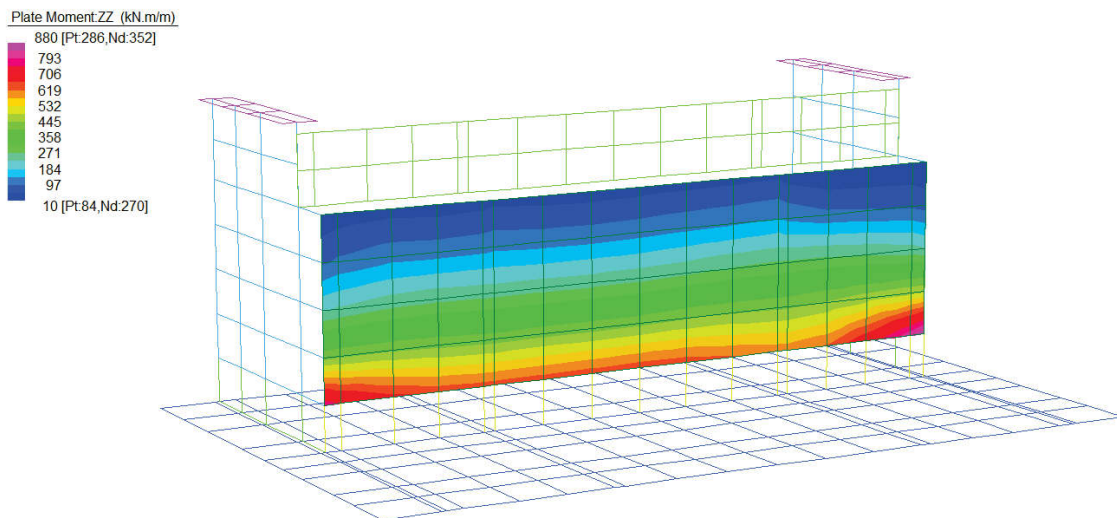


Figura 86: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo



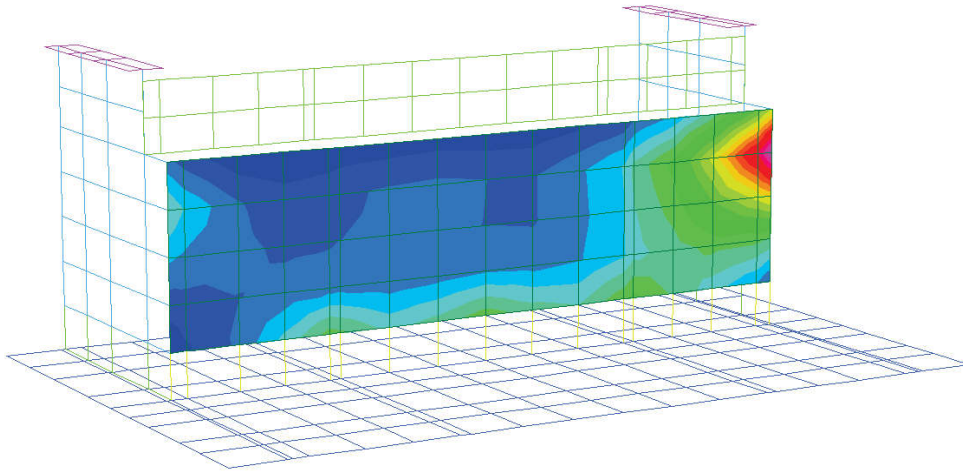
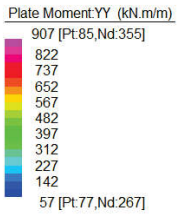


Figura 87: Momenti YY – SLU – Involuppo massimo

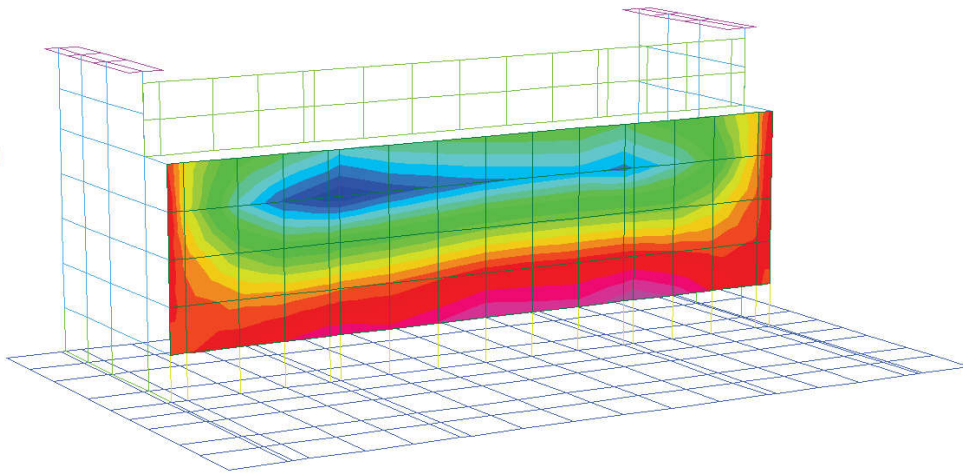
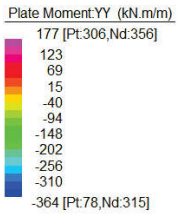


Figura 88: Momenti YY – SLU – Involuppo minimo

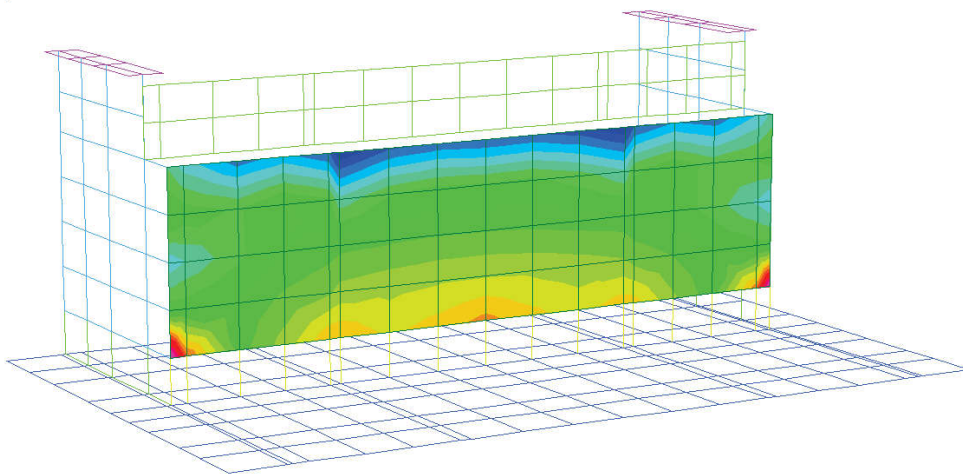
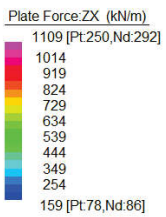


Figura 89: Taglio ZX – SLU – Involuppo assoluto

### 14.2.2.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 265cm risulta armata mediante 10 $\phi$ 24/m interni ed esterni in direzione verticale e mediante 10 $\phi$ 20/m interni ed esterni in direzione orizzontale. A taglio si dispongono 9 ganci  $\phi$ 12/mq.

#### NOME SEZIONE: Paramento\_direzione verticale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	265.0
3	50.0	265.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	260.0	24
3	45.0	260.0	24
4	45.0	5.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	24

2 1 4 8 24

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2875.00	0.00	0.00	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	2875.00	0.00	0.00	4532.40	0.00	1.58	45.2(43.6)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00221	0.032	-50.0	265.0	0.00087	-45.0	260.0	-0.06750	-45.0	5.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000268131	-0.068840655	0.032	0.700

### NOME SEZIONE: Paramento verticale\_direzione orizzontale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	265.0
3	50.0	265.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	20
2	-45.0	260.0	20
3	45.0	260.0	20
4	45.0	5.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20
2	1	4	8	20

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	861.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-379.00	0.00	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	861.00	0.00	0.00	3153.47	0.00	3.66	31.4
2	N	0.00	-379.00	0.00	0.00	-3153.47	0.00	8.32	31.4

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00197	0.028	-50.0	265.0	0.00064	-45.0	260.0	-0.06750	-45.0	5.0
2	0.00197	0.028	-50.0	0.0	0.00064	-45.0	5.0	-0.06750	-45.0	260.0

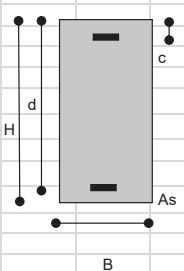
### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000267198	-0.068835988	0.028	0.700
2	0.000000000	-0.000267198	0.001971359	0.028	0.700



Dati CA				Calcolo sezione in C.A.			
sezione							
	B =	1000	[mm]	k =	1.28	p1 =	0.00121
	H =	2650	[mm]	v min =	0.27		
	d =	2600	[mm]	σ cp =	0.00	[MPa]	=====>
	c =	50	[mm]			α c =	1
	Rck =	35	[MPa]	<b>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</b>			
	γ CLS =	1.5					
	v =	0.5					
Armature longitudinali lembo teso:							
	Base	Agg	As				
	n° barre	10					
	Φ barre	20					
armatura							
	As =	3142	[mm²]	<b>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</b>			
	φ braccio =	12	[mm]	<b>Taglio trazione</b>			
	A braccio =	113	[mm²]	$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$			
	p staffe =	300.0	[mm]	$V_{Rd} = 2588.95$	[kN]		
	α staffe =	90.0	[°]	<b>Taglio compressione</b>			
	n° bracci =	3		$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$			
	A <sub>sw</sub> /s	1.131		$V_{Rd} = 6641.43$	[kN]		
	f <sub>yk</sub> =	450	[MPa]				
	θ puntoni =	13.41	[°]				
	γ ACC =	1.15					



$$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

$V_{Rd, min} = 708.08$  [kN]  
 $V_{Rd, calc} = 605.67$  [kN]  
 **$V_{Rd} = 708.08$  kN**

**Taglio trazione**  
 $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$   
 $V_{Rd} = 2588.95$  [kN]

**Taglio compressione**  
 $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$   
 $V_{Rd} = 6641.43$  [kN]

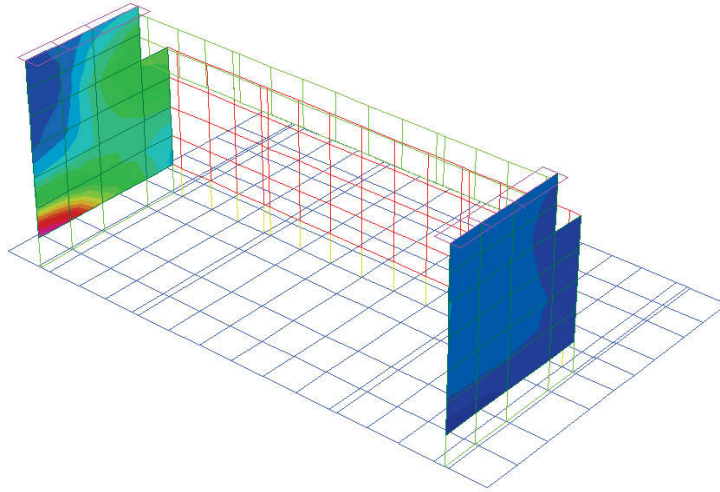
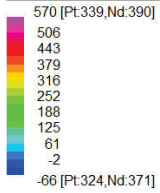
**$V_{Rd} = 2588.95$  kN**

## 14.2.3 Muri laterali

### 14.2.3.1 Sollecitazioni SLU

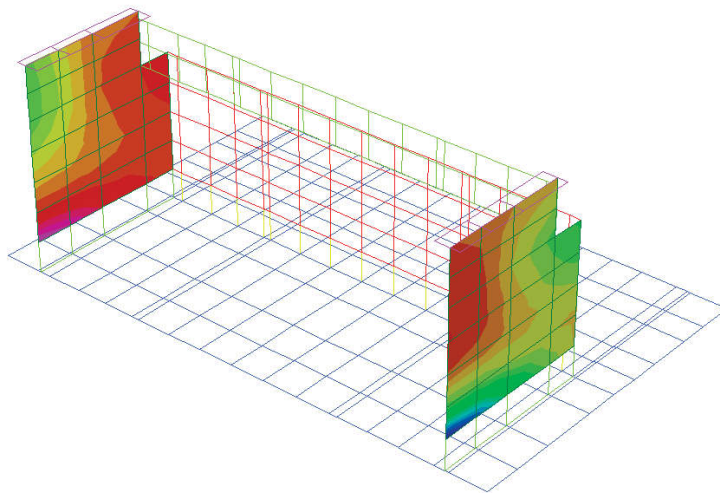
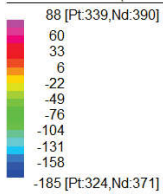
Si riportano di seguito le visualizzazioni delle sollecitazioni agenti sui vari elementi per le combinazioni più gravose.

