

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 Mezzanatica – Pro Iter srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Enrico Moretti – Erre.vi.a. 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

06.02.07 - Viadotto Casone carreggiata Est (VI05E)

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE
T00VI07STRRE01B.pdf

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

DPFI0081

D

20

CODICE ELAB. T00VI07STRRE01

B

D

C

B

Revisione per istruttoria ANAS

Maggio 2021

Malandrini

Imbiscuso

Muffato

A

Emissione

Ottobre 2020

Malandrini

Caobianco

Caobianco

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

1. OGGETTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
1.1 PREMESSA.....	4
1.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE	7
2. NORMATIVE E CODICI DI RIFERIMENTO.....	9
2.1 NORMATIVA NAZIONALE COGENTE	9
2.2 NORME DI RIFERIMENTO.....	9
3. VITA NOMINALE E CLASSI D'USO	11
4. MATERIALI.....	12
4.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	12
4.2 COLLEGAMENTI	13
4.3 CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO	14
4.4 CALCESTRUZZO SPALLE ED ELEVAZIONI	16
4.5 CALCESTRUZZO BATOLI DI FONDAZIONE E PALI	18
5. PARAMETRI GEOTECNICI.....	21
6. SOFTWARE DI CALCOLO	23
6.1 ANALISI STRUTTURALE DELL'IMPALCATO E DELLE SOTTOSTRUTTURE.....	23
6.2 ANALISI DI DETTAGLIO AGLI ELEMENTI FINITI:.....	23
6.3 VERIFICHE DI RESISTENZA.....	23
7. ANALISI DEI CARICHI	24
7.1 PESI PROPRI STRUTTURALI.....	24
7.2 RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO.....	25
7.3 SPINTA DELLE TERRE	25
7.4 CARICO DA TRAFFICO SUL RILEVATO	26
7.5 AZIONE SISMICA	26
7.6 SPINTA SISMICA DEL RILEVATO	31
7.7 AZIONI TERMICHE	31
7.8 AZIONE DEL VENTO	32
7.9 ATTRITI VINCOLARI.....	33
7.10 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO.....	34
7.11 CARICHI DA FATICA	36
8. COMBINAZIONI E FATTORI.....	38
9. IMPALCATO METALLICO	39
9.1 ANALISI STATICA - MODELLAZIONE FEM.....	39
9.2 ANALISI SISMICA – MODELLAZIONE FEM	72
9.3 VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI	76
9.3.3.1 Concio C7 di campata	83
9.3.3.2 Concio C13 in appoggio	85
9.4 DEFORMAZIONI.....	89
9.5 VERIFICHE DEI TRAVERSI DI APPOGGIO.....	91
9.6 VERIFICHE DEI TRAVERSI RETICOLARI	93
9.7 VERIFICA DELLA CONTROVENTATURA INFERIORE	94
9.8 DIMENSIONAMENTO DEI GIUNTI	95
9.9 DIMENSIONAMENTO DEGLI APPOGGI.....	96
10. VERIFICA DEI PIOLI	99
10.1 SEZIONE DI CAMPATA.....	99

10.2	SEZIONE DI APPOGGIO	100
11.	TRALICCI PREDALLES	101
11.1	CAMPO CENTRALE	101
11.2	CAMPO LATERALE	102
12.	SOLETTA DI IMPALCATO	103
12.1	MODELLAZIONE FEM	103
12.2	VERIFICHE SLU/SLE	107
13.	SOTTOSTRUTTURE	117
13.1	PILE	117
13.2	ZATTERE	130
13.2.1.1	Combinazioni con Nmax	130
13.2.1.2	Combinazioni con Nmin	131
13.2.1.3	Combinazioni sismiche	131
14.	SOTTOSTRUTTURE - SPALLE	136
14.1	MODELLAZIONE FEM	136
14.2	VERIFICHE SLU	142
14.2.1.1	Sollecitazioni SLU	142
14.2.1.2	Verifiche SLU	145
14.2.2.1	Sollecitazioni SLU	152
14.2.2.2	Verifiche SLU	154
14.2.3.1	Sollecitazioni SLU	157
14.2.3.2	Verifiche SLU	159
14.2.4.1	Sollecitazioni SLU	164
14.2.4.2	Verifiche SLU	166
15.	VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA SPALLA	169
15.1	STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE	170
15.2	VERIFICA DEI PALI	172
15.3	COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI	173
16.	VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE DELLA PILA	180
16.1	STIMA ANALITICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO VERTICALE	181
16.2	VERIFICA DEI PALI	183
16.2.1.1	Combinazioni con Nmax	183
16.2.1.2	Combinazioni con Nmin	183
16.2.1.3	Combinazioni sismiche	183
16.3	COSTANTE DI WINKLER ORIZZONTALE PER I PALI	185
17.	VERIFICA OPERE PROVVISORIALI	192

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 Casone. 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.

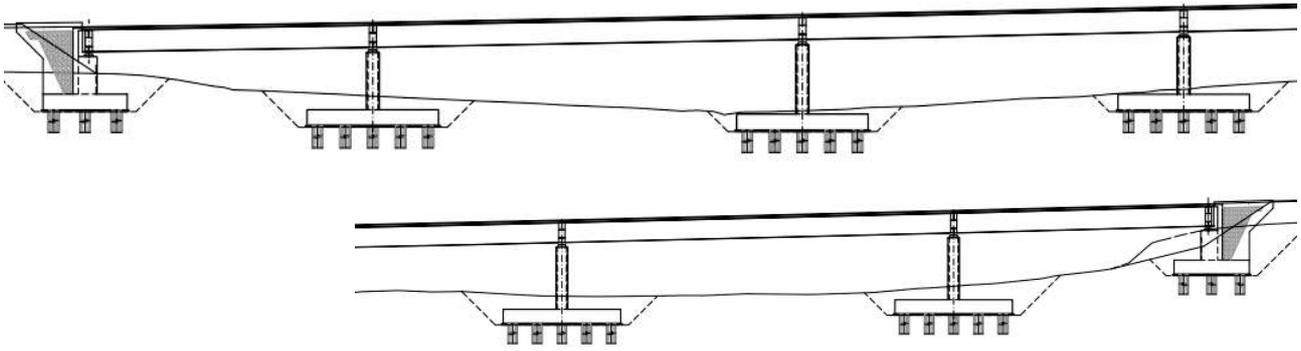


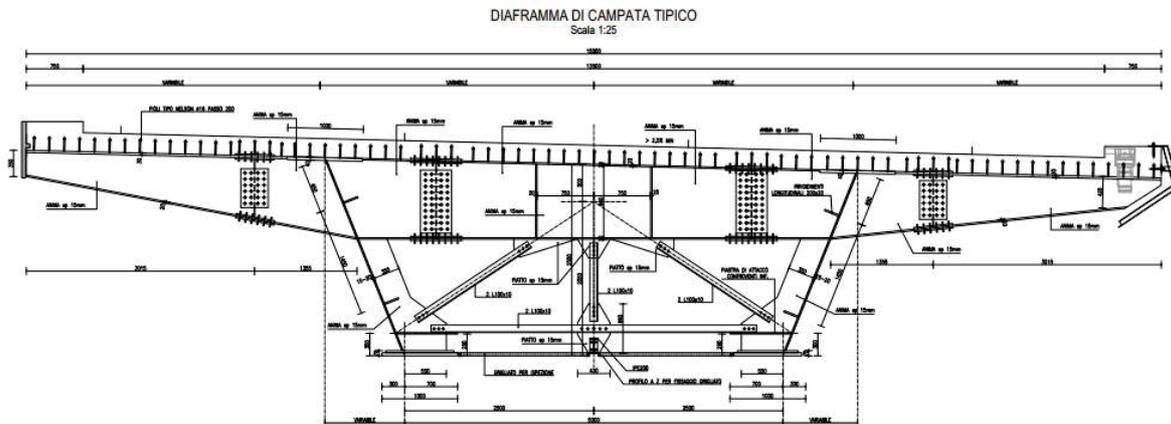
Figura 1: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

TABELLA CONCI

CONCI	PIA P1				PIA P2				PIA P3										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	
LUNGHEZZA	10575	8000	8000	12240	7200	7600	7100	8000	7500	11925	6070	7000	6000	6000	6500	12000	8000	7000	
PiATTABANDA SUPERIORE	800x30	900x30	800x30	1000x40	1000x40	1000x40	1000x30	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	900x30	900x30	800x30	1000x40	1000x40	1000x40	800x30	
ImpALCADO PiATTABANDA SUPERIORE	-	-	-	950x30	-	-	-	-	-	900x30	-	-	-	-	-	-	-	950x30	-
SPESORE MINIA	20	15	20	20	20	20	16	18	20	30	20	15	15	20	25	20	25	15	
ImpALCADO PiATTABANDA INFERIORE	-	800x20	800x20	950x40	-	800x20	800x30	900x30	800x20	950x40	800x20	800x20	800x20	800x20	800x20	800x20	950x30	800x20	
PiATTABANDA INFERIORE	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	
PiOLATURA (DIAMETRO - N° FILE/PASSO)	#16 - 4x200	#16 - 4x200	#16 - 4x200	#16 - 5x100	#16 - 5x200	#16 - 5x100	#16 - 5x200	#16 - 4x200	#16 - 4x200	#16 - 4x200	#16 - 5x200	#16 - 5x100	#16 - 5x200	#16 - 4x200					
ARRICCIAMENTI VERTICALI	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	40x20	
ARRICCIAMENTI ORIZZONTALI (DIA. E POSIZIONE)	-	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	
(B = DAL BASSO, S = DALLA SOMMA)	200x20 2100 B	200x20 650 B	200x20 2100 S	200x20 650 B	200x20 2100 S	200x20 2100 B	200x20 2100 S												

PIA P4				PIA P5				SPALLA B - EST				
C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31
6000	6000	6500	12280	8000	7000	7000	8000	7900	12405	8000	8000	10500
900x30	900x30	1000x40	1000x40	1000x40	1000x30	1000x30	1000x30	1000x40	1000x40	1000x40	900x30	800x30
-	-	-	950x30	-	-	-	-	-	900x20	-	-	-
15	15	20	30	20	15	15	20	20	28	15	20	20
900x30	900x30	800x20	950x40	-	900x30	900x30	900x30	-	950x35	800x20	800x20	1000x40
1000x40	1000x40	1000x40	1000x40	1000x40								
#16 - 4x200	#16 - 4x200	#16 - 5x200	#16 - 5x100	#16 - 5x200	#16 - 5x100	#16 - 5x200	#16 - 4x200	#16 - 4x200				
40x20	40x20	40x20	40x20	40x20								
200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 2100 B	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S	200x20 650 S				
200x20 2100 S	200x20 2100 S	200x20 2100 S	200x20 2100 B	200x20 2100 S	200x20 2100 B	200x20 2100 S	200x20 2100 S	200x20 2100 B				
-	-	-	200x20 650 B	-	-	-	-	-	200x20 650 B	-	-	200x20 650 B

Figura 2: Tabella conci travate principali



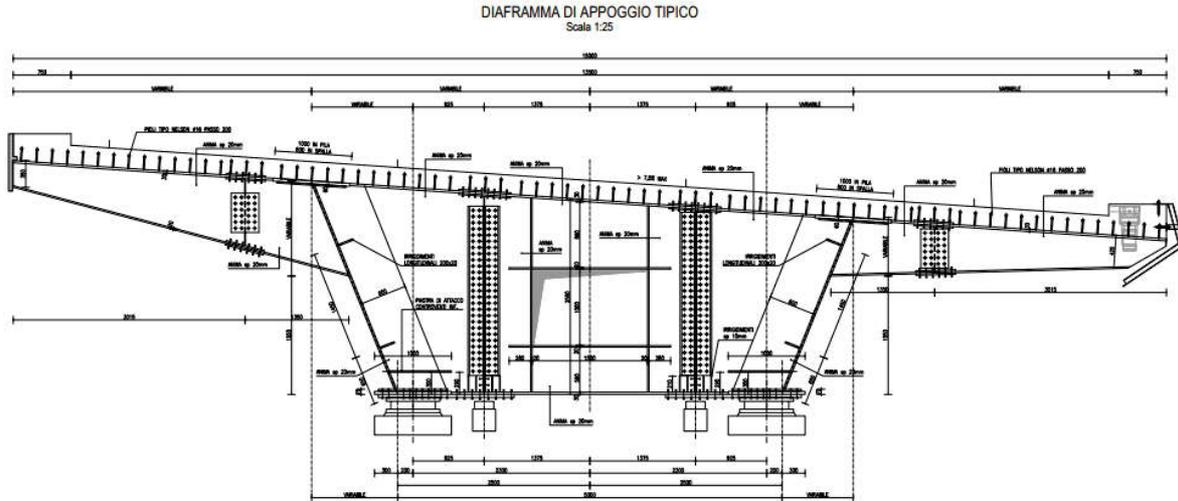


Figura 3: viste e sezioni principali – sezioni tipologiche impalcato

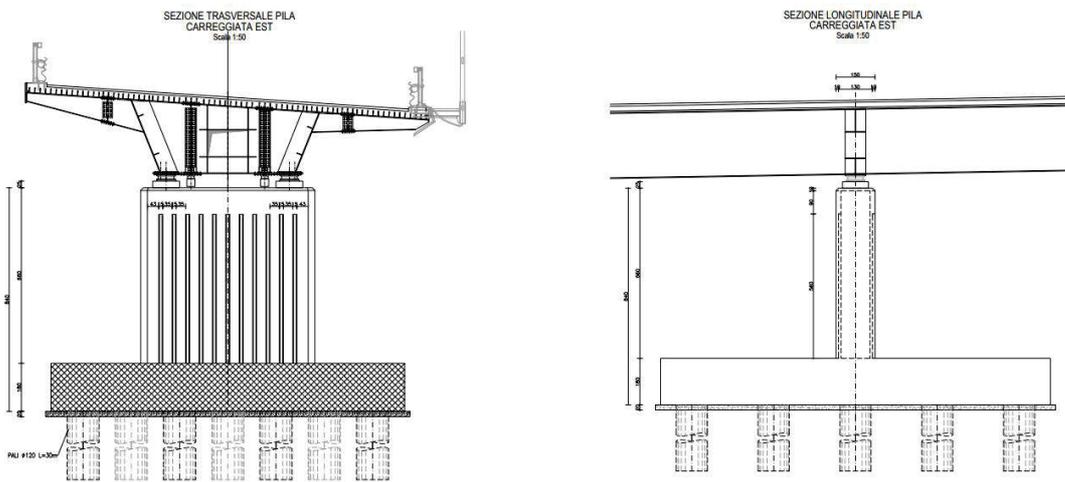


Figura 4: viste e sezioni principali – sezione trasversale in pila

SEZIONE TRASVERSALE SPALLA
 CARREGGIATA EST

Scala 1:50

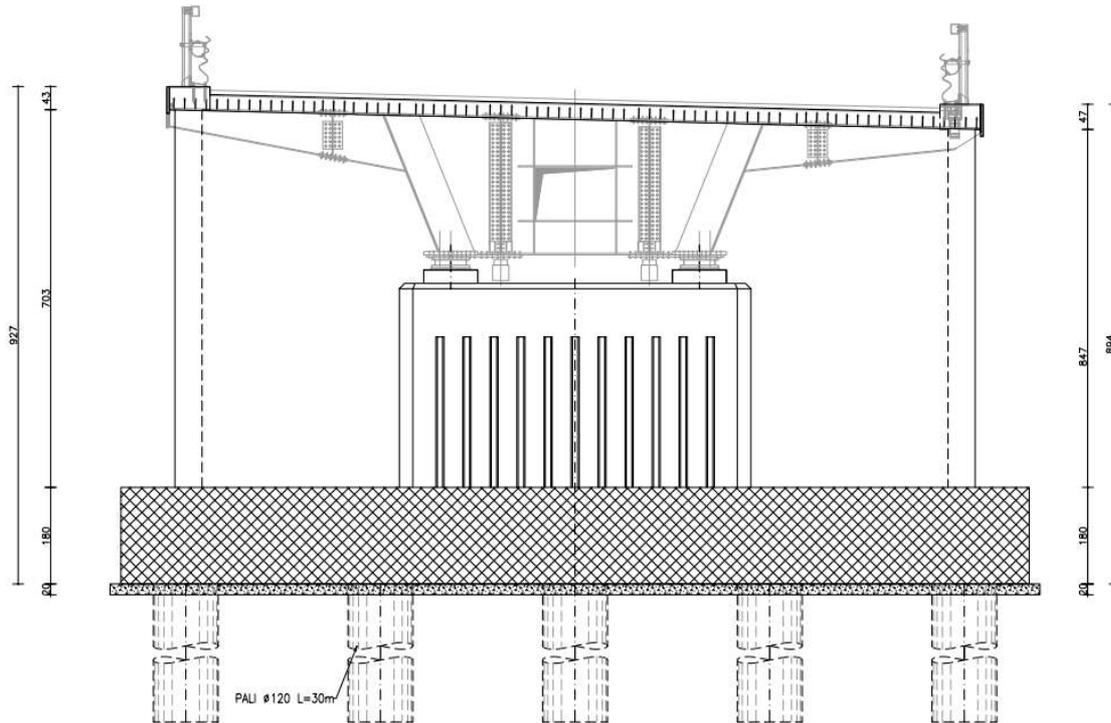


Figura 5: viste e sezioni principali – sezione trasversale in spalla

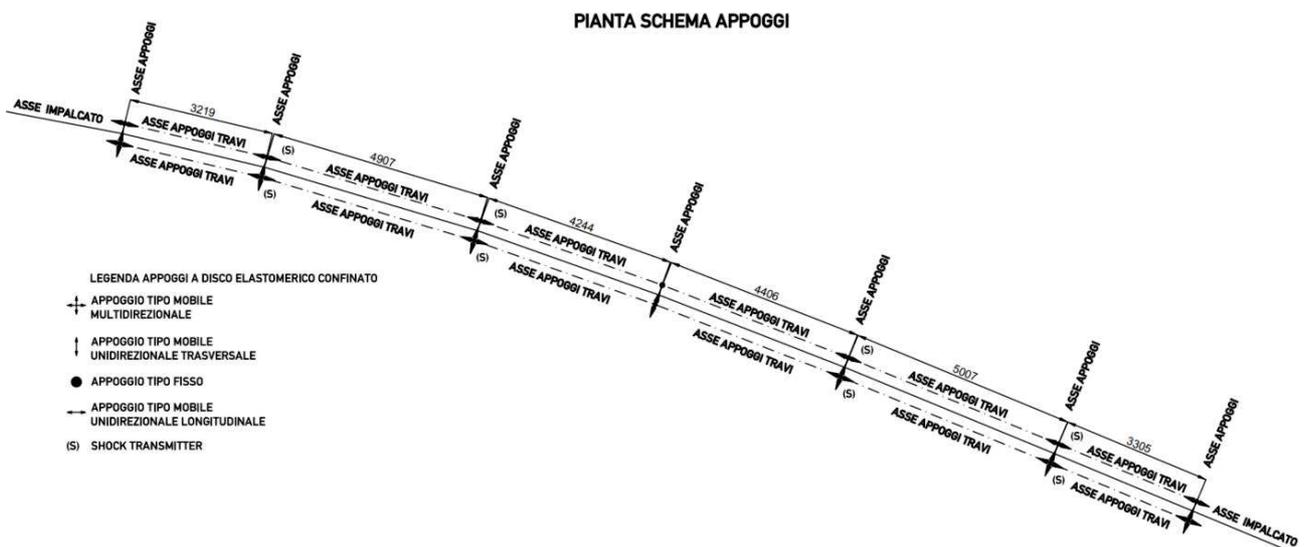


Figura 6: schema di vincolo - pianta

1.2 Descrizione delle opere

La struttura è composta da 6 campate di lunghezza variabile, da 32 a 50 metri circa, per una lunghezza totale di circa 250 metri. L'asse del viadotto in oggetto si presenta curvilineo con raggio variabile. Lo schema statico è a campata continua. Gli appoggi fissi in direzione longitudinale sono previsti per la pila 3 (pila centrale del viadotto). Sulle altre pile e spalle sono previsti appoggi mobili unidirezionali longitudinali e multidirezionali. Per tutte le pile, esclusa quella centrale, sono previsti dispositivi antisismici *shock transmitter* in direzione longitudinale.

La sezione trasversale dell'impalcato è mista acciaio-calcestruzzo e si compone di 2 travi in acciaio, con anima inclinata, di altezza variabile tra 3000mm e 2500mm circa, poste ad interasse 4.60 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 15.00 metri, la sede stradale è di larghezza 13.50, delimitata da cordoli di larghezza 75cm e spessore 15cm. Le travi principali presentano piattabande aventi larghezza superiormente di 1000mm e 800mm e inferiormente 1000mm, con spessori variabili. I traversi di testata sono ad anima piena costituiti da profili a doppio T di altezza pari a quella delle travi. Mentre i traversi di campata sono di tipo reticolare, costituiti da profili accoppiati ad L.

Il passo dei traversi varia da un minimo di 4000mm ad un massimo di 5000mm. L'accoppiamento fra travi in acciaio e soletta in calcestruzzo è garantito da pioli nelson di altezza 175mm e diametro da 16mm.

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con degli smussi agli spigoli di 25 cm e dimensione complessiva in pianta di 6.5x1.5 m. Sul perimetro sono ricavati dei negativi ornamentali della profondità di 15 cm. Le fondazioni sono su zattera di spessore 1.8 m che insiste su 18 pali di diametro 1.2 m.

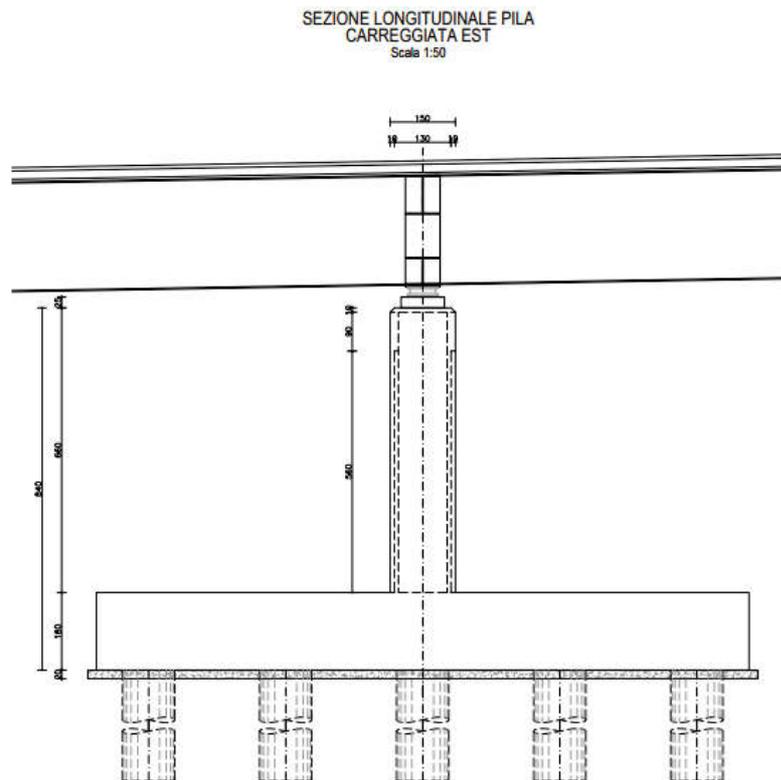


Figura 7: sezione longitudinale della pila

Le spalle sono costituite da un paramento di spessore 265cm e altezza 7.47m (compreso il paraghiaia) con relativi muri di risvolto laterali posteriori. Le fondazioni sono su pali di 1.2 m di diametro; per le spalle sono previsti 15 pali, la zattera ha dimensione in pianta 16.80x9.60 m.

SEZIONE LONGITUDINALE PILA
CARREGGIATA EST
Scala 1:50

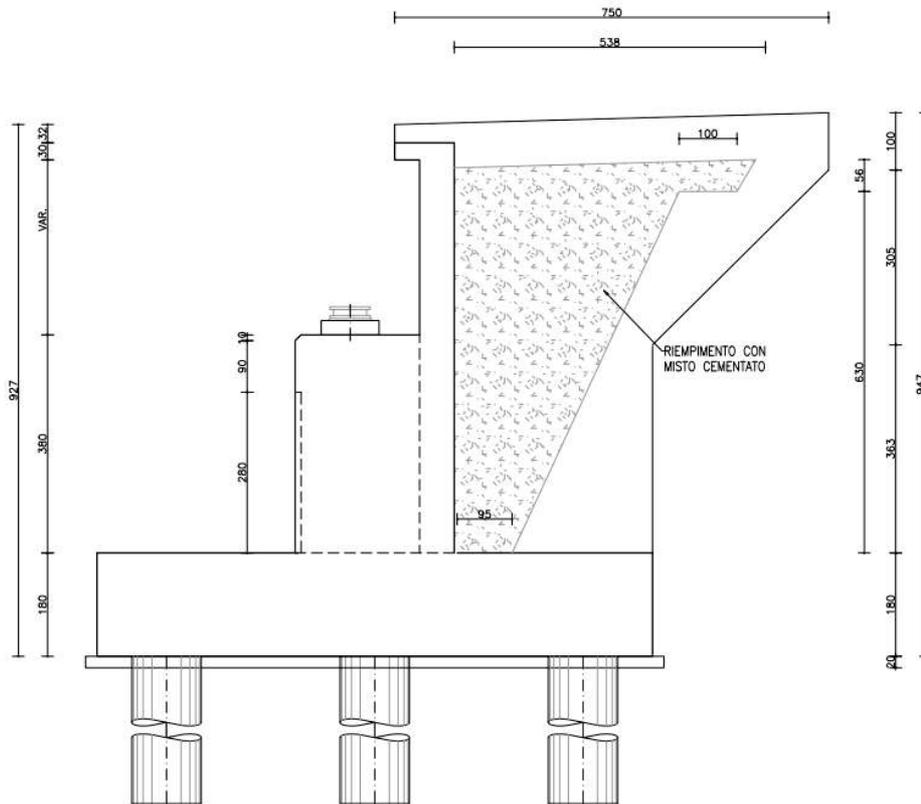


Figura 8: sezione longitudinale della spalla

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 _{min}	Temperatura di riferimento T _{Ed} [°C]																				
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				σ _{Ed} = 0,75 f _y (t)							σ _{Ed} = 0,50 f _y (t)							σ _{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 (= μ) = 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/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.3.2 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_0	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
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]
 $c = 40 (C > C_0) + 10$ (tolleranza) = 50 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:	$R_{ck} =$	45	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	37.35	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	45.35	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.35	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.35	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 =$	1.96	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	34600	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_C =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_C \times f_{ck} / \gamma_M =$	21.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.56	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	5.28	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tes):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	2.35	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.52	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} =$	22.41	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} =$	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_a	Stato limite	w_a
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/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.4.2 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 _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤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>Cmin) + 10 (tolleranza) = 40 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 ^{2/3} =	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] ^{0.3} =	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 tesoro):	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_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 $w_2 = 0,3$ 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/m³
- 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:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	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:	$sc = 0.60 \times f_{ck} =$	17.93	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$sc = 0.45 \times f_{ck} =$	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: $E_s = 210000 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento $f_{yk} = f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ MPa}$
Tensione di rottura $f_{tk} = f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ MPa}$

4.6.2 Valori di progetto

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

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 casone, oggetto della presente relazione di calcolo, è localizzato tra la sezione G151 e la G162. Si riportano inoltre i parametri caratteristici delle principali unità geotecniche riconosciute.

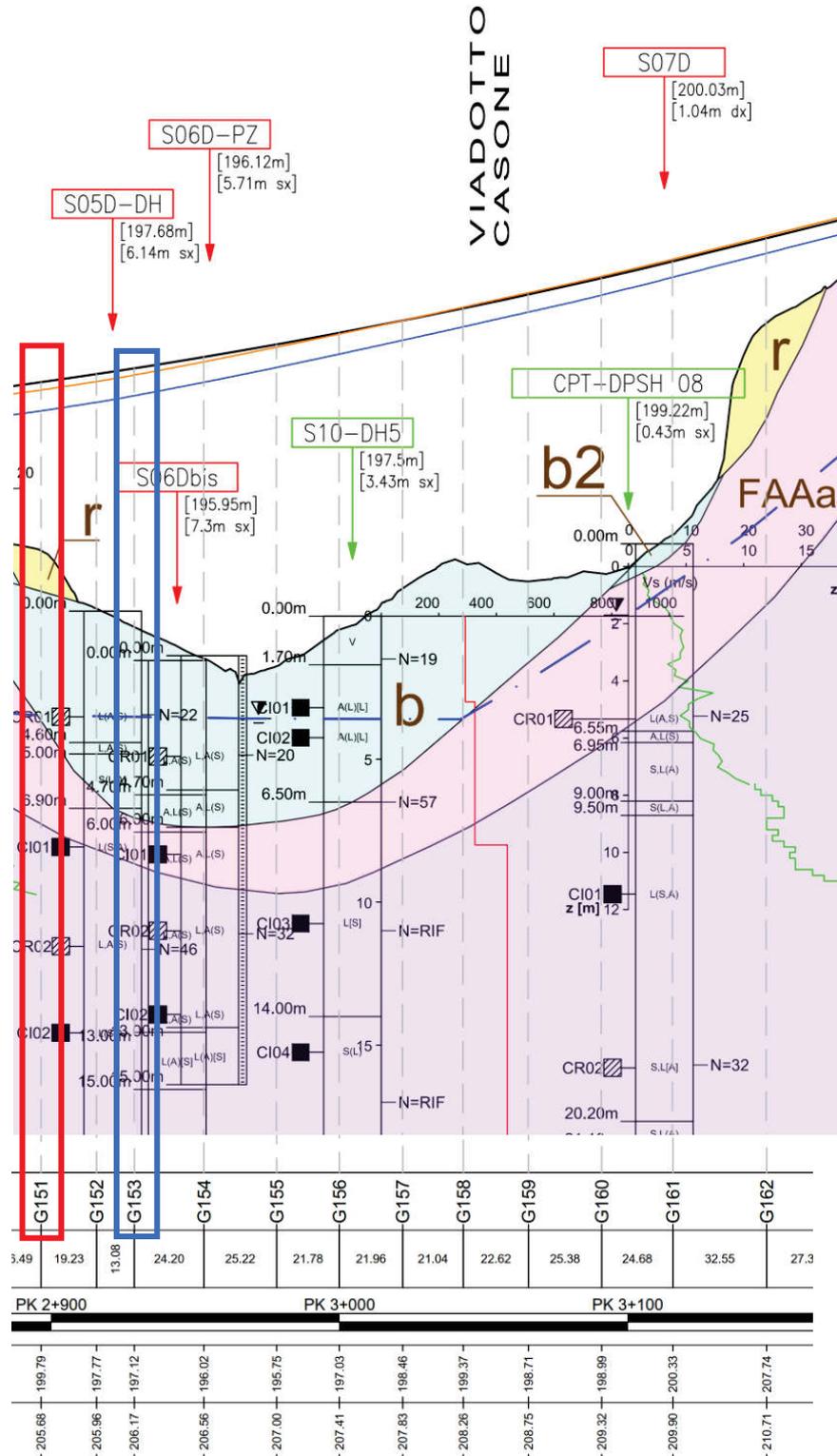


Figura 9: Estratto Tav.2/3 - Profilo geotecnico carreggiata Grosseto-Fano - ANAS S.p.A.

Caratterizzazione geotecnica E78 Grosseto-Fano - Lotto 0						
Unità geotecniche	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Coesione efficace	Angolo di resistenza a taglio	Coesione non drenata	Modulo di elasticità
	γ_n [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	E [MPa]
Unità FAA - Argille azzurre plioceniche	20	21	30	28.0	150	20
Unità FAAa - Argille azzurre 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 G151, evidenziata in rosso, localizza le unità litologiche al di sotto della Spalla Ovest, mentre la sezione G153 viene presa in considerazione per le verifiche geotecniche delle pile in quanto ritenuta quella qualitativamente inferiore. Si riscontrano terreni di riporto solamente nelle sezioni iniziale e finale del viadotto, dove si ergeranno le due spalle.

Superficialmente si ha la presenza di un'unità litotecnica caratterizzata da depositi di tipo alluvionali, per uno spessore di circa 6,70 m nella G153 e di circa 4,50 m nella sezione G151; più in profondità si sono riscontrate argille azzurre plioceniche alterate, con spessori nelle due sezioni rispettivamente di 1,60 m e di 3,60 m. Infine, si riscontra uno strato di argilla compatto.

Si denota presenza di falda acquifera ad una profondità minima di 2,96 m dal piano campagna nella sezione G151 e di circa 3,15 nella G153.

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 curvature 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 Pesì 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 350kg/mq di impalcato.

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

$$G_{1,1} = 3.5 \times 15.00 = 52.5 \text{ kN/m}$$

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 15.00 m; il carico per unità di lunghezza risulta pertanto:

$$G_{1,2} = 0.25 \times 25 \times 15.00 = 93.75 \text{ kN/m}$$

Il peso complessivo delle strutture risulta:

$$G_1 = G_{1,1} + G_{1,2} = 146.25 \text{ kN/m}$$

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=13.5 m) di 24 kN/m³ e uno spessore di 15 cm (per considerare eventuali riasfaltatura senza scarifica).

$$G_{2,1} = 0.15 \times 24 \times 13.5 = 48.6 \text{ kN/m}$$

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:

$$G_2 = G_{2,1} + G_{2,2} + G_{2,3} + G_{2,4} = 60.24 \text{ kN/m}$$

7.2 Ritiro e viscosità del calcestruzzo

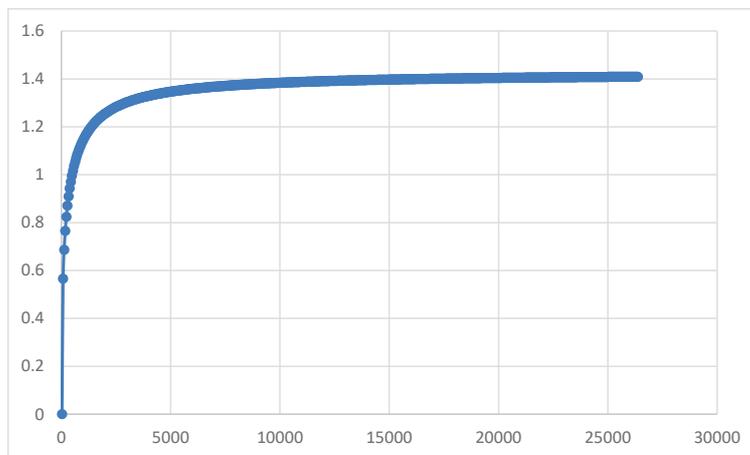
Le considerazioni circa gli effetti del ritiro e della viscosità sull'impalcato sono valutati come riportato di seguito.

Dati di input:			
B tot	15000	mm	
S soletta	190	mm	
S predalle	60	mm	
Rck	45	MPa	
Es	206000	MPa	

		Ritiro/Viscosità		Lungo termine			
Ac =	2.85	m ²	ε _{c0} =	-0.00025			
u =	15.38	m	k _h =	0.73			
h0 =	370.61	mm	ε _{cd_inf} =	-0.000182			
U.R. =	0.80		ε _{ca_inf} =	-0.000068			
f _{ck} =	37.35	MPa	ε _{cs} =	-0.0002500			
		Es/Ec	5.95				
		Es/Ec	13.51	Es/Ec	15.17		
		E _{cm} =	34625.49	MPa	E _{cm} =	34625.49	MPa
		f _{cm} =	45.35	MPa	f _{cm} =	45.35	MPa
		φ(inf,t0) =	2.31		φ(inf,t0) =	1.41	
		E' _c =	15249.58	MPa	E' _c =	13579.10	MPa
		ψ =	0.55		ψ =	1.1	

Ritiro/Viscosità			Carichi lungo termine		
φ(t,t0) =	2.31		φ(t,t0) =	1.41	
α1 =	0.834149		α1 =	0.834149	
α2 =	0.949507		α2 =	0.949507	
α3 =	0.878507		α3 =	0.878507	
β(fcm) =	2.494713		β(fcm) =	2.494713	
β(t0) =	0.800834		β(t0) =	0.48845	
t0 =	2	gg	t0 =	28	gg
t =	26000	gg	t =	26000	gg
φ(RH) =	1.170036		φ(RH) =	1.170036	
βc(t,t0) =	0.988278		βc(t,t0) =	0.988267	
βH =	1042.163	< 1500	βH =	1042.163	< 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:

$N_r = E_{c,\infty} \epsilon_{cs} A_c = 10840.8 \text{ kN} \rightarrow$ forza di trazione nella soletta che genera una deformazione pari a quella per ritiro, da dividere per il numero di travi.