Plate Moment:ZZ (kN.m/m)



**Figura 90: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo**

Plate Moment:ZZ (kN.m/m)



**Figura 91: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo**

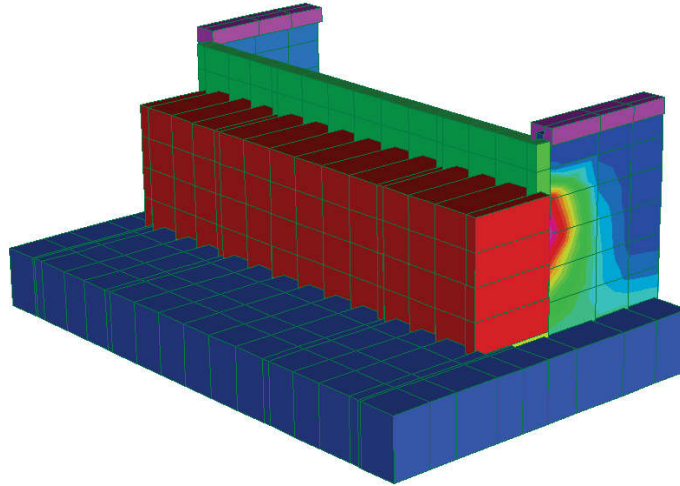
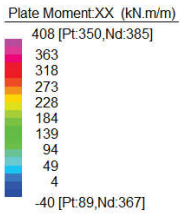


Figura 92: Momenti XX – SLU – Involuppo massimo

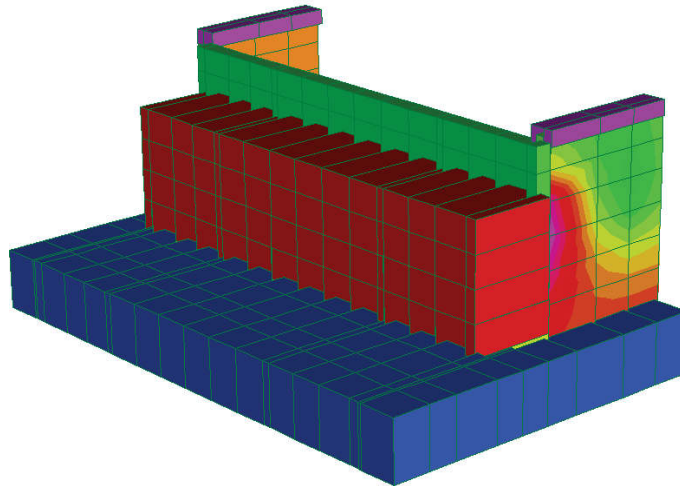
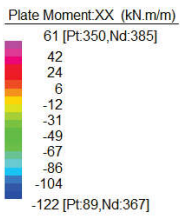


Figura 93: Momenti XX – SLU – Involuppo minimo

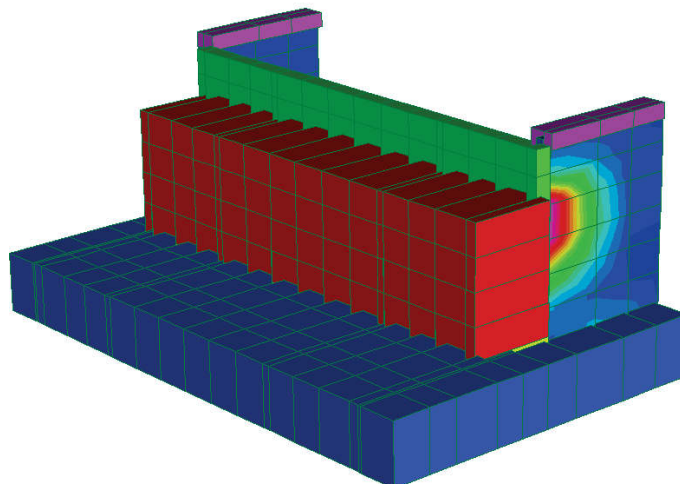
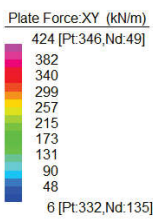


Figura 94: Taglio XY – SLU – Involuppo assoluto

### 14.2.3.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 50cm risulta armata mediante 10 $\phi$ 24/m interni ed esterni in direzione verticale e mediante 10 $\phi$ 20/m interni ed esterni in direzione orizzontale. A taglio si dispongono 9 ganci  $\phi$ 12/mq.

#### NOME SEZIONE: Muri laterali direzione verticale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam $\phi$ [mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	45.0	24
3	45.0	45.0	24
4	45.0	5.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
$\emptyset$	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	$\emptyset$
--------	--------------	--------------	---------	-------------

1	2	3	8	24
2	1	4	8	24

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	477.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-235.00	0.00	0.00	0.00

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	477.00	0.00	0.00	728.44	0.00	1.53	45.2(7.5)
2	S	0.00	-235.00	0.00	0.00	-728.44	0.00	3.10	45.2(7.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.151	-50.0	50.0	0.00092	-45.0	45.0	-0.01968	-45.0	5.0
2	0.00350	0.151	-50.0	0.0	0.00092	-45.0	5.0	-0.01968	45.0	45.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.



1	0.000000000	0.000515137	-0.022256839	0.151	0.700
2	0.000000000	-0.000515137	0.003500000	0.151	0.700

## NOME SEZIONE: Muri laterali direzione orizzontale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

## CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

## CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

## DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	20
2	-45.0	45.0	20
3	45.0	45.0	20
4	45.0	5.0	20

## DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	20
2	1	4	8	20

## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)

Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	401.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-237.00	0.00	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	401.00	0.00	0.00	512.35	0.00	1.28	31.4(7.5)
2	S	0.00	-237.00	0.00	0.00	-512.35	0.00	2.16	31.4(7.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.135	-50.0	50.0	0.00062	-45.0	45.0	-0.02239	-45.0	5.0
2	0.00350	0.135	-50.0	0.0	0.00062	-45.0	5.0	-0.02239	45.0	45.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000575415	-0.025270738	0.135	0.700
2	0.000000000	-0.000575415	0.003500000	0.135	0.700

Dati CA				Calcolo sezione in C.A.			
sezione							
	B =	1000	[mm]	k =	1.67	p1 =	0.00698
	H =	500	[mm]	v min =		α c =	0.41
	d =	450	[mm]	σ cp =	0.00	[MPa]	=====>
	c =	50	[mm]	<b>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</b>			
	Rck =	35	[MPa]	$V_{Rd\ calc}$		$V_{Rd\ min}$	
	γ CLS =	1.5		$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$			
	v =	0.5					
Armature longitudinali lembo teso:				$V_{Rd, min} =$	182.65	[kN]	
	Base	Agg	As	$V_{Rd, calc} =$	245.44	[kN]	$V_{Rd} = 245.44 \text{ kN}$
	n° barre	10					
	Φ barre	20					
armatura				<b>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</b>			
	As =	3142	[mm²]	<b>Taglio trazione</b>			
	φ braccio =	12	[mm]	$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$			
	A braccio =	113	[mm²]	$V_{Rd} = 448.09 \text{ [kN]}$			
	p staffe =	300.0	[mm]	<b>Taglio compressione</b>			
	α staffe =	90.0	[°]	$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$			
	n° bracci =	3		$V_{Rcd} = 1149.48 \text{ [kN]}$			
	A <sub>sw</sub> /s	1.131					
	f <sub>yk</sub> =	450	[MPa]				
	θ puntoni =	13.41	[°]				
	γ ACC =	1.15					

## 14.2.4 Struttura di fondazione

### 14.2.4.1 Sollecitazioni SLU

Si riportano di seguito le visualizzazioni delle sollecitazioni agenti sui vari elementi per le combinazioni più gravose.

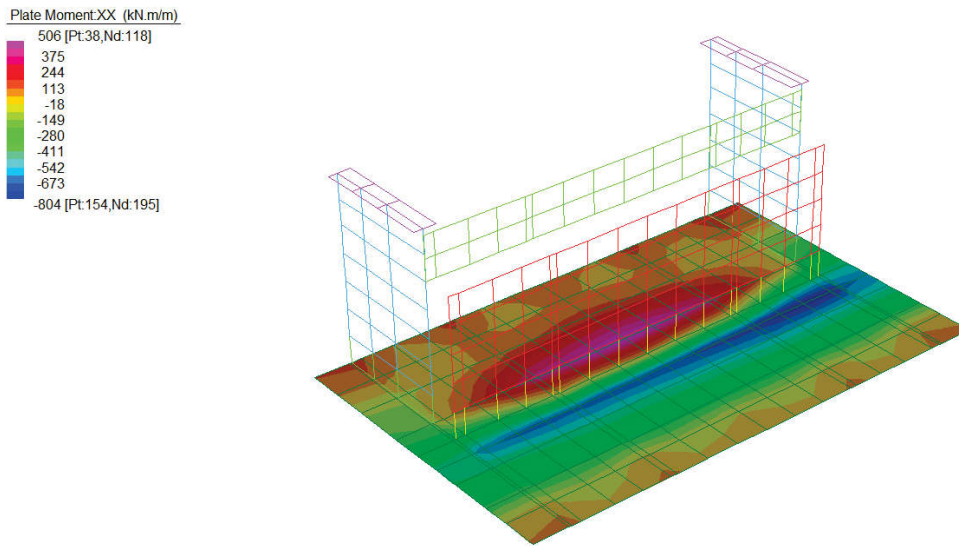


Figura 95: Momenti XX – SLU – Involuppo massimo

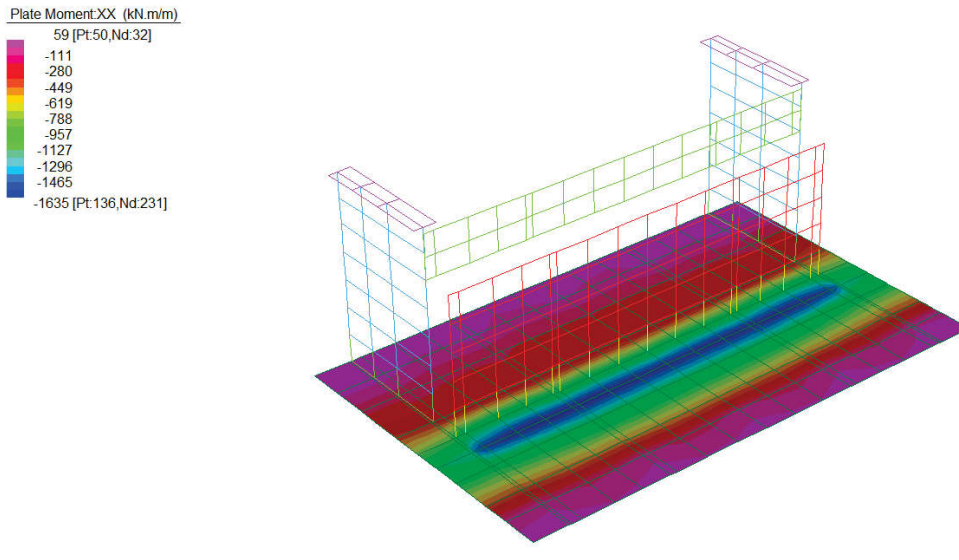


Figura 96: Momenti XX – SLU – Involuppo minimo



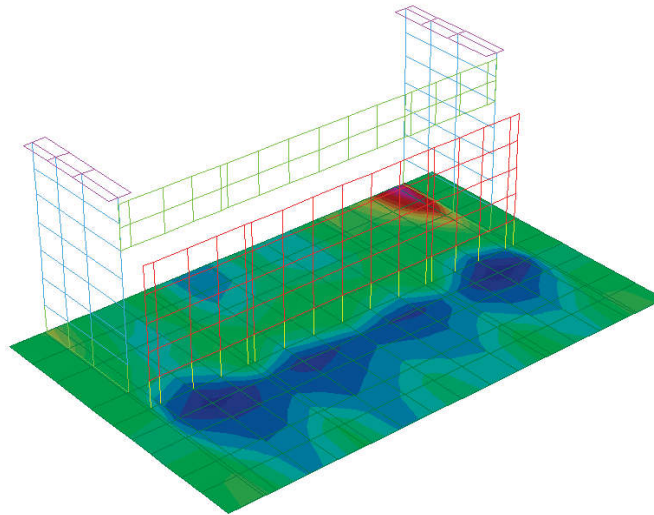
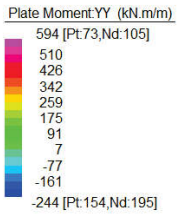