Ne deriva: $N_{r, \text{trave}} = 5420.4 \text{ kN}$

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: 43.300125, 11.35955



Vita nominale:

Vn = 50 anni

Classe d'uso:

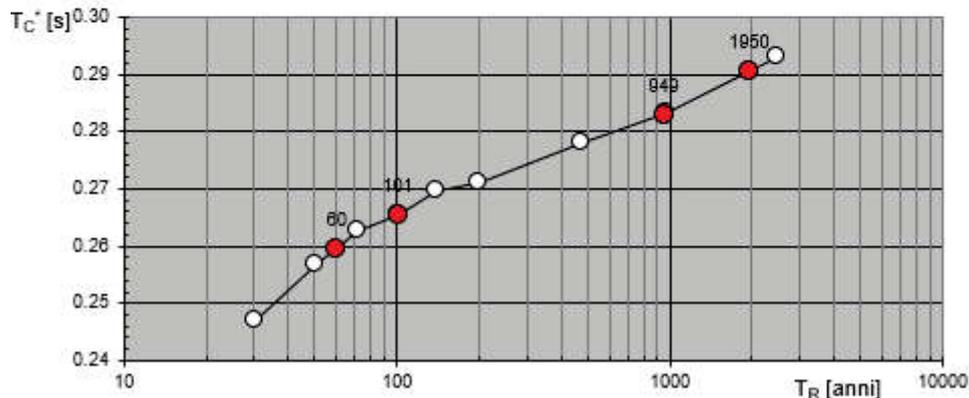
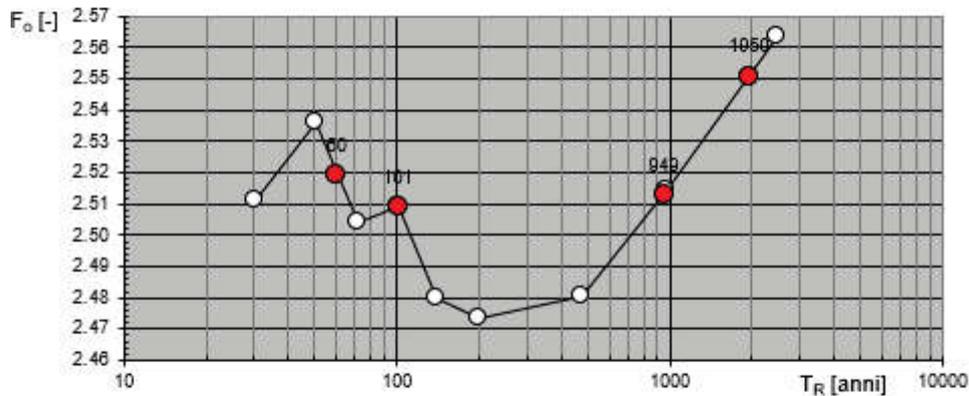
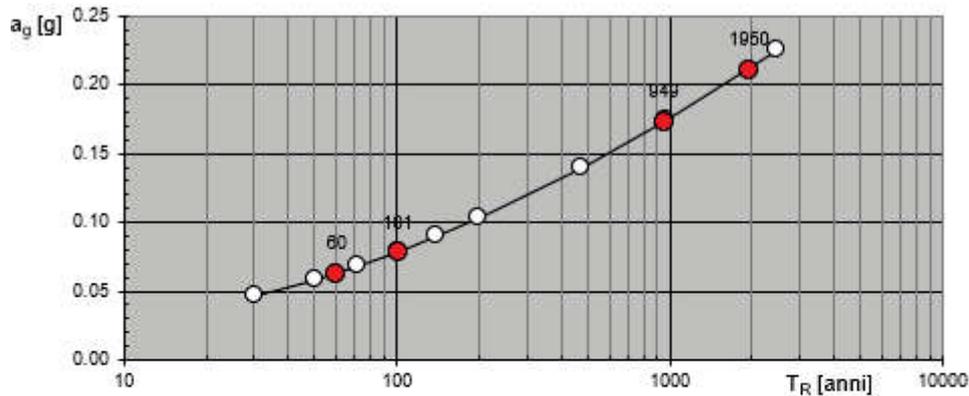
IV - Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche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

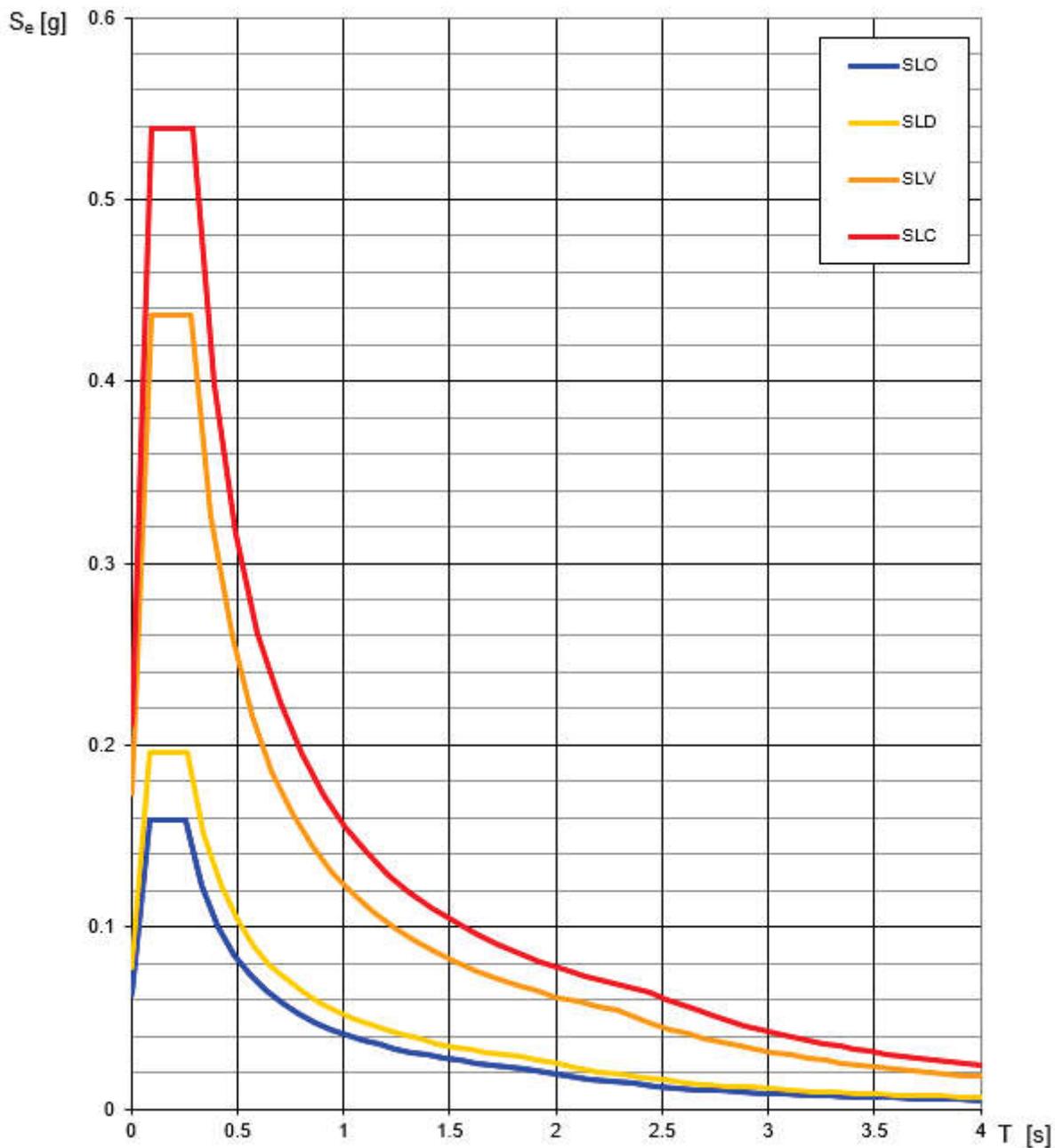
capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. Categoria 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
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.451 s
T_D	2.294 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

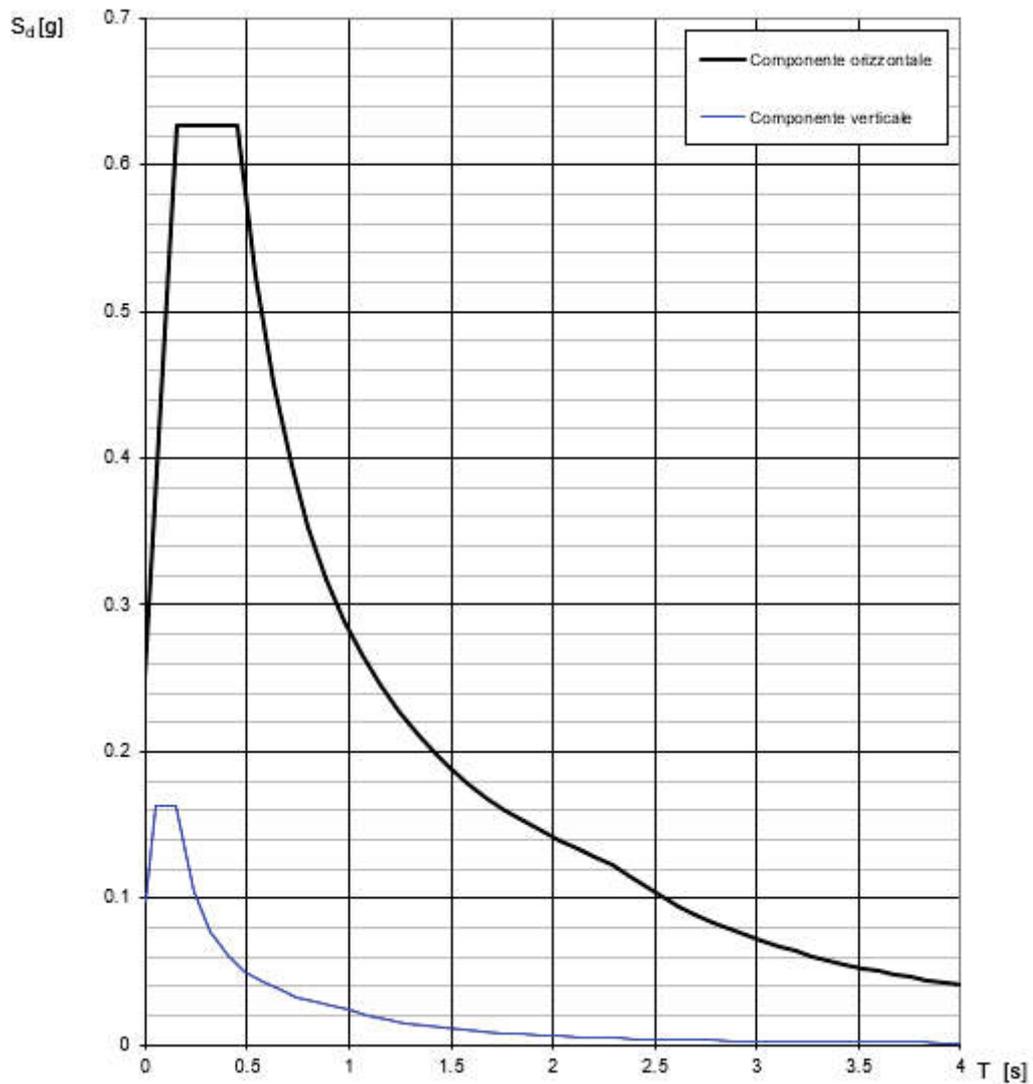
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

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

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 η 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



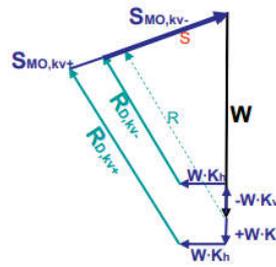
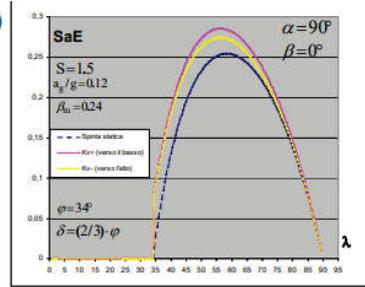
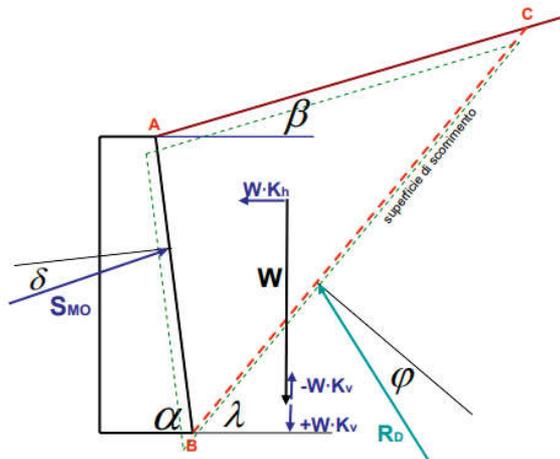
7.6 Spinta sismica del rilevato

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)



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

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

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

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

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

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

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

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:

$N_r = E_m \Delta T \alpha A_c = 12776.1 \text{ kN} \rightarrow$ forza di trazione/compressione nella soletta che genera una deformazione pari a quella termica, da dividere per il numero di travi.

Ne deriva: $N_{\Delta T, \text{trave}} = 6388.1 \text{ kN}$

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:

$$c_{f,x0} = c_{f,x} = 1.80 \quad [b/d_{tot} = 15.00 / (2.8 + 0.15 + 3.0) = 5.95]$$

(fig. 8.3 EC1-1-4)

Coeff. di esposizione ($z = 13 \text{ m}$):

$$C_e = 2.52 \text{ [Cat. II, (classe rugosità D)]}$$

$$C = C_e \times c_{f,x} = 1.80 \times 2.52 = 4.54 \text{ (par. 8.3.2 di EC1-1-4)}$$

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

$$\text{Ponte carico: } d_{tot} = 2.8 + 0.15 + 3.0 = 5.95 \text{ m}$$

Azione orizzontale trasversale su impalcato:

$$F_{h,wind} = q_r \times C \times d_{tot} = 0.49 \times 4.54 \times 5.95 = 12.31 \text{ kN/m}$$

Momento torcente su impalcato:

$$M_w = F_{h,wind} \times e = 12.31 \times 1 = 12.31 \text{ kNm/m}$$

Le travi longitudinali sono sollecitate da un'azione verticale pari a ±4.20 kN/m e da un'azione orizzontale di 6.15 kN/m.

Pressione sulle pile

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

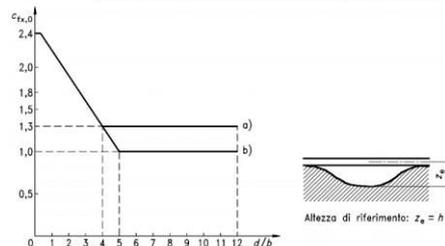
Si assume un valore di riferimento sull'altezza delle pile ($H_{max} = 10 \text{ m}$) del coefficiente di esposizione: $c_e = 2.35$

$$p = 0.46 \times 2.35 = 1.07 \text{ kN/m}^2$$

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:

$$P_w = 1.60 \text{ kN/m}$$

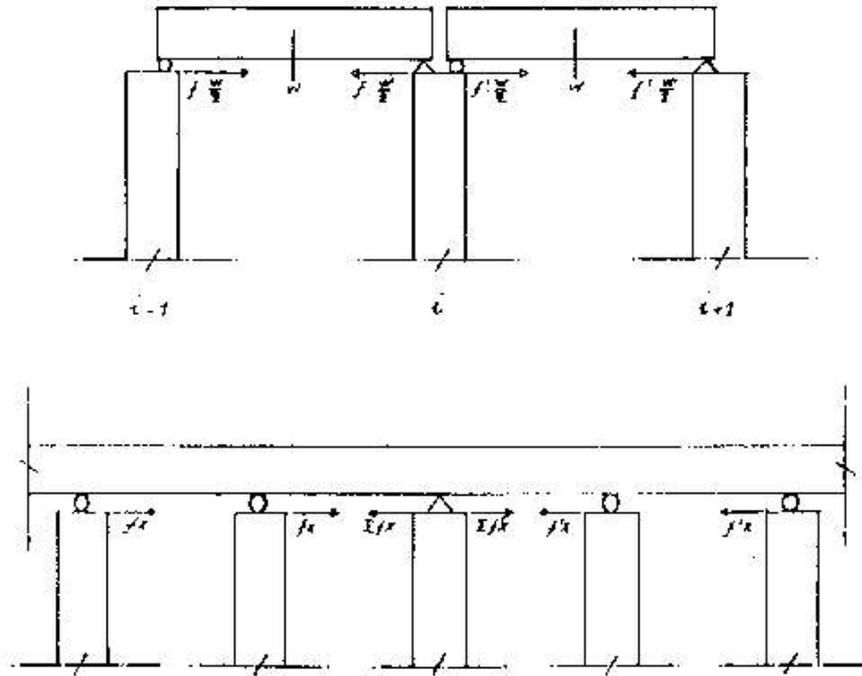
tipo di ponte	pietra accoppiata o trave	pietra multipla o trave	sezioni scabellari	curva
senza barriere o traffico				a)
con barriere o traffico				b)
per piastrelli a trave aperta				b)



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:

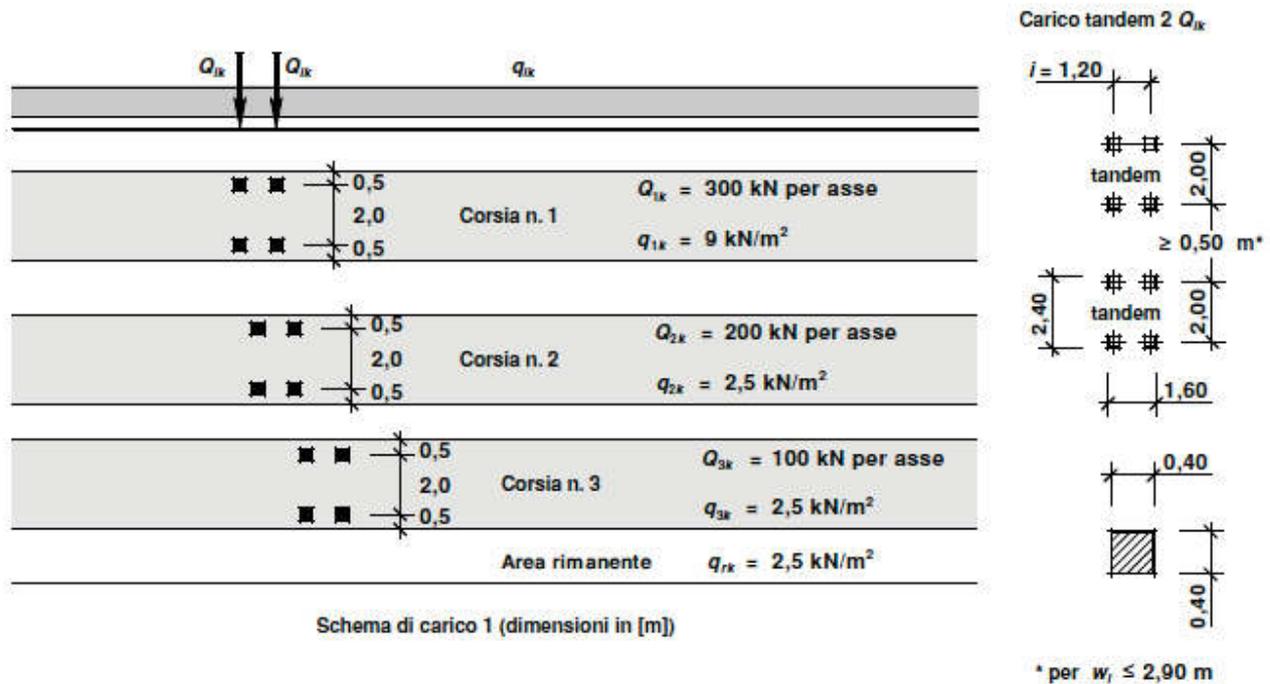
$\sum(f_x) - \sum(f'_x)$ e $\sum(f'_x) - \sum(f_x)$ prendendo come valido il valore maggiore dei due, con: $f'_x = 0.5f_x$ e $f_x = 3\%$ (p.p.+ permanente).

7.10 Azioni variabili da traffico

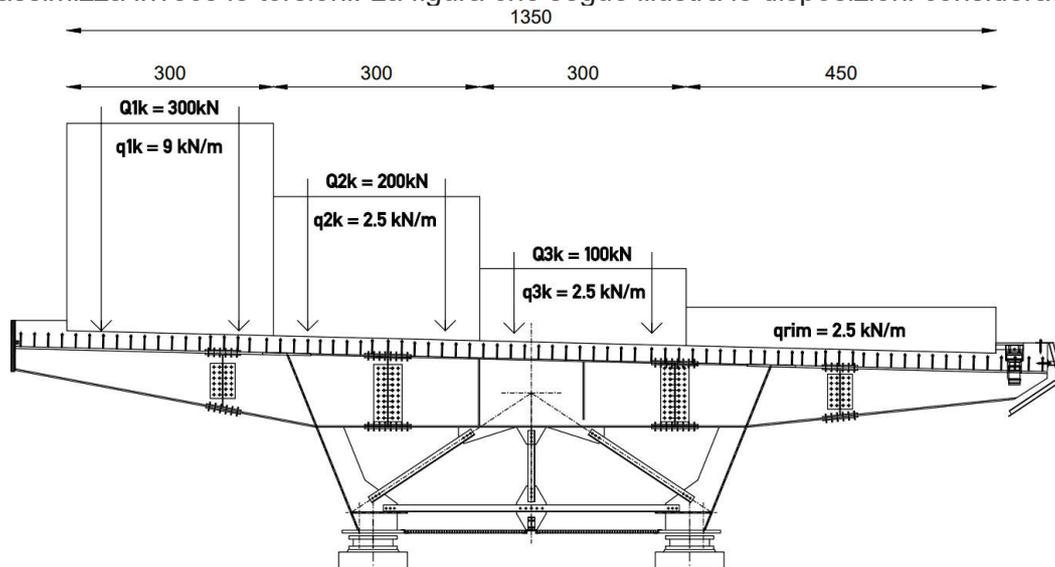
Sono definite dai seguenti schemi di carico comprensivi degli effetti dinamici.

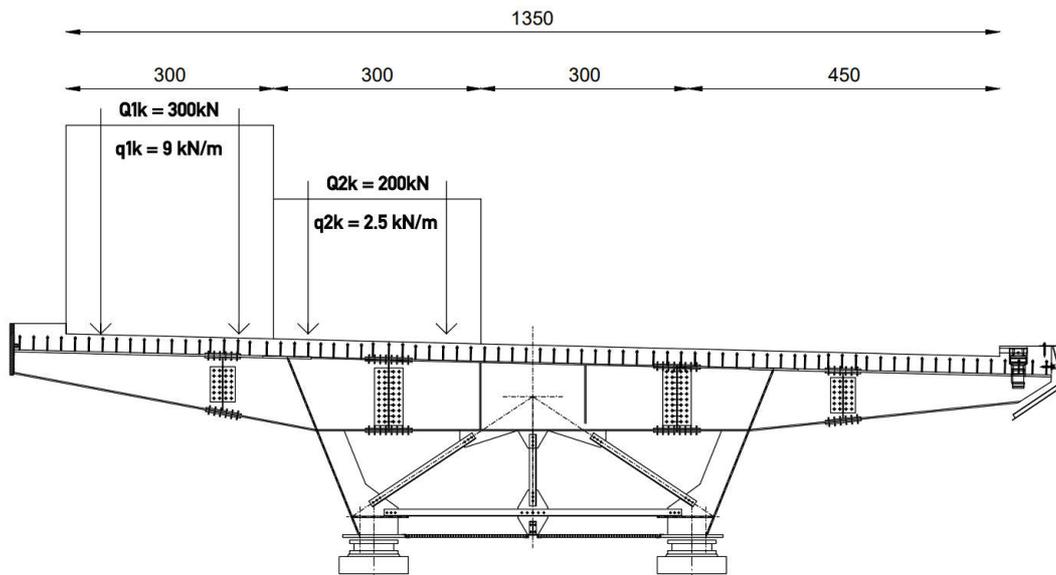
7.10.1 Schema di carico 1

- 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.



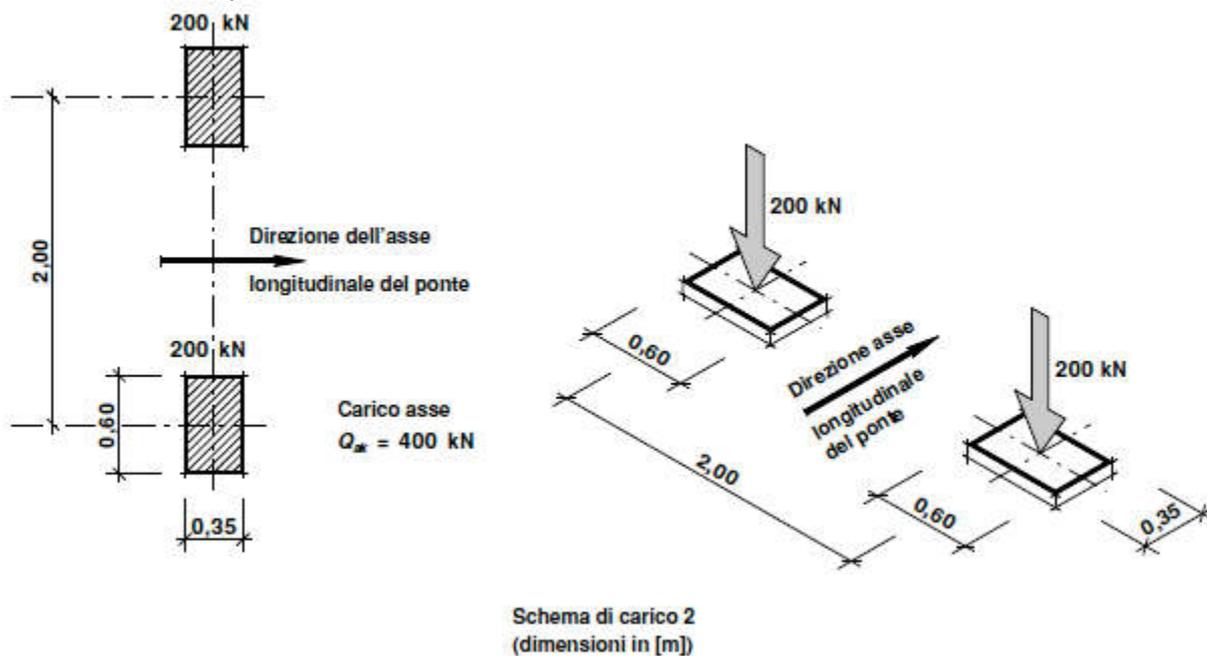
Nella fattispecie si individuano la disposizione 1 che massimizza i carichi verticali e la disposizione 2 che massimizza invece le torsioni. La figura che segue illustra le disposizioni considerate.





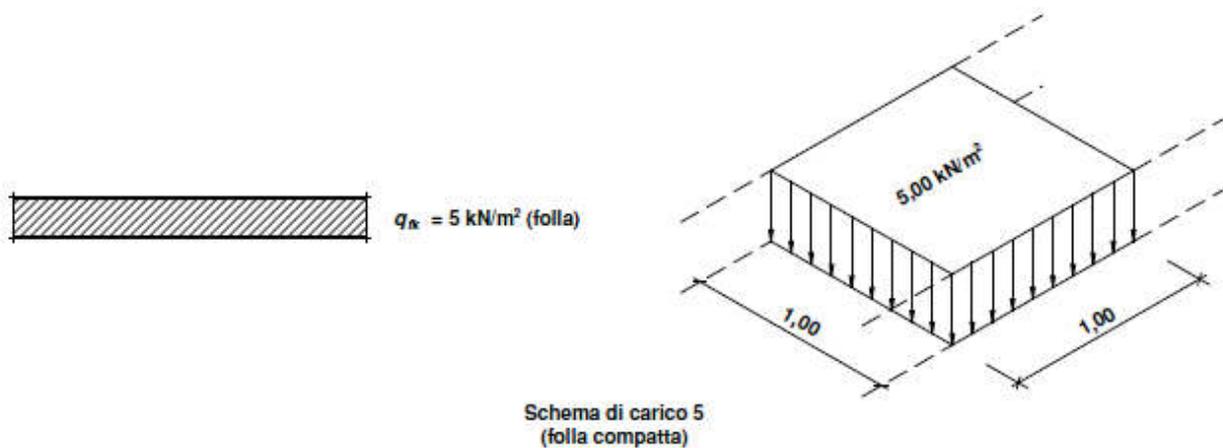
7.10.2 Schema di carico 2

- Un solo asse con peso compressivo $Q_k = 400$ kN, disposto in asse alla corsia; il carico Q_k di ogni pneumatico grava su un'impronta rettangolare di $0,60 \times 0,35$ m²; questo schema è utilizzato per verifiche locali.



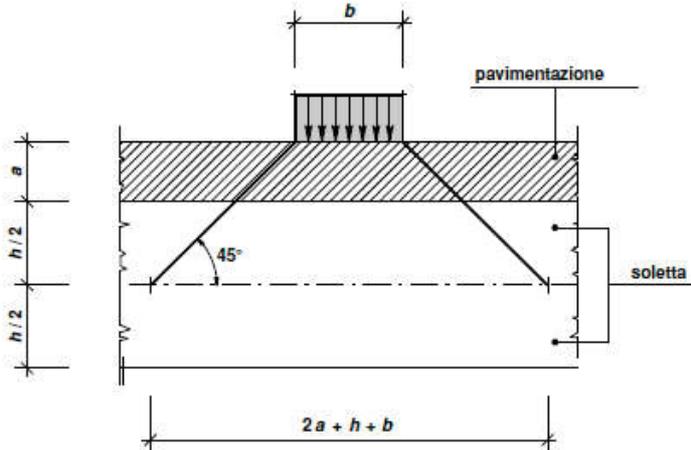
7.10.3 Schema di carico 5

- Schema di carico 5 (fig. 6): folla compatta considerata come carico ripartito uniforme con intensità nominale $q_k = 5,00$ kN/m², compresi gli effetti dinamici, e con valore di combinazione $q_k = 2,50$ kN/m².



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

$$F \text{ fren. corsia 1} = 0,6 \cdot 2 \cdot 300 + 0,1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot (250.5) \leq 900 \text{ kN}$$

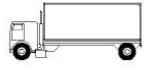
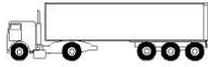
7.11 Carichi da fatica

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	90 190	A B
		4,20 1,30	80 140 140	A B B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120 120	C C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140 140	B 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 ₁)	Sovraccarichi permanenti (g ₂)	Altre azioni permanenti (g ₃)	Distorsioni di progetto (c ₁)	Ritiro dei cal (c ₂)	Variazioni termiche (c ₃)	Scorrimenti viscosi (c ₄)	Cedimenti viscolari (c ₅)	Carichi mobili (c ₆)	Carichi mobili (c ₇)	Folla impattante	Folla moltiplicata e parte	Frenamento (c ₈)	Forza centrifuga (c ₉)	Vento (c ₁₀)	Stabilità alle vibrazioni (c ₁₁)	Ufo (c ₁₂)
A1 ₁	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 ₁ 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 ₁ 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 _{2a}	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 _{2b}	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 ₃	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 ₄	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 ₁)	Sovraccarichi permanenti (g ₂)	Altre azioni permanenti (g ₃)	Distorsioni di progetto (c ₁)	Ritiro dei cal (c ₂)	Variazioni termiche (c ₃)	Scorrimenti viscosi (c ₄)	Cedimenti viscolari (c ₅)	Carichi mobili (c ₆)	Carichi mobili (c ₇)	Folla impattante	Folla moltiplicata e parte	Frenamento (c ₈)	Forza centrifuga (c ₉)	Vento (c ₁₀)	Stabilità alle vibrazioni (c ₁₁)	Ufo (c ₁₂)
A2 ₁	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 ₁ 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 ₁ 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 _{2a}	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 _{2b}	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 ₃	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0	0	0	1.15	0	0	1.3	1	1.3
A2 ₄	1	1.3	1.5	1	1	1	1	1	0	0	1.15	1.15	0	0	1.3	1	1.3

Tabella 2 – 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 ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ ₀₁	0.90	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ ₀₂	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ ₀	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35
Carichi variabili	favorevoli	γ _{0s}	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ _{e1}	0.90	1.00
	sfavorevoli		1.00 ⁽³⁾	1.00 ⁽⁴⁾
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti viscolari	favorevoli	γ _{e2} , γ _{e3} , γ _{e4}	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano computatamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1.50 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 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 ₀ di combinazione	Coefficiente ψ ₁ (valori frequenti)	Coefficiente ψ ₂ (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 _s	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 _s	SLU e SLE	0.0	0.0	0.0
	esecuzione	0.8	0.6	0.5
Temperatura	T _k	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 e le reticolari inferiori, 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.

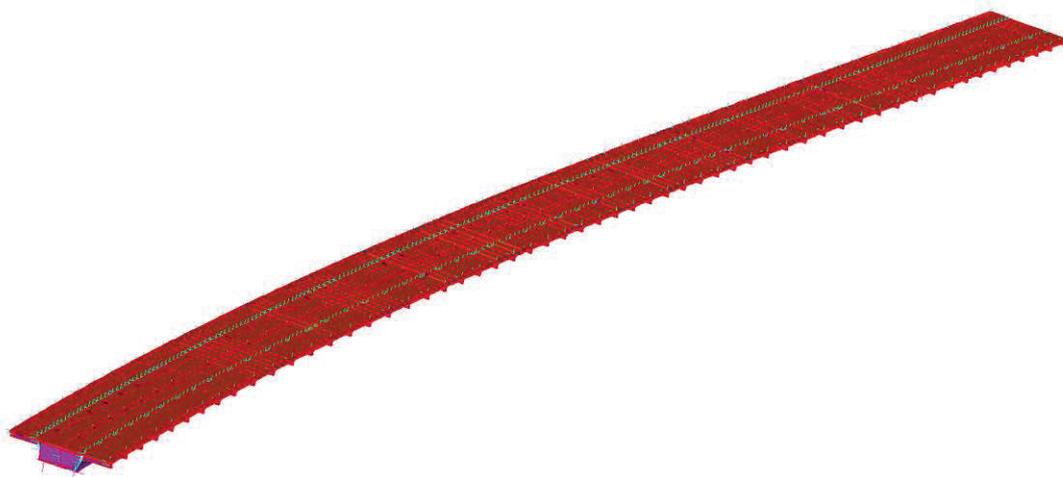


Figura 10: modello di calcolo dell'impalcato – vista globale solida

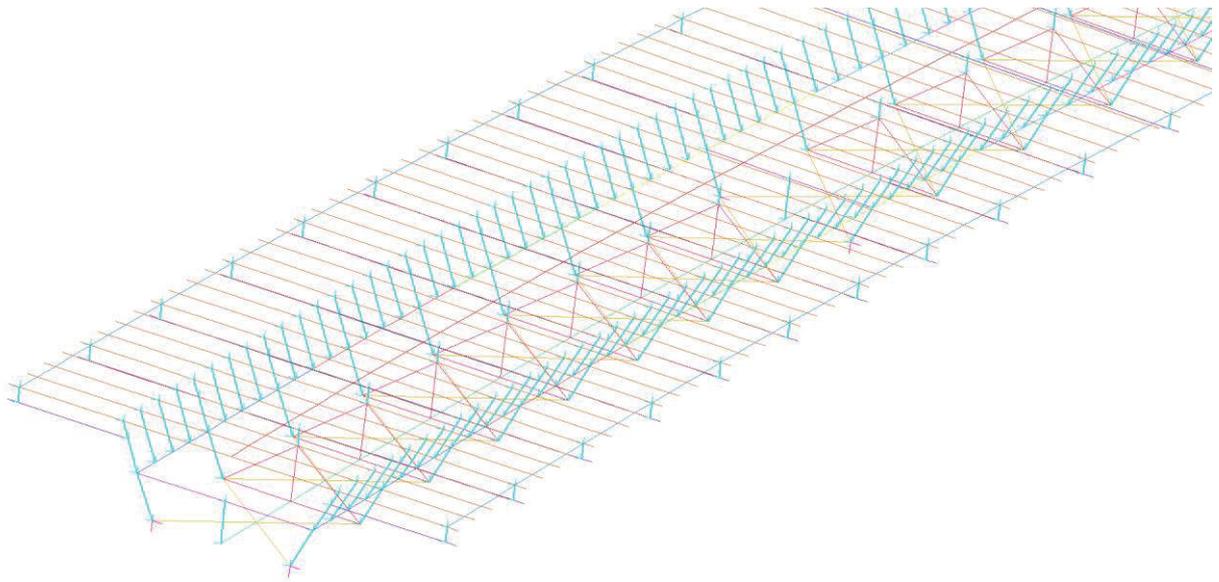


Figura 11: modello di calcolo dell'impalcato – vista globale wireframe

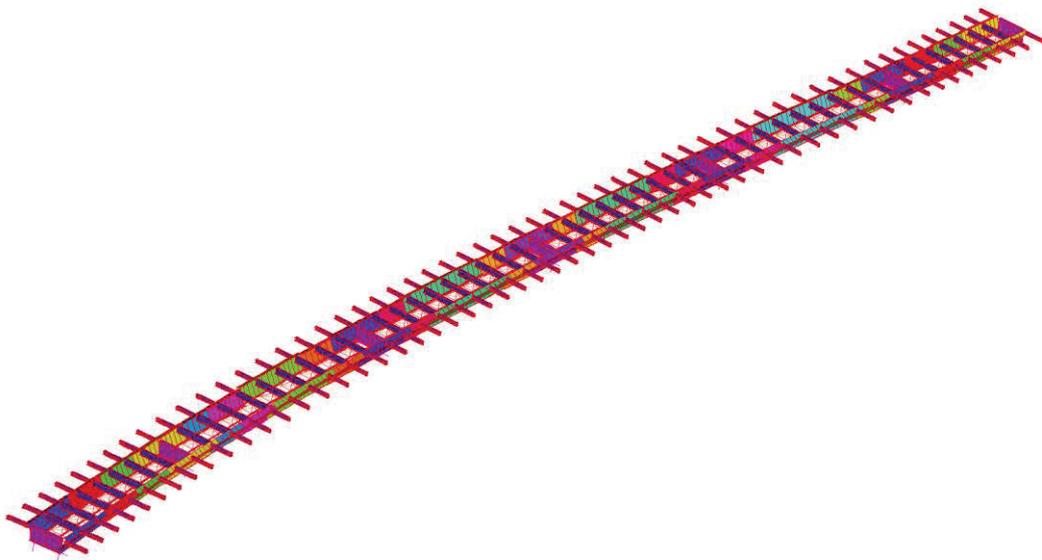


Figura 12: modello di calcolo dell'impalcato – sola struttura metallica

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

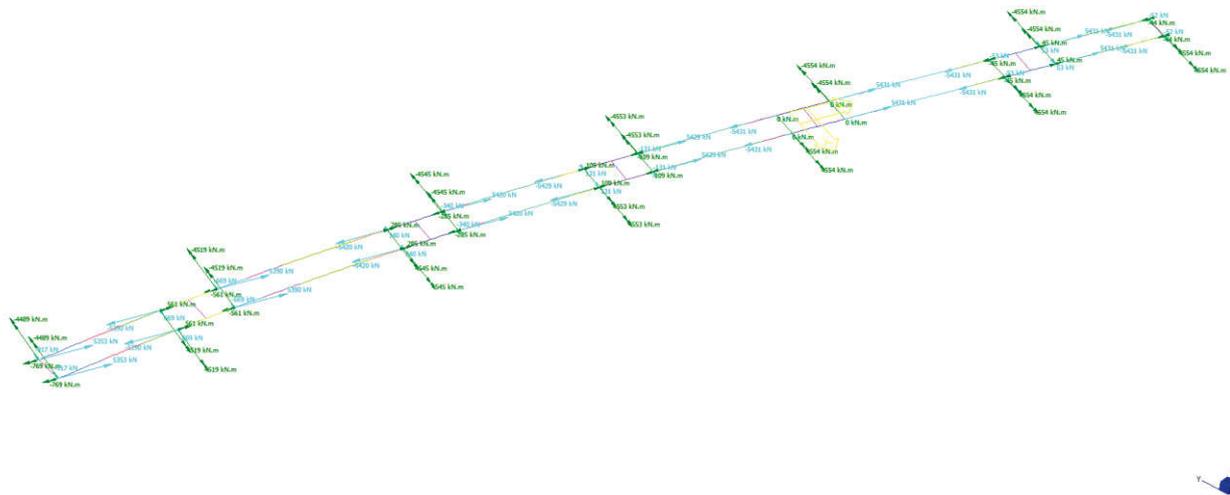


Figura 15: azione del ritiro concomitante alla viscosità

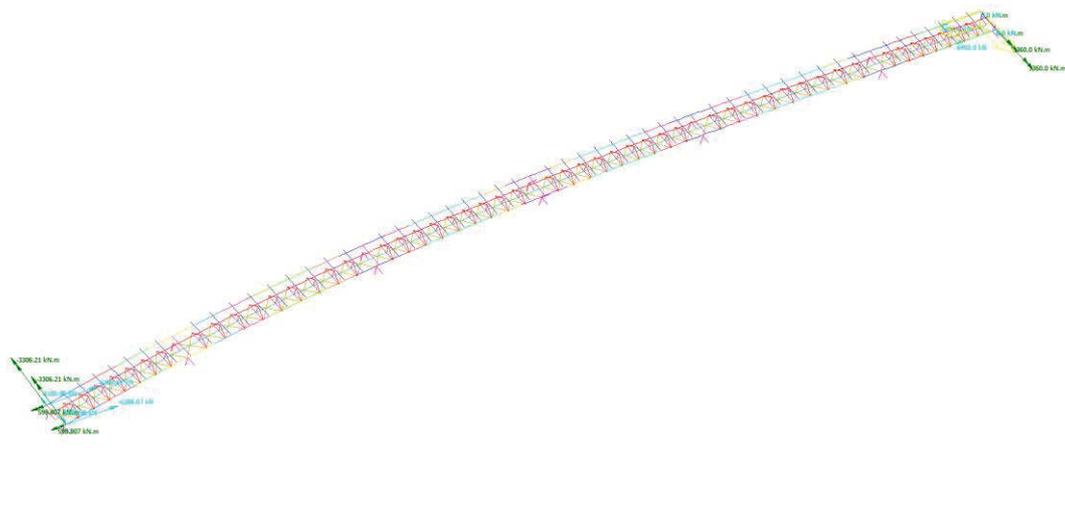


Figura 16: azione della deformazione termica

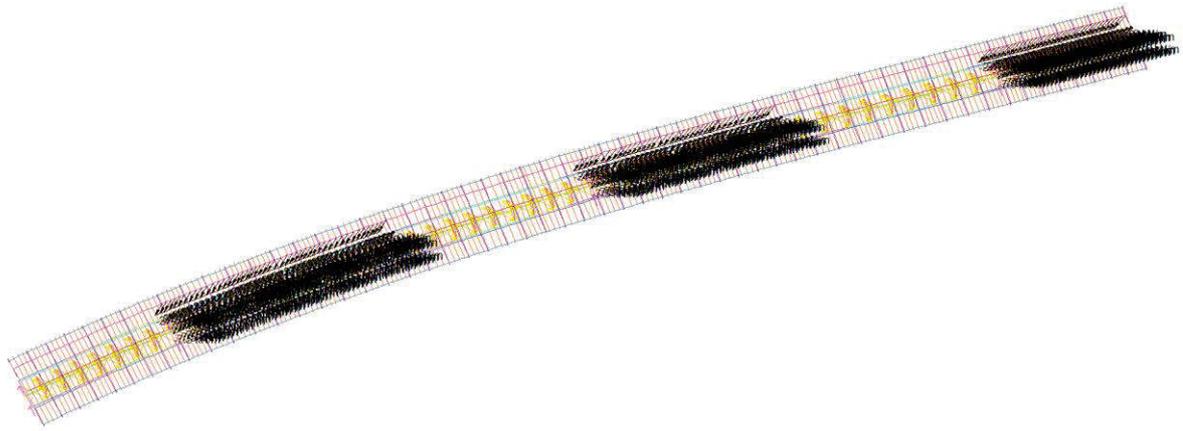


Figura 17: carichi accidentali da traffico q – campate pari

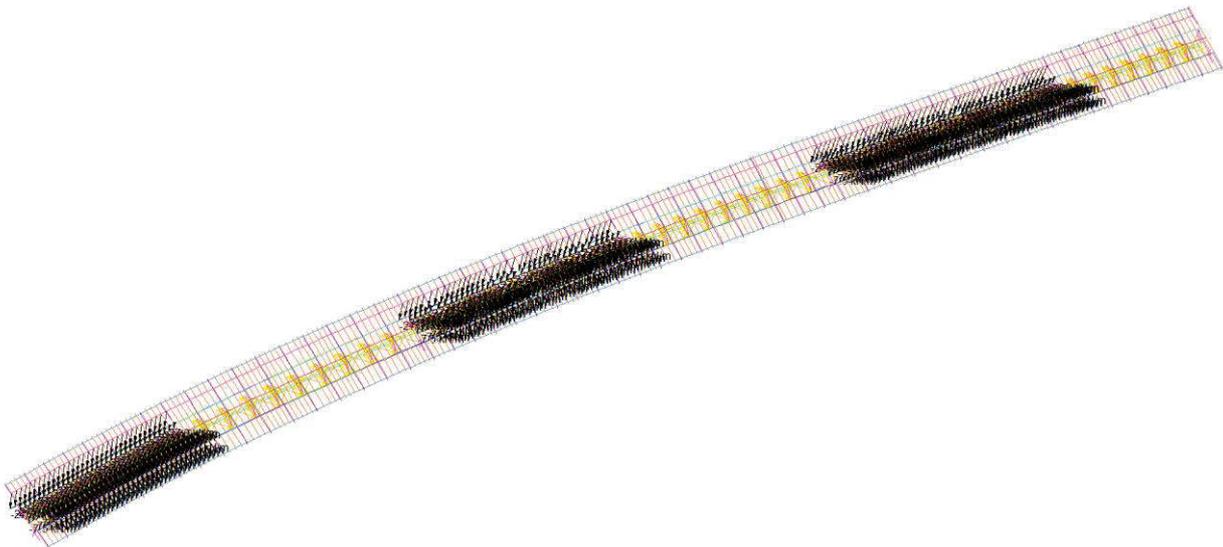


Figura 18: carichi accidentali da traffico q – campate dispari

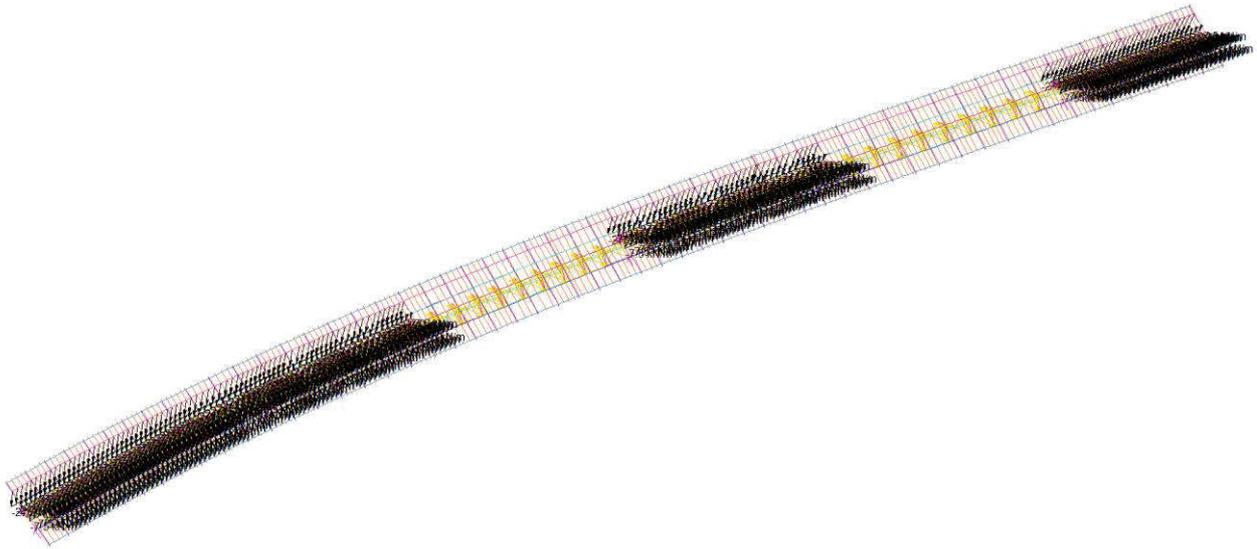


Figura 19: carichi accidentali da traffico q – pila 1

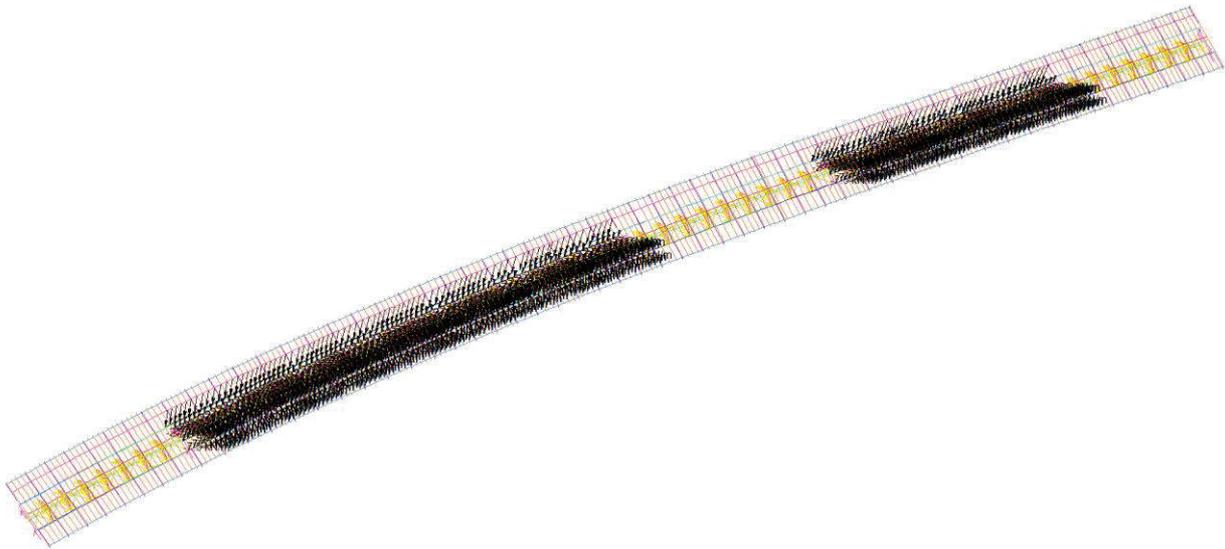


Figura 20: carichi accidentali da traffico q – pila 2

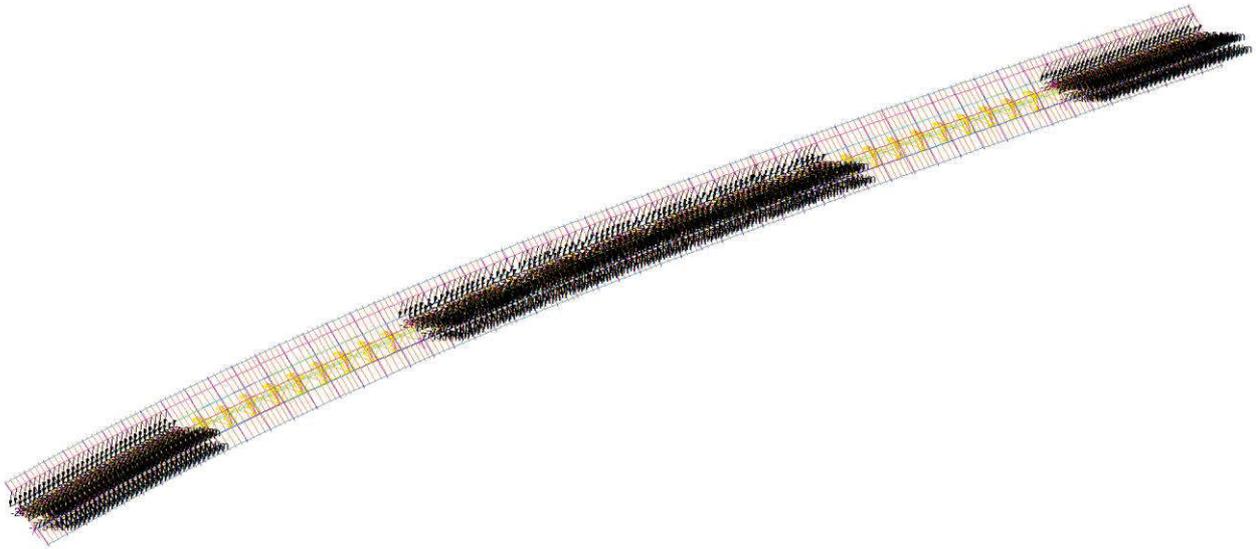


Figura 21: carichi accidentali da traffico q – pila 3

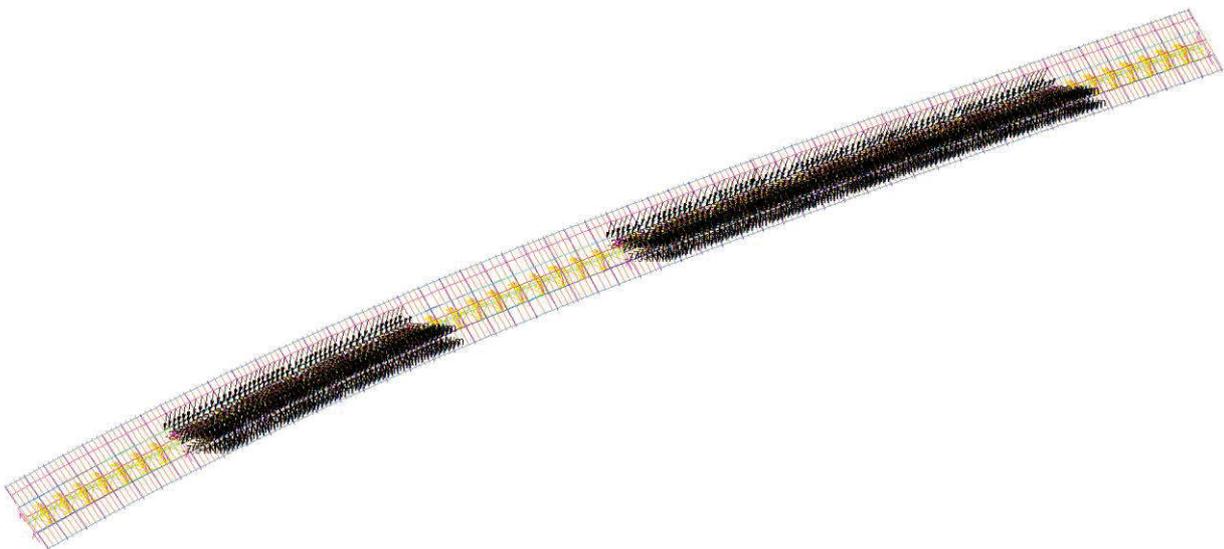


Figura 22: carichi accidentali da traffico q – pila 4

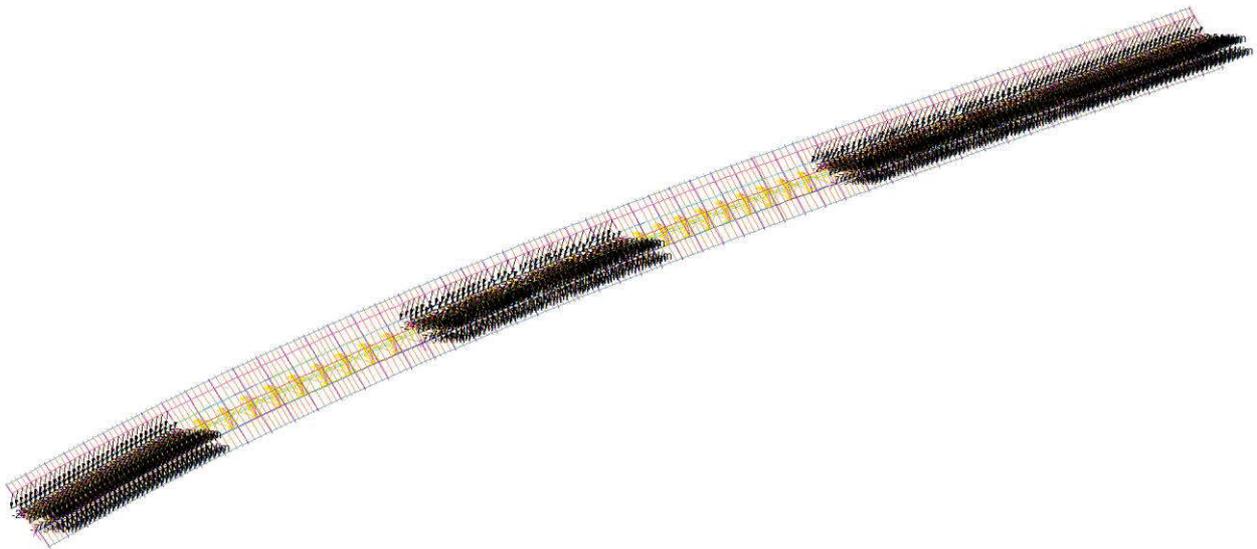


Figura 23: carichi accidentali da traffico q – pila 5

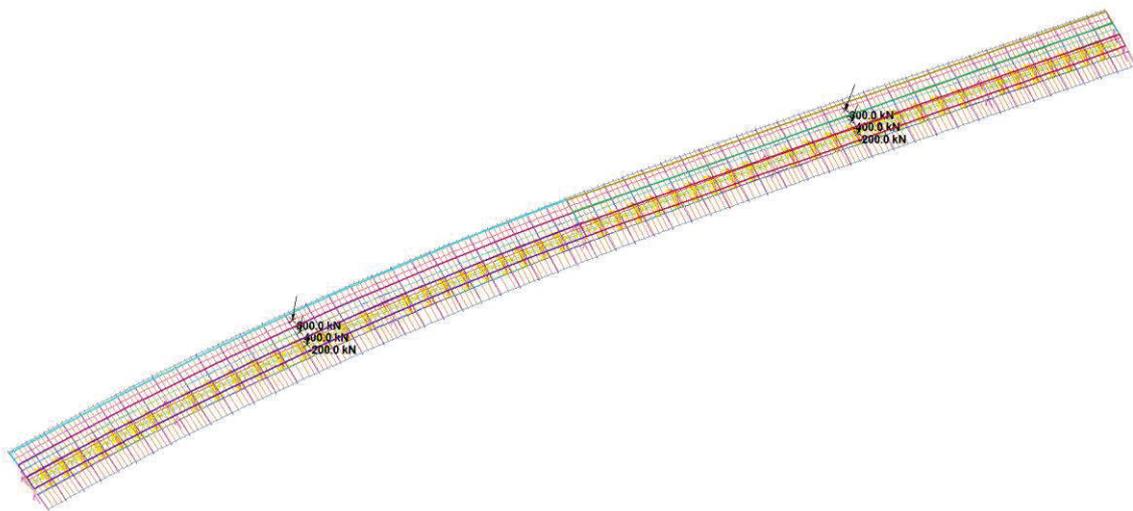


Figura 24: carichi accidentali da traffico Q – carico mobile

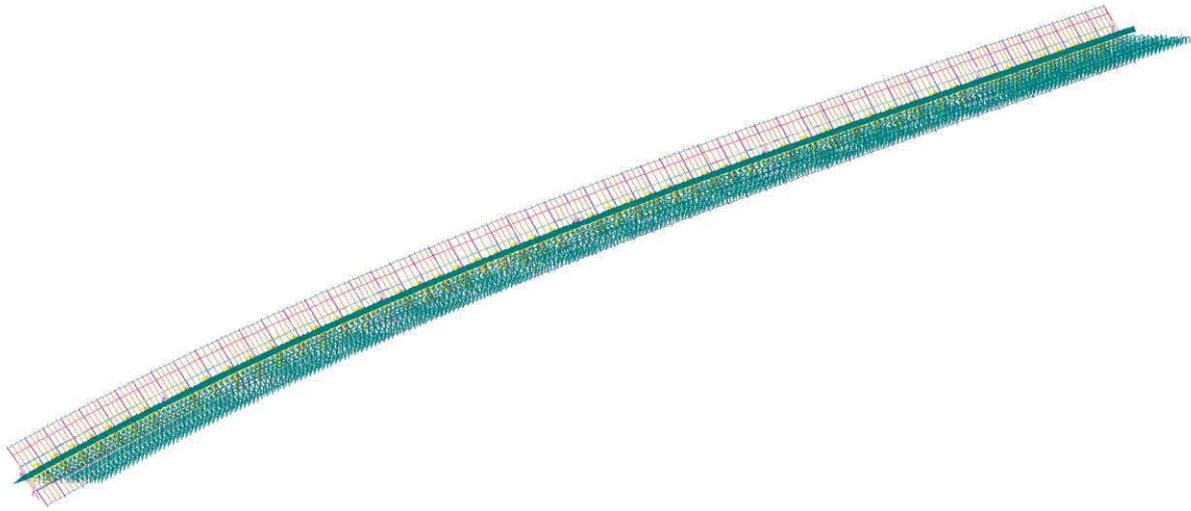


Figura 25: carichi accidentali da vento

9.1.2 Sollecitazioni agenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1213	1201
	[Bm:594]	[Bm:2975]
BM2(kN.m)	-10202	5104
	[Bm:757]	[Bm:8]

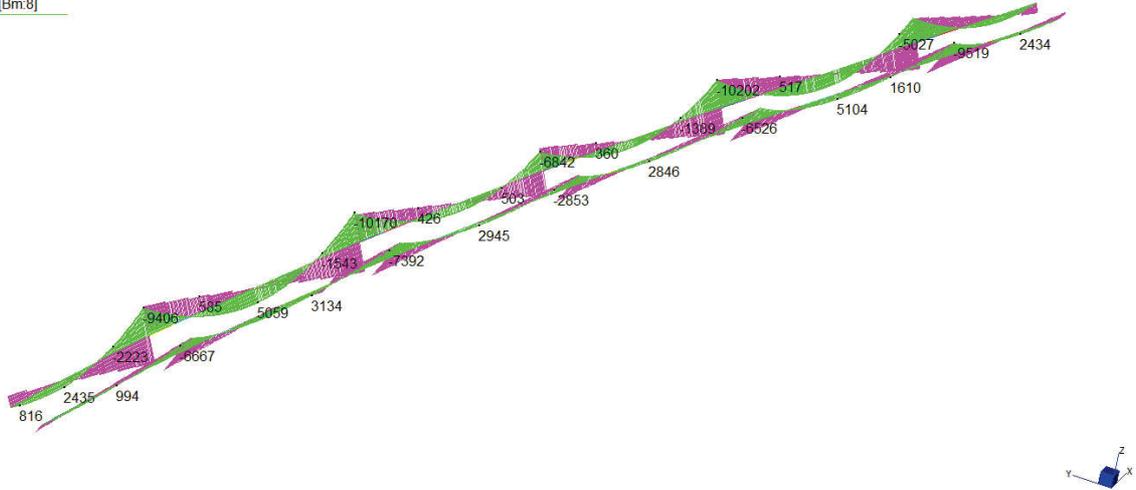


Figura 26: sollecitazioni per peso proprio struttura metallica

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1283	1274
	[Bm:594]	[Bm:2975]
BM2(kN.m)	-10958	5545
	[Bm:757]	[Bm:3001]

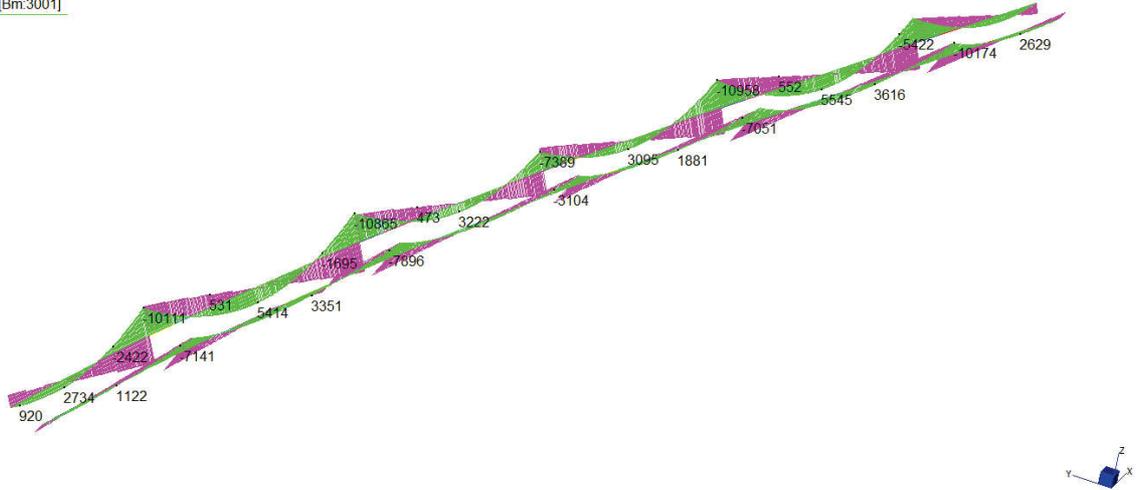


Figura 27: sollecitazioni per fase di getto della soletta

	MIN	MAX
SF2(kN)	-786	784
	[Bm:594]	[Bm:2975]
BM2(kN.m)	-6324	3776
	[Bm:757]	[Bm:3004]

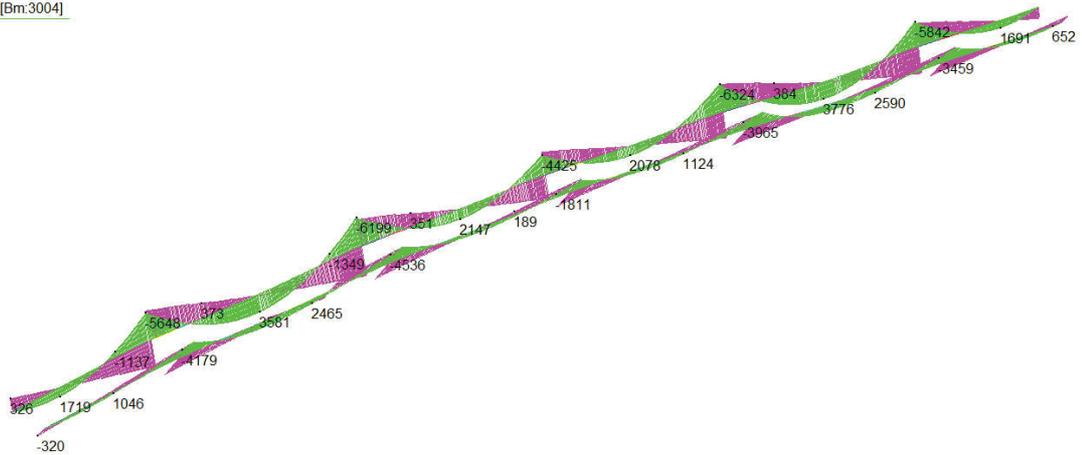


Figura 28: sollecitazioni per carichi permanenti

	MIN	MAX
SF2(kN)	-250	316
	[Bm:563]	[Bm:669]
BM2(kN.m)	-4634	4165
	[Bm:2819]	[Bm:2802]
AxForce(kN)	-5609	224
	[Bm:2867]	[Bm:2898]

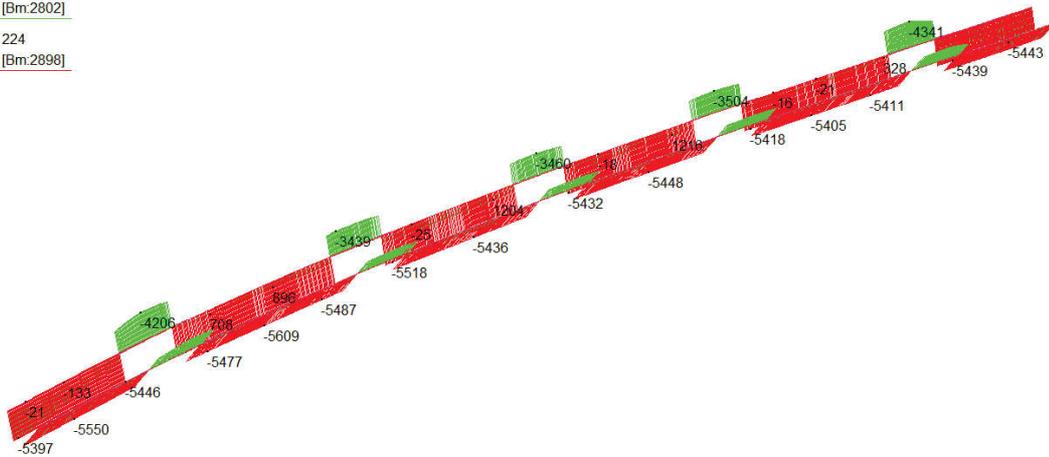


Figura 29: sollecitazioni per azione da ritiro

	MIN	MAX
SF2(kN)	-174	202
	[Bm.2808]	[Bm.669]
BM2(kN.m)	-1014	3067
	[Bm.666]	[Bm.2793]
AxForce(kN)	-6780	-6107
	[Bm.950]	[Bm.945]

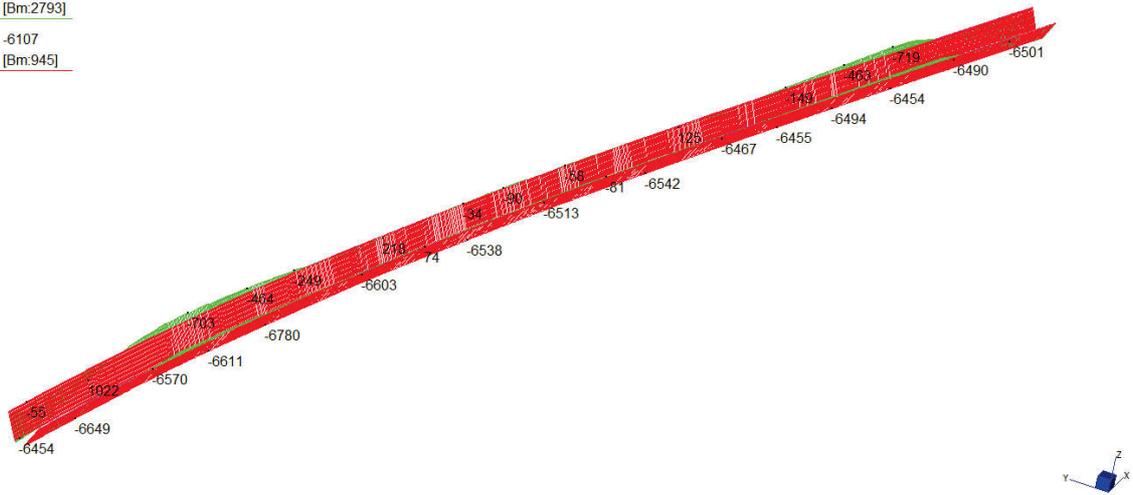


Figura 30: sollecitazioni per azione da azione termica

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1061	1068
	[Bm.715]	[Bm.2975]
BM2(kN.m)	-8330	5441
	[Bm.757]	[Bm.3075]

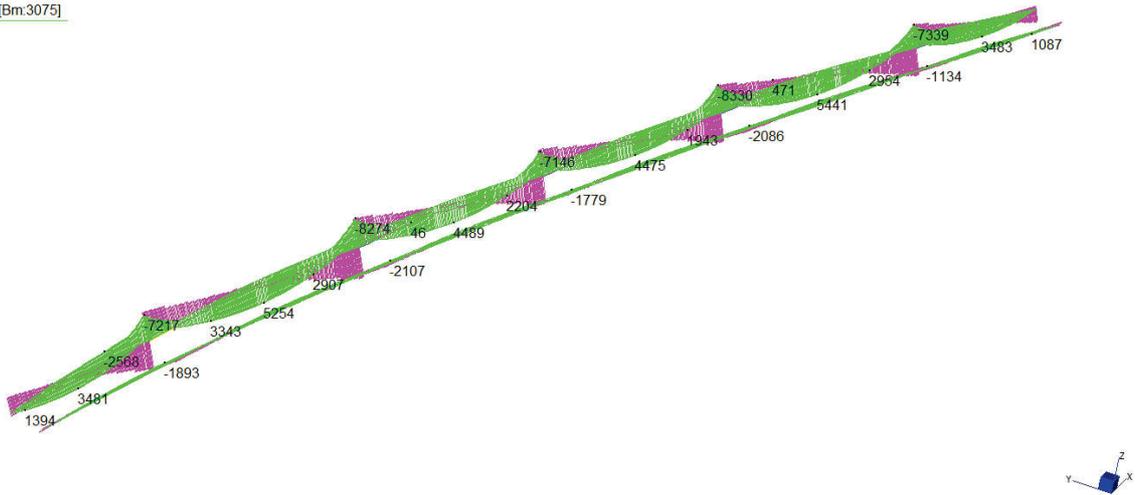


Figura 31: sollecitazioni per carichi accidentali q (involuppo)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-997	924
	[Bm.697]	[Bm.2835]
BM2(kN.m)	-4257	7140
	[Bm.2835]	[Bm.3004]

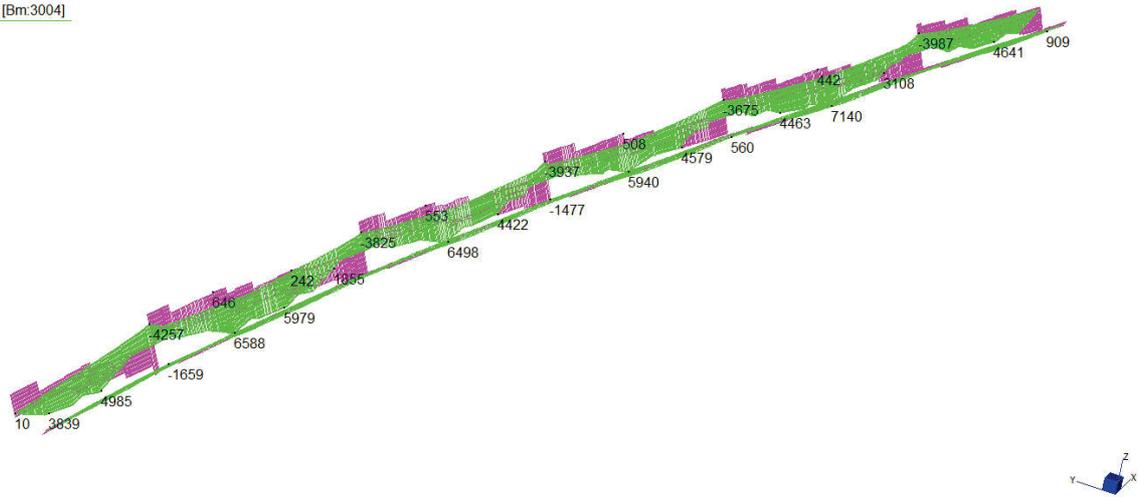


Figura 32: sollecitazioni per carichi accidentali Q (involuppo)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-40	41
	[Bm.715]	[Bm.2975]
BM2(kN.m)	-254	251
	[Bm.757]	[Bm.594]

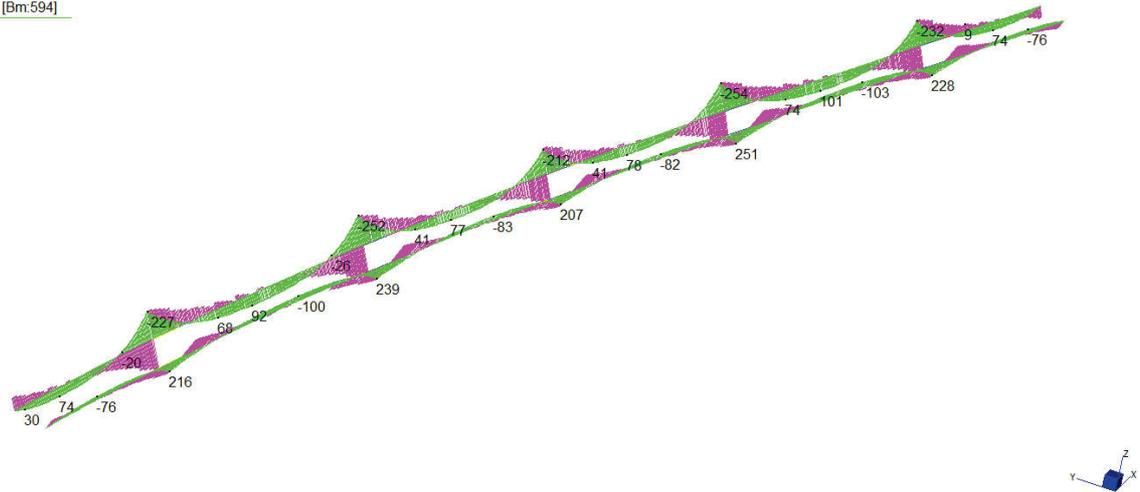
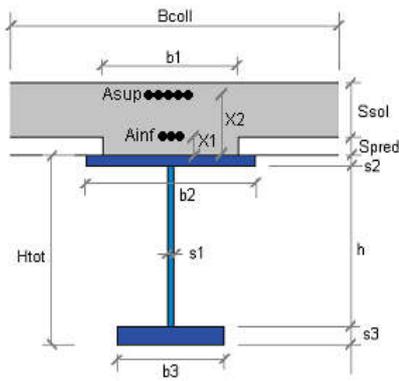


Figura 33: sollecitazioni per carico da vento

9.1.3 Rigidezze flessionali considerate nella modellazione

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

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	6500	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle=	60	[mm]			
	b1 =	700	[mm]			
	yg ca =	2651	[mm]			
	A ca =	12770	[cm ²]			
J ca =	436256	[cm ⁴]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	10212	[mm ²]			
	X2 =	210	[mm]			
	A inf =	10211.5	[mm ²]			
	X1 =	70	[mm]			
	yAs =	2640	[mm]			
	As tot =	20423	[mm ²]			
Acciaio	b2 =	800	[mm]			
	s2 =	30	[mm]			
	H tot =	2500	[mm]			
	s1 =	20	[mm]			
	h anima	2430	[mm]			
	b3 =	1000	[mm]			
	s3 =	40	[mm]			
	E ac =	206.00	[GPa]			
	yg ac =	1000	[mm]			
	A ac =	1043	[cm ²]			
J ac =	10869430	[cm ⁴]				
				PP =	8.84	[kN/m]
				W sup =	72477	[cm ³]
				W inf =	108663	[cm ³]
				Sx =	51559	[cm ³]
				Sx/(Jx*b) =	2.19E-03	[1/cm ²]
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)						
				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
yG =				1825.60	[mm]	
A tot =				2089.29	[cm ²]	
Jx tot =				25092326.51	[cm ⁴]	
W sup ac=				372066.27	[cm ³]	W sup cls= 271443 [cm ³]
W inf ac=				137447.37	[cm ³]	Wb sup= 283720 [cm ³]
Sn soletta =				69470.95	[cm ³]	Wb inf= 337079 [cm ³]
						W inf cls= 372066 [cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0						
				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34.63	[GPa]
yG =				2143	[mm]	
A tot =				3393.966	[cm ²]	W sup cls= 504109 [cm ³]
Jx tot =				30607185.74	[cm ⁴]	Wb sup= 539662 [cm ³]
W sup ac=				856974	[cm ³]	Wb inf= 716537 [cm ³]
W inf ac=				142834	[cm ³]	W inf cls= 856974 [cm ³]
Sn soletta =				109049	[cm ³]	
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)						
				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
yG =				1865	[mm]	
A tot =				2192.848	[cm ²]	W sup cls= 291020 [cm ³]
Jx tot =				25767868.52	[cm ⁴]	Wb sup= 304789 [cm ³]
W sup ac=				405517	[cm ³]	Wb inf= 365278 [cm ³]
W inf ac=				138198	[cm ³]	W inf cls= 405517 [cm ³]
Sn soletta =				74333	[cm ³]	
				omogeneizzato all'acciaio		

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle=	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2651	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.36</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>65446</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>138194</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>56361</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.84E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.36	[kN/m]	W sup =	65446	[cm ³]	W inf =	138194	[cm ³]	Sx =	56361	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.84E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.36	[kN/m]																
	W sup =	65446	[cm ³]																
	W inf =	138194	[cm ³]																
	Sx =	56361	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.84E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2640	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	900	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.36</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>65446</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>138194</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>56361</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.84E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.36	[kN/m]	W sup =	65446	[cm ³]	W inf =	138194	[cm ³]	Sx =	56361	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.84E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.36	[kN/m]																
	W sup =	65446	[cm ³]																
	W inf =	138194	[cm ³]																
	Sx =	56361	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.84E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2500	[mm]																
	s1 =	15	[mm]																
	h anima	2414	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	803	[mm]																	
A ac =	1044	[cm ²]																	
J ac =	11103185	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1791.61	[mm]														
A tot =				2246.40	[cm ²]	W sup cls=	314824	[cm ³]											
Jx tot =				30172415.38	[cm ⁴]	Wb sup=	328536	[cm ³]											
W sup ac=				425929.53	[cm ³]	Wb inf=	387626	[cm ³]											
W inf ac=				168409.49	[cm ³]	W inf cls=	425930	[cm ³]											
Sn soletta =				83145.17	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2136	[mm]														
A tot =				3745.186	[cm ²]	W sup cls=	600175	[cm ³]											
Jx tot =				36868844.94	[cm ⁴]	Wb sup=	641977	[cm ³]											
W sup ac=				1012042	[cm ³]	Wb inf=	848923	[cm ³]											
W inf ac=				172631	[cm ³]	W inf cls=	1012042	[cm ³]											
Sn soletta =				127167	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1835	[mm]														
A tot =				2365.359	[cm ²]	W sup cls=	338870	[cm ³]											
Jx tot =				31011635.25	[cm ⁴]	Wb sup=	354359	[cm ³]											
W sup ac=				466237	[cm ³]	Wb inf=	421842	[cm ³]											
W inf ac=				169014	[cm ³]	W inf cls=	466237	[cm ³]											
Sn soletta =				88678	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	7500	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle =	60	[mm]			
	b1 =	700	[mm]			
	yg ca =	2651	[mm]			
	A ca =	14670	[cm ²]			
J ca =	493694	[cm ⁴]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]			
	X2 =	210	[mm]			
	A inf =	11782.5	[mm ²]			
	X1 =	70	[mm]			
	yAs =	2640	[mm]			
	As tot =	23565	[mm ²]			
Acciaio	b2 =	900	[mm]			
	s2 =	30	[mm]			
	H tot =	2500	[mm]			
	s1 =	20	[mm]			
	h anima	2414	[mm]			
	b3 =	1000	[mm]			
	s3 =	56	[mm]			
	E ac =	206.00	[GPa]			
	yg ac =	882	[mm]			
	A ac =	1201	[cm ²]			
J ac =	12280093	[cm ⁴]				
				PP =	10.31	[kN/m]
				W sup =	75874	[cm ³]
				W inf =	139306	[cm ³]
				Sx =	60547	[cm ³]
				Sx/(Jx*b) =	2.17E-03	[1/cm ²]
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
				yG =	1766.05	[mm]
				A tot =	2403.44	[cm ²]
				Jx tot =	31087614.14	[cm ⁴]
				W sup ac =	423563.69	[cm ³]
				W inf ac =	176029.44	[cm ³]
				Sn soletta =	85617.24	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34.63	[GPa]
				yG =	2106	[mm]
				A tot =	3902.229	[cm ²]
				Jx tot =	38374334.77	[cm ⁴]
				W sup ac =	974229	[cm ³]
				W inf ac =	182205	[cm ³]
				Sn soletta =	134464	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
				yG =	1808	[mm]
				A tot =	2522.401	[cm ²]
				Jx tot =	31980157.44	[cm ⁴]
				W sup ac =	462009	[cm ³]
				W inf ac =	176901	[cm ³]
				Sn soletta =	91615	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		

Travi miste acciaio-cls			secondo CNR 10016/85		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	23565 [mm ²]			
	X2 =	210 [mm]			
	A inf =	23565 [mm ²]			
	X1 =	70 [mm]			
	yAs =	2640 [mm]			
	As tot =	47130 [mm ²]			
	A intermedia =	[mm ²]			
X3 =	[mm]				
Acciaio	b2 =	1000 [mm]			
	s2 =	68.5 [mm]			
	H tot =	2500 [mm]			
	s1 =	28 [mm]			
	h anima	2353.5 [mm]			
	b3 =	1000 [mm]			
	s3 =	78 [mm]			
	E ac =	206.00 [GPa]		PP =	16.67 [kN/m]
	yg ac =	1199 [mm]		W sup =	188727 [cm ³]
	A ac =	2123.98 [cm ²]		W inf =	204835 [cm ³]
J ac =	24556406 [cm ⁴]		Sx =	108056 [cm ³]	
			Sx/(Jx*b) =	1.57E-03 [1/cm ²]	
Calcolo della sezione mista al tempo t=0			n =	1.0000	di om. Acciaio-Acciaio
yG =	1460.55 [mm]				
A tot =	2595.28 [cm ²]				
Jx tot =	32567421 [cm ⁴]				
W sup ac =	313315 [cm ³]		Wb sup =	260655 [cm ³]	
W inf ac =	222980 [cm ³]		Wb interm =	313315 [cm ³]	
Sn armatura =	55587 [cm ³]		Wb inf =	293547 [cm ³]	
omogeneizzato all'acciaio					

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2651	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.08</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>106699</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>115718</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>62640</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.17E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.08	[kN/m]	W sup =	106699	[cm ³]	W inf =	115718	[cm ³]	Sx =	62640	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.17E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.08	[kN/m]																
	W sup =	106699	[cm ³]																
	W inf =	115718	[cm ³]																
	Sx =	62640	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.17E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2640	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.08</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>106699</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>115718</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>62640</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.17E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.08	[kN/m]	W sup =	106699	[cm ³]	W inf =	115718	[cm ³]	Sx =	62640	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.17E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.08	[kN/m]																
	W sup =	106699	[cm ³]																
	W inf =	115718	[cm ³]																
	Sx =	62640	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.17E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2500	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2420	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	40	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1199	[mm]																	
A ac =	1214	[cm ²]																	
J ac =	13878211	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1920.81	[mm]														
A tot =				2416.79	[cm ²]	W sup cls=	320937	[cm ³]											
Jx tot =				26611651.61	[cm ⁴]	Wb sup=	337204	[cm ³]											
W sup ac=				459466.01	[cm ³]	Wb inf=	409923	[cm ³]											
W inf ac=				138543.65	[cm ³]	W inf cls=	459466	[cm ³]											
Sn soletta =				70650.99	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2200	[mm]														
A tot =				3915.575	[cm ²]	W sup cls=	575041	[cm ³]											
Jx tot =				31600097.75	[cm ⁴]	Wb sup=	620185	[cm ³]											
W sup ac=				1054999	[cm ³]	Wb inf=	855149	[cm ³]											
W inf ac=				143606	[cm ³]	W inf cls=	1054999	[cm ³]											
Sn soletta =				111195	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1955	[mm]														
A tot =				2535.748	[cm ²]	W sup cls=	342439	[cm ³]											
Jx tot =				27220862.32	[cm ⁴]	Wb sup=	360584	[cm ³]											
W sup ac=				499547	[cm ³]	Wb inf=	442680	[cm ³]											
W inf ac=				139231	[cm ³]	W inf cls=	499547	[cm ³]											
Sn soletta =				75620	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2651	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.31</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>110125</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>147409</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>71369</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.16E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.31	[kN/m]	W sup =	110125	[cm ³]	W inf =	147409	[cm ³]	Sx =	71369	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.16E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.31	[kN/m]																
	W sup =	110125	[cm ³]																
	W inf =	147409	[cm ³]																
	Sx =	71369	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.16E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2640	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.31</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>110125</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>147409</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>71369</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.16E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.31	[kN/m]	W sup =	110125	[cm ³]	W inf =	147409	[cm ³]	Sx =	71369	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.16E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.31	[kN/m]																
	W sup =	110125	[cm ³]																
	W inf =	147409	[cm ³]																
	Sx =	71369	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.16E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2500	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2404	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1069	[mm]																	
A ac =	1369	[cm ²]																	
J ac =	15758517	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG = 1807.89 [mm]																			
A tot = 2572.08 [cm ²]				W sup cls= 337319 [cm ³]															
Jx tot = 31779298.00 [cm ⁴]				Wb sup= 352276 [cm ³]															
W sup ac= 459162.82 [cm ³]				Wb inf= 416989 [cm ³]															
W inf ac= 175781.53 [cm ³]				W inf cls= 459163 [cm ³]															
Sn soletta = 81571.26 [cm ³]																			
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG = 2118 [mm]																			
A tot = 4070.871 [cm ²]				W sup cls= 610691 [cm ³]															
Jx tot = 38567943.34 [cm ⁴]				Wb sup= 651985 [cm ³]															
W sup ac= 1010833 [cm ³]				Wb inf= 854131 [cm ³]															
W inf ac= 182057 [cm ³]				W inf cls= 1010833 [cm ³]															
Sn soletta = 131419 [cm ³]																			
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG = 1845 [mm]																			
A tot = 2691.043 [cm ²]				W sup cls= 360206 [cm ³]															
Jx tot = 32592348.63 [cm ⁴]				Wb sup= 376867 [cm ³]															
W sup ac= 497726 [cm ³]				Wb inf= 449658 [cm ³]															
W inf ac= 176635 [cm ³]				W inf cls= 497726 [cm ³]															
Sn soletta = 87556 [cm ³]																			
				omogeneizzato all'acciaio															