Figura 97: Momenti YY – SLU – Involuppo massimo

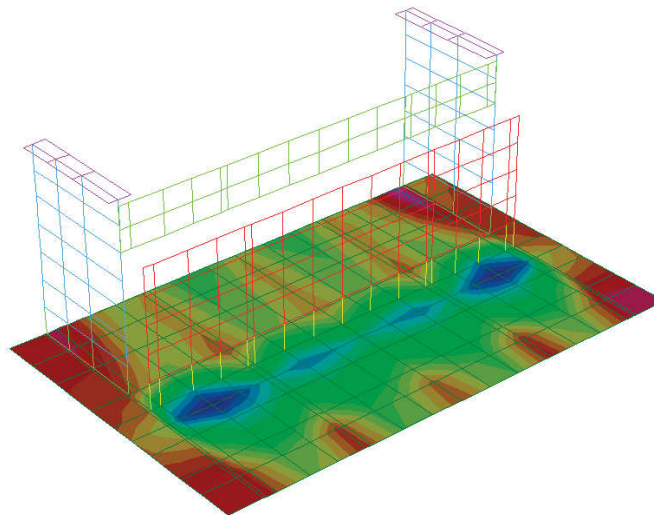
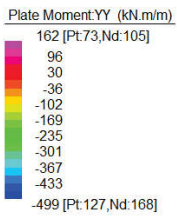


Figura 98: Momenti YY – SLU – Involuppo minimo

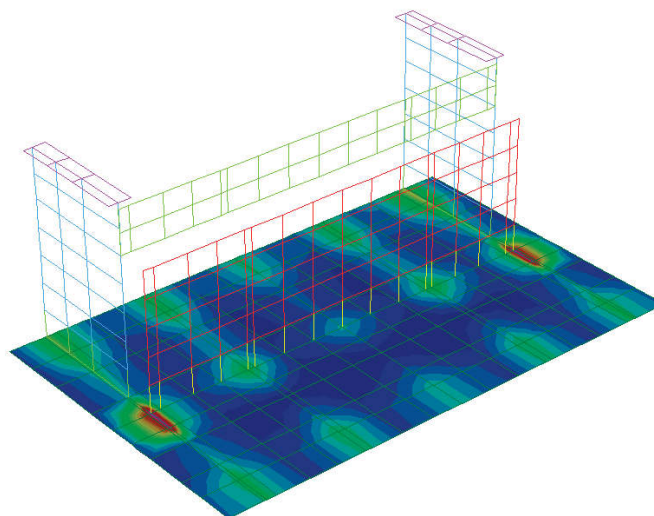
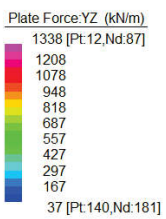


Figura 99: Taglio YZ – SLU – Involuppo assoluto

#### 14.2.4.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 180cm risulta armata mediante 10 $\phi$ 24/m superiori e inferiori in entrambe le direzioni. A taglio si dispongono 9 ganci  $\phi$ 12/mq.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C28/35	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	180.0
3	50.0	180.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam $\phi$ [mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	175.0	24
3	45.0	175.0	24
4	45.0	5.0	24

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
$\phi$	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	$\phi$
1	2	3	8	24
2	1	4	8	24

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1622.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-553.00	0.00	0.00	0.00

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1622.00	0.00	0.00	3027.79	0.00	1.87	45.2(27.9)
2	S	0.00	-553.00	0.00	0.00	-3027.79	0.00	5.48	45.2(27.9)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00297	0.042	-50.0	180.0	0.00095	-45.0	175.0	-0.06750	-45.0	5.0
2	0.00297	0.042	-50.0	0.0	0.00095	-45.0	5.0	-0.06750	-45.0	175.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000402675	-0.069513373	0.042	0.700
2	0.000000000	-0.000402675	0.002968063	0.042	0.700

Dati CA				Calcolo sezione in C.A.						
sezione										
B =	1000	[mm]		k =	1.34	$\rho 1 =$	0.00259	$v_{min} =$	0.29	
H =	1800	[mm]		$\sigma_{cp} =$	0.00	[MPa]	=====>	$\alpha_c =$	1	
d =	1750	[mm]		<b>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</b>						
c =	50	[mm]		$V_{Rd, calc} =$		$V_{Rd, min} =$				
Rck =	35	[MPa]		$V_{Rd} = \left[ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$						
$\gamma_{CLS} =$	1.5		$V_{Rd, min} =$	510.97	[kN]	$V_{Rd} =$	550.26	kN		
$v =$	0.5		$V_{Rd, calc} =$	550.26	[kN]					
Armature longitudinali lembo teso:										
	Base	Agg	As							
n° barre	10									
$\Phi$ barre	24									
armatura				<b>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</b>						
As =	4524	[mm <sup>2</sup> ]		<b>Taglio trazione</b>						
$\phi$ braccio =	12	[mm]		$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$						
A braccio =	113	[mm <sup>2</sup> ]		$V_{Rd} =$		1742.56	[kN]	$V_{Rd} =$	1742.56	kN
p staffe =	300.0	[mm]		<b>Taglio compressione</b>						
$\alpha$ staffe =	90.0	[°]		$V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$						
n° bracci =	3			$V_{Rcd} =$		4470.19	[kN]			
A <sub>sw</sub> /s	1.131									
f <sub>yk</sub> =	450	[MPa]								
$\theta$ puntoni =	13.41	[°]								
$\gamma_{ACC} =$	1.15									

## 15. VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA SPALLA

Relativamente alla fondazione su pali della spalla, ai fini della verifica di sicurezza nei riguardi delle azioni assiali, si è adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3) delle NTC18. Le azioni di progetto  $E_d$  sono state ricavate dal calcolo strutturale con riferimento alle combinazioni statiche SLU-STR e sismiche SLV. Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  della Tab. 6.4.II.

Tab. 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	$\gamma_R$			
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

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

Verranno impiegati i coefficienti  $\gamma$  collegati ai pali ad elica continua, visto l'impiego di pali CFA.

I valori caratteristici delle resistenze  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  ( $R_{t,cal}$ ) i fattori di correlazione  $B$  riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Si sono impiegati i fattori di correlazione  $\xi_3 = 1,70$  e  $\xi_4 = 1,70$ .

Per la determinazione del valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza di pali soggetti a carichi trasversali valgono le indicazioni del §6.4.3.1.1, applicando il coefficiente parziale  $\gamma_T$  della Tab. 6.4.VI.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

## 15.1 STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE

Tra i metodi di calcolo analitici vi è la stima di capacità limite secondo le prescrizioni contenute nelle Raccomandazioni AGI del giugno 1982 "Raccomandazioni sui pali di fondazione", a cura della Commissione AGI per la normativa geotecnica.

Per il calcolo della capacità portante limite a compressione ( $R_{c,k}$ ) di un palo di fondazione cilindrico si considerano i due distinti meccanismi interagenti e collaboranti attraverso i quali esso è in grado di trasferire le sollecitazioni nel sottosuolo: la resistenza di base e l'aderenza laterale.

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

Dove con  $Q_P$  si indica la resistenza unitaria alla punta, con  $Q_S$  la resistenza laterale e  $W_P$  il peso proprio del palo. I due termini di capacità portante non si influenzano reciprocamente e possono essere determinati separatamente.

### Stima di $Q_S$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_S = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Le tensioni tangenziali limite di attrito e/o di aderenza laterale all'interfaccia tra la superficie del palo e il terreno coesivo saturo circostante,  $\tau_s$ , sono molto difficili da valutare analiticamente poiché dipendono dal grado di disturbo e dall'alterazione delle pressioni efficaci e interstiziali che le modalità di costruzione del palo producono nel terreno. I metodi più utilizzati sono il metodo  $\alpha$  ed il metodo  $\beta$ , e nella presente relazione la stima verrà eseguita tramite il primo metodo.

Si è assunto pertanto che le tensioni tangenziali limite siano una quota parte della resistenza al taglio non drenata originaria del terreno indisturbato:

$$\tau_s = \alpha \cdot c_u$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico di aderenza che dipende dal tipo di terreno, dalla resistenza al taglio non drenata del terreno indisturbato, dal metodo di costruzione del palo, dal tempo, dalla profondità e dal cedimento del palo. L'Associazione Geotecnica Italiana suggerisce di assumere per  $\alpha$  i valori indicati nella seguente tabella.

Tipo di palo	Materiale	$c_u$ (kPa)	$\alpha$	$\alpha c_{u,max}$ (kPa)
Infisso (senza asportazione di terreno)	Calcestruzzo	$\leq 25$	1	120
		25 - 50	0,85	
		50 - 75	0,65	
		$> 75$	0,50	
	Acciaio	$\leq 25$	1	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,65	
		$> 75$	0,50	
Trivellato (con asportazione di terreno)	Calcestruzzo	$\leq 25$	0,90	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,60	
		$> 75$	0,40	

L'Associazione Americana del Petrolio (A.P.I., 1984) consiglia di utilizzare le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} c_u < 25 & \quad \alpha = 1 \\ 25 < c_u < 75 & \quad \alpha = -0,01 c_u + 1,25 \\ 75 < c_u & \quad \alpha = 0,5 \end{aligned}$$

Altri autori (Viggiani, 1999) suggeriscono invece ( $c_u$  in kPa) per i pali battuti:



$c_u < 25$	$\alpha = 1$
$25 < c_u < 70$	$\alpha = 1 - 0,011 (c_u - 25)$
$70 < c_u$	$\alpha = 0,5$

E per i pali trivellati:

$c_u < 25$	$\alpha = 0,7$
$25 < c_u < 70$	$\alpha = 0,7 - 0,008 (c_u - 25)$
$70 < c_u$	$\alpha = 0,35$

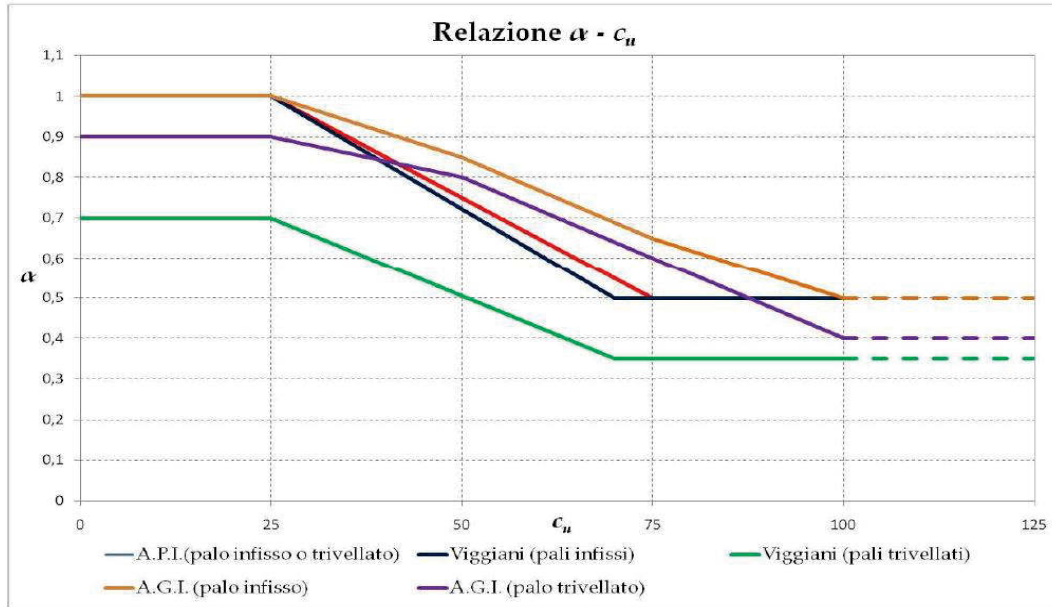


Figura 100: Metodi per il calcolo della capacità portante: formule statiche

### Stima di $Q_p$

La stima della capacità portante di punta si esegue in termini di tensioni totali, effettuando un'analisi in condizioni non drenate. L'equazione di riferimento è la seguente:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot (c_u \cdot N_c + \sigma_{v0,p})$$

In cui  $A_p$  è l'area di base del palo,  $q_p$  è la capacità portante unitaria,  $c_u$  è la resistenza al taglio in condizione non drenate del terreno alla profondità della base del palo,  $\sigma_{v0,p}$  è la tensione verticale totale alla punta ed  $N_c$  è un fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a 9.

## 15.2 VERIFICA DEI PALI

### 15.2.1 SOLLECITAZIONI AGENTI

Si riportano di seguito le visualizzazioni delle reazioni alla testa dei pali.

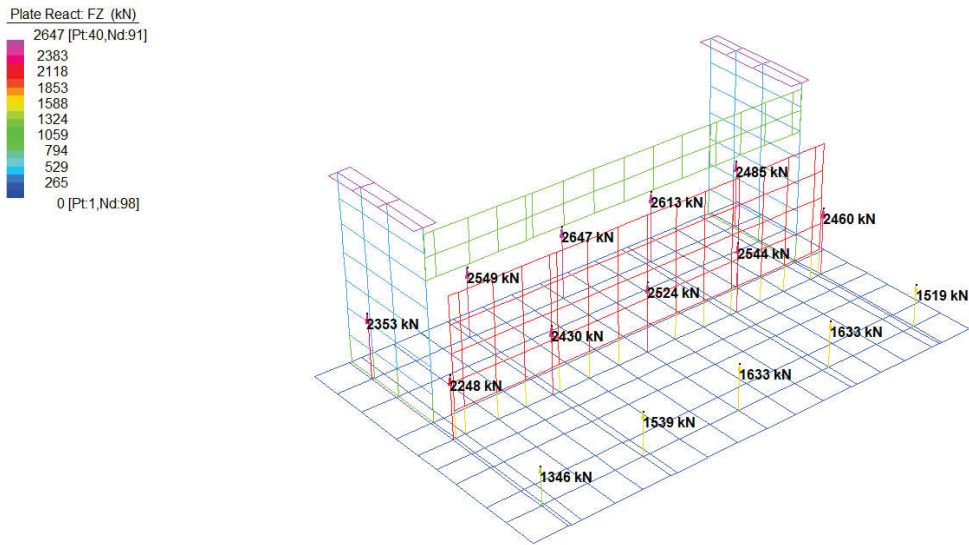


Figura 101: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLU Nmax)

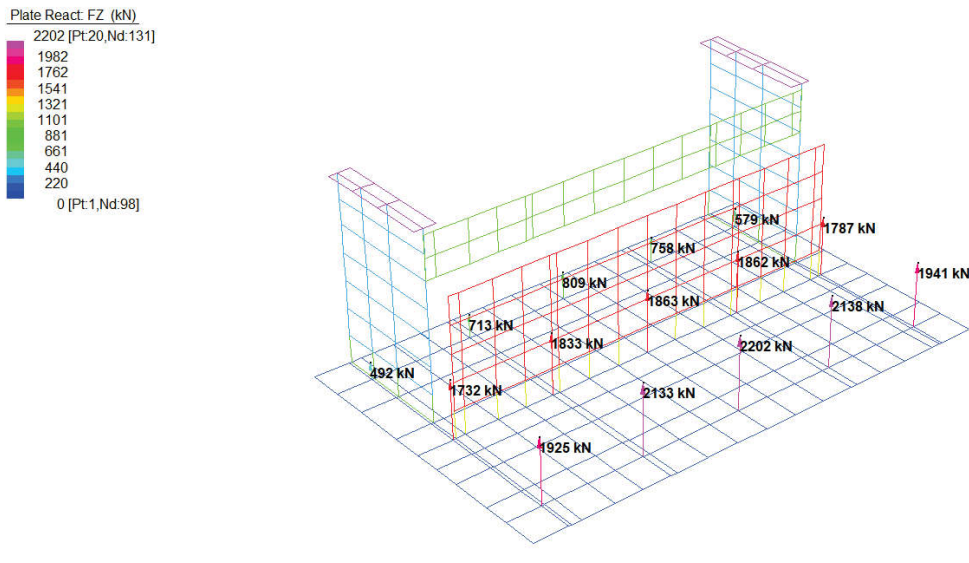
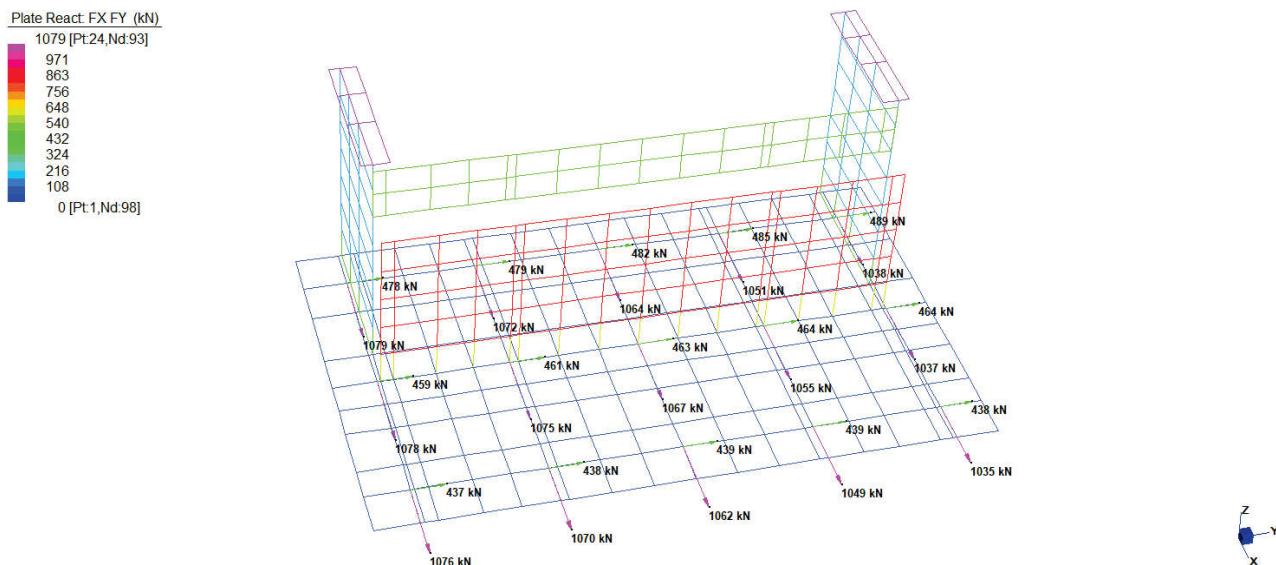


Figura 102: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLV Long)



**Figura 103: Sollecitazioni massime di taglio in testa ai pali (inviluppo assoluto)**

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa delle sollecitazioni riscontrate per i vari stati limite.

	SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI				
	Combinazione	N [kN]	Vlong [kN]	Vtrasv [kN]	Vxy [kN]
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLU,max}$	SLU $N_{max}$	2647	407	15	407
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	Sisma Long	2202	1062	28	1062
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	Sisma Long	492	1079	5	1079

### 15.3 COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI

Il terreno viene abitualmente simulato come un mezzo alla Winkler, e ciò avviene anche nel caso dei pali, per carichi orizzontali. La reazione del terreno, quindi, è assimilata ad un letto di molle di costante  $K_h$ . Essendo il palo una struttura di elevata snellezza, in termini di modello di Winkler, essi risultano "infinitamente lunghi"; inoltre i carichi applicati sono azioni concentrate all'estremità del palo, pertanto in tali condizioni il modello alla Winkler fornisce risultati senz'altro accettabili. È evidente, infine, che il regime di sollecitazioni e deformazioni è fortemente influenzato da variazioni delle caratteristiche del terreno lungo l'asse del palo; tali variazioni sono assai frequenti per i pali di fondazione, che spesso attraversano stratificazioni di terreni diversi, e quindi diventa assai utile la possibilità offerta dal metodo di Winkler di simulare agevolmente tali variazioni. Nella pratica, per terreni uniformi, si considera  $K_h$  costante con la profondità e, per i terreni argillosi come quelli in oggetto, correlato con la coesione non drenata  $c_u$  dalla relazione (Terzaghi, 1955; Davisson, 1970):

$$K_h = 67 \cdot \frac{c_u}{d}$$

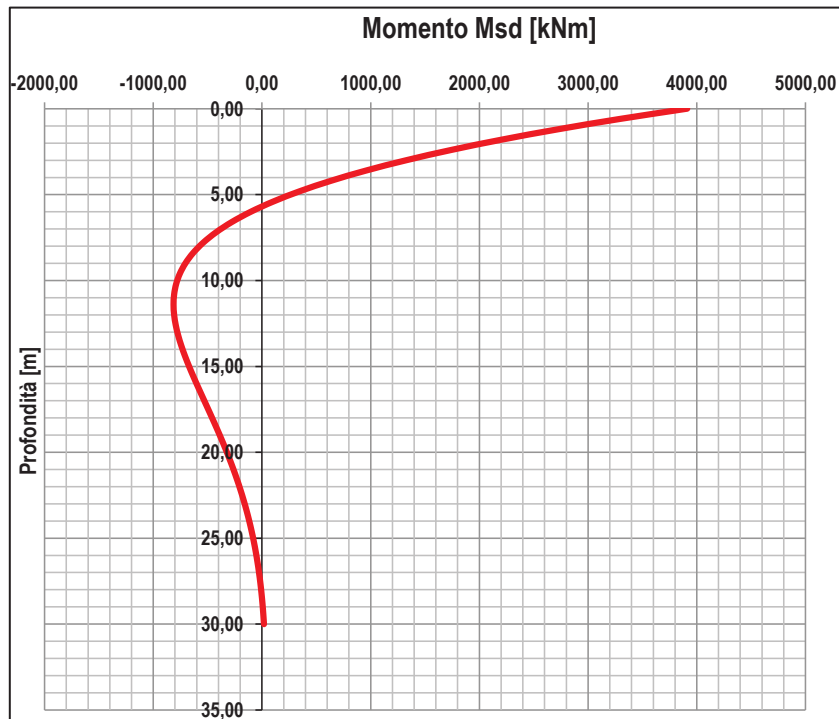
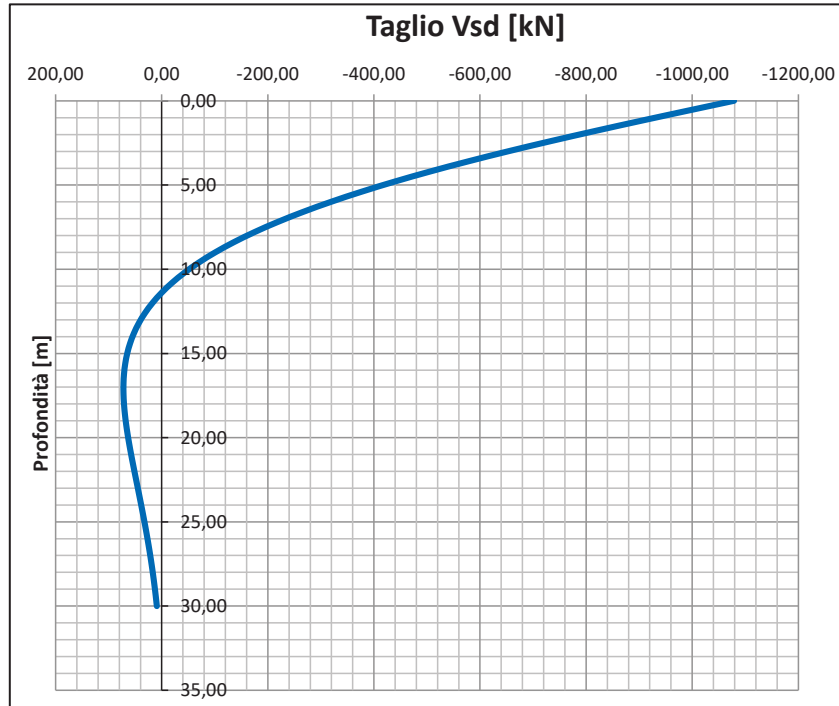
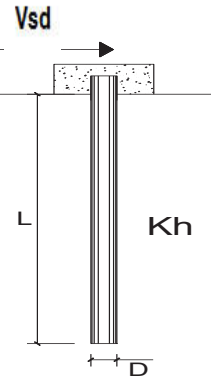
dove  $d$  è il diametro del palo e  $c_u$  la già citata coesione non drenata.

Dalla caratterizzazione geotecnica del sito, si è appurato che il terreno dello strato più superficiale presenta una  $c_u$  pari a 75kPa.

Tale valore è stato inserito nel seguente foglio di calcolo, unitamente ai dati relativi al palo più sollecitato a taglio, ricavando le sollecitazioni in testa all'elemento nonché, al variare della profondità, i valori di deformata, rotazione, momento, taglio e pressione sul terreno.

**PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI**

Diametro del palo D	1,200	m
Lunghezza del palo L	30	m
cu	75,0	kPa
Coefficiente di reazione laterale $k_h$ (Argille)	0,42	kg/cm <sup>3</sup>
Forza orizzontale agente Vsd	1079	kN
Rck	35,0	MPa
fcm	43,0	MPa
$E_{cls}$	34077	MPa
J	10178760	cm <sup>4</sup>
$\lambda$ (lunghezza caratteristica del palo)	725	cm
Pressione orizzontale massima	124	kPa
$M_0/F_0$	3,62	-



Il momento massimo agente è localizzato in testa al palo ed è pari a 3911 kNm. Inserendo nel precedente foglio di calcolo le forze orizzontali di taglio riscontrate nei vari stati limite, si è aggiornata la tabella delle sollecitazioni in testa ai pali.

	SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI					
	Combinazione	N [kN]	Vlong [kN]	Vtrasv [kN]	Vxy [kN]	M [kNm]
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,compr,max}$	SLU $N_{max}$	2647	407	15	407	1475
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	Sisma Long	2202	1062	28	1062	3849
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	Sisma Long	492	1079	5	1079	3911

### 15.3.1 Verifiche strutturali dei pali

Con riferimento alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 4, si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pali, che risultano armati longitudinalmente con  $50\phi 26$ , copriferro 6 cm ed una spirale  $\phi 12/15$ . La verifica a pressoflessione è stata eseguita impiegando il programma Vca SLU, inserendo al suo interno lo sforzo normale relativo alla combinazione di carico correlato alla massima sollecitazione di taglio (e conseguentemente di momento) agente sul palo.

Figura 104: Vca SLU, MRd palo

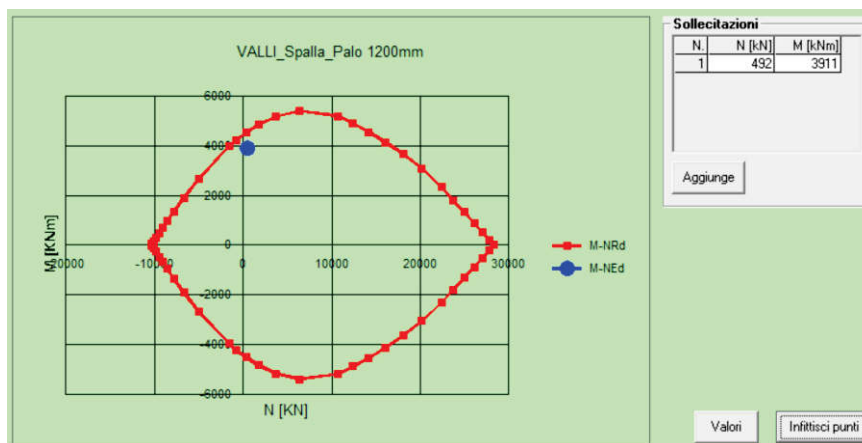


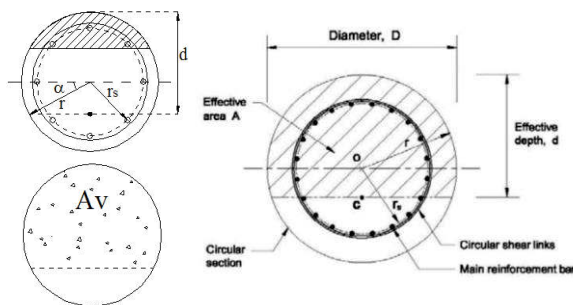
Figura 105: Vca SLU, dominio M-N

La verifica risulta soddisfatta.



La resistenza a taglio del palo è determinata secondo quanto previsto dalle NTC18, riconducendosi ad una sezione rettangolare equivalente secondo il metodo proposto da Clarke & Birjandi (1993).

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento senza armature resistenti a taglio]			
<b>DATI DI INPUT</b>			
<i>Sollecitazioni</i>			
Taglio massimo sollecitante	$V_{ed}$ [kN]	1079,00	
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione	$N_{ed}$ [kN]	492,00	
<i>Parametri sezione circolare ed equivalente sezione rettangolare</i>			
Diametro	$D$ [mm]	1200	
Copriferro	$c$ [mm]	60	
Raggio della sezione circolare	$r$ [mm]	600	
Raggio parte confinata dall'armatura trasversale	$r_s$ [mm]	540	
$\sin \alpha = 2 r_s / (\pi r)$	$\sin \alpha$	0,573	
$\alpha = \arcsin(\sin \alpha)$	$\alpha$ [rad]	0,610	
Area della sezione rettangolare equivalente	$A_v$ [mm <sup>2</sup> ]	954178	
Altezza equivalente sezione cls	$h$ [cm]	1119	
Area totale della sezione circolare	$A_{cl}$ [mm <sup>2</sup> ]	1130973	
Larghezza equivalente della sezione in zona tesa	$b_w$ [mm]	1011	
Altezza utile equivalente della sezione	$d$ [mm]	944	
<i>Armature longitudinali</i>			
Numero barre	$n^\circ$	50	
Diametro barre	$\Phi$ [mm]	26	
Area armatura longitudinale tesa	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	26546,46	
<i>Caratteristiche cls</i>			
Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg	$R_{ck}$ [Mpa]	35	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg	$f_{ck}$ [Mpa]	29,05	
Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg	$f_{cm}$ [Mpa]	37,05	
Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione	$\alpha_{cc}$	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd}$ [Mpa]	16,46	
<i>Caratteristiche acciaio</i>			
Tensione caratteristica di snervamento acciaio $f_{yk} \geq f_{y,nom}$	$f_{yk}$ [Mpa]	450,00	
Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento	$f_{yd}$ [Mpa]	391,30	



VERIFICA ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.1			
<i>Parametri</i>			
	$k$	1,46	< 2
	$v_{min}$ [Mpa]	0,33	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,02	≤ 0,02
Tensione di (pre)compressione	$\sigma_{ca}$ [MPa]	0,44	
<i>Valutazione resistenza al taglio</i>			
	$V_{Rd,min}$ [kN]	379,92	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	$V_{Rd}$ [kN]	709,89	
	$V_{Rd,min}$ [kN] ≤ $V_{Rd}$ [kN]		OK

Taglio massimo sollecitante	$V_{ed}$ [kN]	1079,00
Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	709,89
<b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>	<b>FS</b>	<b>0,66</b>
Verifica non soddisfatta: inserire armatura		

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]			
<b>DATI DI INPUT</b>			
Taglio massimo sollecitante	$V_{ed}$ [kN]	1079,00	
Larghezza minima della sezione in zona tesa	$b_w$ [mm]	1011	
Altezza utile della sezione	$d$ [mm]	944	
Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg	$R_{ck}$ [Mpa]	35	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg	$f_{ck}$ [Mpa]	29,05	
Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg	$f_{cm}$ [Mpa]	37,05	
Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione	$\alpha_{cc}$	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	$f_{cd}$ [Mpa]	16,46	
Tensione caratteristica di snervamento acciaio $f_{yk} \geq f_{y,nom}$	$f_{yk}$ [Mpa]	450,00	
Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento	$f_{yd}$ [Mpa]	391,30	

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad [4.1.29]$$

VERIFICA ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.2			
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo	$f'_{cd}$	8,23	
Coefficiente maggiorativo per (pre)compressione	$\alpha_{cw}$	1,03	
Diametro delle staffe	$\Phi_{sw}$ [mm]	12	
Numero di bracci staffe	$n \cdot b$	2	
Passo delle staffe	$s$ [cm]	15	
Quantitativo di staffe al metro	$A_{sw}/s$ [mm <sup>2</sup> /m]	1508	
Inclinazione $\theta$ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$ (cioè $21,8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ )	$\text{ctg} \theta$	2,50	
	$\theta$ [°]	21,8	
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	$\alpha$ [°]	90	
	$\alpha$ [rad]	1,57	
Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale	$\text{ctg} \alpha$	0,00	
Resistenza a taglio del puntone di cls	$V_{Rcd}$ [kN]	2501,76	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	$V_{Rsd}$ [kN]	1253,02	

Taglio massimo sollecitante	$V_{Ed}$ [kN]	1079,00
Resistenza a taglio di progetto	$V_{Rd}$ [kN]	1253,02
<b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>	<b>FS</b>	<b>1,16</b>
Verifica soddisfatta		



### 15.3.2 Calcolo capacità portante pali

La verifica viene effettuata con l'Approccio 2, vale a dire che il calcolo delle azioni è stato condotto con i coefficienti A1-M1, mentre il calcolo delle resistenze secondo i coefficienti R3.

Le massime sollecitazioni assiali di compressione in testa al palo sono:

$$N_{\max, \text{compr, STR}} = 2647 \text{ kN} \quad N_{\max, \text{compr, SLV}} = 2202 \text{ kN}$$

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI																
Descrizione	Quota <sub>SUP</sub>	Quota <sub>INF</sub>	H <sub>STRATO</sub>	H <sub>ATTIVA</sub>	$\phi'$	C'	Cu	$\gamma_{\text{nat}}$	$\kappa$	tg $\delta$	$\alpha(\text{Cu})$	$\alpha(c')$	$\beta$	$\sigma'v (h_{\text{med}})$	$\sigma'v (h_{\text{inf}})$	Q <sub>lat</sub>
strato	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0,00	0,98	0,98	0,98			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	9,56	19,11	116,32
2	0,98	4,58	3,60	3,60			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	36,21	53,31	427,29
3	4,58	13,99	9,41	9,41			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	98,01	142,71	1116,89
4	13,99	40,00	26,01	16,01			150,00	20,00	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	222,76	302,81	3800,52

CARATTERISTICHE PALO		
Diametro Palo	1,20	m
Lunghezza Palo	30,00	m
Quota testa palo	0,00	m
Quota punta palo	30,00	m
TIPO (B/T/E)	E	(BATTUTO / TRIVELLATO / ELICA / FDP / JET)
Materiale	CLS	(CLS / ACCIAIO)
Quota falda	0,98	m
Rck	35,00	Mpa
E <sub>palo</sub>	32.588,11	MPa
J <sub>palo</sub>	1,41E-01	m <sup>4</sup>
$\gamma_{\text{palo}}$	25,00	kN/m <sup>3</sup>
Ap	1,13	m <sup>2</sup>
Alat	3,77	m <sup>2</sup> /m
Alat <sub>TOT</sub>	113,04	m <sup>2</sup>
L/D	25,00	m
T: fattore di rigidezza relativa	3,08	m
2T	6,16	m
4T	12,32	m
Comportamento	L>4T; Palo flessibile o lungo	

PORTATA LIMITE LATERATE E DI PUNTA			
Peso Palo	Wp	847,80	kN
Peso Palo Immerso	Wp'	355,91	kN
Caratteristiche a fondo palo	$\phi'$	0,00	[°]
Caratteristiche a fondo palo	C'	0,00	kPa
Caratteristiche a fondo palo	Cu	150,00	kPa
Pressione a fondo palo	$\sigma'v$	302,81	kPa
Condizione di rottura	Nq	-	
( $\delta_{\max} \leq 5\%D$ )	Nq*	-	
Caratteristiche a fondo palo	Rc	0,8	
Portata di punta a rottura	QP	1.528	kN
Portata di punta con $\delta_{\max}$	QP*	1.528	kN
Q <sub>lim, PUNTA</sub>	QP	1.528	kN
Q <sub>lim, LATERALE</sub>	QL	5.461	kN
Q <sub>lim, TOTALE</sub>	Q <sub>lim</sub>	6.989	kN

NTC 2008		(NTC 6.4.3.1)		
PORTATE LIMITE DI COMPRESSIONE E TRAZIONE				
Tipo Pali	ELICA			
Rbk,punta	1.528	kN		
Rsk,laterale	5.461	kN		
Rck, TOTALE	6.989	kN		
N	1			
$\zeta_3$	1,7			
$\zeta_4$	1,7			
Rbk,punta	899	kN		
Rsk,laterale	3.212	kN		
COMBINAZIONI E PORTATE DI CALCOLO	A1C1 STRU	A1C2 GEO	A2	
	A1+M1+R1	A2+M1+R2	A2*( $\gamma=1$ )+M1+R3	
Resistenza	R1	R2	R3	
$\gamma_b$	1,00	1,60	1,30	
$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15	
$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25	
<b>Rsd<sub>t</sub></b>	<b>3.533</b>	<b>2.328</b>	<b>2.890</b>	<b>kN</b>
Rbd,punta	899	562	691	kN
Rsd,laterale	3.212	2.215	2.793	kN
Resistenza a compressione <b>Rcd</b>	<b>4.111</b>	<b>2.777</b>	<b>3.485</b>	<b>kN</b>
Wp'	355,9	355,9	355,9	kN
$\gamma_{G1}$	1,3	1,0	1,0	
<b>Rcd-<math>\gamma_{G1}</math>xWp'</b>	<b>3.648</b>	<b>2.421</b>	<b>3.129</b>	<b>kN</b>

FATTORE DI EFFICIENZA - PALI IN GRUPPO				
fattore di efficienza E	0,73	0,73	0,73	-

PORTATA A COMPRESSIONE: Rcd- $\gamma_{G1}$ ·Wp [kN]	Nsd [kN]	CS	
A1C1 STRU (A1+M1+R1)	2.679	2.647	1,01 <b>VERIFICATO</b>
A1C2 SISMA (A2*+M1+R3)	2.297	2.202	1,04 <b>VERIFICATO</b>

### 15.3.3 Verifica a carico limite orizzontale

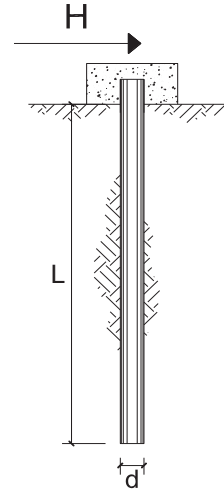
Si riporta di seguito la verifica a carico limite orizzontale per un palo immerso in terreni coesivi, condotta applicando la teoria di Broms (1964), la cui rotazione in testa è impedita. Si è inserita la massima sollecitazione tagliante riscontrata in combinazione sismica, pari a  $V_{Ed,SLV} = 1079$  kN.