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2651	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.63</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>69318</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>159212</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>63690</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.67E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.63	[kN/m]	W sup =	69318	[cm ³]	W inf =	159212	[cm ³]	Sx =	63690	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.63	[kN/m]																
	W sup =	69318	[cm ³]																
	W inf =	159212	[cm ³]																
	Sx =	63690	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2640	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.63</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>69318</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>159212</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>63690</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.67E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.63	[kN/m]	W sup =	69318	[cm ³]	W inf =	159212	[cm ³]	Sx =	63690	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.63	[kN/m]																
	W sup =	69318	[cm ³]																
	W inf =	159212	[cm ³]																
	Sx =	63690	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2500	[mm]																
	s1 =	16	[mm]																
	h anima	2403	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	67	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	758	[mm]																	
A ac =	1182	[cm ²]																	
J ac =	12073151	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1711.97	[mm]														
A tot =				2384.58	[cm ²]	W sup cls=	321947	[cm ³]											
Jx tot =				33419025.98	[cm ⁴]	Wb sup=	334851	[cm ³]											
W sup ac=				424084.41	[cm ³]	Wb inf=	389487	[cm ³]											
W inf ac=				195207.75	[cm ³]	W inf cls=	424084	[cm ³]											
Sn soletta =				90846.28	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2075	[mm]														
A tot =				3883.369	[cm ²]	W sup cls=	615770	[cm ³]											
Jx tot =				41591971.34	[cm ⁴]	Wb sup=	654531	[cm ³]											
W sup ac=				977607	[cm ³]	Wb inf=	839484	[cm ³]											
W inf ac=				200486	[cm ³]	W inf cls=	977607	[cm ³]											
Sn soletta =				142244	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1757	[mm]														
A tot =				2503.541	[cm ²]	W sup cls=	346522	[cm ³]											
Jx tot =				34423045.19	[cm ⁴]	Wb sup=	361060	[cm ³]											
W sup ac=				463056	[cm ³]	Wb inf=	423206	[cm ³]											
W inf ac=				195963	[cm ³]	W inf cls=	463056	[cm ³]											
Sn soletta =				97174	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2691	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.37</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>111709</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>150378</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>72685</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.13E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.37	[kN/m]	W sup =	111709	[cm ³]	W inf =	150378	[cm ³]	Sx =	72685	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.37	[kN/m]																
	W sup =	111709	[cm ³]																
	W inf =	150378	[cm ³]																
	Sx =	72685	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2680	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.37</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>111709</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>150378</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>72685</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.13E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.37	[kN/m]	W sup =	111709	[cm ³]	W inf =	150378	[cm ³]	Sx =	72685	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.37	[kN/m]																
	W sup =	111709	[cm ³]																
	W inf =	150378	[cm ³]																
	Sx =	72685	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2540	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2444	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1083	[mm]																	
A ac =	1372	[cm ²]																	
J ac =	16280243	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG = 1832.97 [mm]																			
A tot = 2575.02 [cm ²]				W sup cls= 343317 [cm ³]															
Jx tot = 32856487.72 [cm ⁴]				Wb sup= 358292 [cm ³]															
W sup ac= 464710.36 [cm ³]				Wb inf= 422846 [cm ³]															
W inf ac= 179252.88 [cm ³]				W inf cls= 464710 [cm ³]															
Sn soletta = 83013.82 [cm ³]																			
omogeneizzato all'acciaio																			
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG = 2149 [mm]																			
A tot = 4073.804 [cm ²]				W sup cls= 622092 [cm ³]															
Jx tot = 39888494.19 [cm ⁴]				Wb sup= 663482 [cm ³]															
W sup ac= 1019647 [cm ³]				Wb inf= 864886 [cm ³]															
W inf ac= 185631 [cm ³]				W inf cls= 1019647 [cm ³]															
Sn soletta = 133800 [cm ³]																			
omogeneizzato all'acciaio																			
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG = 1871 [mm]																			
A tot = 2693.976 [cm ²]				W sup cls= 366637 [cm ³]															
Jx tot = 33698448.99 [cm ⁴]				Wb sup= 383319 [cm ³]															
W sup ac= 503620 [cm ³]				Wb inf= 455924 [cm ³]															
W inf ac= 180121 [cm ³]				W inf cls= 503620 [cm ³]															
Sn soletta = 89109 [cm ³]																			
omogeneizzato all'acciaio																			

Travi miste acciaio-clc			secondo CNR 10016/85		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	23565 [mm ²]			
	X2 =	210 [mm]			
	A inf =	23565 [mm ²]			
	X1 =	70 [mm]			
	yAs =	2680 [mm]			
	As tot =	47130 [mm ²]			
	A intermedia =	[mm ²]			
X3 =	[mm]				
Acciaio	b2 =	1000 [mm]			
	s2 =	68.5 [mm]			
	H tot =	2540 [mm]			
	s1 =	30 [mm]			
	h anima	2393.5 [mm]			
	b3 =	1000 [mm]			
	s3 =	78 [mm]			
	E ac =	206.00 [GPa]		PP =	17.14 [kN/m]
	yg ac =	1219 [mm]		W sup =	194313 [cm ³]
	A ac =	2183.05 [cm ²]		W inf =	210412 [cm ³]
J ac =	25659382 [cm ⁴]		Sx =	111622 [cm ³]	
			Sx/(Jx*b) =	1.45E-03 [1/cm ²]	
Calcolo della sezione mista al tempo t=0			n =	1.0000	di om. Acciaio-Acciaio
yG =	1478.81 [mm]				
A tot =	2654.35 [cm ²]				
Jx tot =	33927677 [cm ⁴]				
W sup ac =	319713 [cm ³]		Wb sup =	266897 [cm ³]	
W inf ac =	229426 [cm ³]		Wb interm =	319713 [cm ³]	
Sn armatura =	56612 [cm ³]		Wb inf =	299929 [cm ³]	
omogeneizzato all'acciaio					

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2691	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.37</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>111843</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>150233</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>72713</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.13E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.37	[kN/m]	W sup =	111843	[cm ³]	W inf =	150233	[cm ³]	Sx =	72713	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.37	[kN/m]																
	W sup =	111843	[cm ³]																
	W inf =	150233	[cm ³]																
	Sx =	72713	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2680	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.37</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>111843</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>150233</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>72713</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.13E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.37	[kN/m]	W sup =	111843	[cm ³]	W inf =	150233	[cm ³]	Sx =	72713	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.37	[kN/m]																
	W sup =	111843	[cm ³]																
	W inf =	150233	[cm ³]																
	Sx =	72713	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.13E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2540	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2444	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1084	[mm]																	
A ac =	1373	[cm ²]																	
J ac =	16284741	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1833.60	[mm]														
A tot =				2575.30	[cm ²]	W sup cls =	343318	[cm ³]											
Jx tot =				32834816.14	[cm ⁴]	Wb sup =	358304	[cm ³]											
W sup ac =				464822.05	[cm ³]	Wb inf =	422914	[cm ³]											
W inf ac =				179072.50	[cm ³]	W inf cls =	464822	[cm ³]											
Sn soletta =				82952.31	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2149	[mm]														
A tot =				4074.088	[cm ²]	W sup cls =	621966	[cm ³]											
Jx tot =				39856762.32	[cm ⁴]	Wb sup =	663374	[cm ³]											
W sup ac =				1019826	[cm ³]	Wb inf =	864911	[cm ³]											
W inf ac =				185451	[cm ³]	W inf cls =	1019826	[cm ³]											
Sn soletta =				133706	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1871	[mm]														
A tot =				2694.260	[cm ²]	W sup cls =	366628	[cm ³]											
Jx tot =				33675540.06	[cm ⁴]	Wb sup =	383321	[cm ³]											
W sup ac =				503733	[cm ³]	Wb inf =	455987	[cm ³]											
W inf ac =				179941	[cm ³]	W inf cls =	503733	[cm ³]											
Sn soletta =				89044	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle=	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2691	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.41</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>66568</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>140442</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>57446</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.79E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.41	[kN/m]	W sup =	66568	[cm ³]	W inf =	140442	[cm ³]	Sx =	57446	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.79E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.41	[kN/m]																
	W sup =	66568	[cm ³]																
	W inf =	140442	[cm ³]																
	Sx =	57446	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.79E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2680	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	900	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.41</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>66568</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>140442</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>57446</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.79E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.41	[kN/m]	W sup =	66568	[cm ³]	W inf =	140442	[cm ³]	Sx =	57446	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.79E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.41	[kN/m]																
	W sup =	66568	[cm ³]																
	W inf =	140442	[cm ³]																
	Sx =	57446	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.79E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2540	[mm]																
	s1 =	15	[mm]																
	h anima	2454	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	817	[mm]																	
A ac =	1046	[cm ²]																	
J ac =	11471077	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1818.32	[mm]														
A tot =				2248.41	[cm ²]	W sup cls=	320215	[cm ³]											
Jx tot =				31114579.16	[cm ⁴]	Wb sup=	333963	[cm ³]											
W sup ac=				431142.09	[cm ³]	Wb inf=	393021	[cm ³]											
W inf ac=				171117.00	[cm ³]	W inf cls=	431142	[cm ³]											
Sn soletta =				84430.16	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2168	[mm]														
A tot =				3747.201	[cm ²]	W sup cls=	610810	[cm ³]											
Jx tot =				38020478.9	[cm ⁴]	Wb sup=	652757	[cm ³]											
W sup ac=				1020794	[cm ³]	Wb inf=	859298	[cm ³]											
W inf ac=				175408	[cm ³]	W inf cls=	1020794	[cm ³]											
Sn soletta =				129179	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1862	[mm]														
A tot =				2367.373	[cm ²]	W sup cls=	344683	[cm ³]											
Jx tot =				31979853.55	[cm ⁴]	Wb sup=	360213	[cm ³]											
W sup ac=				471815	[cm ³]	Wb inf=	427650	[cm ³]											
W inf ac=				171732	[cm ³]	W inf cls=	471815	[cm ³]											
Sn soletta =				90052	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85		
CA	B coll =	7500	[mm]			
	Ssol =	190	[mm]			
	Spredalle =	60	[mm]			
	b1 =	700	[mm]			
	yg ca =	2721	[mm]			
	A ca =	14670	[cm ²]			
J ca =	493694	[cm ⁴]				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]			
	X2 =	210	[mm]			
	A inf =	11782.5	[mm ²]			
	X1 =	70	[mm]			
	yAs =	2710	[mm]			
	As tot =	23565	[mm ²]			
Acciaio	b2 =	1000	[mm]			
	s2 =	40	[mm]			
	H tot =	2570	[mm]			
	s1 =	20	[mm]			
	h anima	2474	[mm]			
	b3 =	1000	[mm]			
	s3 =	56	[mm]			
	E ac =	206.00	[GPa]			
	yg ac =	1093	[mm]			
	A ac =	1375	[cm ²]			
J ac =	16678728	[cm ⁴]				
				PP =	11.42	[kN/m]
				W sup =	112950	[cm ³]
				W inf =	152547	[cm ³]
				Sx =	73687	[cm ³]
				Sx/(Jx*b) =	2.10E-03	[1/cm ²]
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
				yG =	1852.02	[mm]
				A tot =	2577.32	[cm ²]
				Jx tot =	33667457.57	[cm ⁴]
				W sup ac =	468919.13	[cm ³]
				W inf ac =	181787.77	[cm ³]
				Sn soletta =	84072.56	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	34.63	[GPa]
				yG =	2172	[mm]
				A tot =	4076.112	[cm ²]
				Jx tot =	40881041.98	[cm ⁴]
				W sup ac =	1026386	[cm ³]
				W inf ac =	188244	[cm ³]
				Sn soletta =	135551	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio
				Ec =	15.25	[GPa]
				yG =	1890	[mm]
				A tot =	2696.284	[cm ²]
				Jx tot =	34530963.37	[cm ⁴]
				W sup ac =	508091	[cm ³]
				W inf ac =	182667	[cm ³]
				Sn soletta =	90249	[cm ³]
				omogeneizzato all'acciaio		

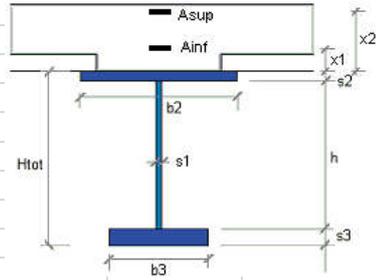
Travi miste acciaio-cls			secondo CNR 10016/85		
Acciaio della soletta in CA	A sup =	14139 [mm ²]			
	X2 =	210 [mm]			
	A inf =	14139 [mm ²]			
	X1 =	70 [mm]			
	yAs =	2710 [mm]			
	As tot =	28278 [mm ²]			
	A intermedia =	[mm ²]			
X3 =	[mm]				
Acciaio	b2 =	1000 [mm]			
	s2 =	59 [mm]			
	H tot =	2570 [mm]			
	s1 =	25 [mm]			
	h anima	2452 [mm]			
	b3 =	1000 [mm]			
	s3 =	59 [mm]			
	E ac =	206.00 [GPa]	PP =	14.08 [kN/m]	
	yg ac =	1285 [mm]	W sup =	168676 [cm ³]	
	A ac =	1793.00 [cm ²]	W inf =	168676 [cm ³]	
J ac =	21674815 [cm ⁴]	Sx =	92863 [cm ³]		
		Sx/(Jx*b) =	1.71E-03 [1/cm ²]		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0			n =	1.0000	di om. Acciaio-Acciaio
yG =	1479.13 [mm]				
A tot =	2075.78 [cm ²]				
Jx tot =	26634766 [cm ⁴]				
W sup ac =	244160 [cm ³]	Wb sup =	204745 [cm ³]		
W inf ac =	180071 [cm ³]	Wb interm =	244160 [cm ³]		
Sn armatura =	34807 [cm ³]	Wb inf =	229437 [cm ³]		
omogeneizzato all'acciaio					

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85				
CA	B coll =	7500	[mm]					
	Ssol =	190	[mm]					
	Spredalle =	60	[mm]					
	b1 =	700	[mm]					
	yg ca =	2761	[mm]					
	A ca =	14670	[cm ²]					
J ca =	493694	[cm ⁴]						
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]					
	X2 =	210	[mm]					
	A inf =	11782.5	[mm ²]					
	X1 =	70	[mm]					
	yAs =	2750	[mm]					
	As tot =	23565	[mm ²]					
Acciaio	b2 =	1000	[mm]					
	s2 =	40	[mm]					
	H tot =	2610	[mm]					
	s1 =	20	[mm]					
	h anima	2514	[mm]					
	b3 =	1000	[mm]					
	s3 =	56	[mm]					
	E ac =	206.00	[GPa]					
	yg ac =	1110	[mm]					
	A ac =	1378	[cm ²]					
J ac =	17225650	[cm ⁴]						
				PP =	11.48	[kN/m]		
				W sup =	114830	[cm ³]		
				W inf =	155200	[cm ³]		
				Sx =	75074	[cm ³]		
				Sx/(Jx*b) =	2.07E-03	[1/cm ²]		
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio		
				Ec =	15.25	[GPa]		
yG =				1878.46	[mm]			
A tot =				2580.86	[cm ²]	W sup cls =	353810	[cm ³]
Jx tot =				34727943.06	[cm ⁴]	Wb sup =	368841	[cm ³]
W sup ac =				474722.29	[cm ³]	Wb inf =	433264	[cm ³]
W inf ac =				184874.77	[cm ³]	W inf cls =	474722	[cm ³]
Sn soletta =				85384.05	[cm ³]			
				omogeneizzato all'acciaio				
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio		
				Ec =	34.63	[GPa]		
yG =				2203	[mm]			
A tot =				4079.651	[cm ²]	W sup cls =	641710	[cm ³]
Jx tot =				42170481.29	[cm ⁴]	Wb sup =	683301	[cm ³]
W sup ac =				1035728	[cm ³]	Wb inf =	883785	[cm ³]
W inf ac =				191437	[cm ³]	W inf cls =	1035728	[cm ³]
Sn soletta =				137735	[cm ³]			
				omogeneizzato all'acciaio				
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio		
				Ec =	15.25	[GPa]		
yG =				1917	[mm]			
A tot =				2699.823	[cm ²]	W sup cls =	377861	[cm ³]
Jx tot =				35618527.32	[cm ⁴]	Wb sup =	394605	[cm ³]
W sup ac =				514245	[cm ³]	Wb inf =	467044	[cm ³]
W inf ac =				185768	[cm ³]	W inf cls =	514245	[cm ³]
Sn soletta =				91663	[cm ³]			
				omogeneizzato all'acciaio				

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle=	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2761	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.57</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>70017</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>167320</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>66118</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.71E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.57	[kN/m]	W sup =	70017	[cm ³]	W inf =	167320	[cm ³]	Sx =	66118	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.71E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.57	[kN/m]																
	W sup =	70017	[cm ³]																
	W inf =	167320	[cm ³]																
	Sx =	66118	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.71E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2750	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.57</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>70017</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>167320</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>66118</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.71E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.57	[kN/m]	W sup =	70017	[cm ³]	W inf =	167320	[cm ³]	Sx =	66118	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.71E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.57	[kN/m]																
	W sup =	70017	[cm ³]																
	W inf =	167320	[cm ³]																
	Sx =	66118	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.71E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2610	[mm]																
	s1 =	15	[mm]																
	h anima	2513	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	67	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	770	[mm]																	
A ac =	1157	[cm ²]																	
J ac =	12883242	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1783.76	[mm]														
A tot =				2359.82	[cm ²]	W sup cls=	336836	[cm ³]											
Jx tot =				36251571.36	[cm ⁴]	Wb sup=	349838	[cm ³]											
W sup ac=				438754.39	[cm ³]	Wb inf=	404486	[cm ³]											
W inf ac=				203231.03	[cm ³]	W inf cls=	438754	[cm ³]											
Sn soletta =				94541.32	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2164	[mm]														
A tot =				3858.610	[cm ²]	W sup cls=	647006	[cm ³]											
Jx tot =				45063218.87	[cm ⁴]	Wb sup=	686428	[cm ³]											
W sup ac=				1009280	[cm ³]	Wb inf=	872491	[cm ³]											
W inf ac=				208287	[cm ³]	W inf cls=	1009280	[cm ³]											
Sn soletta =				147433	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1831	[mm]														
A tot =				2478.782	[cm ²]	W sup cls=	362745	[cm ³]											
Jx tot =				37338053.58	[cm ⁴]	Wb sup=	377412	[cm ³]											
W sup ac=				479111	[cm ³]	Wb inf=	439623	[cm ³]											
W inf ac=				203957	[cm ³]	W inf cls=	479111	[cm ³]											
Sn soletta =				101076	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

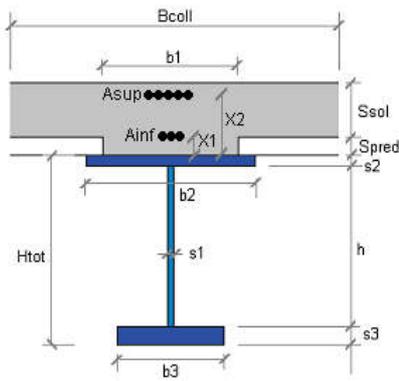
Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2801	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.31</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>112716</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>124460</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>67069</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.04E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.31	[kN/m]	W sup =	112716	[cm ³]	W inf =	124460	[cm ³]	Sx =	67069	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.31	[kN/m]																
	W sup =	112716	[cm ³]																
	W inf =	124460	[cm ³]																
	Sx =	67069	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2790	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>10.31</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>112716</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>124460</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>67069</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.04E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	10.31	[kN/m]	W sup =	112716	[cm ³]	W inf =	124460	[cm ³]	Sx =	67069	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]
	PP =	10.31	[kN/m]																
	W sup =	112716	[cm ³]																
	W inf =	124460	[cm ³]																
	Sx =	67069	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2650	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2570	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	40	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1259	[mm]																	
A ac =	1227	[cm ²]																	
J ac =	15674394	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				2021.45	[mm]														
A tot =				2430.06	[cm ²]	W sup cls=	342721	[cm ³]											
Jx tot =				30109582.93	[cm ⁴]	Wb sup=	359069	[cm ³]											
W sup ac=				479035.99	[cm ³]	Wb inf=	431033	[cm ³]											
W inf ac=				148950.08	[cm ³]	W inf cls=	479036	[cm ³]											
Sn soletta =				75424.07	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2319	[mm]														
A tot =				3928.848	[cm ²]	W sup cls=	616170	[cm ³]											
Jx tot =				35799566.94	[cm ⁴]	Wb sup=	661728	[cm ³]											
W sup ac=				1081553	[cm ³]	Wb inf=	892754	[cm ³]											
W inf ac=				154375	[cm ³]	W inf cls=	1081553	[cm ³]											
Sn soletta =				118956	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				2058	[mm]														
A tot =				2549.021	[cm ²]	W sup cls=	365774	[cm ³]											
Jx tot =				30803506.55	[cm ⁴]	Wb sup=	384014	[cm ³]											
W sup ac=				520202	[cm ³]	Wb inf=	465208	[cm ³]											
W inf ac=				149687	[cm ³]	W inf cls=	520202	[cm ³]											
Sn soletta =				80750	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc		secondo CNR 10016/85				
Acciaio della soletta in CA	A sup =	14139	[mm ²]			
	X2 =	210	[mm]			
	A inf =	14139	[mm ²]			
	X1 =	70	[mm]			
	yAs =	2790	[mm]			
	As tot =	28278	[mm ²]			
	A intermedia =		[mm ²]			
	X3 =		[mm]			
Acciaio	b2 =	1000	[mm]			
	s2 =	58	[mm]			
	H tot =	2650	[mm]			
	s1 =	28	[mm]			
	h anima	2518.75	[mm]			
	b3 =	1000	[mm]			
	s3 =	73.25	[mm]			
	E ac =	206.00	[GPa]			
	yg ac =	1232	[mm]			
	A ac =	2017.75	[cm ²]			
	J ac =	25461698	[cm ⁴]			
		PP =	15.84	[kN/m]		
		W sup =	179622	[cm ³]		
		W inf =	206589	[cm ³]		
		Sx =	106410	[cm ³]		
		Sx/(Jx*b) =	1.49E-03	[1/cm ²]		
Calcolo della sezione mista al tempo t=0		n =	1.0000	di om. Acciaio-Acciaio		
	yG =	1423.93	[mm]			
	A tot =	2300.53	[cm ²]			
	Jx tot =	31478338	[cm ⁴]			
	W sup ac =	256742	[cm ³]	Wb sup =	219198	[cm ³]
	W inf ac =	221066	[cm ³]	Wb interm =	256742	[cm ³]
	Sn armatura =	38630	[cm ³]	Wb inf =	242876	[cm ³]
omogeneizzato all'acciaio						



Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle=	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2801	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.55</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>116528</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>158050</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>76428</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.04E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.55	[kN/m]	W sup =	116528	[cm ³]	W inf =	158050	[cm ³]	Sx =	76428	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.55	[kN/m]																
	W sup =	116528	[cm ³]																
	W inf =	158050	[cm ³]																
	Sx =	76428	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2790	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	1000	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>11.55</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>116528</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>158050</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>76428</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.04E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	11.55	[kN/m]	W sup =	116528	[cm ³]	W inf =	158050	[cm ³]	Sx =	76428	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]
	PP =	11.55	[kN/m]																
	W sup =	116528	[cm ³]																
	W inf =	158050	[cm ³]																
	Sx =	76428	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.04E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	40	[mm]																
	H tot =	2650	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima	2554	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1125	[mm]																	
A ac =	1381	[cm ²]																	
J ac =	17774755	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1904.01	[mm]														
A tot =				2584.01	[cm ²]	W sup cls=	359800	[cm ³]											
Jx tot =				35835654.46	[cm ⁴]	Wb sup=	374855	[cm ³]											
W sup ac=				480378.54	[cm ³]	Wb inf=	439169	[cm ³]											
W inf ac=				188211.27	[cm ³]	W inf cls=	480379	[cm ³]											
Sn soletta =				86780.96	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2233	[mm]														
A tot =				4082.798	[cm ²]	W sup cls=	652996	[cm ³]											
Jx tot =				43525462.48	[cm ⁴]	Wb sup=	694684	[cm ³]											
W sup ac=				1044903	[cm ³]	Wb inf=	894573	[cm ³]											
W inf ac=				194880	[cm ³]	W inf cls=	1044903	[cm ³]											
Sn soletta =				140051	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1944	[mm]														
A tot =				2702.970	[cm ²]	W sup cls=	384274	[cm ³]											
Jx tot =				36755534.58	[cm ⁴]	Wb sup=	401046	[cm ³]											
W sup ac=				520254	[cm ³]	Wb inf=	473354	[cm ³]											
W inf ac=				189120	[cm ³]	W inf cls=	520254	[cm ³]											
Sn soletta =				93167	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	7500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2801	[mm]																
	A ca =	14670	[cm ²]																
J ca =	493694	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	11783	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.53</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>69054</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>147438</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>60355</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.67E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.53	[kN/m]	W sup =	69054	[cm ³]	W inf =	147438	[cm ³]	Sx =	60355	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.53	[kN/m]																
	W sup =	69054	[cm ³]																
	W inf =	147438	[cm ³]																
	Sx =	60355	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	11782.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2790	[mm]																	
As tot =	23565	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	900	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.53</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>69054</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>147438</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>60355</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.67E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.53	[kN/m]	W sup =	69054	[cm ³]	W inf =	147438	[cm ³]	Sx =	60355	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.53	[kN/m]																
	W sup =	69054	[cm ³]																
	W inf =	147438	[cm ³]																
	Sx =	60355	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.67E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2650	[mm]																
	s1 =	15	[mm]																
	h anima	2564	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	56	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	845	[mm]																	
A ac =	1050	[cm ²]																	
J ac =	12462446	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1888.43	[mm]														
A tot =				2252.68	[cm ²]	W sup cls =	335094	[cm ³]											
Jx tot =				33897141.34	[cm ⁴]	Wb sup =	348890	[cm ³]											
W sup ac =				445095.31	[cm ³]	Wb inf =	407628	[cm ³]											
W inf ac =				179499.10	[cm ³]	W inf cls =	445095	[cm ³]											
Sn soletta =				88287.82	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2253	[mm]														
A tot =				3751.466	[cm ²]	W sup cls =	640828	[cm ³]											
Jx tot =				41449493.22	[cm ⁴]	Wb sup =	683071	[cm ³]											
W sup ac =				1044564	[cm ³]	Wb inf =	887928	[cm ³]											
W inf ac =				183959	[cm ³]	W inf cls =	1044564	[cm ³]											
Sn soletta =				135183	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1934	[mm]														
A tot =				2371.639	[cm ²]	W sup cls =	360778	[cm ³]											
Jx tot =				34843007.14	[cm ⁴]	Wb sup =	376366	[cm ³]											
W sup ac =				486787	[cm ³]	Wb inf =	443422	[cm ³]											
W inf ac =				180139	[cm ³]	W inf cls =	486787	[cm ³]											
Sn soletta =				94176	[cm ³]														
				omogeneizzato all'acciaio															

Travi miste acciaio-clc				secondo CNR 10016/85															
CA	B coll =	6500	[mm]																
	Ssol =	190	[mm]																
	Spredalle =	60	[mm]																
	b1 =	700	[mm]																
	yg ca =	2801	[mm]																
	A ca =	12770	[cm ²]																
J ca =	436256	[cm ⁴]																	
Acciaio della soletta in CA	A sup =	10212	[mm ²]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.07</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>76311</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>116647</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>55267</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.06E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.07	[kN/m]	W sup =	76311	[cm ³]	W inf =	116647	[cm ³]	Sx =	55267	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.06E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.07	[kN/m]																
	W sup =	76311	[cm ³]																
	W inf =	116647	[cm ³]																
	Sx =	55267	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.06E-03	[1/cm ²]																
X2 =	210	[mm]																	
A inf =	10211.5	[mm ²]																	
X1 =	70	[mm]																	
yAs =	2790	[mm]																	
As tot =	20423	[mm ²]																	
Acciaio	b2 =	800	[mm]	<table border="1"> <tr> <td>PP =</td> <td>9.07</td> <td>[kN/m]</td> </tr> <tr> <td>W sup =</td> <td>76311</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>W inf =</td> <td>116647</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx =</td> <td>55267</td> <td>[cm³]</td> </tr> <tr> <td>Sx/(Jx*b) =</td> <td>2.06E-03</td> <td>[1/cm²]</td> </tr> </table>	PP =	9.07	[kN/m]	W sup =	76311	[cm ³]	W inf =	116647	[cm ³]	Sx =	55267	[cm ³]	Sx/(Jx*b) =	2.06E-03	[1/cm ²]
	PP =	9.07	[kN/m]																
	W sup =	76311	[cm ³]																
	W inf =	116647	[cm ³]																
	Sx =	55267	[cm ³]																
	Sx/(Jx*b) =	2.06E-03	[1/cm ²]																
	s2 =	30	[mm]																
	H tot =	2650	[mm]																
	s1 =	20	[mm]																
	h anima =	2580	[mm]																
b3 =	1000	[mm]																	
s3 =	40	[mm]																	
E ac =	206.00	[GPa]																	
yg ac =	1048	[mm]																	
A ac =	1053	[cm ²]																	
J ac =	12224824	[cm ⁴]																	
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (carichi permanenti)				n =	15.17	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1920.31	[mm]														
A tot =				2099.40	[cm ²]	W sup cls =	289283	[cm ³]											
Jx tot =				28340775.44	[cm ⁴]	Wb sup =	301597	[cm ³]											
W sup ac =				388393.81	[cm ³]	Wb inf =	354396	[cm ³]											
W inf ac =				147584.51	[cm ³]	W inf cls =	388394	[cm ³]											
Sn soletta =				74124.85	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=0				n =	5.95	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	34.63	[GPa]													
yG =				2258	[mm]														
A tot =				3404.067	[cm ²]	W sup cls =	539162	[cm ³]											
Jx tot =				34624641.34	[cm ⁴]	Wb sup =	574976	[cm ³]											
W sup ac =				882847	[cm ³]	Wb inf =	749138	[cm ³]											
W inf ac =				153355	[cm ³]	W inf cls =	882847	[cm ³]											
Sn soletta =				116569	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													
Calcolo della sezione mista al tempo t=infinito (ritiro)				n =	13.51	di omogeneizzazione all'Acciaio													
				Ec =	15.25	[GPa]													
yG =				1962	[mm]														
A tot =				2202.949	[cm ²]	W sup cls =	310238	[cm ³]											
Jx tot =				29109543.16	[cm ⁴]	Wb sup =	324052	[cm ³]											
W sup ac =				422920	[cm ³]	Wb inf =	383880	[cm ³]											
W inf ac =				148389	[cm ³]	W inf cls =	422920	[cm ³]											
Sn soletta =				79331	[cm ³]	omogeneizzato all'acciaio													

9.2 Analisi sismica – Modellazione FEM

Nel modello FEM sismico sono state discretizzate gli elementi delle sottostrutture (fusti delle pile) 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.

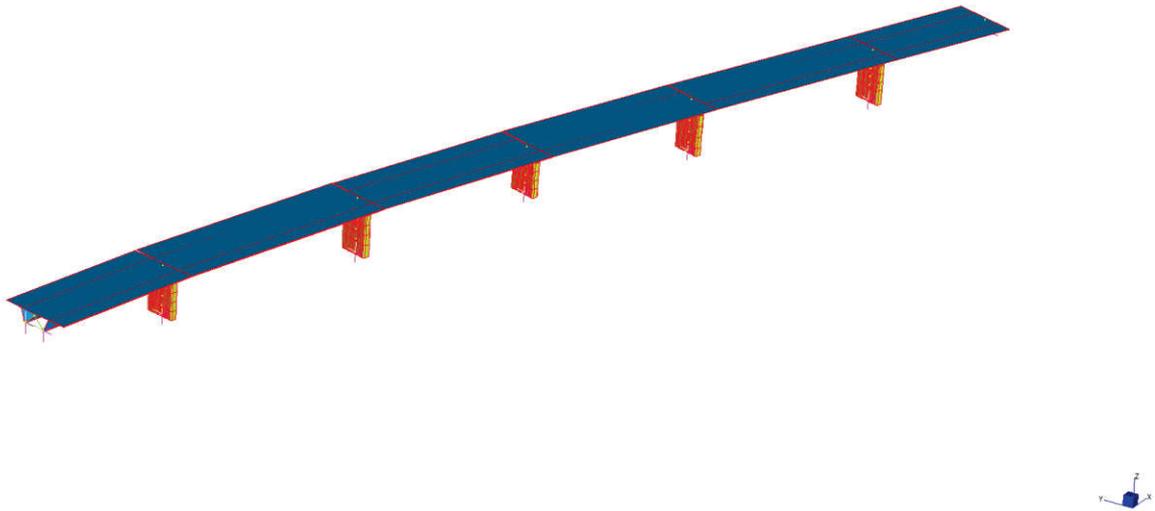


Figura 34: modello FEM sismico

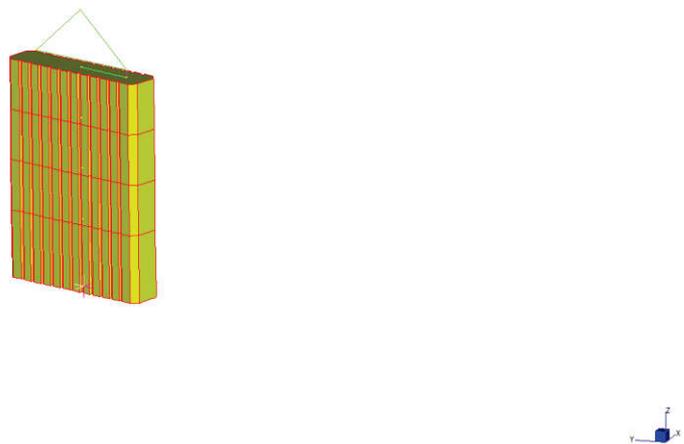


Figura 35: modello FEM sismico – Pila generica

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	13151.25 kN
Getto	23484.38 kN
Cordolo	1409.063 kN
Permanenti	12174.3 kN
Barriera	1503 kN
Accidentali	5538.075 kN
Somma dei carichi	57260.06 kN
	5726006 kg
Sez trasversale impalcato	0.957599 mq
Densità beam	23870 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	4165
	[Bm.1]	[Bm.8]
SF2(kN)	-360	3593
	[Bm.3]	[Bm.7]

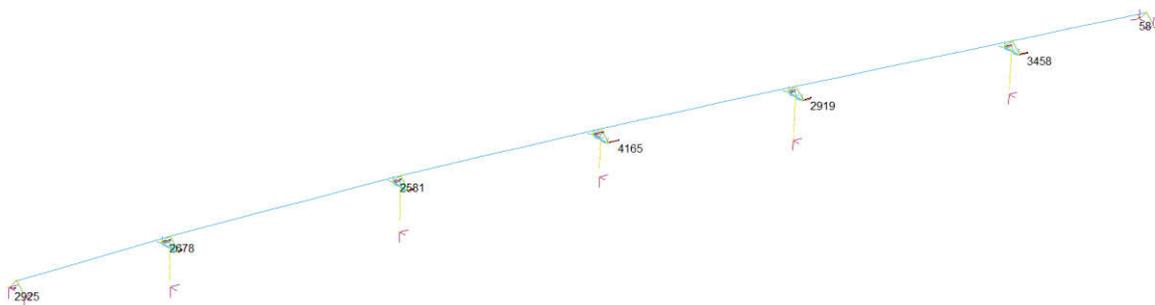


Figura 36: sollecitazioni agli appoggi – $q=1$ – $X+0.3Y$

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	2588
	[Bm.1]	[Bm.8]
SF2(kN)	0	5187
	[Bm.4]	[Bm.7]

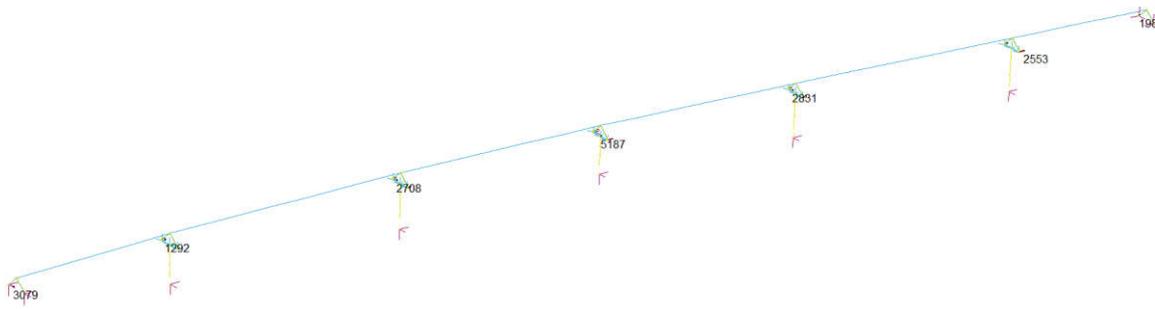


Figura 37: sollecitazioni agli appoggi – $q=1 - Y+0.3X$

9.2.2 Sollecitazioni agenti sulle sottostrutture $q=1.5$

	MIN	MAX
SF1(kN)	2207	5783
	[Bm.40]	[Bm.31]
BM1(kN.m)	-2	43065
	[Bm.40]	[Bm.31]
SF2(kN)	-860	2788
	[Bm.40]	[Bm.31]
BM2(kN.m)	-8935	27654
	[Bm.33]	[Bm.31]
AsForce(kN)	-11297	-7760
	[Bm.32]	[Bm.46]

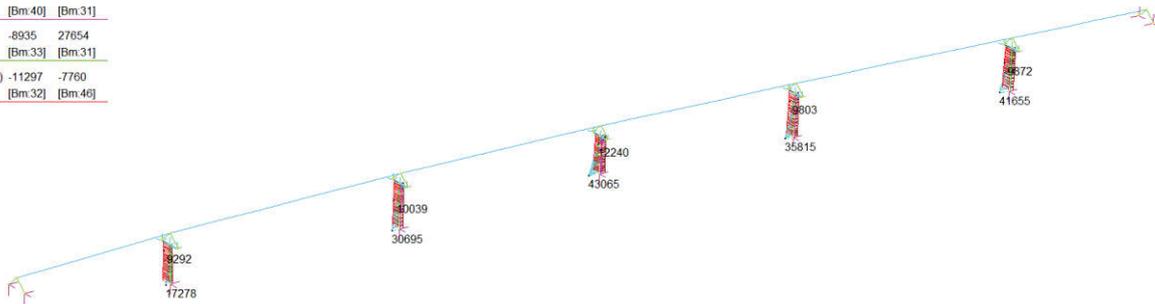


Figura 38: sollecitazioni pile e trasverso – $q=1.5 - X+0.3Y$

	MIN	MAX
SF1(kN)	441	3630
	[Bm.40]	[Bm.31]
BM1(kN.m)	0	29683
	[Bm.52]	[Bm.33]
SF2(kN)	-250	3865
	[Bm.40]	[Bm.31]
BM2(kN.m)	-2071	37483
	[Bm.33]	[Bm.31]
AsxForce(kN)	-10726	-6731
	[Bm.32]	[Bm.46]

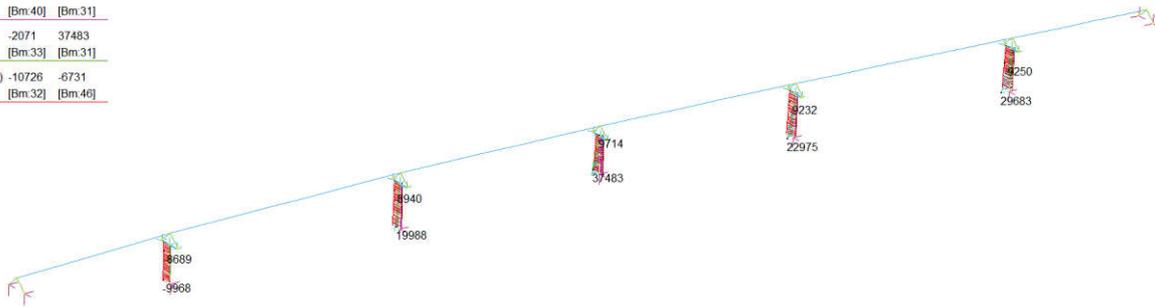


Figura 39: sollecitazioni pile e traverso – $q=1.5 - Y+0.3X$

*S.G.C. E78 "Grosseto-Fano" - Tratto Siena Bettolle (A1) - Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena-Ruffolo - Lotto 0
Progetto Definitivo*