#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

**OPERA:** Viadotto Valli - Spalle

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	○	1,00	1,30	1,00	1,60
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,30
	SISMA	●	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88			○	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			○	1,30	1,40	1,00

n	1	2	3	4	5	6	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

Palo corto: 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio: 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4 M_y}{9 c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo: 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	30,00	(m)		
Diametro del palo	d =	1,20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y$ =	4861,00	(kN m)		
Coesione non drenata	$c_{u, med}$ =	75,00	(kPa)	$c_{u, min}$ =	75,00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d}$ =	75,00	(kPa)	$c_{u, min, d}$ =	75,00 (kPa)
Carico orizzontale agente	$H_{Ed}$ =	1079	(kN)		

Palo corto:

$H1_{med} = 22842,00$  (kN)  $H1_{min} = 22842,00$  (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 8897,18$  (kN)  $H2_{min} = 8897,18$  (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 2769,93$  (kN)  $H3_{min} = 2769,93$  (kN)

$H_{med} = 2769,93$  (kN) palo lungo  $H_{min} = 2769,93$  (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1629,37$  (kN)  
 $H_d = H_k/\gamma_T = 1253,36$  (kN)  
 $H_{Ed} = 1079,00$  (kN)  
 $FS = H_d / H_{Ed} = 1,16$

La verifica è soddisfatta.

## 16. VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA PILA

Relativamente ai pali delle fondazioni delle pile, ai fini della verifica di sicurezza nei riguardi delle azioni assiali, si è deciso di adottare l'approccio 2 (A1+M1+R3) delle NTC18. Le azioni di progetto  $E_d$  sono state ricavate dal calcolo strutturale con riferimento alle combinazioni statiche SLU-STR e sismiche SLV. Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  della Tab. 6.4.II.

Tab. 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	$\gamma_R$			
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

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

Verranno impiegati i coefficienti  $\gamma$  collegati ai pali ad elica continua, visto l'impiego di pali CFA.

I valori caratteristici delle resistenze  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  ( $R_{t,cal}$ ) i fattori di correlazione  $B$  riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Si sono impiegati i fattori di correlazione  $\xi_3 = 1,70$  e  $\xi_4 = 1,70$ .

Per la determinazione del valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza di pali soggetti a carichi trasversali valgono le indicazioni del §6.4.3.1.1, applicando il coefficiente parziale  $\gamma_T$  della Tab. 6.4.VI.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

## 16.1 STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE

Tra i metodi di calcolo analitici vi è la stima di capacità limite secondo le prescrizioni contenute nelle Raccomandazioni AGI del giugno 1982 "Raccomandazioni sui pali di fondazione", a cura della Commissione AGI per la normativa geotecnica.

Per il calcolo della capacità portante limite a compressione ( $R_{c,k}$ ) di un palo di fondazione cilindrico si considerano i due distinti meccanismi interagenti e collaboranti attraverso i quali esso è in grado di trasferire le sollecitazioni nel sottosuolo: la resistenza di base e l'aderenza laterale.

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

Dove con  $Q_P$  si indica la resistenza unitaria alla punta, con  $Q_S$  la resistenza laterale e  $W_P$  il peso proprio del palo. I due termini di capacità portante non si influenzano reciprocamente e possono essere determinati separatamente.

### Stima di $Q_S$

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  è per definizione:

$$Q_S = \pi \cdot D \cdot \int_0^L \tau_s \cdot dz$$

Le tensioni tangenziali limite di attrito e/o di aderenza laterale all'interfaccia tra la superficie del palo e il terreno coesivo saturo circostante,  $\tau_s$ , sono molto difficili da valutare analiticamente poiché dipendono dal grado di disturbo e dall'alterazione delle pressioni efficaci e interstiziali che le modalità di costruzione del palo producono nel terreno. I metodi più utilizzati sono il metodo  $\alpha$  ed il metodo  $\beta$ , e nella presente relazione la stima verrà eseguita tramite il primo metodo.

Si è assunto pertanto che le tensioni tangenziali limite siano una quota parte della resistenza al taglio non drenata originaria del terreno indisturbato:

$$\tau_s = \alpha \cdot c_u$$

In cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico di aderenza che dipende dal tipo di terreno, dalla resistenza al taglio non drenata del terreno indisturbato, dal metodo di costruzione del palo, dal tempo, dalla profondità e dal cedimento del palo. L'Associazione Geotecnica Italiana suggerisce di assumere per  $\alpha$  i valori indicati nella seguente tabella.

Tipo di palo	Materiale	$c_u$ (kPa)	$\alpha$	$\alpha c_{u,max}$ (kPa)
Infisso (senza asportazione di terreno)	Calcestruzzo	$\leq 25$	1	120
		25 - 50	0,85	
		50 - 75	0,65	
		$> 75$	0,50	
	Acciaio	$\leq 25$	1	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,65	
		$> 75$	0,50	
Trivellato (con asportazione di terreno)	Calcestruzzo	$\leq 25$	0,90	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,60	
		$> 75$	0,40	

L'Associazione Americana del Petrolio (A.P.I., 1984) consiglia di utilizzare le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} c_u < 25 & \quad \alpha = 1 \\ 25 < c_u < 75 & \quad \alpha = -0,01 c_u + 1,25 \\ 75 < c_u & \quad \alpha = 0,5 \end{aligned}$$

Altri autori (Viggiani, 1999) suggeriscono invece ( $c_u$  in kPa) per i pali battuti:

$c_u < 25$	$\alpha = 1$
$25 < c_u < 70$	$\alpha = 1 - 0,011 (c_u - 25)$
$70 < c_u$	$\alpha = 0,5$

E per i pali trivellati:

$c_u < 25$	$\alpha = 0,7$
$25 < c_u < 70$	$\alpha = 0,7 - 0,008 (c_u - 25)$
$70 < c_u$	$\alpha = 0,35$

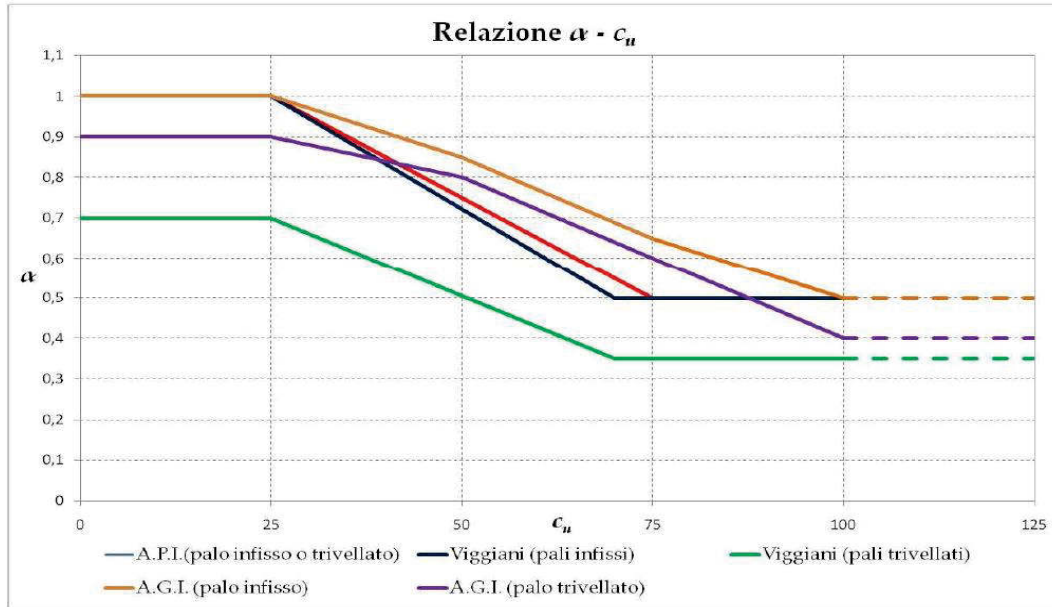


Figura 106: Metodi per il calcolo della capacità portante: formule statiche

### Stima di $Q_p$

La stima della capacità portante di punta si esegue in termini di tensioni totali, effettuando un'analisi in condizioni non drenate. L'equazione di riferimento è la seguente:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot (c_u \cdot N_c + \sigma_{v0,p})$$

In cui  $A_p$  è l'area di base del palo,  $q_p$  è la capacità portante unitaria,  $c_u$  è la resistenza al taglio in condizione non drenate del terreno alla profondità della base del palo,  $\sigma_{v0,p}$  è la tensione verticale totale alla punta ed  $N_c$  è un fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a 9.





Si riportano di seguito le visualizzazioni delle reazioni alla testa dei pali.

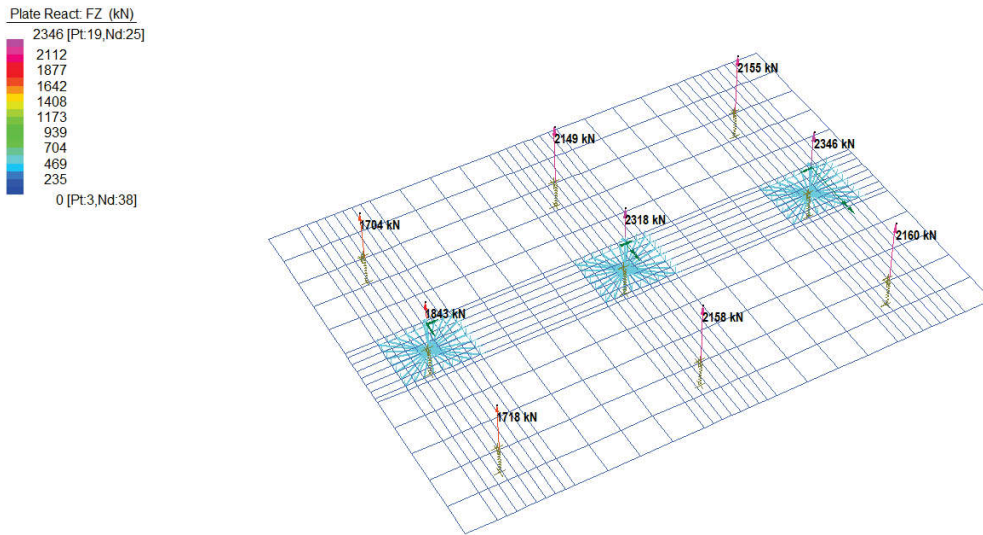


Figura 107: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLU Nmax)

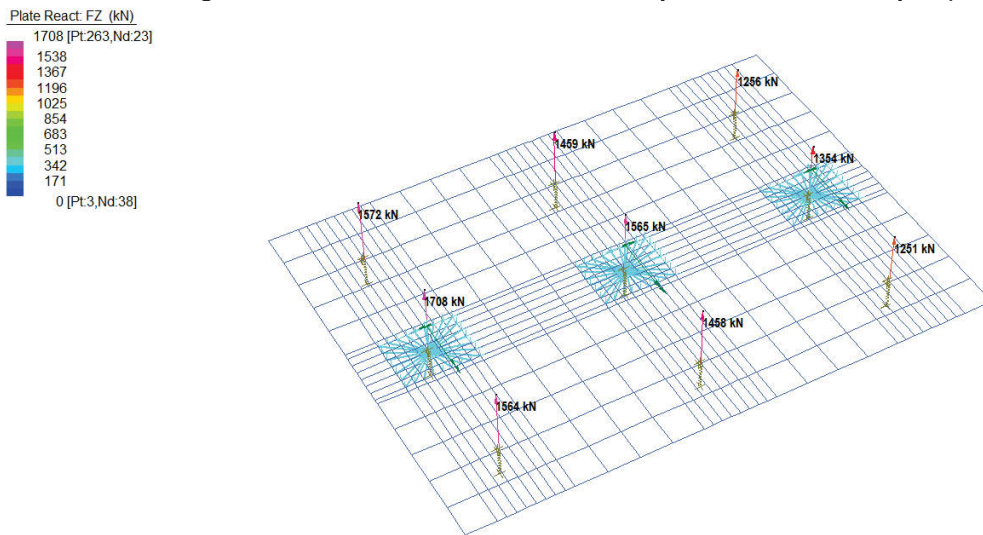


Figura 108: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLV X+0.3Y)

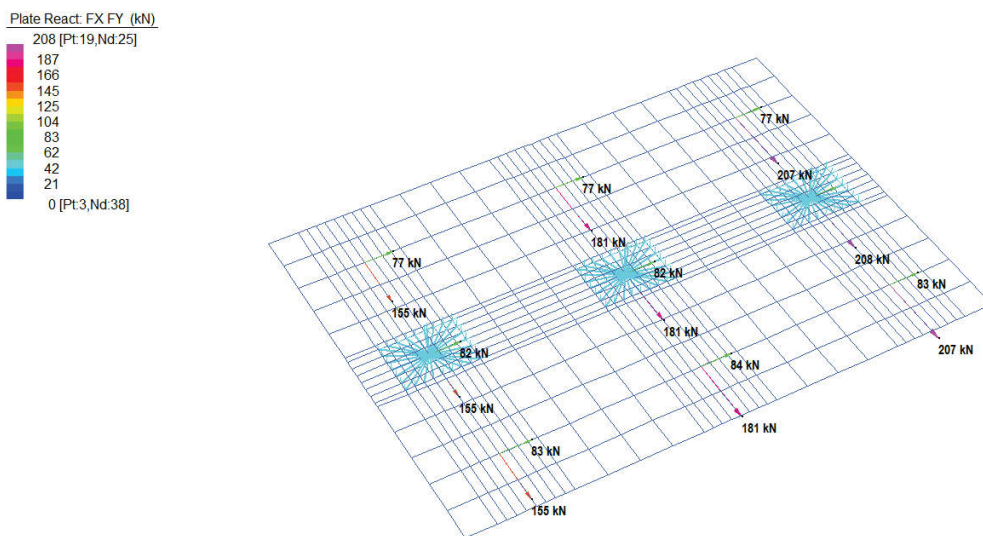


Figura 109: Sollecitazioni massime di taglio in testa ai pali (involgimento assoluto)

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa delle sollecitazioni riscontrate per i vari stati limite.

	SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI				
	Combinazione	N [kN]	Vlong [kN]	Vtrasv [kN]	Vxy [kN]
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLU,max}$	SLU $N_{max}$	2346	9	4	10
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	SLV X+0,3Y	1708	50	82	96
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	SLV X+0,3Y	492	208	25	209

### 16.3 COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI

Il terreno viene abitualmente simulato come un mezzo alla Winkler, e ciò avviene anche nel caso dei pali, per carichi orizzontali. La reazione del terreno, quindi, è assimilata ad un letto di molle di costante  $K_h$ . Essendo il palo una struttura di elevata snellezza, in termini di modello di Winkler, essi risultano "infinitamente lunghi"; inoltre i carichi applicati sono azioni concentrate all'estremità del palo, pertanto in tali condizioni il modello alla Winkler fornisce risultati senz'altro accettabili. È evidente, infine, che il regime di sollecitazioni e deformazioni è fortemente influenzato da variazioni delle caratteristiche del terreno lungo l'asse del palo; tali variazioni sono assai frequenti per i pali di fondazione, che spesso attraversano stratificazioni di terreni diversi, e quindi diventa assai utile la possibilità offerta dal metodo di Winkler di simulare agevolmente tali variazioni. Nella pratica, per terreni uniformi, si considera  $K_h$  costante con la profondità e, per i terreni argillosi come quelli in oggetto, correlato con la coesione non drenata  $c_u$  dalla relazione (Terzaghi, 1955; Davisson, 1970):

$$K_h = 67 \cdot \frac{c_u}{d}$$

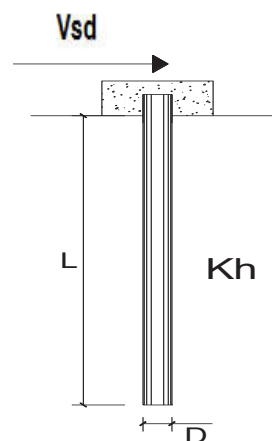
dove  $d$  è il diametro del palo e  $c_u$  la già citata coesione non drenata.

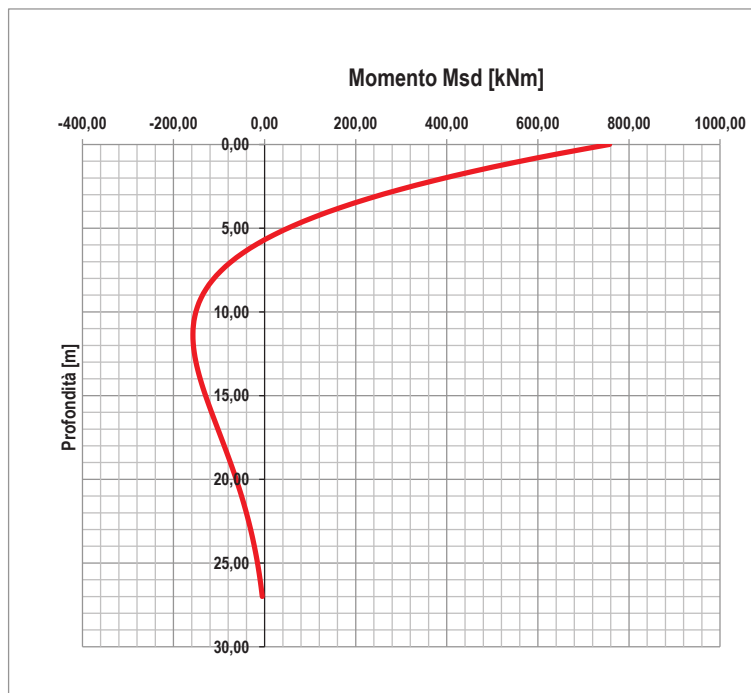
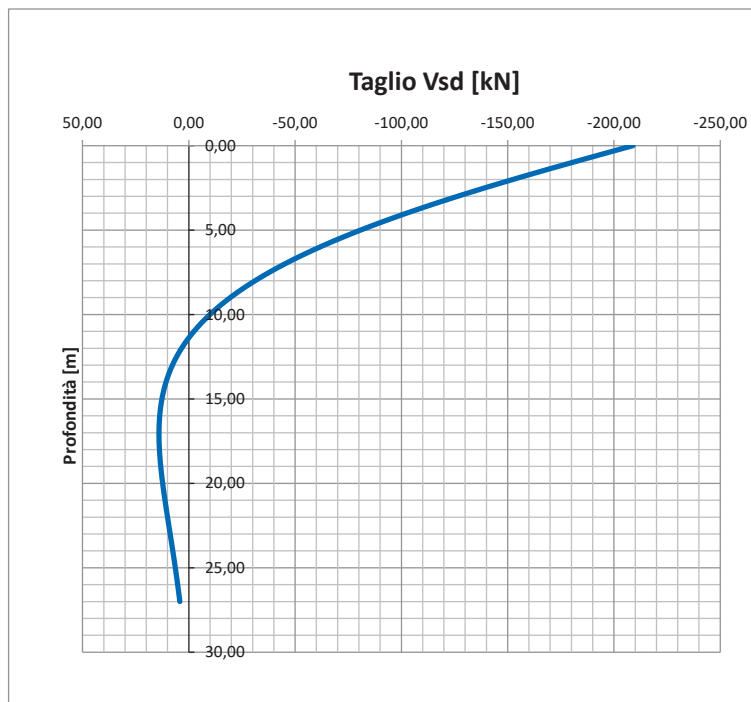
Dalla caratterizzazione geotecnica del sito, si è appurato che il terreno dello strato più superficiale presenta una  $c_u$  pari a 75kPa.

Tale valore è stato inserito nel seguente foglio di calcolo, unitamente ai dati relativi al palo più sollecitato a taglio, ricavando le sollecitazioni in testa all'elemento nonché, al variare della profondità, i valori di deformata, rotazione, momento, taglio e pressione sul terreno.

#### PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

Diametro del palo D	1,200	m
Lunghezza del palo L	27	m
$c_u$	75,0	kPa
Coefficiente di reazione laterale $k_h$ (Argille)	0,42	kg/cm <sup>3</sup>
Forza orizzontale agente $V_{sd}$	209	kN
Rck	35,0	MPa
$f_{cm}$	43,0	MPa
$E_{cls}$	34077	MPa
J	10178760	cm <sup>4</sup>
$\lambda$ (lunghezza caratteristica del palo)	725	cm
Pressione orizzontale massima	24	kPa
$M_0/F_0$	3,62	-





Il momento massimo agente è localizzato in testa al palo ed è pari a 758 kNm.

Inserendo nel precedente foglio di calcolo le forze orizzontali di taglio riscontrate nei vari stati limite, si è aggiornata la tabella delle sollecitazioni in testa ai pali.

SOLLECITAZIONI ALLA TESTA DEI PALI						
	Combinazione	N [kN]	Vlong [kN]	Vtrasv [kN]	Vxy [kN]	M [kNm]
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,compr,max}$	SLU $N_{max}$	2346	9	4	10	36
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	SLV X+0,3Y	1708	50	82	96	348
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	SLV X+0,3Y	492	208	25	209	758

### 16.3.1 Verifiche strutturali dei pali

Con riferimento alle caratteristiche dei materiali indicati al capitolo 4, si riportano di seguito le verifiche strutturali dei pali, che risultano armati longitudinalmente con 40 $\phi$ 24, copriferro 6 cm ed una spirale  $\phi$ 12/20. La verifica a pressoflessione è stata eseguita impiegando il programma Vca SLU, inserendo al suo interno lo sforzo normale relativo alla combinazione di carico correlato alla massima sollecitazione di taglio (e conseguentemente di momento) agente sul palo.

**Titolo:** VALLI\_Pila\_Palo 1200mm

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 40  
 Diametro barre: 2.4 [cm]  
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

N<sub>Ed</sub>: 492 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 758 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0

**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

Vertici: 52 N° rett.: 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C C28/35

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 15,87  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 11  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6667  
 $\tau_{c1}$ : 1,971

M<sub>xRd</sub>: 3.317 kN m  
 $\sigma_c$ : -15,87 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 8,673 ‰  
 d: 114 cm  
 x: 32,78 x/d: 0,2875  
 $\delta$ : 0,7994

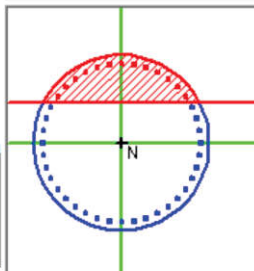


Figura 110: Vca SLU, MRd palo

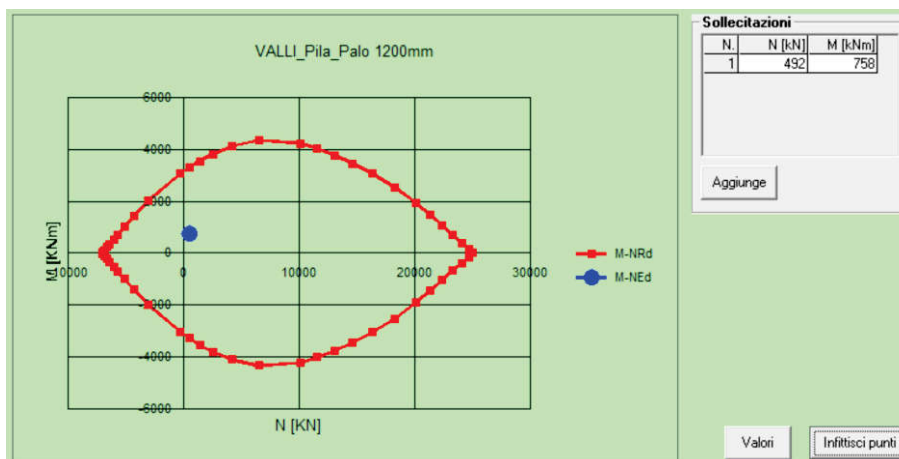


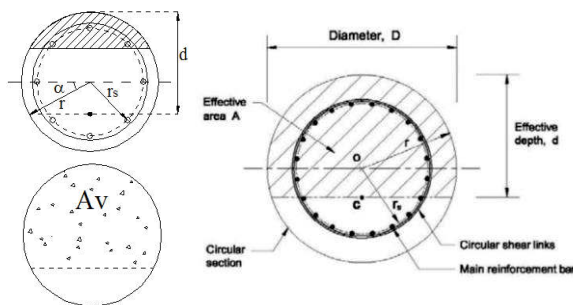
Figura 111: Vca SLU, dominio M-N

La verifica risulta soddisfatta.



La resistenza a taglio del palo è determinata secondo quanto previsto dalle NTC18, riconducendosi ad una sezione rettangolare equivalente secondo il metodo proposto da Clarke & Birjandi (1993).