MIN M	CIA	ca sup	Verifica	cb sup	Verifica	cb inf	Verifica	cc inf	Verifica	cb intern	Verifica	cs sup	Verifica	cs inf	Verifica	cs	Verifica	VM inf	Verifica VM inf	VM sup	Verifica VM sup
Concio C1	C	-7.61	OK	32.94	OK	33.92	OK	-6.76	OK		OK	36.39	OK	112.36	OK	73.30	OK	169.55	OK	132.08	OK
	C	-7.89	OK	31.53	OK	32.73	OK	-6.82	OK		OK	-19.10	OK	126.44	OK	70.29	OK	175.52	OK	123.24	OK
	C	-7.03	OK	26.55	OK	28.21	OK	-6.45	OK		OK	-98.95	OK	165.73	OK	24.02	OK	170.87	OK	107.33	OK
Concio C1	C	-7.20	OK	26.11	OK	27.83	OK	-6.55	OK		OK	-96.53	OK	167.68	OK	27.14	OK	174.15	OK	107.37	OK
	C	-5.72	OK	24.29	OK	25.90	OK	-5.28	OK		OK	-107.64	OK	137.12	OK	24.47	OK	143.52	OK	116.68	OK
	C	-5.84	OK	23.84	OK	25.57	OK	-5.36	OK		OK	-107.34	OK	138.74	OK	27.36	OK	146.61	OK	117.39	OK
Concio C2	C	-4.75	OK	30.39	OK	30.84	OK	-4.64	OK		OK	-53.77	OK	96.28	OK	67.45	OK	151.39	OK	128.61	OK
	C	-4.55	OK	31.80	OK	32.03	OK	-4.51	OK		OK	-36.47	OK	85.10	OK	71.45	OK	150.19	OK	129.02	OK
	C	-4.63	OK	32.49	OK	32.49	OK	-4.64	OK		OK	21.10	OK	69.77	OK	57.69	OK	121.87	OK	102.13	OK
Concio C3	C	-4.81	OK	31.01	OK	31.24	OK	-4.77	OK		OK	-32.01	OK	81.50	OK	54.67	OK	124.94	OK	99.96	OK
	C	-3.23	OK	53.67	OK	49.62	OK	-3.34	OK		OK	194.33	OK	-120.90	OK	110.77	OK	226.45	OK	273.08	OK
	C	-3.47	OK	49.95	OK	46.51	OK	-3.57	OK		OK	162.77	OK	-96.34	OK	107.64	OK	209.86	OK	247.49	OK
Concio C3	C	0.90	OK	77.44	OK	70.90	OK	0.00	OK		OK	126.89	OK	-136.10	OK	79.39	OK	193.97	OK	183.87	OK
	C	0.00	OK	83.53	OK	75.21	OK	0.00	OK		OK	137.92	OK	-153.88	OK	82.15	OK	209.59	OK	198.17	OK
	C	0.00	OK	120.99	OK	109.53	OK	0.00	OK		OK	225.19	OK	-245.59	OK	103.36	OK	303.92	OK	287.68	OK
Concio C4	A	0.00	OK	131.92	OK	119.24	OK	0.00	OK		OK	250.05	OK	-272.45	OK	105.81	OK	328.35	OK	310.02	OK
	A	0.00	OK	131.33	OK	118.70	OK	0.00	OK		OK	248.28	OK	-270.24	OK	111.72	OK	332.38	OK	314.78	OK
	A	0.00	OK	118.56	OK	107.36	OK	0.00	OK		OK	220.92	OK	-239.53	OK	109.40	OK	305.42	OK	291.05	OK
Concio C4	A	0.00	OK	70.23	OK	65.69	OK	0.00	OK		OK	103.35	OK	-107.68	OK	83.46	OK	180.26	OK	177.71	OK
	A	0.00	OK	71.69	OK	67.14	OK	0.00	OK		OK	123.97	OK	-138.07	OK	86.38	OK	201.87	OK	195.20	OK
	A	-3.11	OK	46.46	OK	44.50	OK	-3.59	OK		OK	131.88	OK	-104.92	OK	113.51	OK	222.85	OK	236.59	OK
Concio C5	C	-3.35	OK	42.67	OK	41.46	OK	-3.81	OK		OK	101.52	OK	-65.40	OK	109.83	OK	201.16	OK	215.63	OK
	C	-4.05	OK	31.51	OK	31.90	OK	-4.30	OK		OK	21.26	OK	67.59	OK	84.98	OK	161.97	OK	148.72	OK
	C	-4.21	OK	29.28	OK	30.10	OK	-4.41	OK		OK	-41.22	OK	92.27	OK	80.91	OK	167.80	OK	146.08	OK
Concio C6	C	-4.43	OK	28.99	OK	29.68	OK	-4.60	OK		OK	-40.47	OK	78.44	OK	78.60	OK	157.12	OK	142.03	OK
	C	-4.57	OK	27.26	OK	28.23	OK	-4.70	OK		OK	-58.25	OK	94.34	OK	75.00	OK	160.55	OK	142.37	OK
	C	-5.98	OK	19.69	OK	20.85	OK	-5.94	OK		OK	-122.59	OK	-5.08	OK	136.30	OK	163.84	OK	137.94	OK
Concio C6	C	-5.11	OK	18.44	OK	20.49	OK	-5.06	OK		OK	-128.54	OK	154.15	OK	33.41	OK	164.66	OK	139.15	OK
	C	-4.90	OK	18.35	OK	20.30	OK	-4.85	OK		OK	-195.53	OK	147.19	OK	39.75	OK	162.48	OK	207.29	OK
	C	-4.95	OK	17.86	OK	19.88	OK	-4.88	OK		OK	-203.40	OK	149.92	OK	35.77	OK	162.21	OK	212.63	OK
Concio C7	C	-5.00	OK	17.38	OK	19.46	OK	-4.92	OK		OK	-210.91	OK	153.94	OK	20.45	OK	157.96	OK	213.87	OK
	C	-4.99	OK	17.45	OK	19.51	OK	-4.91	OK		OK	-212.00	OK	154.65	OK	16.76	OK	157.35	OK	213.98	OK
	C	-4.43	OK	28.07	OK	28.87	OK	-4.47	OK		OK	-102.04	OK	100.75	OK	89.36	OK	184.67	OK	185.38	OK
Concio C7	C	-4.34	OK	29.84	OK	30.36	OK	-4.39	OK		OK	-75.69	OK	87.38	OK	53.61	OK	184.18	OK	178.93	OK
	C	-4.41	OK	31.62	OK	31.79	OK	-4.49	OK		OK	-82.43	OK	79.82	OK	63.55	OK	184.91	OK	180.41	OK
	C	-4.52	OK	29.55	OK	30.06	OK	-4.66	OK		OK	-46.90	OK	88.67	OK	76.44	OK	159.36	OK	140.47	OK
Concio C8	C	-3.66	OK	45.34	OK	43.66	OK	-3.96	OK		OK	115.05	OK	-76.40	OK	112.81	OK	209.80	OK	226.76	OK
	C	-3.44	OK	49.52	OK	46.74	OK	-3.76	OK		OK	146.16	OK	-108.50	OK	116.73	OK	229.45	OK	249.47	OK
	A	0.00	OK	79.50	OK	72.69	OK	0.00	OK		OK	136.45	OK	-152.20	OK	85.19	OK	211.99	OK	200.98	OK
Concio C9	A	0.00	OK	70.59	OK	65.06	OK	0.00	OK		OK	113.87	OK	-127.30	OK	82.76	OK	191.71	OK	183.07	OK
	A	0.00	OK	128.77	OK	116.61	OK	0.00	OK		OK	254.84	OK	-280.83	OK	104.31	OK	333.92	OK	312.38	OK
	A	0.00	OK	117.27	OK	106.37	OK	0.00	OK		OK	228.62	OK	-248.03	OK	95.17	OK	308.83	OK	293.20	OK
Concio C9	A	0.00	OK	116.43	OK	105.66	OK	0.00	OK		OK	225.33	OK	-248.03	OK	97.35	OK	299.92	OK	281.43	OK
	A	0.00	OK	127.48	OK	115.49	OK	0.00	OK		OK	251.49	OK	-276.96	OK	99.72	OK	326.41	OK	305.09	OK
	A	0.00	OK	85.74	OK	78.31	OK	0.00	OK		OK	153.28	OK	-170.12	OK	83.32	OK	223.06	OK	210.52	OK
Concio C9	A	0.00	OK	73.08	OK	67.04	OK	0.00	OK		OK	121.70	OK	-135.48	OK	79.67	OK	193.38	OK	183.98	OK
	C	-3.47	OK	51.66	OK	48.47	OK	-3.80	OK		OK	157.52	OK	-119.38	OK	107.04	OK	220.50	OK	243.28	OK
	C	-3.70	OK	47.56	OK	45.51	OK	-4.00	OK		OK	127.71	OK	-89.60	OK	102.91	OK	199.50	OK	219.28	OK
Concio C10	C	-4.58	OK	38.65	OK	37.79	OK	-4.44	OK		OK	82.94	OK	-62.89	OK	84.94	OK	148.86	OK	145.69	OK
	C	-4.33	OK	38.49	OK	36.15	OK	-4.54	OK		OK	43.66	OK	45.90	OK	74.98	OK	137.74	OK	137.01	OK
	C	-4.04	OK	36.28	OK	36.20	OK	-4.12	OK		OK	25.86	OK	64.25	OK	91.76	OK	171.43	OK	161.03	OK
Concio C11	C	-3.94	OK	37.92	OK	37.57	OK	-4.03	OK		OK	49.20	OK	50.66	OK	95.52	OK	173.03	OK	172.61	OK
	C	-4.58	OK	26.73	OK	27.96	OK	-4.55	OK		OK	-125.82	OK	124.55	OK	25.07	OK	131.90	OK	133.10	OK
	C	-4.58	OK	26.60	OK	27.85	OK	-4.56	OK		OK	-127.38	OK	125.16	OK	21.14	OK	130.40	OK	132.54	OK
Concio C11	C	-4.11	OK	32.97	OK	33.44	OK	-4.21	OK		OK	-63.10	OK	88.93	OK	69.60	OK	149.81	OK	136.07	OK
	C	-4.48	OK	32.20	OK	32.79	OK	-4.25	OK		OK	-79.97	OK	85.22	OK	63.82	OK	156.18	OK	137.49	OK
	C	-4.48	OK	33.29	OK	33.48	OK	-4.62	OK		OK	-23.93	OK	68.91	OK	64.90	OK	131.94	OK	114.52	OK
Concio C12	C	-4.60	OK	31.81	OK	32.24	OK	-4.71	OK		OK	-37.28	OK	81.15	OK	61.31	OK	133.65	OK	112.54	OK
	C	-3.94	OK	40.91	OK	40.10	OK	-4.23	OK		OK	69.48	OK	-29.34	OK	90.96	OK	160.25	OK	172.18	OK
	C	-3.69	OK	43.94	OK	42.65	OK	-4.06	OK		OK	94.73	OK	-54.30	OK	95.22	OK	173.63	OK	190.19	OK
Concio C13	A	0.00	OK	80.38	OK	75.77	OK	0.00	OK		OK	100.49	OK	-112.18	OK	80.83	OK	179.41	OK	172.34	OK
	A	0.00	OK	91.99	OK	84.52	OK	0.00	OK		OK	128.35	OK								

Legenda:

C/A: concio di campata o di appoggio

$\sigma_{c,sup}$: tensione al lembo superiore del calcestruzzo

$\sigma_{c,inf}$: tensione al lembo inferiore del calcestruzzo

$\sigma_{b,sup}$: tensione in corrispondenza delle armature in soletta layer superiore

$\sigma_{b,inf}$: tensione in corrispondenza delle armature in soletta layer inferiore

$\sigma_{s,sup}$: tensione in corrispondenza del lembo superiore della trave in acciaio

$\sigma_{s,inf}$: tensione in corrispondenza del lembo inferiore della trave in acciaio

τ_s : tensione di taglio in anima

VM_{inf} : tensione di Von Mises al lembo inferiore (collegamento con l'anima)

VM_{sup} : tensione di Von Mises al lembo superiore (collegamento con l'anima)

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 C8.

RESISTENZA ALL'INSTABILITA' PER TAGLIO			Caratteristiche sezione composta				
Reazione appoggio	5480.60	kN	B ptb sup	1000	sp. ptb sup	40	mm
n campate	5		B raddoppio	0	sp. Raddoppio	0	mm
Ved	5480.5988	kN	sp. Anima	20	H tot	2540	mm
Vpl,a,Rd	8832	kN	B raddoppio	0	sp. raddoppio	0	mm
hw	2444	mm	B ptb inf	1000	sp. Ptb inf	56	mm
tw	20	mm					
hw/tw	122.20		Af	96000	mm2		
Aw	48880	mm2	Aw	48880	mm2		
			Af/Aw	1.964			
tipo acciaio	S355		calcolo tm	112.12	MPa		
fy	355	MPa					
γ_{m0}	1.05						
γ_{m1}	1.1						
Tipo di analisi	e						
tipo di montante	2		→ 1. montante rigido	$\lambda_w =$	1.33		parametro di snellezza a taglio
Vbw,Rd	5971	kN	2. altro tipo di montante	$\chi_c =$	0.676		coefficiente di instabilità elastica
Ved < Vpl,a,Rd	0.621	VERIFICATO		$\chi_c =$	0.626		coefficiente di instabilità elastica
Ved < Vbw,Rd	0.918	VERIFICATO	RESISTENZA PLASTICA A TAGLIO				
			RESISTENZA ALL'INSTABILITA' PER TAGLIO				

Caratteristiche geometriche sezione			
armatura soletta			
	area armatura sup	11782.5	mm ²
	area armatura inf	11782.5	mm ²
sezione acciaio			
	H tot trave	2540	mm
ptb sup	b sup	1000	mm
	t sup	40	mm
ptb sup impilaggio	b sup	0	mm
	t sup	0	mm
anima	h w	2444.00	mm
	t w	20	mm
ptb inf impilaggio	b inf	0	mm
	t inf	0	mm
ptb inf	b inf	1000	mm
	t inf	56	mm
Materiale			
	fy,armatura =	450.00	MPa
	γs =	1.15	
	fs/γs =	391	MPa
	fy	355	MPa
	ε	0.81	
Sollecitazioni			
	Ved	5480.59875	kN
	Ned	14291	kN
	Med	12904	kNm
	Mpl,Rd	72211	kNm
Sollecitazioni sulle piattabande			
Acciaio			tasso di lavoro delle piattabande
	σ sup	141	0.42 η1
	σ inf	-70	-0.21 η1
Verifica a taglio			
	hw/tw=		(31/η)ε*VKt
	122.20	>	81.22
NECESSARIA VERIFICA A SHEAR BUCKLING			
Shear buckling resitence - contributo anima			
	a	2500	mm
	η	1.2	
	kτ	14.93	
	λ.w	1.04	
	χw	0.799	
	VEd	5480.599	kN
	Vbw,Rd	7273.91	kN
VERIFICA			
η3		0.753	≤1
VEd/Vb,Rd			VERIFICATO

Verifica anima + flange			
c =	679	mm	
Vbf, Rd =	747	kN	EN1993-1-5:§5,2(1)
riduzione di Mf,Rd	1.00		EN1994-2:2005 §6.2.2.5/ EN1993-1-5:2006 §5.4 (2)
Med /Mf,Rd =	0.3		
Vbf,Rd limite =	976.34	valore limite per le flange	
Vbf, Rd =	746.92		
Vb, Rd = (Vbw, Rd +Vbf, Rd)=	8020.8	kN	
VERIFICA			
$\bar{\eta}_3$	0.683	≤ 1	
VEd/Vb,Rd		VERIFICATO	
Verifica a TAGLIO-PRESSOFLESSIONE			
Mf,Rd	33701.33	kNm	valore superato
Mf,Rd	51369.87	kNm	
Med	12904.32	kNm	SEMPRE COME MOMENTO ESTERNO
Mpl,Rd	72211.33	kNm	
Ved	5480.60	kN	
Vbw,Rd	8020.83	kN	
VERIFICA			
$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2$	0.25	≤ 1	VERIFICATO
	secondo termine	0.0742	

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

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 C7 di campata

Sollecitazioni Anima					
	Point	Altezza trave	Tensione MPa		
pannello 1	[1]:1	0.00	222.64	piattab.superiore	compressione
	[1]:2	70.00	209.28		compressione
	[1]:3	110.00	201.65		compressione
	[1]:4	650.00	98.59		irrigidimento
	[1]:5	660.00	96.68		compressione
	[1]:6	670.00	94.78		compressione
	[1]:7	680.00	92.87		compressione
	[1]:8	690.00	90.96		compressione
	[1]:9	1450.00	-54.08		irrigidimento
pannello 2	[1]:10	1500.00	-63.62		trazione
	[1]:11	1600.00	-82.71		trazione
	[1]:12	1800.00	-120.87		trazione
	[1]:13	2000.00	-159.04		trazione
	[1]:14	2100.00	-178.13		trazione
	[1]:15	2366.00	-228.89	piatt.inferiore	trazione

Caratteristiche geometriche sezione					
Trave				Irrigidimenti longitudinali	
H tot trave		2500	mm	Inferiore	bs1 200 mm
ptb sup	b sup	1000	mm	ts1	20 mm
	t sup	30	mm	Superiore	bs2 200 mm
anima	h w	2400	mm	ts2	20 mm
	t w	16	mm		
ptb inf	b inf	1000	mm	b1/ts1	10 < 26.84934
	t inf	40	mm	b2/ts2	10 < 26.84934
ptb inf impilaggio	b inf	900	mm	teq inf	67.00 mm
	t inf	30	mm	teq sup	30.00 mm
ptb sup impilaggio	b sup	0	mm		
	t sup	0	mm		

Pannello d'anima 1			
hw1	650	mm	
ts1	20.00	mm	
b1 medio	640.00	mm	
zero	1166.63	mm	vedi equazione linea di tendenza per x=0
hs	1166.63	mm	
ψ1	0.44		
κσ1	5.49	inserire espressione da tabella 4.1	
λ.pl	0.74		
ρpl	1.01	ppl calc	1.00
Larghezze lorde:			
b1,edge	280.88	mm	
b1,inf	359.12	mm	
Larghezze efficaci:			
b1,eff	640.00	mm	
b1,edge,eff	280.88	mm	
b1,inf,eff	359.12	mm	
x1,eff	0.00	mm	zona non efficace tra un pannello e l'altro
controllo	VERO		

Pannello d'anima 2			
hw2	800	mm	
ts1	20.00	mm	
b2medio	790.00	mm	
b2c	-283.37	mm	510
zero	1166.63	mm	vedi equazione linea di tendenza per x=0
hs	1166.63	mm	
ψ2	-0.55		
κσ2	14.34	inserire espressione da tabella 4.1	
λ.pl	0.564		
ρpl	1.00	ppl calc	1.00
Larghezze lorde:			
b2,sup	-113.35	mm	
b2,edge	-170.02	mm	
Larghezze efficaci:			
b2,eff	-283.37	mm	
b2,sup,eff	-113.35	mm	
b2,edge,eff	-170.02	mm	
x2,eff	0.00	mm	
controllo	VERO		

Anima irrigidita						
Irrigidimento inferiore:						
Asl,1	7932.38	mm ²				
xsl,1	54.46	mm				
Isl,1	3.65E+07	mm ⁴	momento d'inerzia offerto dall'irrigidimento più parte dell'anima sul suo asse forte			
a	2500.00	mm	interasse irrigidimenti trasversali			
b1	1450.00	mm	controllo			
b2	916.00	mm	VERO			
t	16.00	mm				
b	2366.00	mm				
ac	6954.04	mm	>	2500	mm	
σ _{cr,p}	1523.56	MPa			σ _{cr,sl 1}	386.3662 MPa
σ _{cr,p}	3440.46	Mpa			σ _{cr,sl 2}	1523.564 MPa
Verifica						
Med	30618.08	kNm		f _y	355	MPa
Weff	1.57E+08	mm ³		γ _{M0}	1.1	
η	0.603	<	1	verificato		

9.3.3.2 Concio C13 in appoggio

Sollecitazioni Anima						
	Point	Altezza trave	Tensione MPa			
pannello 3	[1]-1	0.00	-241.39	piattab.superiore	trazione	
	[1]-2	120.00	-216.02			
	[1]-3	250.00	-188.54			
	[1]-4	350.00	-167.40			
	[1]-5	480.00	-139.91			
	[1]-6	500.00	-135.68			
	[1]-7	550.00	-125.11			
	[1]-8	600.00	-114.54			
pannello 2	[1]-9	1120.00	-4.61	irrigidimento 2	trazione	
	[1]-10	1200.00	12.30			
	[1]-11	1300.00	33.45			
	[1]-12	1400.00	54.59			
pannello 1	[1]-13	1920.00	164.52	irrigidimento 1	compressione	
	[1]-14	1800.00	139.15			
	[1]-15	2450.00	276.57			
				piatt.inferiore	compressione	

Caratteristiche geometriche sezione							
Trave				Irrigidimenti longitudinali			
H tot trave		2570	mm	Inferiore	bs1	200	mm
ptb sup	b sup	1000	mm		ts1	20	mm
	t sup	40	mm	Superiore	bs2	200	mm
anima	h w	2450	mm		ts2	20	mm
	t w	25	mm				
ptb inf	b inf	1000	mm	b1/ts1	10	<	26.84934
	t inf	40	mm	b2/ts2	10	<	26.84934
ptb inf impilaggio	b inf	950	mm				
	t inf	20	mm	teq inf	59.00	mm	
ptb sup impilaggio	b sup	950	mm	teq sup	59.00	mm	
	t sup	20	mm				

Pannello d'anima 1						
hw1	530.00	mm				
ts1	20.00	mm				
b1 medio	520.00	mm				
zero	1141.80	mm		vedi equazione linea di tendenza per x=0		
hs	1308.20	mm		Distanza lembo compresso-asse neutro		
ψ1	0.59					
κr1	4.99			inserire espressione da tabella 4.1		
λpl	0.40					
ρpl	1.00	ppl calc	1	EN1993-1-5:2006 §4,4 (2)		
Larghezze lorde:						
b1,edge	236.09	mm				
b1,inf	283.91	mm				
Larghezze efficaci:						
b1,eff	520.00	mm				
b1,edge,eff	236.09	mm				
b1,inf,eff	283.91	mm				
x1,eff	0.00	mm		zona non efficace tra un pannello e l'altro		
controllo	VERO					

Pannello d'anima 2						
hw2	800.00	mm				
ts1	20.00	mm				
b2medio	790.00	mm				
b2c	768.20	mm				
zero	1141.80	mm		vedi equazione linea di tendenza per x=0		
hs	1308.20	mm				
ψ2	-0.03					
κr2	19.99			inserire espressione da tabella 4.1		
λpl	0.31					
ρpl	1.00	ppl calc	1.00			
Larghezze lorde:						
b2,sup	307.28	mm				
b2,edge	460.92	mm				
Larghezze efficaci:						
b2,eff	768.20	mm				
b2,sup,eff	307.28	mm				
b2,edge,eff	460.92	mm				
x2,eff	0.00	mm				

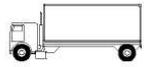
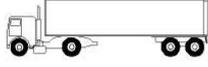
Anima irrigidita						
Irrigidimento inferiore:						
Asl,1	18779.82	mm2		Area compressa no edge+Area irrigidimento		
xsl,1	23.96	mm				
Isl,1	5.39E+07	mm4		momento d'inerzia offerto dall'irrigidimento più parte dell'anima sul suo asse forte		
a	2165.00	mm		interesse irrigidimenti trasversali		
b1	1920.00	mm		controllo		
b2	530.00	mm		VERO		
t	25.00	mm				
b	2450.00	mm				
ac	4759.03	mm	>	2165.00	mm	
σcr,sl	1298.89	MPa			caso abac	σcr,sl 1 514.3487 MPa
σcr,p	2183.51	Mpa			caso aSac	σcr,sl 2 1298.894 MPa
Verifica						
Med	45063.18	kNm	solo anima	fy	355	MPa
Weff	1.58E+08	mm3		γMO	1.1	
η	0.8859	<	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	90 190	A B
		4,20 1,30	80 140 140	A B B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120 120	C C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140 140	B B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110 110	C 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 γ_{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.

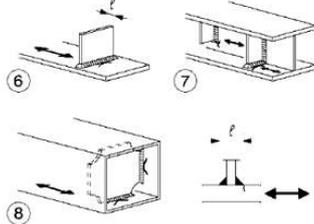
Nelle verifiche a fatica le tensioni considerate sono coerenti con quelle alle quali è riferita la curva S-N del dettaglio. Per le successive verifiche si farà riferimento a tre dettagli tipologici di classe 80 e

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

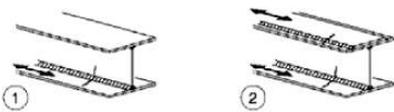
classe del particolare: limite di fatica per 2×10^6 cicli

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

limite di fatica ad ampiezza costante per 5×10^6 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 2×10^6 cicli

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

limite di fatica ad ampiezza costante per 5×10^6 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.

MAX M	cs sup	Verifica	cs inf	Verifica	MIN M	cs sup	Verifica	cs inf	Verifica		Azius	Azius	
	[MPa]		[MPa]			[MPa]		[MPa]			[MPa]	[MPa]	
Concio C1	-0.01	OK	0.07	OK	Concio C1	0.05	OK	-0.29	OK	Concio C1	0.06	0.36	59
	-0.59	OK	3.53	OK		0.07	OK	-0.43	OK		0.66	3.95	59
Concio C1	-4.14	OK	24.81	OK	Concio C1	0.74	OK	-4.45	OK	Concio C1	4.88	29.27	59
	-3.69	OK	22.13	OK		0.66	OK	-3.97	OK		4.35	26.10	59
Concio C2	-3.64	OK	21.45	OK	Concio C2	0.70	OK	-4.11	OK	Concio C2	4.33	25.57	59
	-3.51	OK	20.58	OK		0.63	OK	-3.69	OK		4.13	24.27	59
Concio C2	-3.28	OK	19.24	OK	Concio C2	1.13	OK	-6.80	OK	Concio C2	4.41	25.84	59
	-3.05	OK	17.87	OK		1.21	OK	-7.11	OK		4.26	24.98	59
Concio C3	-3.16	OK	16.79	OK	Concio C3	1.26	OK	-6.70	OK	Concio C3	4.42	23.49	59
	-2.89	OK	15.43	OK		1.35	OK	-7.22	OK		4.24	22.65	59
Concio C3	-1.42	OK	7.62	OK	Concio C3	2.21	OK	-11.83	OK	Concio C3	3.63	19.45	59
	-1.84	OK	9.85	OK		2.06	OK	-11.05	OK		3.90	20.90	59
Concio C4	4.93	OK	-6.93	OK	Concio C4	9.10	OK	-12.79	OK	Concio C4	4.17	5.86	59
	-4.42	OK	6.22	OK		8.92	OK	-12.54	OK		13.35	18.75	59
Concio C4	5.55	OK	-7.80	OK	Concio C4	10.10	OK	-14.19	OK	Concio C4	4.55	6.39	59
	5.52	OK	-7.76	OK		10.48	OK	-14.72	OK		4.95	6.96	59
Concio C4	5.52	OK	-7.75	OK	Concio C4	10.62	OK	-14.93	OK	Concio C4	5.10	7.17	59
	5.98	OK	-7.84	OK		9.82	OK	-13.80	OK		4.24	5.96	59
Concio C4	5.78	OK	-8.12	OK	Concio C4	8.11	OK	-11.39	OK	Concio C4	2.33	3.27	59
	5.27	OK	-7.40	OK		7.98	OK	-11.21	OK		2.71	3.81	59
Concio C5	-1.44	OK	10.53	OK	Concio C5	1.24	OK	-9.09	OK	Concio C5	2.68	19.62	59
	-0.68	OK	4.99	OK		1.34	OK	-9.82	OK		2.02	14.81	59
Concio C5	-2.95	OK	21.70	OK	Concio C5	0.89	OK	-6.53	OK	Concio C5	3.84	28.23	59
	-2.78	OK	20.40	OK		0.96	OK	-7.06	OK		3.74	27.46	59
Concio C6	-3.18	OK	17.68	OK	Concio C6	0.93	OK	-5.15	OK	Concio C6	4.11	22.83	59
	-3.26	OK	18.12	OK		0.86	OK	-4.79	OK		4.12	22.90	59
Concio C6	-4.09	OK	22.69	OK	Concio C6	0.59	OK	-3.30	OK	Concio C6	4.08	25.99	59
	-4.30	OK	23.89	OK		0.56	OK	-3.14	OK		4.87	27.02	59
Concio C7	-4.46	OK	21.89	OK	Concio C7	0.58	OK	-2.86	OK	Concio C7	5.04	24.75	59
	-4.67	OK	22.75	OK		0.55	OK	-2.66	OK		5.21	25.41	59
Concio C7	-4.35	OK	21.17	OK	Concio C7	0.59	OK	-2.85	OK	Concio C7	4.93	24.02	59
	-4.49	OK	21.88	OK		0.54	OK	-2.61	OK		5.03	24.50	59
Concio C7	-3.79	OK	18.45	OK	Concio C7	1.11	OK	-5.43	OK	Concio C7	4.90	23.88	59
	-3.42	OK	16.63	OK		1.20	OK	-5.85	OK		4.62	22.48	59
Concio C8	-3.27	OK	17.83	OK	Concio C8	1.15	OK	-6.30	OK	Concio C8	4.42	24.12	59
	-2.81	OK	15.41	OK		1.25	OK	-6.85	OK		4.05	22.26	59
Concio C8	-1.68	OK	9.23	OK	Concio C8	1.75	OK	-9.82	OK	Concio C8	3.43	18.65	59
	-1.13	OK	8.19	OK		1.89	OK	-10.40	OK		3.02	16.59	59
Concio C9	5.32	OK	-7.41	OK	Concio C9	8.62	OK	-12.02	OK	Concio C9	3.31	4.61	59
	4.64	OK	-6.46	OK		8.46	OK	-11.80	OK		3.83	5.34	59
Concio C9	5.47	OK	-7.62	OK	Concio C9	10.54	OK	-14.69	OK	Concio C9	5.08	7.08	59
	5.48	OK	-7.64	OK		9.58	OK	-13.35	OK		4.10	5.71	59
Concio C9	5.53	OK	-7.70	OK	Concio C9	9.84	OK	-13.71	OK	Concio C9	4.31	6.01	59
	5.45	OK	-7.59	OK		10.11	OK	-14.09	OK		4.66	6.50	59
Concio C9	5.12	OK	-7.13	OK	Concio C9	8.73	OK	-12.16	OK	Concio C9	3.61	5.03	59
	5.53	OK	-7.71	OK		9.01	OK	-12.56	OK		3.48	4.85	59
Concio C10	-1.51	OK	8.32	OK	Concio C10	1.92	OK	-10.54	OK	Concio C10	3.43	18.87	59
	-0.73	OK	4.02	OK		2.10	OK	-11.53	OK		2.83	15.55	59
Concio C10	-3.09	OK	16.99	OK	Concio C10	1.49	OK	-8.21	OK	Concio C10	4.58	25.20	59
	-3.19	OK	17.52	OK		1.38	OK	-7.60	OK		4.57	25.12	59
Concio C11	-3.18	OK	18.64	OK	Concio C11	1.38	OK	-8.09	OK	Concio C11	4.56	26.73	59
	-3.25	OK	18.92	OK		1.28	OK	-7.46	OK		4.53	26.38	59
Concio C11	-4.00	OK	23.22	OK	Concio C11	0.65	OK	-3.78	OK	Concio C11	4.65	27.00	59
	-3.99	OK	23.20	OK		0.68	OK	-3.96	OK		4.68	27.16	59
Concio C11	-3.00	OK	17.45	OK	Concio C11	1.07	OK	-6.21	OK	Concio C11	4.07	23.65	59
	-3.12	OK	18.13	OK		1.02	OK	-5.92	OK		4.14	24.05	59
Concio C12	-2.75	OK	14.89	OK	Concio C12	1.16	OK	-6.25	OK	Concio C12	3.91	21.15	59
	-2.99	OK	16.28	OK		1.06	OK	-5.79	OK		4.05	22.08	59
Concio C12	-0.80	OK	4.36	OK	Concio C12	1.58	OK	-8.63	OK	Concio C12	2.38	12.99	59
	-1.49	OK	8.15	OK		1.45	OK	-7.92	OK		2.94	16.07	59
Concio C13	7.16	OK	-9.71	OK	Concio C13	10.83	OK	-14.69	OK	Concio C13	3.67	4.98	59
	6.63	OK	-8.99	OK		10.58	OK	-14.35	OK		3.96	5.37	59
Concio C13	6.97	OK	-9.45	OK	Concio C13	13.29	OK	-18.02	OK	Concio C13	6.32	8.57	59
	7.09	OK	-9.62	OK		12.13	OK	-16.44	OK		5.03	6.82	59
Concio C13	7.09	OK	-9.62	OK	Concio C13	12.01	OK	-16.29	OK	Concio C13	4.92	6.67	59
	7.03	OK	-9.53	OK		13.09	OK	-17.75	OK		6.06	8.22	59
Concio C13	6.76	OK	-8.16	OK	Concio C13	10.71	OK	-14.52	OK	Concio C13	3.95	5.36	59
	6.19	OK	-8.39	OK		10.46	OK	-14.18	OK		4.27	5.79	59
Concio C12	-1.25	OK	6.80	OK	Concio C12	1.39	OK	-7.57	OK	Concio C12	2.63	14.37	59
	-1.03	OK	5.61	OK		1.51	OK	-8.23	OK		2.53	13.84	59
Concio C12	-2.79	OK	15.26	OK	Concio C12	1.13	OK	-6.17	OK	Concio C12	3.93	21.43	59
	-3.02	OK	16.47	OK		1.05	OK	-5.75	OK		4.07	22.22	59
Concio C11	-3.04	OK	14.92	OK	Concio C11	1.08	OK	-5.31	OK	Concio C11	4.12	20.23	59
	-3.19	OK	15.53	OK		1.00	OK	-4.88	OK		4.19	20.41	59
Concio C11	-3.22	OK	15.68	OK	Concio C11	0.70	OK	-3.41	OK	Concio C11	3.93	19.09	59
	-3.55	OK	17.27	OK		0.62	OK	-3.04	OK		4.18	20.31	59
Concio C11	-2.61	OK	12.71	OK	Concio C11	1.34	OK	-6.52	OK	Concio C11	3.96	19.23	59
	-2.67	OK	12.99	OK		1.29	OK	-6.29	OK		3.97	19.28	59
Concio C10	-2.52	OK	13.53	OK	Concio C10	1.29	OK	-6.94	OK	Concio C10	3.82	20.47	59
	-2.37	OK	12.79	OK		1.41	OK	-7.61	OK		3.78	20.41	59
Concio C10	-1.57	OK	8.49	OK	Concio C10	1.83	OK	-9.90	OK	Concio C10	3.40	18.39	59
	-1.00	OK	5.40	OK		1.99	OK	-10.77	OK		2.99	16.17	59
Concio C9	6.58	OK	-7.89	OK	Concio C9	10.26	OK	-12.31	OK	Concio C9	3.68	4.42	59
	5.54	OK	-6.65	OK		9.96	OK	-11.96	OK		4.43	5.31	59
Concio C9	6.39	OK	-7.67	OK	Concio C9	11.11	OK	-13.33	OK	Concio C9	4.72	5.67	59
	6.30	OK	-7.56	OK		11.37	OK	-13.64	OK		5.07	6.08	59
Concio C9	6.34	OK	-7.61	OK	Concio C9	11.38	OK	-13.66	OK	Concio C9	5.04	6.05	59
	6.36	OK	-7.63	OK		10.71	OK	-12.86	OK		4.35	5.23	59
Concio C9	5.43	OK	-6.52	OK	Concio C9	9.57	OK	-11.48	OK	Concio C9	4.13	4.96	59
	6.28	OK	-7.54	OK		9.75	OK	-11.70	OK		3.47	4.16	59
Concio C14	-1.52	OK	8.21	OK	Concio C14	1.61	OK	-8.69	OK	Concio C14	3.12	16.90	59
	-1.00	OK	5.41	OK		1.73	OK	-9.34	OK		2.73	14.75	59
Concio C14	-2.80	OK	15.16	OK	Concio C14	1.14	OK	-6.15	OK	Concio C14	3.94	21.31	59
	-2.96	OK	15.99	OK		1.07	OK	-5.76	OK		4.02	21.76	59
Concio C15	-3.36												

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.

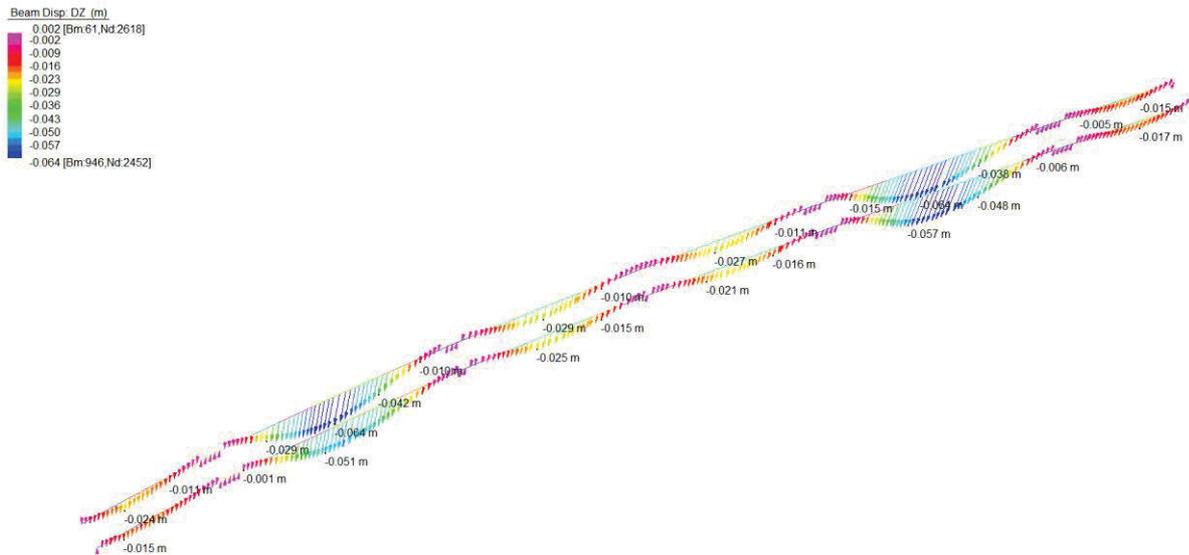


Figura 40: abbassamenti SLE per carichi permanenti

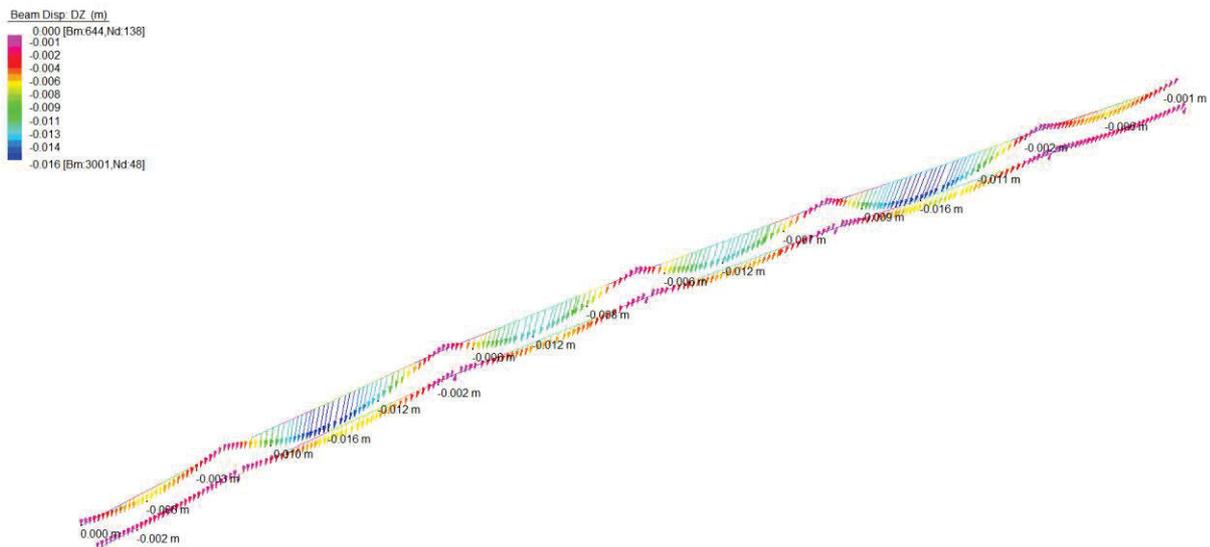


Figura 41: abbassamenti SLE per carichi accidentali q

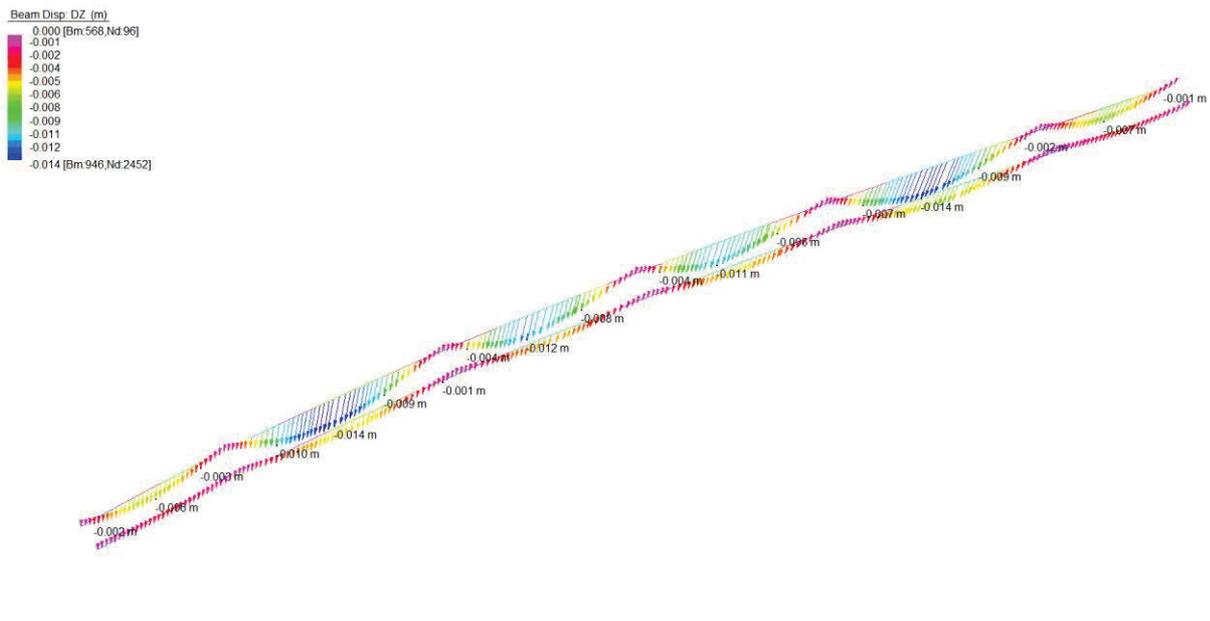


Figura 42: abbassamenti SLE per carichi accidentali Q

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

	dZ Permanenti	dZ Accidentali q	dZ Accidentali Q	dZ Perm+15%Acc	Contro-monta
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Campata 1	-24	-6	-6	-30.9	32
Campata 2	-64	-16	-14	-82.1	85
Campata 3	-29	-12	-12	-42.8	44
Campata 4	-27	-12	-11	-40.65	42
Campata 5	-64	-16	-14	-82.1	85
Campata 6	-15	-6	-7	-22.05	23

9.5 Verifiche dei traversi di appoggio

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. Nelle figure seguenti si riportano i modelli e i risultati ottenuti.