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento senza armature resistenti a taglio]			
<b>DATI DI INPUT</b>			
<i>Sollecitazioni</i>			
Taglio massimo sollecitante	V <sub>ed</sub> [kN]	209,00	
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione	N <sub>ed</sub> [kN]	492,00	
<i>Parametri sezione circolare ed equivalente sezione rettangolare</i>			
Diametro	D [mm]	1200	
Copriferro	c [mm]	60	
Raggio della sezione circolare	r [mm]	600	
Raggio parte confinata dall'armatura trasversale	r <sub>s</sub> [mm]	540	
sin α = 2 r <sub>s</sub> / (π r)	sin α	0,573	
α = arcsin (sin α)	α [rad]	0,610	
Area della sezione rettangolare equivalente	A <sub>v</sub> [mm <sup>2</sup> ]	954178	
Altezza equivalente sezione cls	h [cm]	1119	
Area totale della sezione circolare	A <sub>cl</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1130973	
Larghezza equivalente della sezione in zona tesa	b <sub>w</sub> [mm]	1011	
Altezza utile equivalente della sezione	d [mm]	944	
<i>Armature longitudinali</i>			
Numero barre	n°	40	
Diametro barre	Φ [mm]	24	
Area armatura longitudinale tesa	A <sub>sl</sub> [mm <sup>2</sup> ]	18095,57	
<i>Caratteristiche cls</i>			
Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg	R <sub>ck</sub> [Mpa]	35	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg	f <sub>ck</sub> [Mpa]	29,05	
Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg	f <sub>cm</sub> [Mpa]	37,05	
Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione	α <sub>cc</sub>	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	f <sub>cd</sub> [Mpa]	16,46	
<i>Caratteristiche acciaio</i>			
Tensione caratteristica di snervamento acciaio f <sub>yk</sub> ≥ f <sub>y,nom</sub>	f <sub>yk</sub> [Mpa]	450,00	
Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento	f <sub>yk</sub> [Mpa]	391,30	



VERIFICA ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.1			
<i>Parametri</i>			
	k	1,46	< 2
	v <sub>min</sub> [Mpa]	0,33	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρl	0,02	≤ 0,02
Tensione di (pre)compressione	σ <sub>ca</sub> [MPa]	0,44	
<i>Valutazione resistenza al taglio</i>			
	V <sub>Rd,min</sub> [kN]	379,92	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V <sub>Rd</sub> [kN]	698,51	
	V <sub>Rd,min</sub> [kN] ≤ V <sub>Rd</sub> [kN]		OK

Taglio massimo sollecitante	V <sub>ed</sub> [kN]	209,00
Resistenza a taglio di progetto	V <sub>Rd</sub> [kN]	698,51
<b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>	<b>FS</b>	<b>3,34</b>
Verifica soddisfatta senza armatura specifica		

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]			
<b>DATI DI INPUT</b>			
Taglio massimo sollecitante	V <sub>ed</sub> [kN]	209,00	
Larghezza minima della sezione in zona tesa	b <sub>w</sub> [mm]	1011	
Altezza utile della sezione	d [mm]	944	
Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28gg	R <sub>ck</sub> [Mpa]	35	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28gg	f <sub>ck</sub> [Mpa]	29,05	
Resistenza cilindrica media a compressione a 28gg	f <sub>cm</sub> [Mpa]	37,05	
Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione	α <sub>cc</sub>	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	f <sub>cd</sub> [Mpa]	16,46	
Tensione caratteristica di snervamento acciaio f <sub>yk</sub> ≥ f <sub>y,nom</sub>	f <sub>yk</sub> [Mpa]	450,00	
Resistenza di calcolo dell'acciaio a snervamento	f <sub>yk</sub> [Mpa]	391,30	

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad [4.1.27]$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad [4.1.28]$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad [4.1.29]$$

VERIFICA ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI AL TAGLIO - §4.1.2.3.5.2			
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo	f' <sub>cd</sub>	8,23	
Coefficiente maggiorativo per (pre)compressione	α <sub>cw</sub>	1,03	
Diametro delle staffe	Φ <sub>sw</sub> [mm]	12	
Numero di bracci staffe	n°b	2	
Passo delle staffe	s [cm]	20	
Quantitativo di staffe al metro	A <sub>sw</sub> /s [mm <sup>2</sup> /m]	1131	
Inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare i seguenti limiti: 1 ≤ ctg θ ≤ 2,5 (cioè 21,8° ≤ θ ≤ 45°)	ctg θ	2,50	
	θ [°]	21,8	
	α [°]	90	
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α [rad]	1,57	
Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale	ctg α	0,00	
Resistenza a taglio del puntone di cls	V <sub>Rcd</sub> [kN]	2501,76	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V <sub>Rsd</sub> [kN]	939,76	

Taglio massimo sollecitante	VE <sub>d</sub> [kN]	209,00
Resistenza a taglio di progetto	V <sub>Rd</sub> [kN]	939,76
<b>Coefficiente di sicurezza della verifica</b>	<b>FS</b>	<b>4,50</b>
Verifica soddisfatta		



### 16.3.2 Calcolo capacità portante pali

La verifica viene effettuata con l'Approccio 2, vale a dire che il calcolo delle azioni è stato condotto con i coefficienti A1-M1, mentre il calcolo delle resistenze secondo i coefficienti R3.

Le massime sollecitazioni assiali di compressione in testa al palo sono:

$$N_{\max, \text{compr, STR}} = 2346 \text{ kN} \quad N_{\max, \text{compr, SLV}} = 1708 \text{ kN}$$

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI																
Descrizione	Quota <sub>SUP</sub>	Quota <sub>INF</sub>	H <sub>STRATO</sub>	H <sub>ATTIVA</sub>	$\phi'$	C'	Cu	$\gamma_{\text{nat}}$	$\kappa$	tg $\delta$	$\alpha(\text{Cu})$	$\alpha(c')$	$\beta$	$\sigma'v(h_{\text{med}})$	$\sigma'v(h_{\text{inf}})$	Q <sub>lat</sub>
strato	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.00	1.18	1.18	1.18			75.00	19.50	1.25	0.00	0.42	0.00	0.00	5.61	11.21	140.06
2	1.18	12.93	11.75	11.75			75.00	19.50	1.25	0.00	0.42	0.00	0.00	67.02	122.84	1394.63
3	12.90	40.00	27.10	27.10			150.00	20.00	1.25	0.00	0.42	0.00	0.00	258.34	393.84	6433.11

CARATTERISTICHE PALO		
Diametro Palo	1,20	m
Lunghezza Palo	27,00	m
Quota testa palo	0,00	m
Quota punta palo	27,00	m
TIPO (B/T/E)	E	(BATTUTO / TRIVELLATO / ELICA / FDP / JET)
Materiale	CLS	(CLS / ACCIAIO)
Quota falda	0,00	m
Rck	35,00	Mpa
E <sub>palo</sub>	32.588,11	MPa
J <sub>palo</sub>	1,41E-01	m <sup>4</sup>
$\gamma_{\text{palo}}$	25,00	kN/m <sup>3</sup>
Ap	1,13	m <sup>2</sup>
Alat	3,77	m <sup>2</sup> /m
Alat <sub>TOT</sub>	101,74	m <sup>2</sup>
L/D	22,50	m
T: fattore di rigidezza relativa	3,08	m
2T	6,16	m
4T	12,32	m
Comportamento	L>4T; Palo flessibile o lungo	

PORTATA LIMITE LATERATE E DI PUNTA			
Peso Palo	Wp	763,02	kN
Peso Palo Immerso	Wp'	305,35	kN
Caratteristiche a fondo palo	$\phi'$	0,00	[°]
Caratteristiche a fondo palo	C'	0,00	kPa
Caratteristiche a fondo palo	Cu	150,00	kPa
Pressione a fondo palo	$\sigma'v$	263,84	kPa
Condizione di rottura	Nq	-	
( $\delta_{\max} \leq 5\%D$ )	Nq*	-	
Caratteristiche a fondo palo	Rc	0,8	
Portata di punta a rottura	QP	1.484	kN
Portata di punta con $\delta_{\max}$	QP*	1.484	kN
Q <sub>lim, PUNTA</sub>	QP	1.484	kN
Q <sub>lim, LATERALE</sub>	QL	4.882	kN
Q <sub>lim, TOTALE</sub>	Q <sub>lim</sub>	6.366	kN

NTC 2008		(NTC 6.4.3.1)		
<b>PORTATE LIMITE DI COMPRESSIONE E TRAZIONE</b>				
Tipo Pali	ELICA			
Rbk,punta	1.484	kN		
Rsk,laterale	4.882	kN		
Rck, TOTALE	6.366	kN		
N	1			
$\zeta_3$	1,7			
$\zeta_4$	1,7			
Rbk,punta	873	kN		
Rsk,laterale	2.872	kN		
<b>COMBINAZIONI E PORTATE DI CALCOLO</b>	<b>A1C1 STRU</b>	<b>A1C2 GEO</b>	<b>A2</b>	
	A1+M1+R1	A2+M1+R2	A2*( $\gamma=1$ )+M1+R3	
Resistenza	R1	R2	R3	
$\gamma_b$	1,00	1,60	1,30	
$\gamma_s$	1,00	1,45	1,15	
$\gamma_{st}$	1,00	1,60	1,25	
<b>Rsd<sub>t</sub></b>	<b>3.146</b>	<b>2.070</b>	<b>2.572</b>	<b>kN</b>
Rbd,punta	873	546	671	kN
Rsd,laterale	2.872	1.980	2.497	kN
Resistenza a compressione <b>Rcd</b>	<b>3.745</b>	<b>2.526</b>	<b>3.169</b>	<b>kN</b>
Wp'	305,4	305,4	305,4	kN
$\gamma_{G1}$	1,3	1,0	1,0	
<b>Rcd-<math>\gamma_{G1}</math>xWp'</b>	<b>3.348</b>	<b>2.221</b>	<b>2.863</b>	<b>kN</b>

<b>FATTORE DI EFFICIENZA - PALI IN GRUPPO</b>				
fattore di efficienza E	0,73	0,73	0,73	-

<b>PORTATA A COMPRESSIONE: Rcd-<math>\gamma_{G1}</math>·Wp [kN]</b>	<b>Nsd [kN]</b>	<b>CS</b>	
<b>A1C1 STRU (A1+M1+R1)</b>	2.433	2.346	1,04 <b>VERIFICATO</b>
<b>A2</b>	2.081	1.708	1,22 <b>VERIFICATO</b>

### 16.3.3 Verifica a carico limite orizzontale

Si riporta di seguito la verifica a carico limite orizzontale per un palo immerso in terreni coesivi, condotta applicando la teoria di Broms (1964), la cui rotazione in testa è impedita. Si è inserita la massima sollecitazione tagliante riscontrata in combinazione sismica, pari a  $V_{Ed,SLV} = 209$  kN.

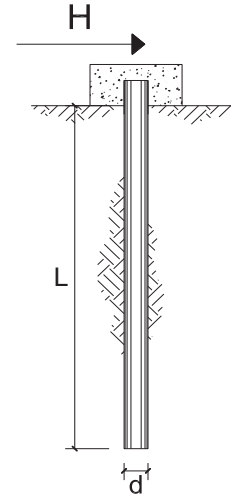
#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

**OPERA:** Viadotto Valli - Pila

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
			$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1,00	1,30	1,00	1,60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,00	1,30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1,00	1,00	1,00	1,30
DM88			<input type="radio"/>	1,00	1,00	1,00
definiti dal progettista			<input type="radio"/>	1,30	1,50	1,40
					1,40	1,00



n	1	2	3	4	5	6	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

*Palo corto:* 
$$H = 9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

*Palo intermedio:* 
$$H = -9c_u d^2 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

*Palo lungo:* 
$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	27,00	(m)		
Diametro del palo	d =	1,20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	3314,00	(kN m)		
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	75,00	(kPa)	$c_{u, min} =$	75,00 (kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	75,00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	75,00 (kPa)
Carico orizzontale agente	$H_{Ed} =$	209	(kN)		

*Palo corto:*

$H1_{med} = 20412,00$  (kN)  $H1_{min} = 20412,00$  (kN)

*Palo intermedio:*

$H2_{med} = 7842,22$  (kN)  $H2_{min} = 7842,22$  (kN)

*Palo lungo:*

$H3_{med} = 2128,52$  (kN)  $H3_{min} = 2128,52$  (kN)

$H_{med} = 2128,52$  (kN) palo lungo  $H_{min} = 2128,52$  (kN) palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3; R_{min}/\xi_4) = 1252,07 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 963,13 \text{ (kN)}$$

$$H_{Ed} = 209,00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / H_{Ed} = 4,61$$

La verifica è soddisfatta.