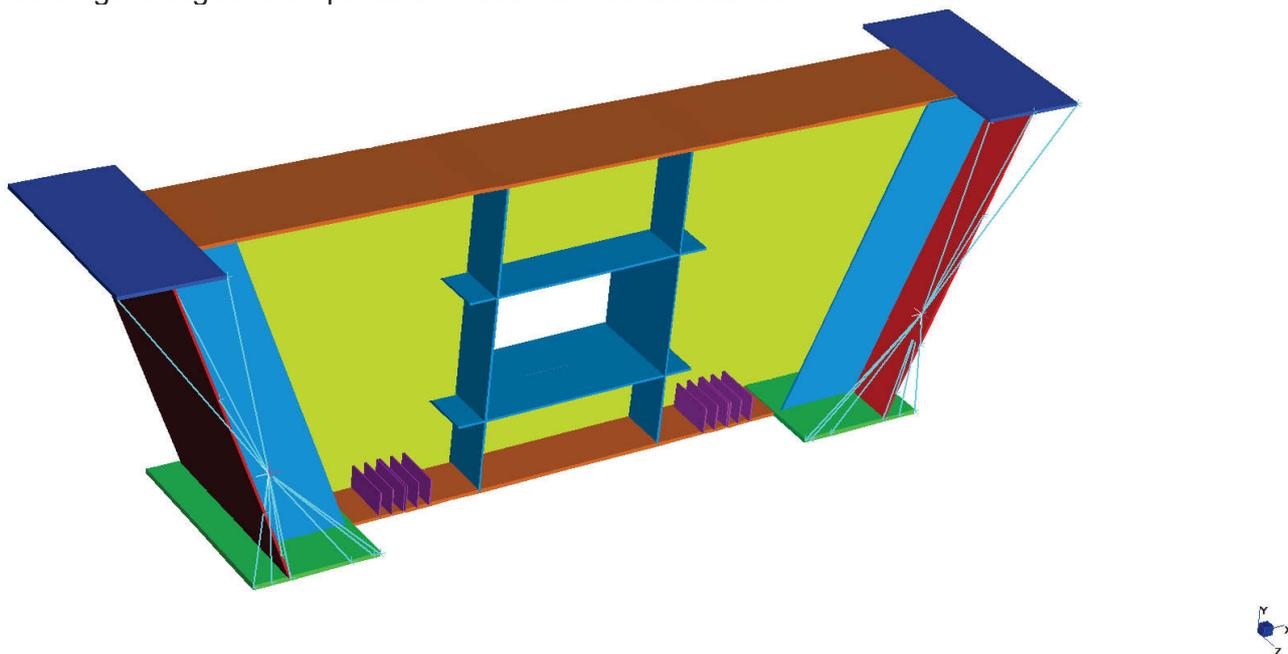


Figura 43: modello di calcolo locale del traverso di spalla

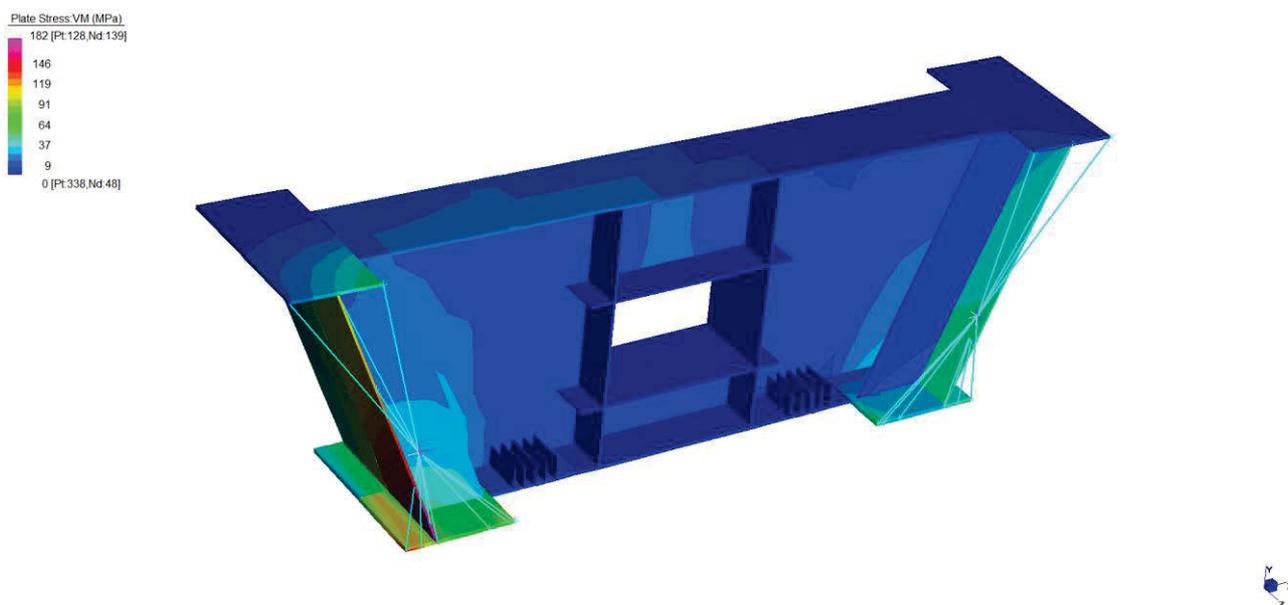


Figura 44: tensioni di Von Mises SLU – traverso di spalla

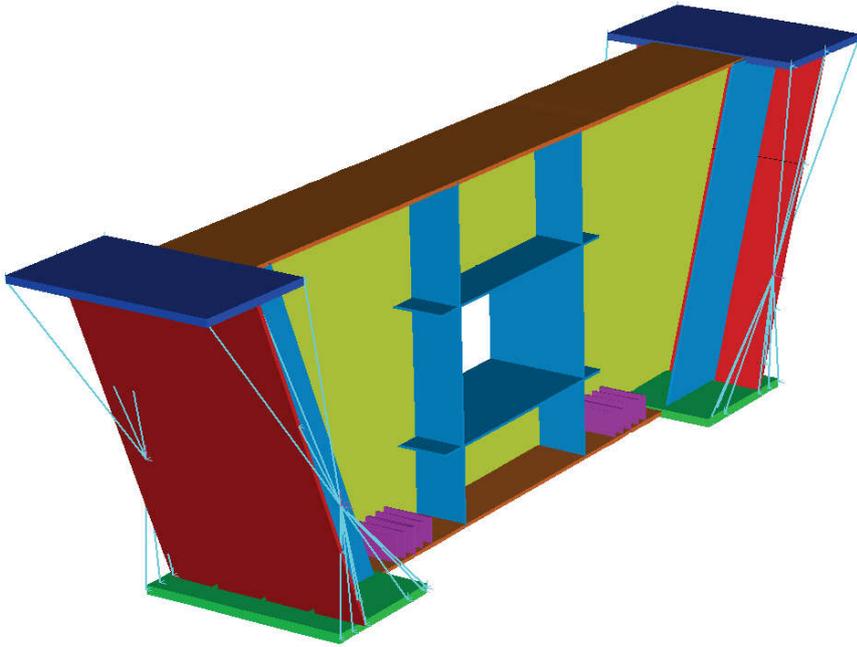


Figura 45: modello di calcolo locale del traverso di pila

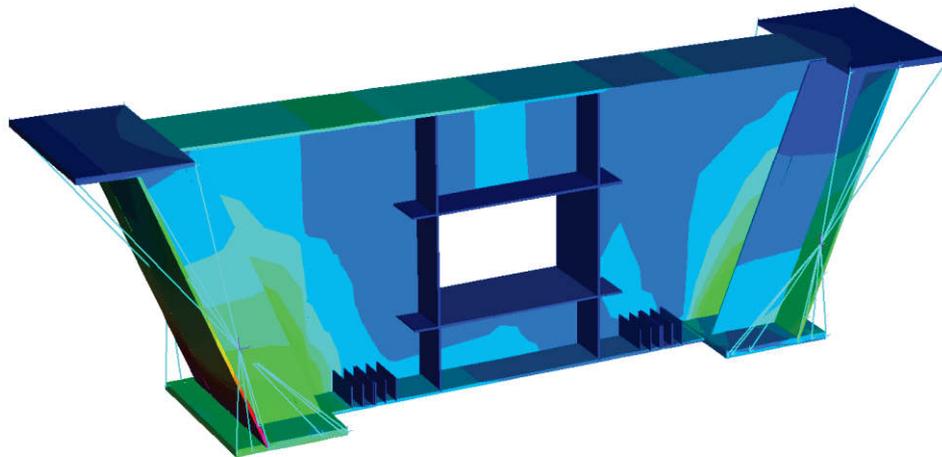
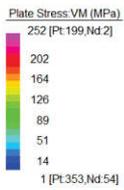


Figura 46: tensioni di Von Mises SLU – traverso di pila

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

9.6 Verifiche dei traversi reticolari

Si riportano di seguito le sollecitazioni agenti sugli elementi del traverso reticolare agli SLU. Il traverso è costituito da profili accoppiati L100x10.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-204	290
[Bm:1332]	[Bm:1377]	

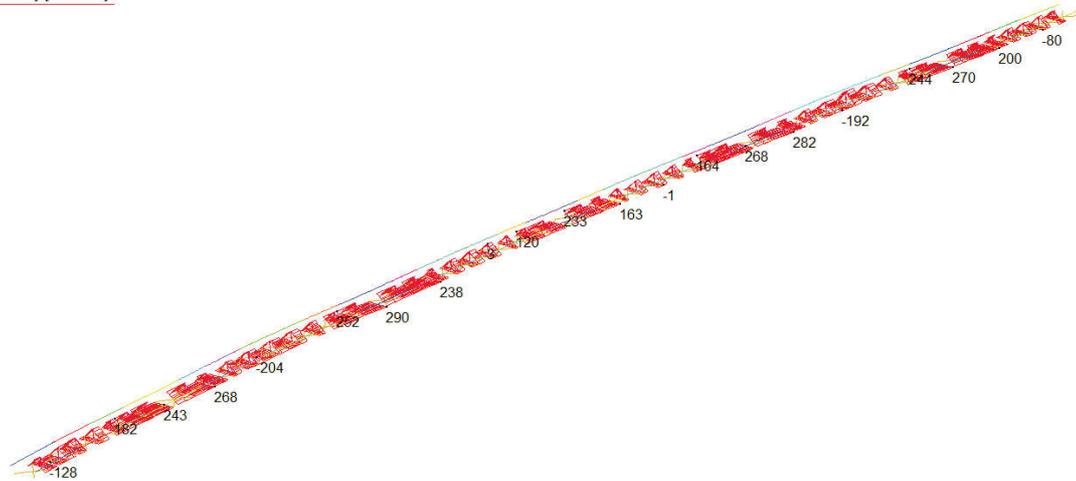


Figura 47: Sollecitazioni SLU reticolare inferiore

La sollecitazione massima di trazione risulta $N_{Sd}=290\text{kN}$.
 La sollecitazione massima di compressione risulta $N_{Sd}=204\text{kN}$.
 Si riporta di seguito la verifica del profilo.

L Uguali
 L Disuguali

Doppio
 Accosta lato corto

Ordina per
 iy
 ly
 g

Acciaio S355 (Fe510) fy (N/mm2) 355 fu 510

Lunghezze di libera inflessione [m]
 I_{0y} 2.9 I_{0z} 2.9 I_{0v} 1

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
L 90 x 90 x 11	14.7	90	90	11.00	11.00	5.50
L 100 x 100 x 10	15.0	100	100	10.00	12.00	6.00
L 120 x 120 x 9	16.5	120	120	9.00	13.00	6.50
L 110 x 110 x 10	16.6	110	110	10.00	13.00	6.50
L 90 x 90 x 13	17.1	90	90	13.00	11.00	5.50
L 100 x 100 x 12	17.8	100	100	12.00	12.00	6.00

2 L 100 x 100 x 10

$N_{by,Rd}$ [kN] 531.8 $N_{bv,Rd}$ [kN] 962.2
 $N_{bz,Rd}$ [kN] 875.9

Classe Sezione
 Compressione 4

g (Kg/m): 30
 h (mm): 100
 b (mm): 100
 t (mm): 10
 r1 (mm): 12
 r2 (mm): 6

A (cm2): 38.3
 Iy (cm4): 353.4
 Wy (cm3): 49.23
 iy (cm): 3.037
 Iz (cm4): 912.6

Wz (cm3): 82.96
 iz (cm): 4.881
 Iu (cm4): 280.3
 Iu (cm): 3.826

Iv (cm4): 73.01
 iv (cm): 1.952

Risulta: $N_{Sd}=204\text{kN} < N_{br,Rd}=531.8\text{kN}$.
 $N_{Sd}=290\text{kN} < N_{br,Rd}=1295\text{kN}$.
 La verifica è soddisfatta.

9.7 Verifica della controventatura inferiore

Si riportano di seguito le sollecitazioni agenti sugli elementi della reticolare inferiore agli SLU. La reticolare è costituita da profili accoppiati L130x14.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-710	372
	[Bm:1709]	[Bm:1739]

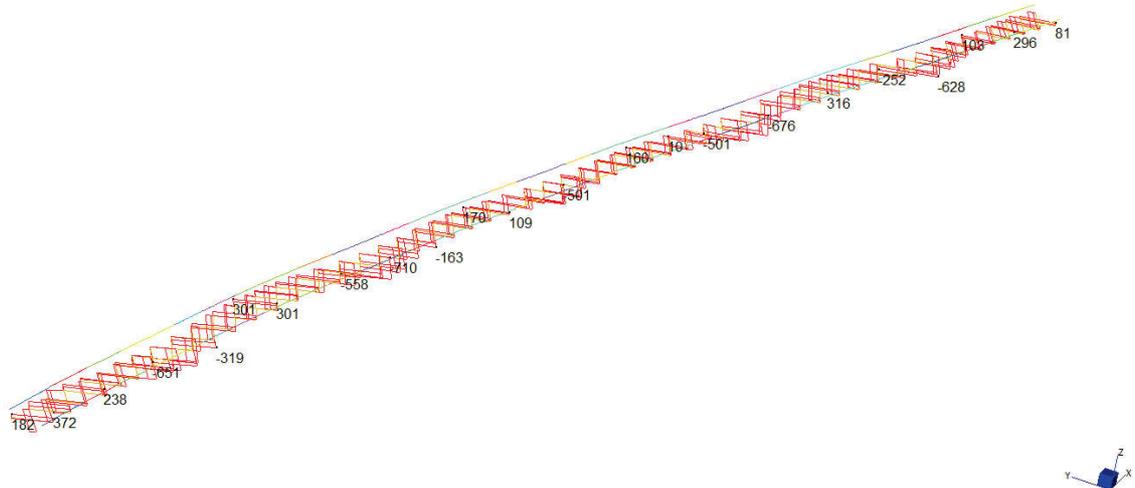


Figura 48: Sollecitazioni SLU reticolare inferiore

La sollecitazione massima risulta $N_{sd}=710\text{kN}$
 Si riporta di seguito la verifica del profilo.

L Uguali
 L Disuguali

Doppi
 Accosta lato corto

Ordina per:
 iy
 ly
 g

Acciaio: S355 (Fe510) fy (N/mm2): 355 fu: 510

Lunghezze di libera inflessione [m]:
 I_{0y}: 3.2 I_{0z}: 3.2 I_{0v}: 1

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
L 150 x 150 x 10	23.0	150	150	10.00	16.00	8.00
L 100 x 100 x 16	23.2	100	100	16.00	12.00	6.00
L 120 x 120 x 13	23.3	120	120	13.00	13.00	6.50
L 130 x 130 x 12	23.5	130	130	12.00	14.00	7.00
L 120 x 120 x 15	26.6	120	120	15.00	13.00	6.50
L 130 x 130 x 14	27.2	130	130	14.00	14.00	7.00
L 150 x 150 x 12	27.2	150	150	12.00	16.00	8.00

2 L 130 x 130 x 14 N_{by,Rd} [kN]: 1186 N_{bw,Rd} [kN]: 1957
 N_{bz,Rd} [kN]: 1728 ?

Classe Sezione: Compressione 3

g (Kg/m): 54.4
 h (mm): 130 A (cm²): 69.4
 b (mm): 130 I_y (cm⁴): 1'080 W_z (cm³): 187.7 I_v (cm⁴): 223
 t (mm): 14 W_y (cm³): 116.4 i_z (cm): 6.153 i_v (cm): 2.537
 r1 (mm): 14 i_y (cm): 3.948 I_u (cm⁴): 857.1
 r2 (mm): 7 I_z (cm⁴): 2'627 i_u (cm): 4.974

Risulta: $N_{sd}=710\text{kN} < N_{br,Rd}=1186\text{kN}$.
 La verifica è soddisfatta.

9.8 Dimensionamento dei giunti

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

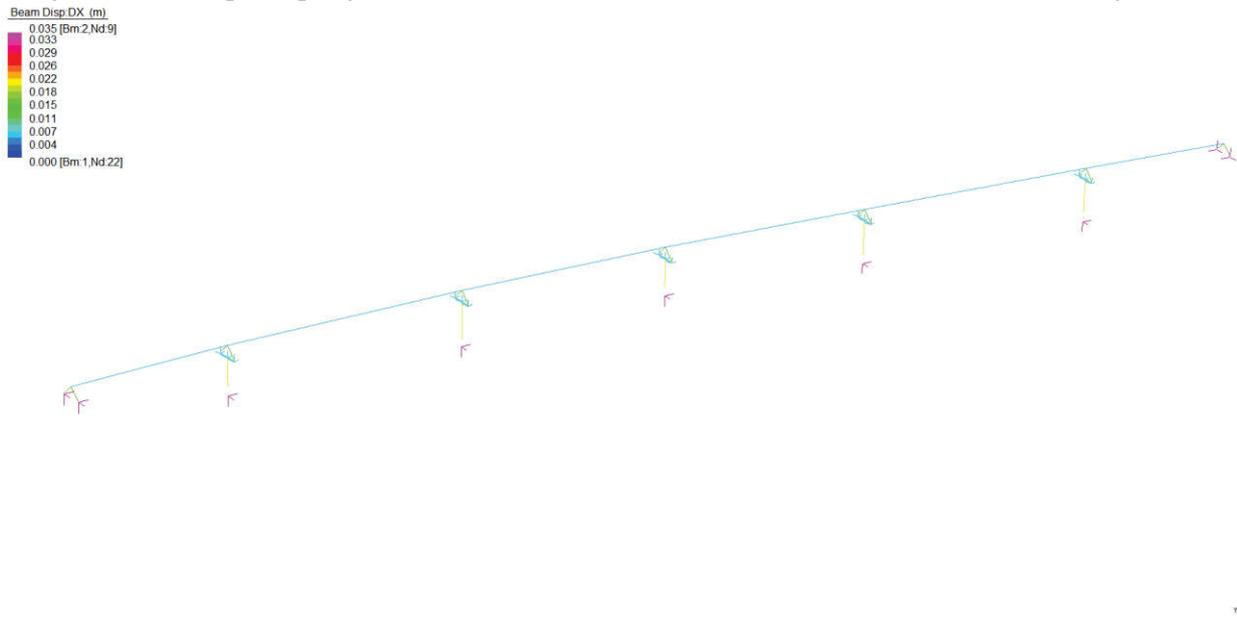


Figura 49: Spostamenti Appoggi SLV X+0.3Y q=1

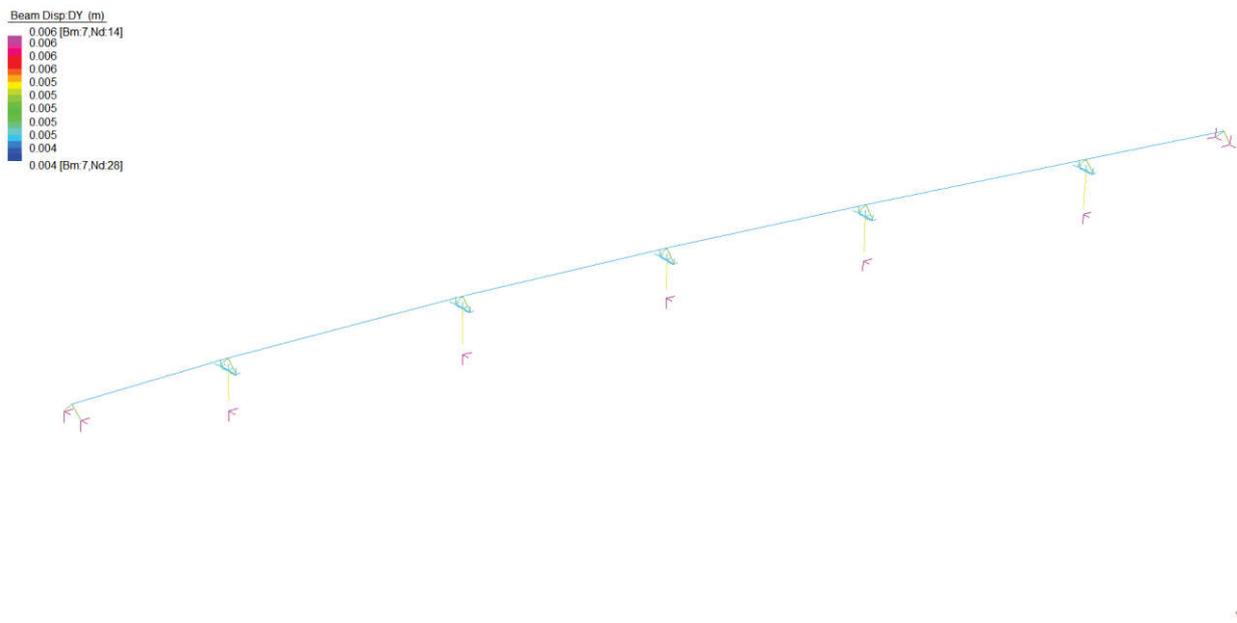


Figura 50: Spostamenti Appoggi SLV Y+0.3X q=1

Lo spostamento massimo in corrispondenza dei sistemi di appoggio è pari a circa 35mm.

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

$$\epsilon = \alpha \Delta T = 1.2 \times 10^{-5} \times (43.5 + 50 + 32.5) \times 27^\circ = 40.83 \text{ mm}$$

In condizioni ultime si ottiene: $\epsilon_{SLU} = 40.83 \times 1.2 = 49 \text{ mm}$

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

9.9 Dimensionamento degli appoggi

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

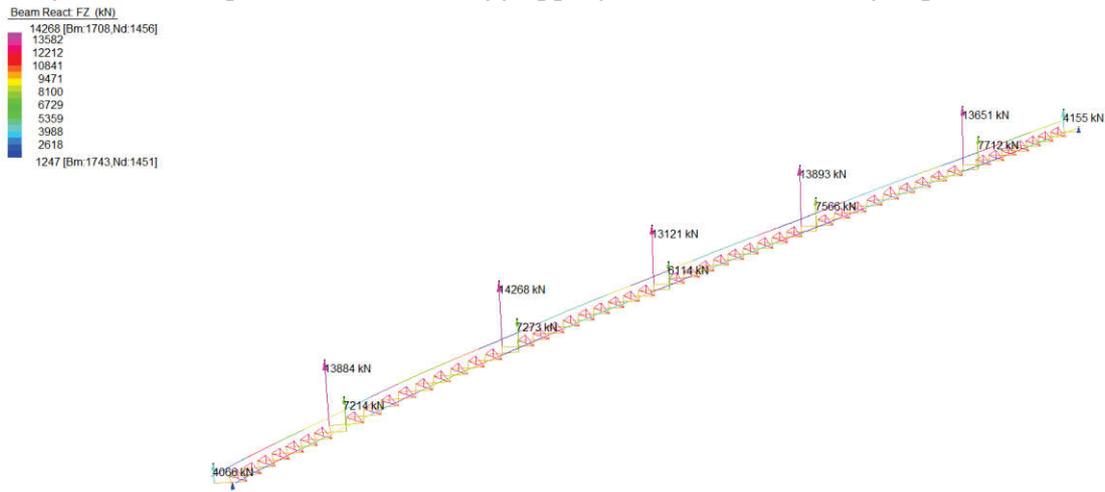


Figura 51: reazioni SLU

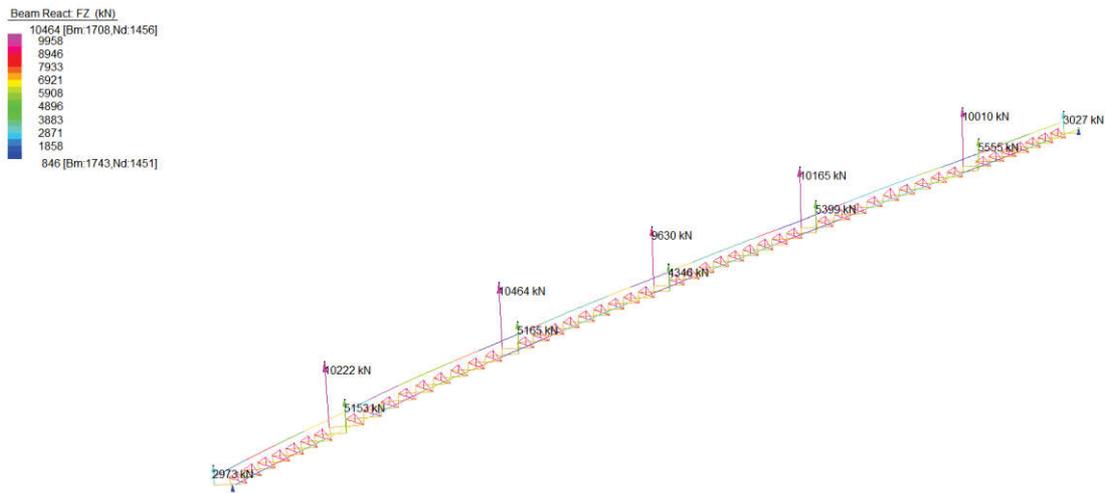


Figura 52: reazioni SLE

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	4165
	[Bm.1]	[Bm.8]
SF2(kN)	-360	3593
	[Bm.3]	[Bm.7]

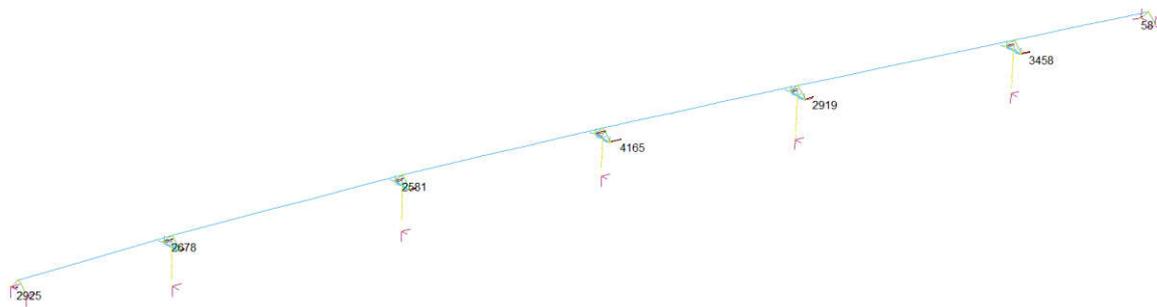


Figura 53: sollecitazioni agli appoggi – $q=1 - X+0.3Y$

	MIN	MAX
SF1(kN)	0	2588
	[Bm.1]	[Bm.8]
SF2(kN)	0	5187
	[Bm.4]	[Bm.7]

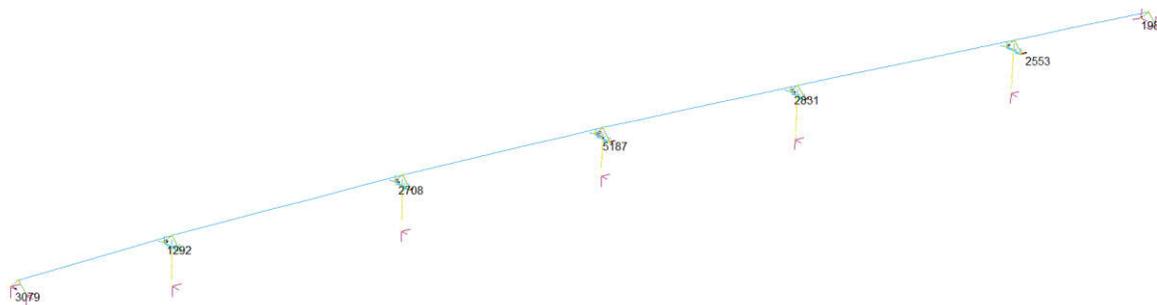


Figura 54: sollecitazioni agli appoggi – $q=1 - Y+0.3X$

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

CARATTERISTICHE APPOGGI									
Sigla	Tipologia di vincolo	SLU esercizio [kN]			SLU sismico SLV [kN]			Escursione [mm]	
		vert.	long.	trasv.	vert.	long.	trasv.	long.	trasv.
F	fisso	15000	±1000	±1000	6000	±4200	±5200	-	-
		7000			4500				
UL (S)	unidirezionale longitudinale	15000	±500	±1000	6000	±3500	±2800	±31	-
		7500			4800				
UT	unidirezionale trasversale	15000	±1000	-	6000	±4200	-	-	±0
		7000			4500				
M (S)	multidirezionale	15000	±500	-	6000	±3500	-	±31	±0
		7500			4800				
UL	unidirezionale longitudinale	6000	±100	±300	3000	-	±2800	±49	±0
		950			1000				
M	multidirezionale	6000	±100	-	3000	-	-	±49	±0
		950			1000				

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

Diametro del gambo del piolo	d	=	16	[mm]	
Lunghezza del piolo	h	=	175	[mm]	
Resistenza ultima a trazione	f_u	=	450	[N/mm ²]	
Classe del calcestruzzo	C	=	(35/45)		
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	=	35	[N/mm ²]	
Valore medio del modulo secante	E_{cm}	=	34.07715	[kN/mm ²]	
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_v	=	1.25		
Resistenza a taglio di progetto	$P_{Rd,1}$	=	57.91	[kN]	$P_{Rd,1}=0,8 f_u (\pi d^2/4)/\gamma_v$
Resistenza a taglio di progetto	$P_{Rd,2}$	=	64.86	[kN]	$P_{Rd,2}=(0,29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0,5})/\gamma_v$
			57.91	[kN]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo 0	V_{Sd0}	=	690	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo 0	J_{n0}	=	5.30E+07	[cm ⁴]	
Momento statico sezione mista tempo 0	S_{n0}	=	1.58E+05	[cm ³]	
Forza di scorrimento tempo 0	F_{sc0}	=	205.22	[kN/m]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo infinito	$V_{Sd\infty}$	=	91.00	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo infinito	$J_{n\infty}$	=	4.34E+07	[cm ⁴]	
Momento statico sezione mista tempo infinito	$S_{n\infty}$	=	1.01E+05	[cm ³]	
Forza di scorrimento tempo infinito	$F_{sc\infty}$	=	21.11	[kN/m]	
Forza di scorrimento totale/m lunghezza	$F_{sc\ tot}$	=	226.33	[kN/m]	
	l	=	1.00	[m]	
Numero di pioli presenti nella lunghezza	n_p	=	20		
Forza di taglio agente singolo piolo	$F_{b,Sd}$	=	11.32	[kN]	Verifica soddisfatta
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_{Mb}	=	1.25		
Resistenza a trazione del piolo	$F_{t,Rd}$	=	65.14	[kN]	$F_{Rd,t}=0,9 f_u (\pi d^2/4)/\gamma_{Mb}$
Forza di trazione di sfilamento	$F_{t,Sd}$	=	5.79	[kN]	Verifica soddisfatta

10.2 Sezione di appoggio

Verifica pioli - sezione 2					
Diametro del gambo del piolo	d	=	16	[mm]	
Lunghezza del piolo	h	=	175	[mm]	
Resistenza ultima a trazione	f _u	=	450	[N/mm ²]	
Classe del calcestruzzo	C	=	(35/45)	▼	
Resistenza caratteristica cilindrica	f _{ck}	=	35	[N/mm ²]	
Valore medio del modulo secante	E _{cm}	=	34.07715	[kN/mm ²]	
Coefficiente parziale di sicurezza	γ _v	=	1.25		
Resistenza a taglio di progetto	P _{Rd,1}	=	57.91	[kN]	P _{Rd,1} =0,8 f _u (π d ² /4)/γ _v
Resistenza a taglio di progetto	P _{Rd,2}	=	64.86	[kN]	P _{Rd,2} =(0,29 α d ² (f _{ck} E _{cm}) ^{0,5})/γ _v
			57.91	[kN]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo 0	V _{Sd0}	=	2671	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo 0	J _{n0}	=	5.13E+07	[cm ⁴]	
Momento statico sezione mista tempo 0	S _{n0}	=	1.53E+05	[cm ³]	
Forza di scorrimento tempo 0	F _{Sc0}	=	793.74	[kN/m]	
Forza di taglio agente sul giunto tempo infinito	V _{Sd∞}	=	1160	[kN]	
Momento d'inerzia sezione mista tempo infinito	J _{n∞}	=	4.33E+07	[cm ⁴]	
Momento statico sezione mista tempo infinito	S _{n∞}	=	8.79E+04	[cm ³]	
Forza di scorrimento tempo infinito	F _{Sc∞}	=	235.68	[kN/m]	
Forza di scorrimento totale/m	F _{Sc tot}	=	1029.43	[kN/m]	
lunghezza	l	=	1.20	[m]	
Numero di pioli presenti nella lunghezza	n _p	=	40		
Forza di taglio agente singolo piolo	F _{b,Sd}	=	30.88	[kN]	Verifica soddisfatta
Coefficiente parziale di sicurezza	γ _{Mb}	=	1.25		
Resistenza a trazione del piolo	F _{t,Rd}	=	65.14	[kN]	F _{Rd,t} =0,9 f _u (π d ² /4)/γ _{Mb}
Forza di trazione di sfilamento	F _{t,Sd}	=	5.79	[kN]	Verifica soddisfatta

11. TRALICCI PREDALLES

Si riportano di seguito le verifiche delle lastre predalles.

11.1 Campo centrale

Geometria									
carico di servizio (operaio)									
APPOGGIO		APPOGGIO							
L1		L2							
0.00 [m]		6.45 [m]							
		getto		19	[cm]				
		lastra		6	[cm]				
		operaio		1.00	[kN]				
Dati lastre									
Larghezza lastre	120	[cm]	PP lastra	2.43	[kN/m]	Q getto	7.70	[kN/m]	
						Acc	0.75	[kN/mq]	(eventuale sovraccarico)
Traliccio tipo		1 ferro sup	20	[mm]	As sup =	314	[mm²]		
		staffe	8	[mm]	As staffe =	50	[mm²]		
		2 ferri inf	16	[mm]	As tot inf =	402	[mm²]		
		H traliccio	16.5	[cm]	interasse ferri inferiori	12	[cm]	n° tralici per lastra	4
Sollecitazioni lastre									
Max M-	0.00	[kNm/lastra]							
Max M+	58.95	[kNm/lastra]							
Tmax sbalzo	1.00	[kN/lastra]							
Tmax campata	36.56	[kN/lastra]							
Verifica campata									
Max M+	58.95	[kNm/lastra]	Trazione ferri inf	357.25	[kN]	tensione ferri inf	222.10	[Mpa]	OK
			Compressione ferri sup	-357.25	[kN]	raggio inerzia ferro sup	5	[mm]	
						lunghezza sbandamento	200	[mm]	
						fattore di sbandamento	40.00		
						fattore ω	1.10		
						tensione ferri sup	-313.72	[Mpa]	OK
Verifica taglio max									
Max T	36.56	[kN/lastra]	Compressione ferri diagonali	-22.74	[kN]	aggio inerzia ferro diag	2	[mm]	
						lunghezza sbandamento	193	[mm]	
						fattore di sbandamento	96.47		
						fattore ω	2.02		
						tensione ferri inf	-228.37	[Mpa]	OK

Si prevedono lastre di larghezza 120cm a 4 tralici con le seguenti caratteristiche:

- Altezza traliccio: 16.5cm
- Armatura superiore: 1φ20
- Armatura inferiore: 2φ16
- Staffe φ8

11.2 Campo laterale

Geometria												
		carico di servizio (operaio)				carico di servizio (operaio)						
										getto	19	[cm]
										lastra	6	[cm]
		APPOGGIO				APPOGGIO				operaio	1.00	[kN]
L1						L2						
0.00		[m]				5.00				[m]		
Dati lastre												
Larghezza lastre	120	[cm]	PP lastra	2.43	[kN/m]	Q getto	7.70	[kN/m]				
						Acc	0.75	[kN/mq]	(eventuale sovraccarico)			
Traliccio tipo		1 ferro sup	16	[mm]	passo	20	[cm]	As sup =	201	[mm²]		
		staffe	8	[mm]				As staffe =	50	[mm²]		
		2 ferri inf	12	[mm]				As tot inf =	226	[mm²]		
		H traliccio	16.5	[cm]				interasse ferri inferiori	12	[cm]	n° tralici per lastra	4
Sollecitazioni lastre												
Max M-		0.00		[kNm/lastra]		Tmax sbalzo		1.00		[kN/lastra]		
						Tmax campata		28.56		[kN/lastra]		
								Max M+		35.70	[kNm/lastra]	
Verifica campata												
Max M+	35.70	[kNm/lastra]	Trazione ferri inf	216.38	[kN]	tensione ferri inf	239.16	[Mpa]	OK			
		Compressione ferri sup		-216.38	[kN]	raggio inerzia ferro sup	4	[mm]				
						lunghezza sbandamento	200	[mm]				
						fattore di sbandamento	50.00					
						fattore ω	1.16					
						tensione ferri sup	-311.98	[Mpa]	OK			
Verifica taglio max												
Max T	28.56	[kN/lastra]	Compressione ferri diagonali	-17.77	[kN]	aggio inerzia ferro diag	2	[mm]				
						lunghezza sbandamento	193	[mm]				
						fattore di sbandamento	96.47					
						fattore ω	2.02					
						tensione ferri inf	-178.44	[Mpa]	OK			

Si prevedono lastre di larghezza 120cm a 4 tralici 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.

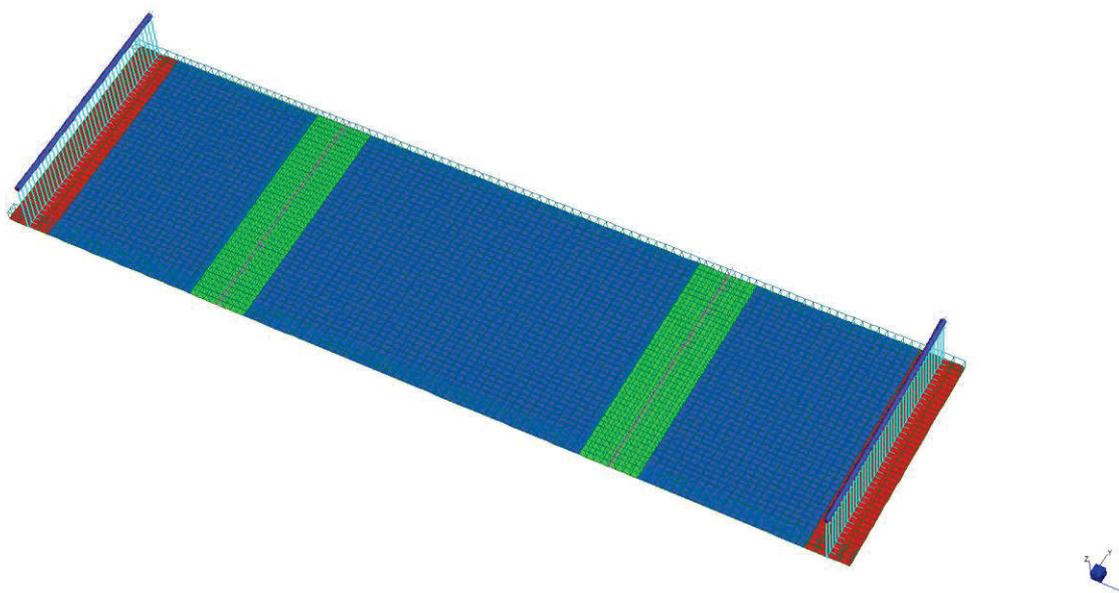


Figura 55: Modello FEM della soletta

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.

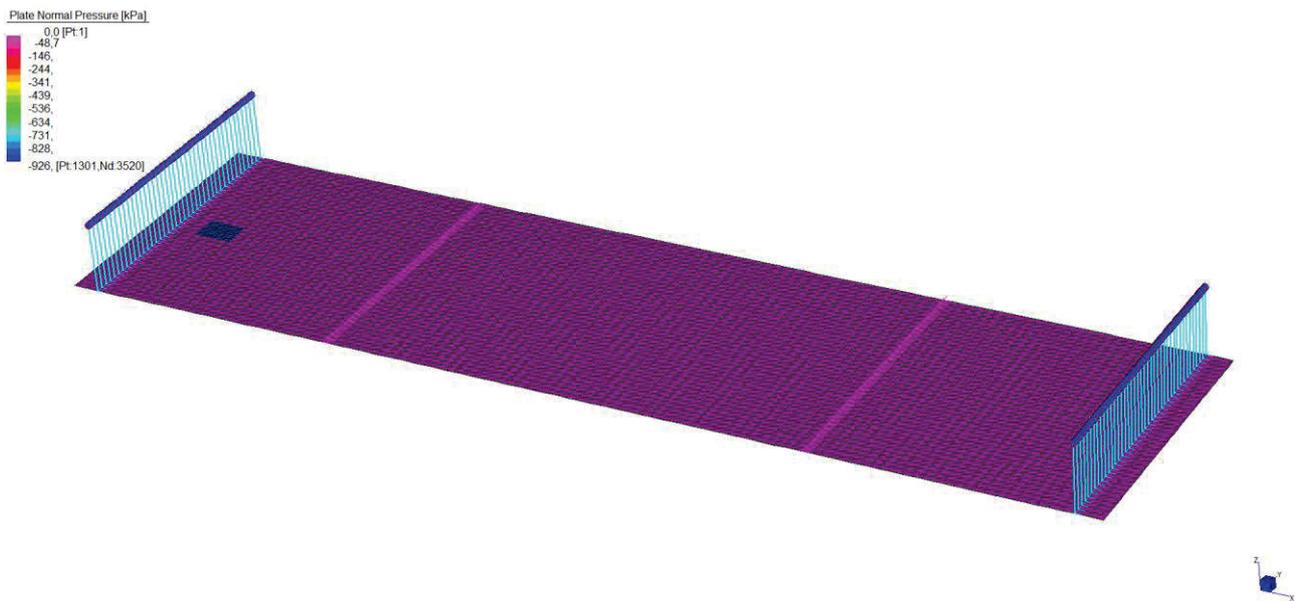


Figura 56: Carichi permanenti non strutturali

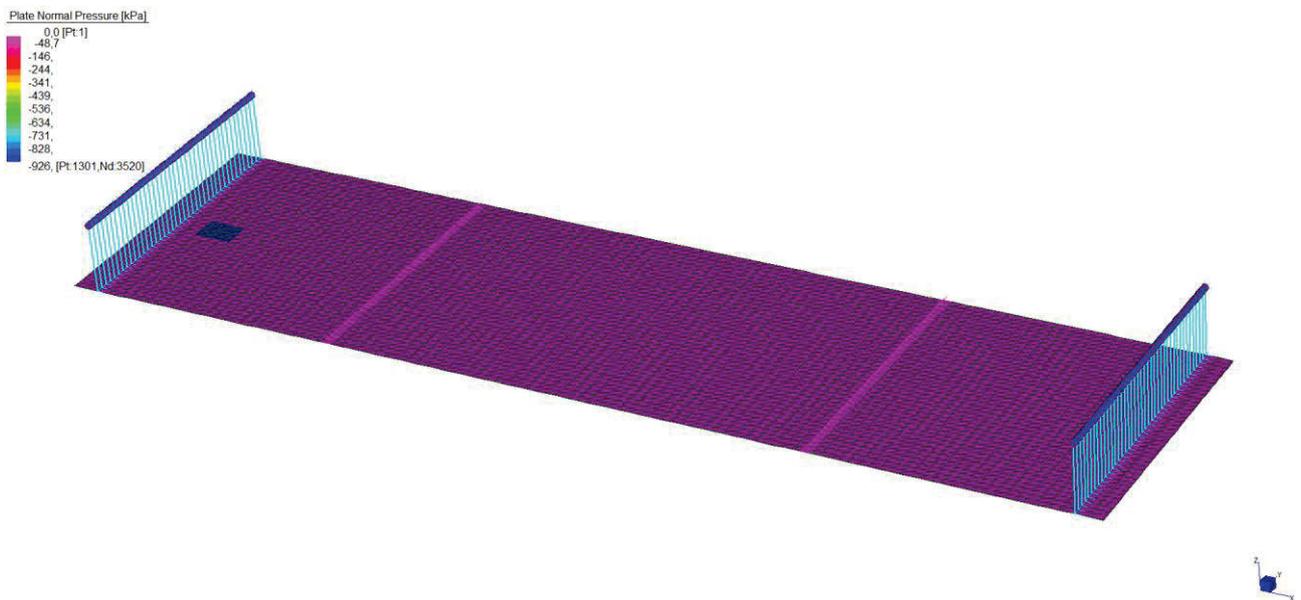


Figura 57: Carichi accidentali – schema 2 – pos.1

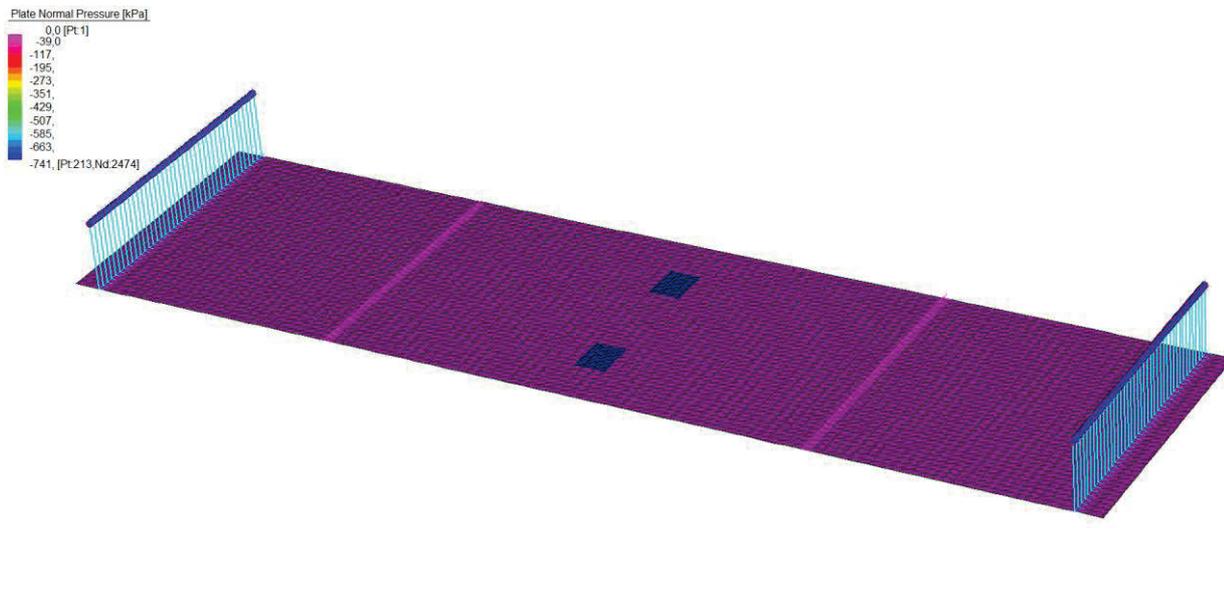


Figura 58: Carichi accidentali – schema 2 – pos.2



Figura 59: Carichi accidentali – schema 2 – pos.3

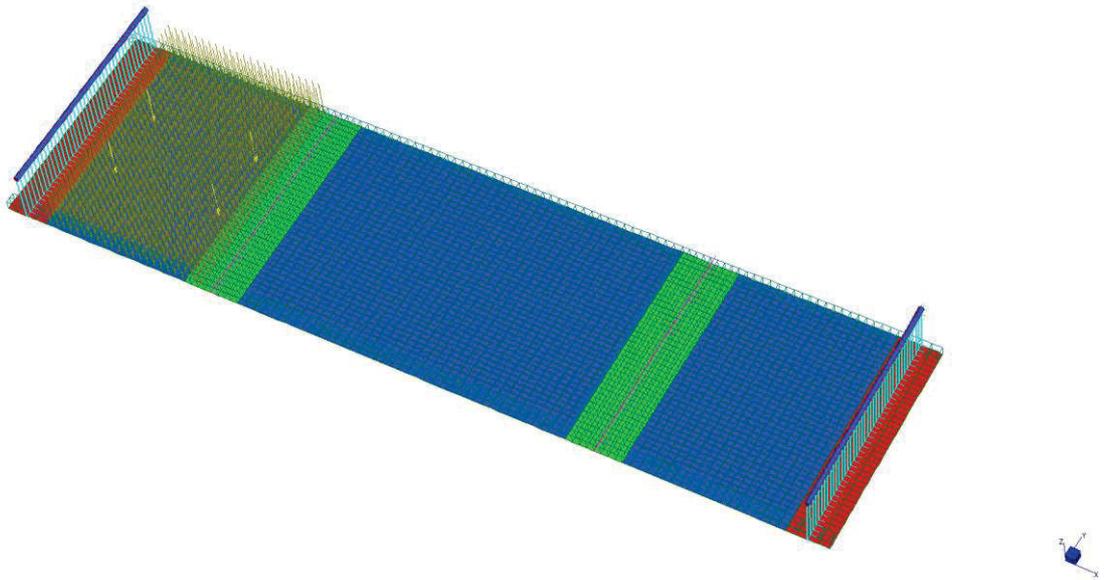


Figura 60: Carichi accidentali – schema 1 – sbalzo

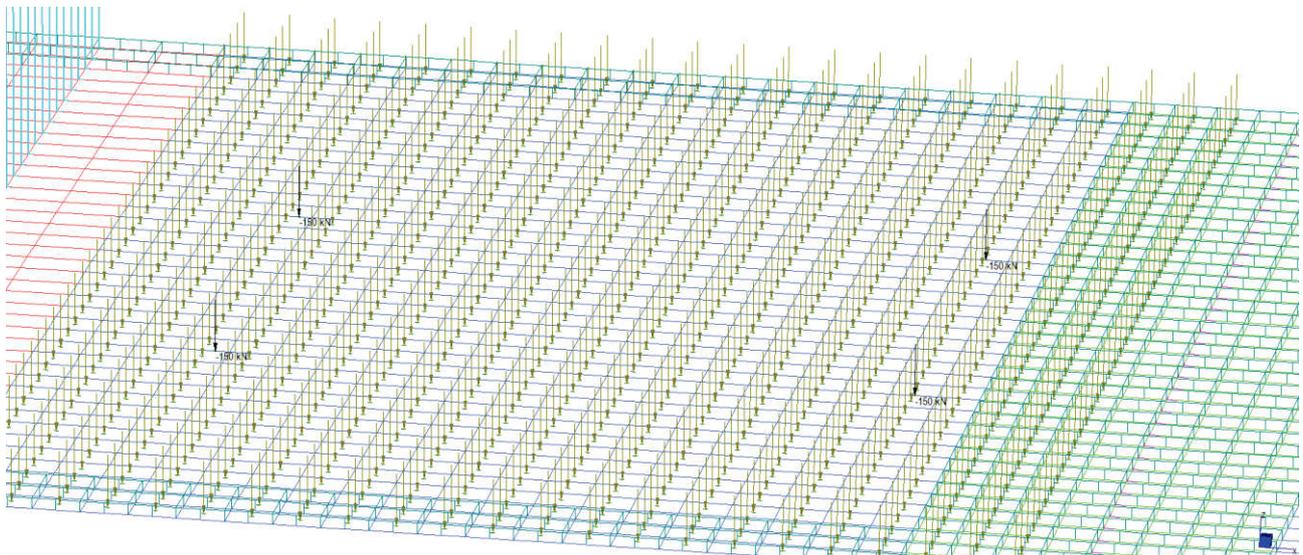


Figura 61: Carichi accidentali – schema 1 – sbalzo (zoom carichi)

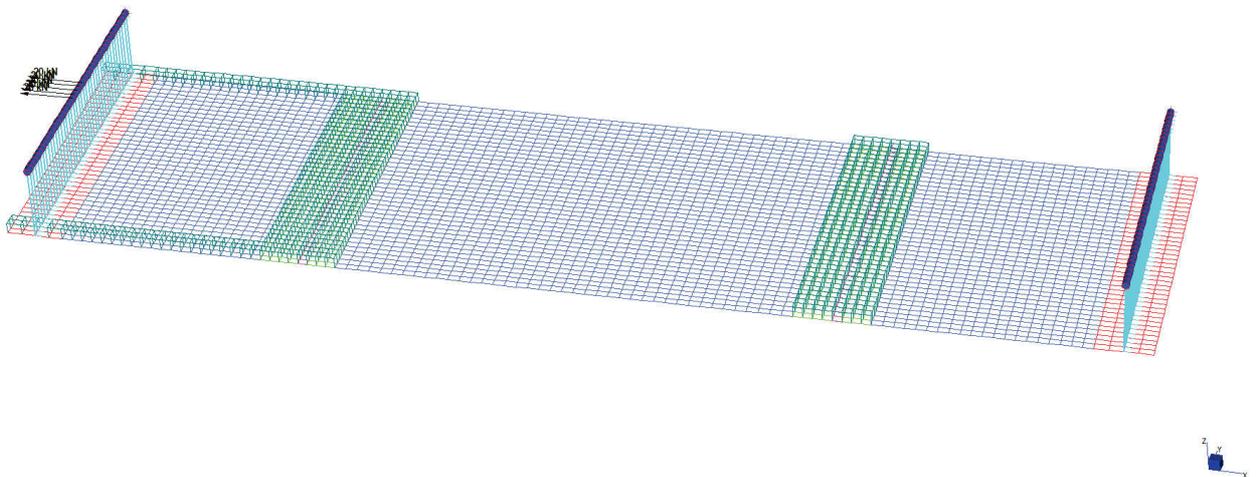


Figura 62: Carichi accidentali – Urto

12.2 Verifiche SLU/SLE

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

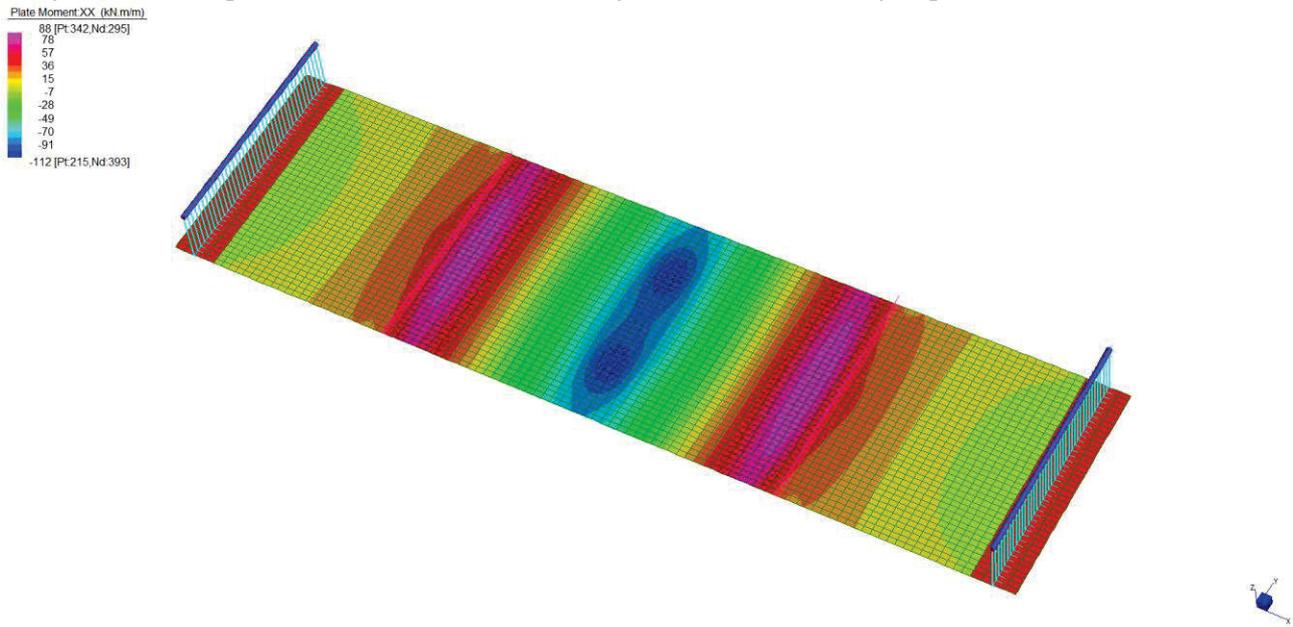


Figura 63: Massimo momento in campata SLU

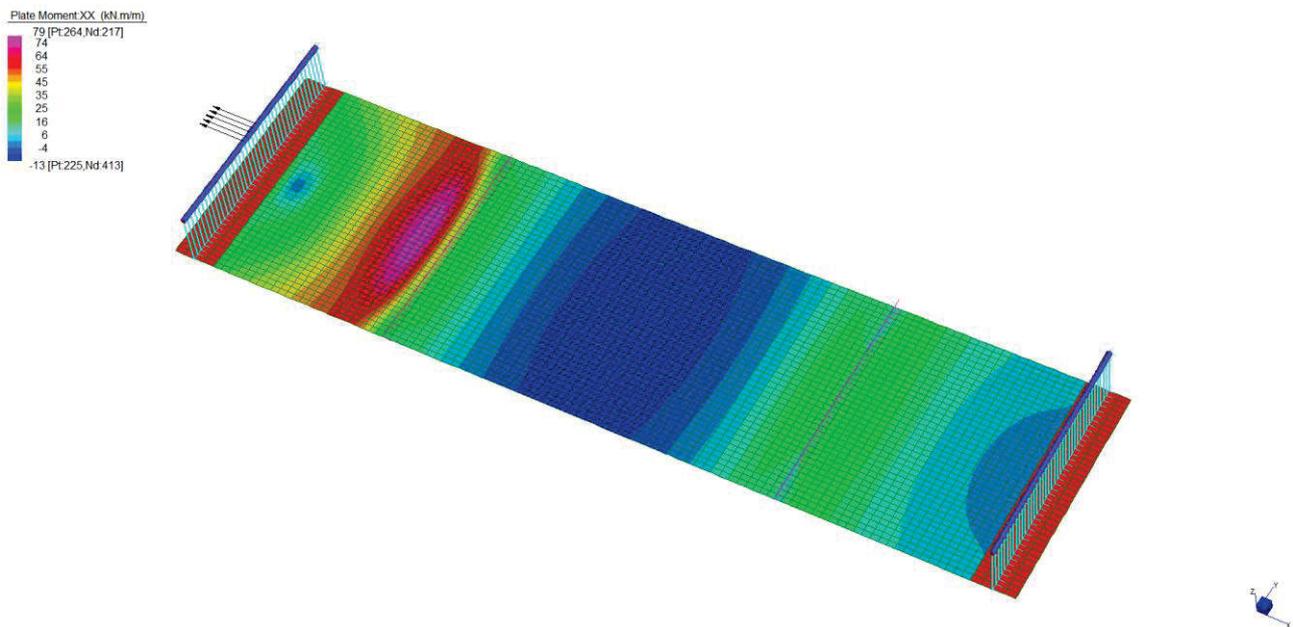


Figura 64: Massimo momento in appoggio SLU (urto)

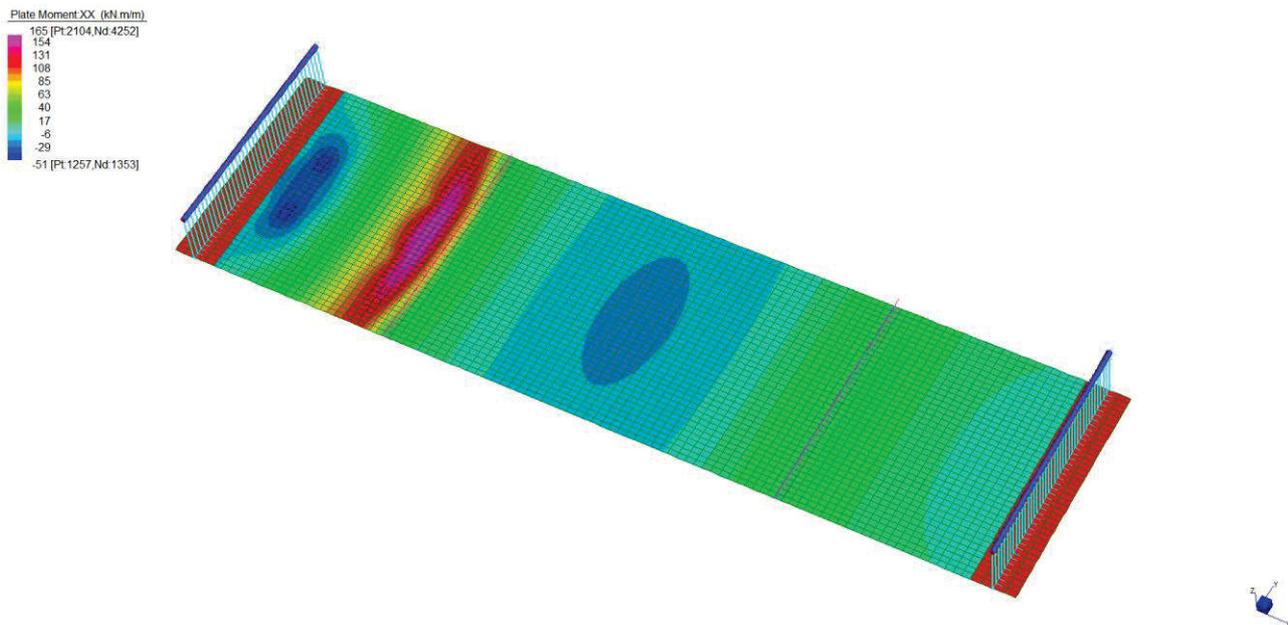


Figura 65: Massimo momento in appoggio SLU

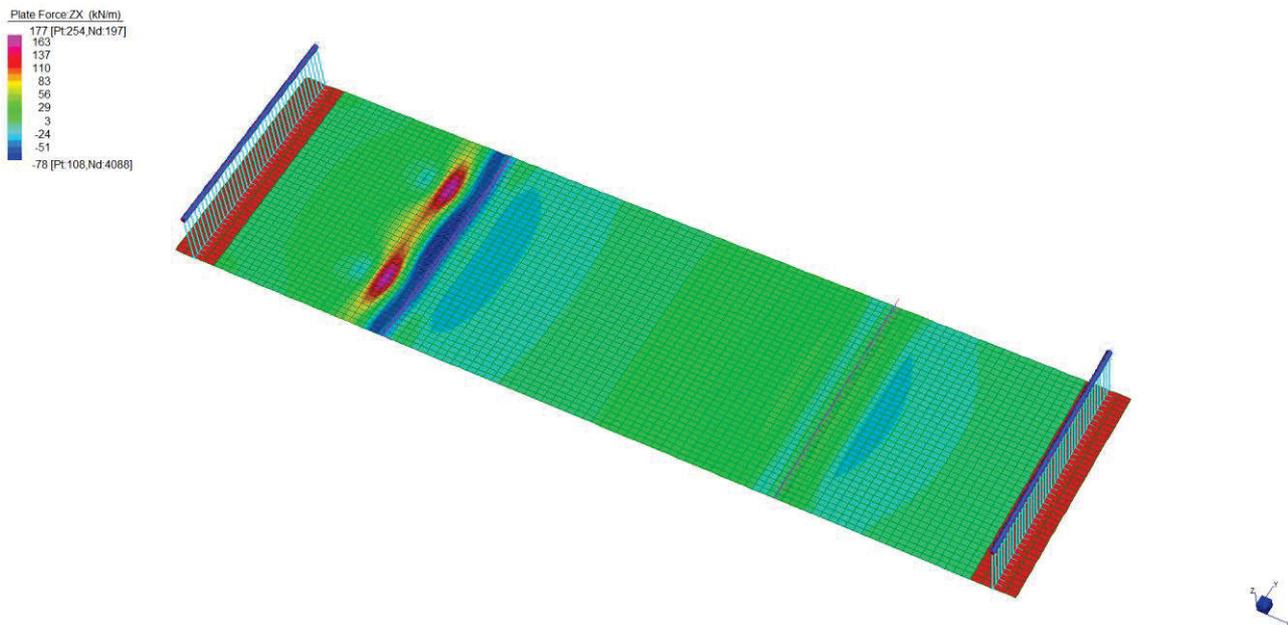


Figura 66: Massimo taglio SLU

La sezione tipologica, di spessore 25cm, risulta armata mediante $5\phi 20/m$ superiori e $10\phi/m$ inferiori in campata e mediante $10\phi 20/m$ superiori e $5\phi/m$ inferiori in appoggio.

Si riportano di seguito le verifiche a flessione della sezione. Non si prevede armatura a taglio specifica.

NOME SEZIONE: Soletta trasv_campata

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
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: 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 ²
	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:		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
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	112.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.10	0.00	120.00	0.00

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	104.00	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	104.00 (47.38)	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	19.00 (47.38)	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 ²] 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	112.00	0.00	0.00	210.12	0.00	1.88	31.4(3.9)
2	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	0.303	-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	0.000578322	-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 Vy 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	120.00	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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	11.15	-50.0	25.0	-199.5	-45.0	5.0	550	31.4

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	11.15	-50.0	25.0	-199.5	-45.0	5.0	550	31.4

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	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	-0.00146	0	0.500	20.0	40	0.00076 (0.00060)	196	0.149 (0.20)	47.38	

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	2.04	-50.0	25.0	-36.5	-45.0	5.0	550	31.4

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	-0.00027	0	0.500	20.0	40	0.00011 (0.00011)	196	0.021 (0.20)	47.38	

NOME SEZIONE: Soletta trasv_appoggio

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45
	Resis. compr. di progetto f_{cd} :	21.170 MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	34625.0 MPa
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	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 ²
	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. f_{yk} :	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto f_{yd} :	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.30 MPa

Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
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	8	20
2	1	4	3	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	-165.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.10	0.00	177.00	0.00

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 -122.00 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	-122.00 (-47.38)	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	-25.00 (-47.38)	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 [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	-165.00	0.00	0.00	-210.12	0.00	1.27	31.4(3.9)
2	S	0.00	0.10	0.00	0.00	116.58	0.00	999.00	15.7(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	0.0	0.00061	-45.0	5.0	-0.00807	45.0	20.0
2	0.00350	0.231	-50.0	25.0	-0.00028	-45.0	20.0	-0.01163	-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	0.003500000	0.303	0.818
2	0.000000000	0.000756689	-0.015417221	0.231	0.729

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 Vy 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	177.00	197.82	20.0	100.0	0.0200	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] 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	13.08	50.0	0.0	-234.1	-5.0	20.0	550	31.4

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	13.08	50.0	0.0	-234.1	-5.0	20.0	550	31.4

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
k2 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k3 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k4 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. 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	S	-0.00171	0	0.500	20.0	40	0.00094 (0.00070)	196	0.183 (0.20)	-47.38	
0.00											

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	2.68	50.0	0.0	-48.0	-25.0	20.0	550	31.4

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	-0.00035	0	0.500	20.0	40	0.00014 (0.00014)	196	0.028 (0.20)	-47.38	

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						SLU Frenamento					
		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)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1	795	-1451	-19788	-20706	6154	-628	1047	-1533	-18700	-20739	8116	802	1008	-1223	-18695	-17195	7799	114
pila	2	345	-2009	-21064	-20774	3194	-11439	345	-1964	-19915	-21655	3231	-9208	517	-1647	-19907	-17538	4762	-8901
pila	3	325	-2081	-19133	-19055	2540	-13363	223	-1979	-17928	-19225	1788	-9887	552	-1674	-17929	-15736	4289	-9903
pila	4	225	-1806	-21178	-20587	2108	-2936	135	-1819	-20033	-21575	1320	-1459	405	-1486	-20034	-17273	3744	-1876
pila	5	203	-1768	-20433	-20758	1904	-11307	99	-1769	-19338	-21394	997	-9343	385	-1448	-19338	-17290	3561	-8638

13.1.2 Combinazioni statiche con Nmin

	ID	SLU Traffico						SLU Vento						SLU Frenamento					
		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)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)	MZ (kN.m)
pila	1	795	-1430	-15491	-20315	6154	-1017	1047	-1512	-14402	-20348	8116	413	1008	-1202	-14398	-16804	7799	-274
pila	2	345	-1983	-16488	-20294	3194	-11210	345	-1938	-15339	-21175	3231	-8979	517	-1622	-15331	-17058	4762	-8672
pila	3	325	-2081	-15142	-18898	2540	-13506	223	-1980	-13937	-19068	1788	-10031	552	-1675	-13938	-15579	4289	-10047
pila	4	225	-1797	-16554	-20329	2108	-3132	135	-1810	-15409	-21317	1320	-1655	405	-1477	-15410	-17016	3744	-2072
pila	5	203	-1766	-15961	-20550	1904	-11433	99	-1767	-14866	-21187	997	-9468	385	-1446	-14866	-17083	3561	-8764

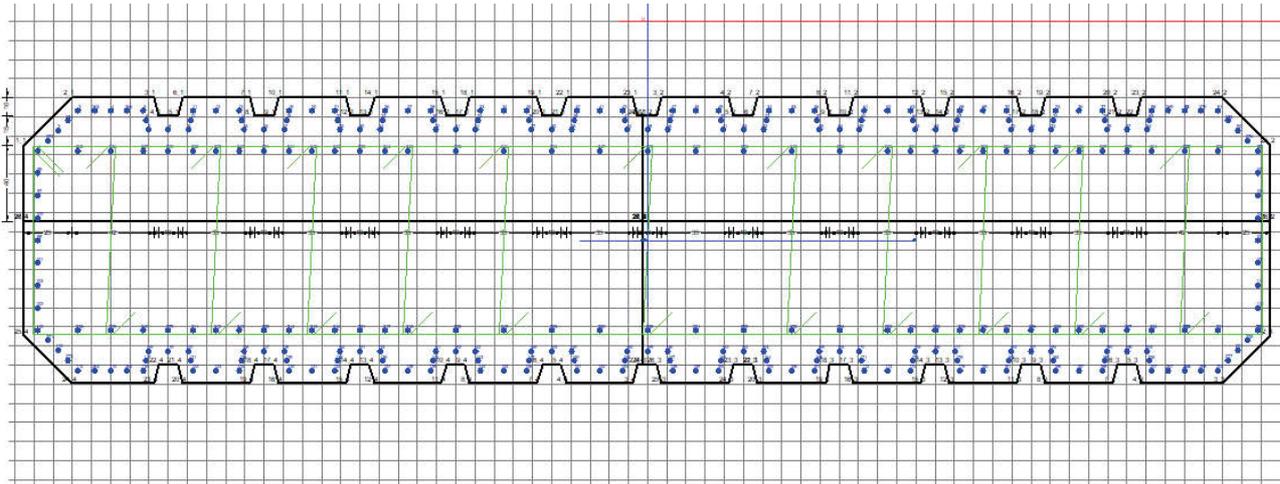
13.1.3 Combinazioni sismiche q=1.5

	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	2344	-844	-10572	-7679	17278	-928	523	-220	-9968	-1735	3735	-958
pila	2	3504	998	-11138	11927	30695	27	2043	1736	-10507	19988	17888	180
pila	3	5783	2788	-9477	27654	43065	660	3630	3865	-8446	37483	27044	513
pila	4	4080	1108	-11297	11929	35815	973	2615	1829	-10726	19854	22975	1137
pila	5	4734	-688	-11052	-8935	41655	2719	3368	-49	-10429	-2071	29683	2755

13.1.4 Verifiche SLU/SLE

La sezione è armata mediante 300 ϕ 26 longitudinali e ϕ 20/100 trasversali. Si dispongono 12 ganci ϕ 16 in sezione trasversale a passo 200mm.

Si riportano di seguito le verifiche delle pile per le diverse combinazioni.



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.100	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-325.0	-64.8
2	-299.9	-39.8
3	-257.5	-39.8
4	-255.0	-49.8
5	-245.0	-49.8
6	-242.5	-39.8
7	-207.5	-39.8
8	-205.0	-49.8
9	-195.0	-49.8
10	-192.5	-39.8
11	-157.5	-39.8
12	-155.0	-49.8
13	-145.0	-49.8
14	-142.5	-39.8

15	-107.5	-39.8
16	-105.0	-49.8
17	-95.0	-49.8
18	-92.8	-39.8
19	-57.5	-39.8
20	-55.0	-49.8
21	-45.0	-49.8
22	-42.5	-39.8
23	-7.5	-39.8
24	-5.0	-49.8
25	-2.5	-49.8
26	-2.5	-104.7
27	-325.0	-104.7

DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-2.5	-49.8
2	5.0	-49.8
3	7.5	-39.8
4	42.5	-39.8
5	45.0	-49.8
6	55.0	-49.8
7	57.5	-39.8
8	92.8	-39.8
9	95.0	-49.8
10	105.0	-49.8
11	107.5	-39.8
12	142.5	-39.8
13	145.0	-49.8
14	155.0	-49.8
15	157.5	-39.8
16	192.5	-39.8
17	195.0	-49.8
18	205.0	-49.8
19	207.5	-39.8
20	242.5	-39.8
21	245.0	-49.8
22	255.0	-49.8
23	257.5	-39.8
24	299.9	-39.8
25	325.0	-64.8
26	325.0	-104.7
27	-2.5	-104.7

DOMINIO N° 3

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	325.0	-104.7
2	325.0	-164.7
3	299.9	-189.8
4	257.5	-189.8
5	255.0	-179.8
6	245.0	-179.8
7	242.5	-189.8
8	207.5	-189.8
9	205.0	-179.8
10	195.0	-179.8
11	192.5	-189.8
12	157.5	-189.8
13	155.0	-179.8
14	145.0	-179.8

15	142.5	-189.8
16	107.5	-189.8
17	105.0	-179.8
18	95.0	-179.8
19	92.8	-189.8
20	57.5	-189.8
21	55.0	-179.8
22	55.0	-179.8
23	45.0	-179.8
24	42.5	-189.8
25	7.5	-189.8
26	5.0	-179.8
27	-2.5	-179.8
28	-2.5	-104.7

DOMINIO N° 4

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-2.5	-179.8
2	-5.0	-179.8
3	-7.5	-189.8
4	-42.5	-189.8
5	-45.0	-179.8
6	-55.0	-179.8
7	-57.5	-189.8
8	-92.8	-189.8
9	-95.0	-179.8
10	-105.0	-179.8
11	-107.5	-189.8
12	-142.5	-189.8
13	-145.0	-179.8
14	-155.0	-179.8
15	-157.5	-189.8
16	-192.5	-189.8
17	-195.0	-179.8
18	-205.0	-179.8
19	-207.5	-189.8
20	-242.5	-189.8
21	-245.0	-179.8
22	-255.0	-179.8
23	-257.5	-189.8
24	-299.9	-189.8
25	-325.0	-164.7
26	-325.0	-104.7
27	-2.5	-104.7

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-318.0	-67.7	26
2	-307.5	-57.2	26
3	-297.0	-46.8	26
4	-280.0	-46.8	26
5	-263.0	-46.8	26
6	-261.7	-51.8	26
7	-260.5	-56.8	26
8	-250.0	-56.8	26
9	-239.5	-56.8	26
10	-238.3	-51.8	26
11	-237.0	-46.8	26
12	-225.0	-46.8	26
13	-213.0	-46.8	26
14	-211.7	-51.8	26
15	-210.5	-56.8	26

16	-200.0	-56.8	26
17	-189.5	-56.8	26
18	-188.3	-51.8	26
19	-187.0	-46.8	26
20	-175.0	-46.8	26
21	-163.0	-46.8	26
22	-161.7	-51.8	26
23	-160.5	-56.8	26
24	-139.5	-56.8	26
25	-138.3	-51.8	26
26	-137.0	-46.8	26
27	-125.0	-46.8	26
28	-113.0	-46.8	26
29	-111.7	-51.8	26
30	-110.5	-56.8	26
31	-89.7	-56.8	26
32	-88.4	-51.8	26
33	-87.2	-46.8	26
34	-75.1	-46.8	26
35	-63.1	-46.8	26
36	-61.9	-51.8	26
37	-60.6	-56.8	26
38	-39.5	-56.8	26
39	-38.3	-51.8	26
40	-37.0	-46.8	26
41	-25.0	-46.8	26
42	-13.0	-46.8	26
43	-11.7	-51.8	26
44	-10.5	-56.8	26
45	10.5	-56.8	26
46	11.7	-51.8	26
47	13.0	-46.8	26
48	25.0	-46.8	26
49	37.0	-46.8	26
50	38.3	-51.8	26
51	39.5	-56.8	26
52	60.6	-56.8	26
53	61.9	-51.8	26
54	63.1	-46.8	26
55	75.1	-46.8	26
56	87.2	-46.8	26
57	88.4	-51.8	26
58	89.7	-56.8	26
59	110.5	-56.8	26
60	111.7	-51.8	26
61	113.0	-46.8	26
62	125.0	-46.8	26
63	137.0	-46.8	26
64	138.3	-51.8	26
65	139.5	-56.8	26
66	160.5	-56.8	26
67	161.7	-51.8	26
68	163.0	-46.8	26
69	175.0	-46.8	26
70	187.0	-46.8	26
71	188.3	-51.8	26
72	189.5	-56.8	26
73	210.5	-56.8	26
74	211.7	-51.8	26
75	213.0	-46.8	26
76	225.0	-46.8	26
77	237.0	-46.8	26
78	238.3	-51.8	26
79	239.5	-56.8	26
80	-150.0	-56.8	26
81	-100.0	-56.8	26
82	-50.0	-56.8	26
83	50.0	-56.8	26

84	100.0	-56.8	26
85	150.0	-56.8	26
86	200.0	-56.8	26
87	250.0	-56.8	26
88	0.1	-56.8	26
89	318.3	-67.7	26
90	307.8	-57.2	26
91	297.3	-46.8	26
92	280.3	-46.8	26
93	280.3	-46.8	26
94	260.5	-56.8	26
95	261.7	-51.8	26
96	263.0	-46.8	26
97	-318.0	-91.2	26
98	-318.0	-114.8	26
99	-318.0	-79.5	26
100	-318.0	-103.0	26
101	-318.0	-126.5	26
102	-318.0	-150.0	26
103	-318.0	-138.3	26
104	318.3	-67.7	26
105	318.3	-91.2	26
106	318.3	-114.8	26
107	318.3	-79.5	26
108	318.3	-103.0	26
109	318.3	-126.5	26
110	318.3	-150.0	26
111	318.3	-138.3	26
112	-318.0	-161.8	26
113	-307.5	-172.3	26
114	-297.0	-182.8	26
115	-280.0	-182.8	26
116	-263.0	-182.8	26
117	-261.7	-177.8	26
118	-260.5	-172.8	26
119	-250.0	-172.8	26
120	-239.5	-172.8	26
121	-238.3	-177.8	26
122	-237.0	-182.8	26
123	-225.0	-182.8	26
124	-213.0	-182.8	26
125	-211.7	-177.8	26
126	-210.5	-172.8	26
127	-200.0	-172.8	26
128	-189.5	-172.8	26
129	-188.3	-177.8	26
130	-187.0	-182.8	26
131	-175.0	-182.8	26
132	-163.0	-182.8	26
133	-161.7	-177.8	26
134	-160.5	-172.8	26
135	-139.5	-172.8	26
136	-138.3	-177.8	26
137	-137.0	-182.8	26
138	-125.0	-182.8	26
139	-113.0	-182.8	26
140	-111.7	-177.8	26
141	-110.5	-172.8	26
142	-89.7	-172.8	26
143	-88.4	-177.8	26
144	-87.2	-182.8	26
145	-75.1	-182.8	26
146	-63.1	-182.8	26
147	-61.9	-177.8	26
148	-60.6	-172.8	26
149	-39.5	-172.8	26
150	-38.3	-177.8	26
151	-37.0	-182.8	26

152	-25.0	-182.8	26
153	-13.0	-182.8	26
154	-11.7	-177.8	26
155	-10.5	-172.8	26
156	10.5	-172.8	26
157	11.7	-177.8	26
158	13.0	-182.8	26
159	25.0	-182.8	26
160	37.0	-182.8	26
161	38.3	-177.8	26
162	39.5	-172.8	26
163	60.6	-172.8	26
164	61.9	-177.8	26
165	63.1	-182.8	26
166	75.1	-182.8	26
167	87.2	-182.8	26
168	88.4	-177.8	26
169	89.7	-172.8	26
170	110.5	-172.8	26
171	111.7	-177.8	26
172	113.0	-182.8	26
173	125.0	-182.8	26
174	137.0	-182.8	26
175	138.3	-177.8	26
176	139.5	-172.8	26
177	160.5	-172.8	26
178	161.7	-177.8	26
179	163.0	-182.8	26
180	175.0	-182.8	26
181	187.0	-182.8	26
182	188.3	-177.8	26
183	189.5	-172.8	26
184	210.5	-172.8	26
185	211.7	-177.8	26
186	213.0	-182.8	26
187	225.0	-182.8	26
188	237.0	-182.8	26
189	238.3	-177.8	26
190	239.5	-172.8	26
191	-150.0	-172.8	26
192	-100.0	-172.8	26
193	-50.0	-172.8	26
194	50.0	-172.8	26
195	100.0	-172.8	26
196	150.0	-172.8	26
197	200.0	-172.8	26
198	250.0	-172.8	26
199	0.1	-172.8	26
200	318.3	-161.8	26
201	307.8	-172.3	26
202	297.3	-182.8	26
203	280.3	-182.8	26
204	280.3	-182.8	26
205	260.5	-172.8	26
206	261.7	-177.8	26
207	263.0	-182.8	26
208	318.3	-161.8	26
209	-280.0	-161.8	26
210	-263.0	-161.8	26
211	-237.0	-161.8	26
212	-225.0	-161.8	26
213	-213.0	-161.8	26
214	-187.0	-161.8	26
215	-175.0	-161.8	26
216	-163.0	-161.8	26
217	-137.0	-161.8	26
218	-125.0	-161.8	26
219	-75.1	-161.8	26

220	-25.0	-161.8	26
221	25.0	-161.8	26
222	75.1	-161.8	26
223	125.0	-161.8	26
224	137.0	-161.8	26
225	163.0	-161.8	26
226	175.0	-161.8	26
227	187.0	-161.8	26
228	213.0	-161.8	26
229	225.0	-161.8	26
230	237.0	-161.8	26
231	297.3	-161.8	26
232	280.3	-161.8	26
233	280.3	-161.8	26
234	263.0	-161.8	26
235	-297.0	-161.8	26
236	-280.0	-67.7	26
237	-263.0	-67.7	26
238	-237.0	-67.7	26
239	-225.0	-67.7	26
240	-213.0	-67.7	26
241	-187.0	-67.7	26
242	-175.0	-67.7	26
243	-163.0	-67.7	26
244	-137.0	-67.7	26
245	-125.0	-67.7	26
246	-75.1	-67.7	26
247	-25.0	-67.7	26
248	25.0	-67.7	26
249	75.1	-67.7	26
250	125.0	-67.7	26
251	137.0	-67.7	26
252	163.0	-67.7	26
253	175.0	-67.7	26
254	187.0	-67.7	26
255	213.0	-67.7	26
256	225.0	-67.7	26
257	237.0	-67.7	26
258	297.3	-67.7	26
259	280.3	-67.7	26
260	280.3	-67.7	26
261	263.0	-67.7	26
262	-297.0	-67.7	26
263	-288.5	-182.8	26
264	-271.5	-182.8	26
265	-288.5	-46.8	26
266	-271.5	-46.8	26
267	271.5	-182.8	26
268	288.5	-182.8	26
269	271.5	-46.8	26
270	288.5	-46.8	26
271	-312.8	-167.0	26
272	-302.3	-177.5	26
273	-312.8	-62.5	26
274	-302.3	-52.0	26
275	302.6	-52.0	26
276	313.0	-62.5	26
277	302.6	-177.5	26
278	313.0	-167.0	26
279	-250.0	-161.8	26
280	-200.0	-161.8	26
281	-150.0	-161.8	26
282	-100.0	-161.8	26
283	-50.0	-161.8	26
284	100.0	-161.8	26
285	150.0	-161.8	26
286	200.0	-161.8	26
287	250.0	-161.8	26

288	0.1	-161.8	26
289	50.0	-161.8	26
290	-250.0	-67.7	26
291	-200.0	-67.7	26
292	-150.0	-67.7	26
293	-100.0	-67.7	26
294	-50.0	-67.7	26
295	50.0	-67.7	26
296	100.0	-67.7	26
297	150.0	-67.7	26
298	200.0	-67.7	26
299	250.0	-67.7	26
300	0.1	-67.7	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 20 mm
 Passo staffe e legature: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale
 N° Legature: 11
 Diam. Legature: 20

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N° Legat.	Barra 1	Barra 2
1	236	209
2	239	212
3	242	215
4	245	218
5	246	219
6	288	300
7	222	249
8	223	250
9	226	253
10	229	256
11	232	259

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	15490.57	6153.51	20314.75	794.76	1430.38
2	14402.45	8115.96	20348.02	1046.69	1512.08
3	14397.74	7798.53	16803.99	1008.40	1201.60
4	10571.70	17278.48	7678.51	2343.52	843.81
5	9967.97	3735.43	1735.03	523.19	219.78
6	16488.27	3194.48	20294.48	345.00	1983.44
7	15339.20	3231.02	21174.65	345.00	1938.28
8	15331.04	4762.20	17057.62	517.28	1621.59
9	11138.18	30694.76	11927.16	3504.37	998.25
10	10507.20	17887.61	19988.27	2042.81	1735.56
11	15142.24	2539.77	18897.77	324.59	2081.49
12	13936.98	1787.67	19067.61	223.42	1979.58
13	13937.73	4288.55	15578.51	551.71	1674.71
14	9476.82	43065.43	27653.90	5782.83	2788.13
15	8446.26	27043.62	37483.31	3629.77	3864.82
16	16554.13	1904.03	20550.04	202.64	1766.48
17	15409.19	997.47	21186.51	98.61	1767.14
18	15410.13	3561.08	17082.75	384.74	1446.24
19	11297.26	41654.94	8934.92	4734.23	688.02
20	10725.54	29682.75	2071.07	3368.16	48.81

21	15961.28	20757.60	1904.03	1768.17	202.64
22	14865.83	21394.08	997.47	1768.83	98.61
23	14866.19	17290.32	3561.08	1447.93	384.74
24	11051.92	16740.46	17004.12	1610.10	1897.28
25	10429.38	26179.78	10435.35	2542.60	1165.64

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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 [cm ²]. [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	15490.57	6153.51	20314.75	15490.60	34744.51	113315.17	5.631592.8(280.5)	
2	S	14402.45	8115.96	20348.02	14402.59	38462.90	95315.14	4.731592.8(280.5)	
3	S	14397.74	7798.53	16803.99	14398.01	40251.97	85582.07	5.151592.8(280.5)	
4	S	10571.70	17278.48	7678.51	10571.47	44042.71	19514.90	2.551592.8(280.5)	
5	S	9967.97	3735.43	1735.03	9967.69	43762.68	18655.57	11.711592.8(280.5)	
6	S	16488.27	3194.48	20294.48	16488.12	23635.50	151392.66	7.541592.8(280.5)	
7	S	15339.20	3231.02	21174.65	15339.18	23319.66	150631.44	7.181592.8(280.5)	
8	S	15331.04	4762.20	17057.62	15331.01	33459.06	118069.66	7.011592.8(280.5)	
9	S	11138.18	30694.76	11927.16	11137.90	44412.38	17177.42	1.451592.8(280.5)	
10	S	10507.20	17887.61	19988.27	10507.18	42565.03	47542.97	2.391592.8(280.5)	
11	S	15142.24	2539.77	18897.77	15142.33	21583.54	154652.87	8.281592.8(280.5)	
12	S	13936.98	1787.67	19067.61	13936.80	15764.78	165131.66	8.751592.8(280.5)	
13	S	13937.73	4288.55	15578.51	13937.51	32929.53	118014.05	7.671592.8(280.5)	
14	S	9476.82	43065.43	27653.90	9476.86	43148.71	27923.56	1.001592.8(280.5)	
15	S	8446.26	27043.62	37483.31	8446.33	40845.18	57103.23	1.521592.8(280.5)	
16	S	16554.13	1904.03	20550.04	16554.35	15761.44	168967.22	8.311592.8(280.5)	
17	S	15409.19	997.47	21186.51	15409.49	7729.14	178701.77	8.521592.8(280.5)	
18	S	15410.13	3561.08	17082.75	15410.34	28506.36	135760.32	8.041592.8(280.5)	
19	S	11297.26	41654.94	8934.92	11297.19	44717.78	9407.57	1.071592.8(280.5)	
20	S	10725.54	29682.75	2071.07	10725.56	44541.24	3048.00	1.501592.8(280.5)	
21	S	15961.28	20757.60	1904.03	15961.14	47176.66	3795.27	2.271592.8(280.5)	
22	S	14865.83	21394.08	997.47	14866.13	46657.85	2101.49	2.181592.8(280.5)	

23	S	14866.19	17290.32	3561.08	14866.31	46515.58	9419.28	2.691592.8(280.5)
24	S	11051.92	16740.46	17004.12	11051.91	43095.16	43560.10	2.581592.8(280.5)
25	S	10429.38	26179.78	10435.35	10429.19	44038.58	17505.80	1.681592.8(280.5)

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	299.9	-39.8	0.00326	297.3	-46.8	-0.00565	-297.0	-182.8
2	0.00350	299.9	-39.8	0.00322	297.3	-46.8	-0.00582	-297.0	-182.8
3	0.00350	299.9	-39.8	0.00320	297.3	-46.8	-0.00599	-297.0	-182.8
4	0.00350	299.9	-39.8	0.00285	297.3	-46.8	-0.01108	-297.0	-182.8
5	0.00350	299.9	-39.8	0.00283	297.3	-46.8	-0.01133	-297.0	-182.8
6	0.00350	299.9	-39.8	0.00331	297.3	-46.8	-0.00591	-297.0	-182.8
7	0.00350	299.9	-39.8	0.00331	297.3	-46.8	-0.00602	-297.0	-182.8
8	0.00350	299.9	-39.8	0.00326	297.3	-46.8	-0.00566	-297.0	-182.8
9	0.00350	299.9	-39.8	0.00283	297.3	-46.8	-0.01124	-297.0	-182.8
10	0.00350	299.9	-39.8	0.00304	297.3	-46.8	-0.00828	-297.0	-182.8
11	0.00350	299.9	-39.8	0.00332	297.3	-46.8	-0.00617	-297.0	-182.8
12	0.00350	299.9	-39.8	0.00334	297.3	-46.8	-0.00687	-297.0	-182.8
13	0.00350	299.9	-39.8	0.00326	297.3	-46.8	-0.00576	-297.0	-182.8
14	0.00350	299.9	-39.8	0.00290	297.3	-46.8	-0.01032	-297.0	-182.8
15	0.00350	299.9	-39.8	0.00308	297.3	-46.8	-0.00790	-297.0	-182.8
16	0.00350	299.9	-39.8	0.00334	297.3	-46.8	-0.00662	-297.0	-182.8
17	0.00350	325.0	-64.8	0.00336	318.3	-67.7	-0.00777	-318.0	-161.8
18	0.00350	299.9	-39.8	0.00329	297.3	-46.8	-0.00575	-297.0	-182.8
19	0.00350	299.9	-39.8	0.00276	297.3	-46.8	-0.01225	-297.0	-182.8
20	0.00350	299.9	-39.8	0.00269	297.3	-46.8	-0.01345	-297.0	-182.8
21	0.00350	299.9	-39.8	0.00277	297.3	-46.8	-0.01181	-297.0	-182.8
22	0.00350	299.9	-39.8	0.00274	297.3	-46.8	-0.01236	-297.0	-182.8
23	0.00350	299.9	-39.8	0.00281	297.3	-46.8	-0.01132	-297.0	-182.8
24	0.00350	299.9	-39.8	0.00302	297.3	-46.8	-0.00852	-297.0	-182.8
25	0.00350	299.9	-39.8	0.00283	297.3	-46.8	-0.01137	-297.0	-182.8

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	0.000007622	0.000032160	0.002492459	----	----
2	0.000006768	0.000036948	0.002938758	----	----
3	0.000006257	0.000040219	0.003222199	----	----
4	0.000002303	0.000092321	0.006478908	----	----
5	0.000002239	0.000094373	0.006579739	----	----
6	0.000010180	0.000023339	0.001374411	----	----
7	0.000010343	0.000023394	0.001327786	----	----
8	0.000007907	0.000031054	0.002362970	----	----
9	0.000002089	0.000094344	0.006623696	----	----
10	0.000004335	0.000064314	0.004756252	----	----
11	0.000010859	0.000022264	0.001128275	----	----
12	0.000012954	0.000018444	0.000347967	----	----
13	0.000008055	0.000031155	0.002322621	----	----

14	0.00003013	0.000084069	0.005938136	----	----
15	0.00005016	0.000058790	0.004332569	----	----
16	0.000012650	0.000017974	0.000420341	----	----
17	0.000015896	0.000010814	-0.000965258	----	----
18	0.000009013	0.000027037	0.001871488	----	----
19	0.000001338	0.000104568	0.007255445	----	----
20	0.000000570	0.000116168	0.007946669	----	----
21	0.000000635	0.000104391	0.007459044	----	----
22	0.000000437	0.000109104	0.007705951	----	----
23	0.000001283	0.000098285	0.007022103	----	----
24	0.000004060	0.000067088	0.004948991	----	----
25	0.000002131	0.000095080	0.006640459	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 20 mm
Diam. Legature: 20 mm
Passo staffe e legature: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. 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.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1103.19	6853.63	5069.92	59.6 43.3	448.2	2.500	1.088	26.0	119.6(64.0)
2	S	1302.01	7837.30	5487.67	59.3 44.4	503.5	2.500	1.082	30.0	126.4(72.4)
3	S	1181.12	8377.50	6277.96	59.2 44.7	534.4	2.500	1.082	27.0	143.6(90.5)
4	S	2363.84	10452.15	8461.49	58.4 47.3	643.0	2.500	1.060	51.1	1182.9(137.1)
5	S	528.25	10456.37	8518.64	58.4 47.5	643.0	2.500	1.057	11.4	1183.5(137.8)
6	S	1109.23	5187.24	4112.90	62.7 43.6	335.5	2.500	1.094	26.0	96.5(37.4)
7	S	1099.30	5144.43	4126.14	62.8 43.8	332.8	2.500	1.087	25.6	96.2(37.1)
8	S	901.40	6830.59	5049.76	59.9 43.9	441.7	2.500	1.087	21.0	117.7(61.7)
9	S	3525.61	10488.77	8514.40	58.4 47.2	643.8	2.500	1.063	76.3	184.2(138.7)
10	S	2154.91	9975.31	7543.31	58.6 46.4	626.2	2.500	1.060	47.5	166.4(117.5)
11	S	1204.18	4783.78	4000.93	63.6 43.3	313.3	2.500	1.086	28.4	94.4(34.7)
12	S	1320.58	4326.37	4125.45	69.7 47.9	258.3	2.500	1.079	28.2	88.1(26.7)
13	S	953.34	6480.08	5011.35	60.0 43.7	423.9	2.500	1.079	22.3	117.3(61.2)
14	S	5878.97	10320.65	8229.10	58.5 47.2	639.6	2.500	1.054	127.3	178.2(131.5)
15	S	3945.18	9780.95	6630.21	58.7 46.8	615.2	2.500	1.048	86.2	144.9(95.0)
16	S	1182.41	4420.87	4054.79	69.4 47.1	264.7	2.500	1.094	25.7	88.1(26.7)

17	S	1516.55	4151.53	4924.22	98.2 67.7	173.8	2.500	1.088	22.9	74.3(11.5)
18	S	822.37	5943.48	4739.20	60.9 43.8	384.8	2.500	1.088	19.2	110.6(53.1)
19	S	4742.64	10600.01	9725.57	58.3 47.5	646.7	2.500	1.064	102.1209.3	(164.6)
20	S	3368.36	10668.19	10027.01	58.3 47.9	647.7	2.500	1.061	71.9214.1	(170.2)
21	S	1769.37	10679.02	12643.71	58.4 46.7	646.7	2.500	1.091	38.7276.9	(232.8)
22	S	1769.21	10700.98	12812.93	58.3 47.0	647.5	2.500	1.085	38.5278.8	(234.9)
23	S	1452.83	10613.75	12365.93	58.3 46.7	646.6	2.500	1.085	31.8270.8	(226.1)
24	S	1721.77	10052.35	7642.86	58.6 46.3	629.8	2.500	1.063	38.0168.7	(120.3)
25	S	2568.08	10482.11	8535.14	58.4 47.4	643.8	2.500	1.059	55.4184.1	(138.5)

13.2 Zattere

Le zattere di fondazione sono a pianta rettangolare 16.20x14.40 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 18 pali in calcestruzzo di diametro 120cm. Si riporta di seguito la visualizzazione del modello.

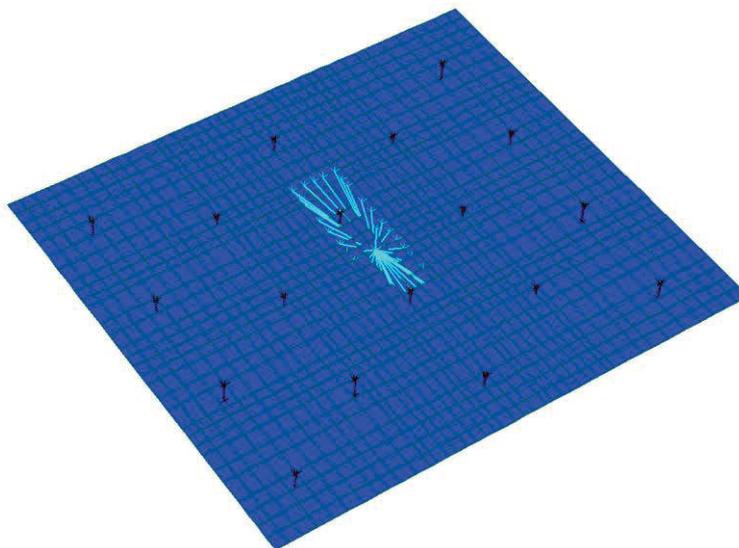


Figura 67: Modello FEM globale

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

	ID		pila 1	pila 2	pila 3	pila 4	pila 5
SLU Traffico	FX	(kN)	794.76	345.00	324.59	225.31	202.64
	FY	(kN)	-1451.49	-2009.35	-2080.78	-1805.88	-1768.17
	FZ	(kN)	-19787.93	-21064.31	-19133.22	-21178.39	-20433.12
	MX	(kN.m)	-20706.20	-20774.40	-19055.29	-20586.81	-20757.60
	MY	(kN.m)	6153.51	3194.48	2539.77	2107.61	1904.03
	MZ	(kN.m)	-628.35	-11439.38	-13362.74	-2936.12	-11307.40
SLU Vento	FX	(kN)	1046.69	345.00	223.42	134.52	98.61
	FY	(kN)	-1533.20	-1964.18	-1978.88	-1819.14	-1768.83
	FZ	(kN)	-18699.80	-19915.24	-17927.96	-20033.45	-19337.67
	MX	(kN.m)	-20739.48	-21654.57	-19225.13	-21575.41	-21394.08
	MY	(kN.m)	8115.96	3231.02	1787.67	1319.59	997.47
	MZ	(kN.m)	801.68	-9208.45	-9887.08	-1458.97	-9343.13
SLU Frenamento	FX	(kN)	1008.40	517.28	551.71	405.19	384.74
	FY	(kN)	-1222.72	-1647.49	-1674.01	-1486.36	-1447.93
	FZ	(kN)	-18695.10	-19907.08	-17928.71	-20034.39	-19338.03
	MX	(kN.m)	-17195.45	-17537.54	-15736.03	-17273.46	-17290.32
	MY	(kN.m)	7798.53	4762.20	4288.55	3744.47	3561.08
	MZ	(kN.m)	114.14	-8901.32	-9903.45	-1876.28	-8638.47

13.2.1.2 Combinazioni con Nmin

	ID		pila 1	pila 2	pila 3	pila 4	pila 5
SLU Traffico	FX	(kN)	794.76	345.00	324.59	225.31	202.64
	FY	(kN)	-1430.38	-1983.44	-2081.49	-1796.86	-1766.48
	FZ	(kN)	-15490.57	-16488.27	-15142.24	-16554.13	-15961.28
	MX	(kN.m)	-20314.75	-20294.48	-18897.77	-20328.86	-20550.04
	MY	(kN.m)	6153.51	3194.48	2539.77	2107.61	1904.03
	MZ	(kN.m)	-1016.83	-11209.86	-13506.27	-3131.99	-11432.70
SLU Vento	FX	(kN)	1046.69	345.00	223.42	134.52	98.61
	FY	(kN)	-1512.08	-1938.28	-1979.58	-1810.13	-1767.14
	FZ	(kN)	-14402.45	-15339.20	-13936.98	-15409.19	-14865.83
	MX	(kN.m)	-20348.02	-21174.65	-19067.61	-21317.46	-21186.51
	MY	(kN.m)	8115.96	3231.02	1787.67	1319.59	997.47
	MZ	(kN.m)	413.21	-8978.93	-10030.61	-1654.84	-9468.43
SLU Frenamento	FX	(kN)	1008.40	517.28	551.71	405.19	384.74
	FY	(kN)	-1201.60	-1621.59	-1674.71	-1477.34	-1446.24
	FZ	(kN)	-14397.74	-15331.04	-13937.73	-15410.13	-14866.19
	MX	(kN.m)	-16803.99	-17057.62	-15578.51	-17015.51	-17082.75
	MY	(kN.m)	7798.53	4762.20	4288.55	3744.47	3561.08
	MZ	(kN.m)	-274.34	-8671.80	-10046.98	-2072.15	-8763.77

13.2.1.3 Combinazioni sismiche

	ID		pila 1	pila 2	pila 3	pila 4	pila 5
SLV X+0.3Y	FX	(kN)	2577.87	3854.81	6361.11	4488.47	5207.65
	FY	(kN)	-928.19	1098.08	3066.95	1218.49	-756.82
	FZ	(kN)	-11628.87	-12251.99	-10424.50	-12426.98	-12157.12
	MX	(kN.m)	-8446.36	13119.88	30419.29	13121.65	-9828.41
	MY	(kN.m)	19006.33	33764.24	47371.97	39396.04	45820.43
	MZ	(kN.m)	-1021.24	29.76	726.07	1069.98	2990.94
SLV (Y+0.3X)	FX	(kN)	575.51	2247.10	3992.75	2876.69	3704.97
	FY	(kN)	-241.76	1909.12	4251.30	2012.12	-53.69
	FZ	(kN)	-10964.77	-11557.92	-9290.89	-11798.09	-11472.32
	MX	(kN.m)	-1908.54	21987.10	41231.64	21839.63	-2278.17
	MY	(kN.m)	4108.97	19676.37	29747.98	25272.33	32651.03
	MZ	(kN.m)	-1053.89	198.31	564.05	1250.32	3030.68

13.2.2 Verifiche SLU

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime e minime agenti agli SLU/SLV.

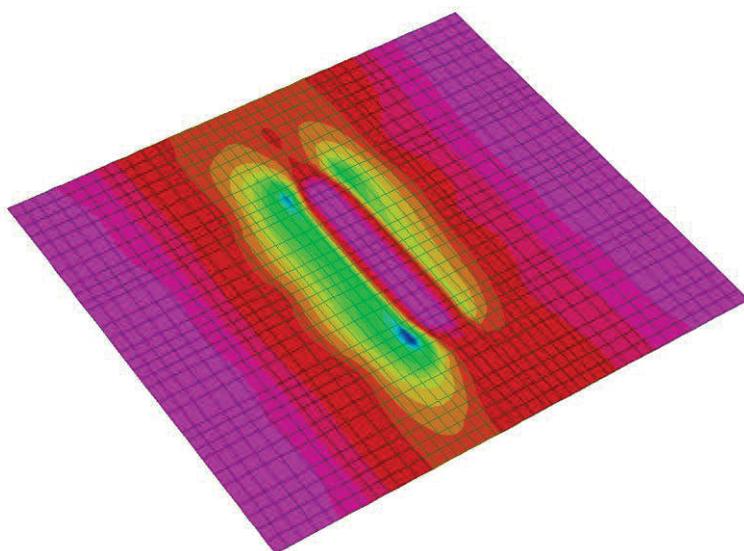
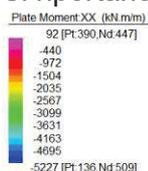


Figura 68: Mxx SLU

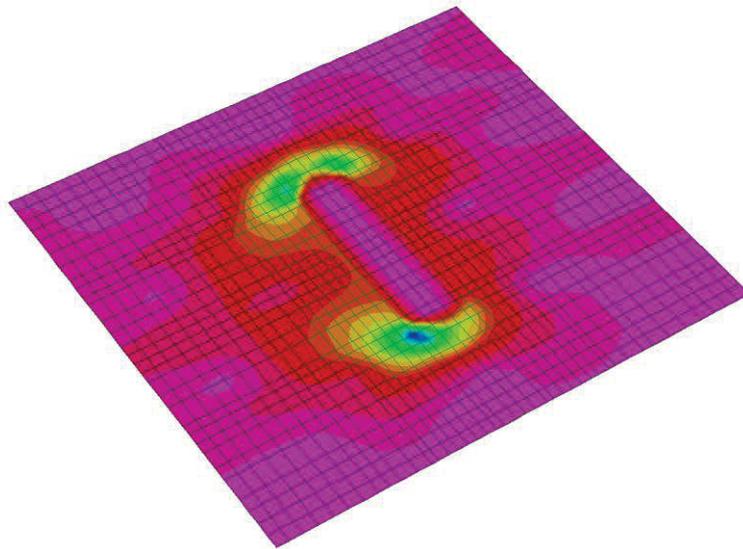
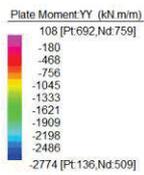


Figura 69: Myy SLU

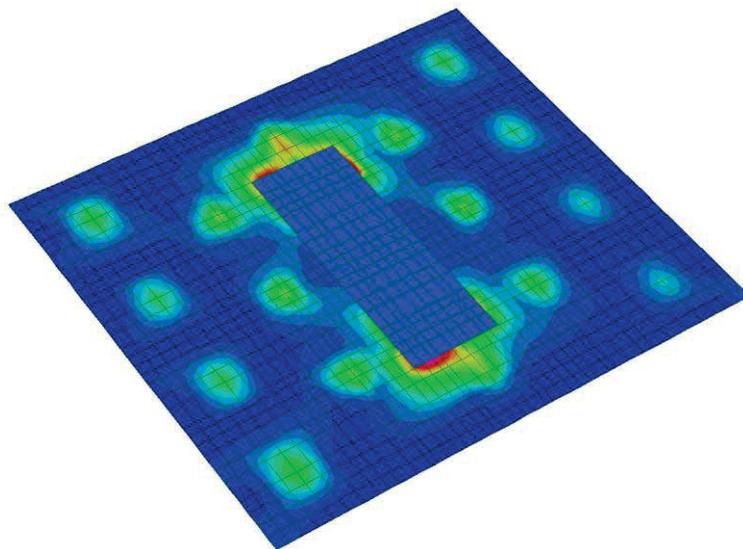
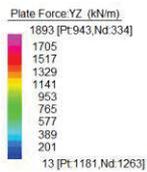


Figura 70: Fyz SLU – Inviluppo assoluto

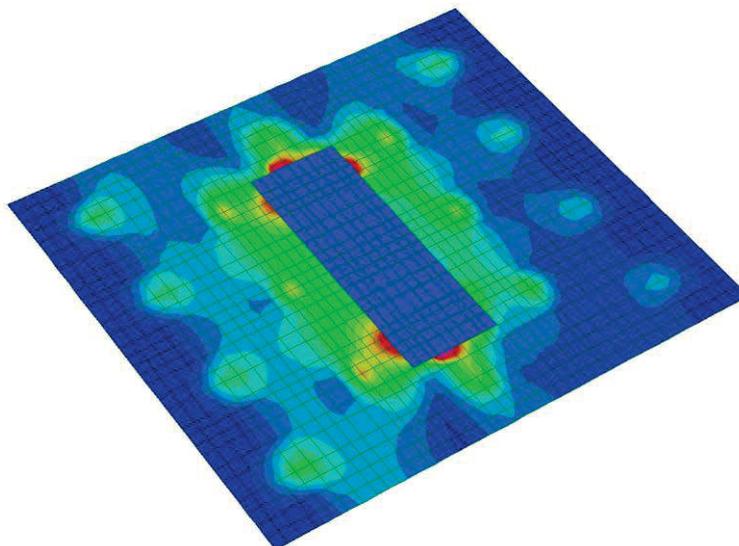
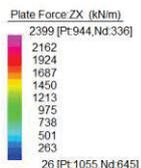


Figura 71: Fzx SLU – Inviluppo assoluto

La sezione di spessore 180cm risulta armata mediante un doppio strato di 10 ϕ 24/m inferiori e superiori in entrambe le direzioni nella zona di influenza della pila, il resto dell'area in pianta è armata mediante 10 ϕ 24/m inferiori e superiori in entrambe le direzioni. A taglio si dispongono 9 ganci ϕ 16/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 sismicità:	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 ²
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
5	45.0	170.0	24
6	-45.0	170.0	24
7	45.0	10.0	24
8	-45.0	10.0	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
3	5	6	8	24
4	7	8	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	-5227.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-2774.00	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:	2.6 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 ²] 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
--------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------

Relazione tecnica e di calcolo

134

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



1	S	0.00	-5227.00	0.00	0.00	-5917.73	0.00	1.13	90.5(27.9)
2	S	0.00	-2774.00	0.00	0.00	-5917.73	0.00	2.13	90.5(27.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

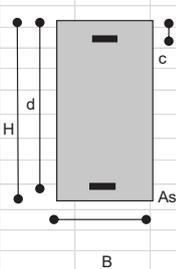
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. 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	0.00350	0.064	-50.0	0.0	0.00194	-45.0	5.0	-0.05108	-45.0	175.0
2	0.00350	0.064	-50.0	0.0	0.00194	-45.0	5.0	-0.05108	-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	-0.000311905	0.003500000	0.064	0.700
2	0.000000000	-0.000311905	0.003500000	0.064	0.700

Dati CA				Calcolo sezione in C.A.			
sezione B = 1000 [mm] H = 1800 [mm] d = 1750 [mm] c = 50 [mm] Rck = 35 [MPa] γ CLS = 1.5 v = 0.5 Armature longitudinali lembo tes.: Base Agg n° barre 10 φ barre 24 armatura As = 4524 [mm²] φ braccio = 16 [mm] A braccio = 201 [mm²] p staffe = 300.0 [mm] α staffe = 90.0 [°] n° bracci = 3 Asw/s = 2.011 fyk = 450 [MPa] θ puntoni = 18.01 [°] γ ACC = 1.15							
				k = 1.34 ρ1 = 0.00259 v min = 0.29 σ cp = 0.00 [MPa] α c = 1			
				SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO $V_{Rd,calc} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk}^{2/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d] \geq (V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (4.1.14) $V_{Rd,min} = 510.97$ [kN] $V_{Rd,calc} = 550.26$ [kN] $V_{Rd} = 550.26$ kN			
				SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08) Taglio trazione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$ $V_{Rd} = 3097.88$ [kN] Taglio compressione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{ctk} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$ $V_{Rd} = 4470.19$ [kN] $V_{Rd} = 3097.88$ kN			

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*.

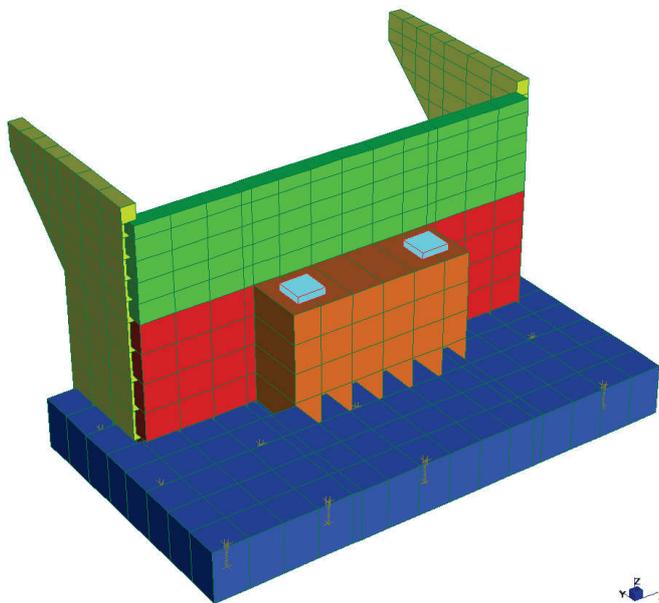


Figura 72: Modello FEM globale

La fondazione è stata modellata, a favore di sicurezza, inserendo molle verticali nodali a simulare la rigidità offerta dai pali. Tali molle traslazionali sono state dimensionate coerentemente con le rigidità delle strutture di fondazione.

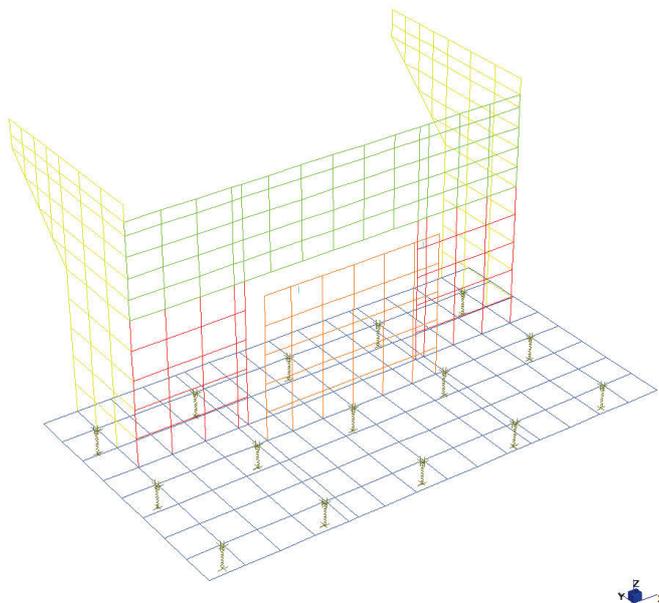


Figura 73: Modello FEM wireframe - Molle nodali

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.

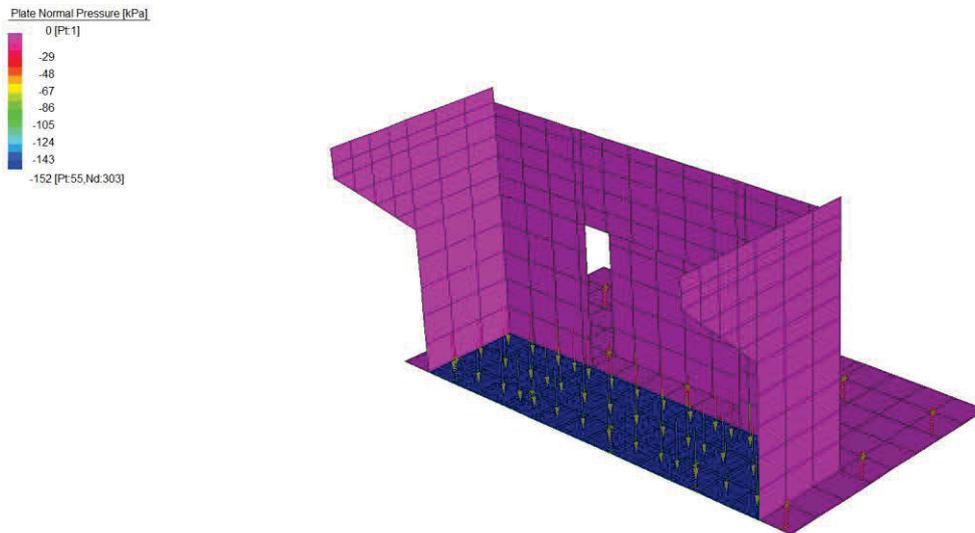


Figura 74: Carico verticale del terreno

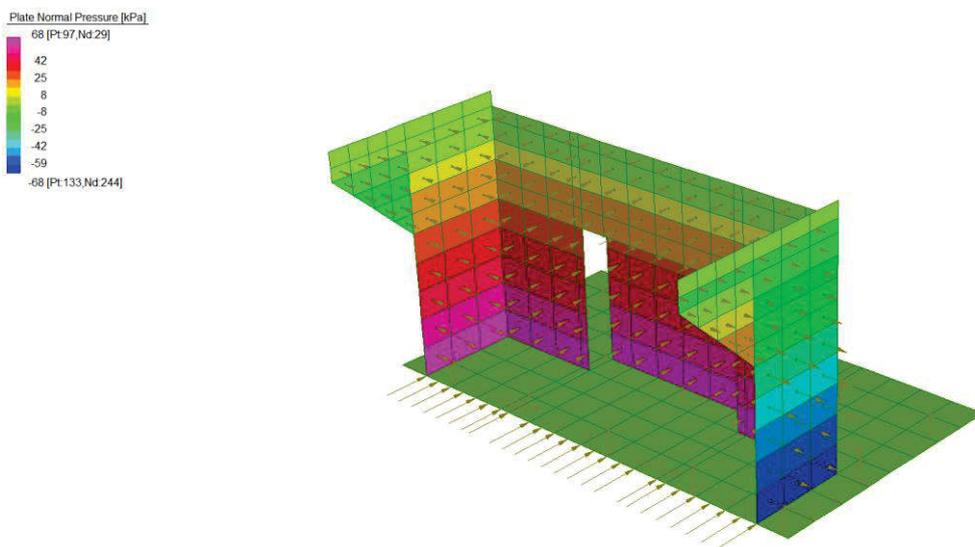


Figura 75: Spinta statica del terreno

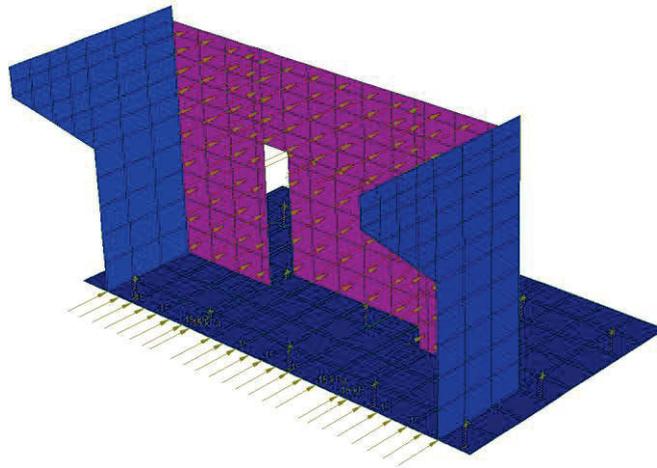
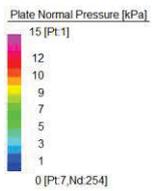


Figura 76: Spinta sismica del terreno longitudinale

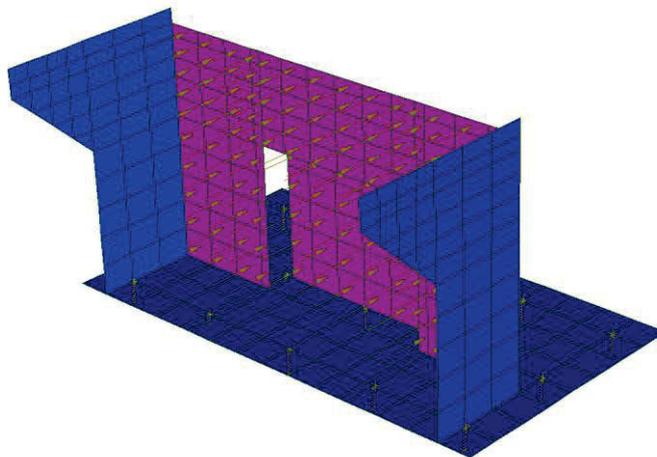
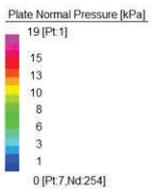


Figura 77: Inerzia del terreno longitudinale

Plate Normal Pressure [kPa]

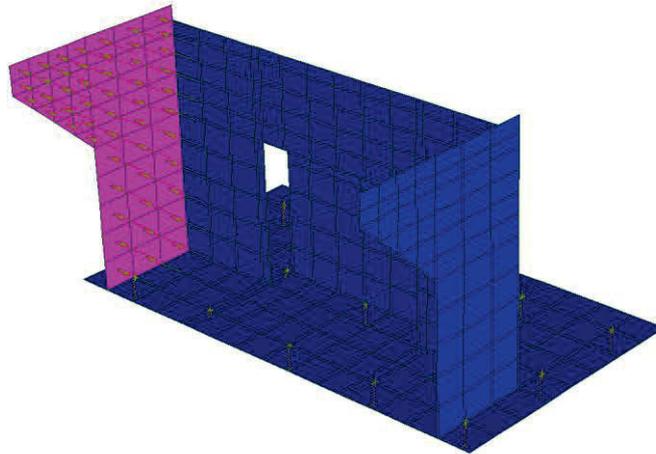
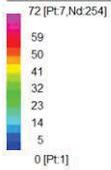


Figura 78: Inerzia del terreno trasversale

Plate Normal Pressure [kPa]

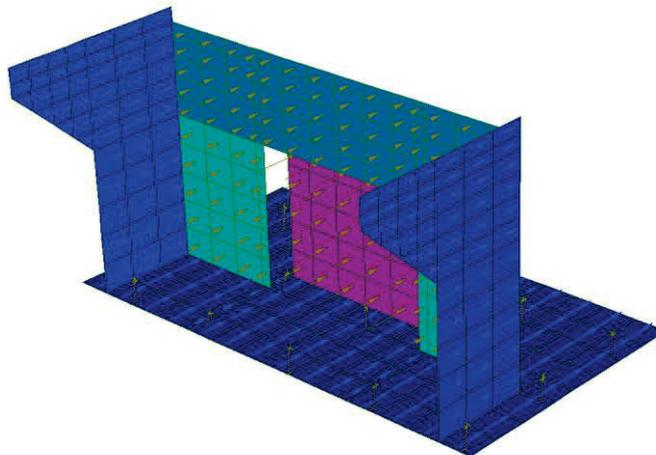
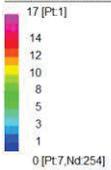


Figura 79: Inerzia strutturale longitudinale

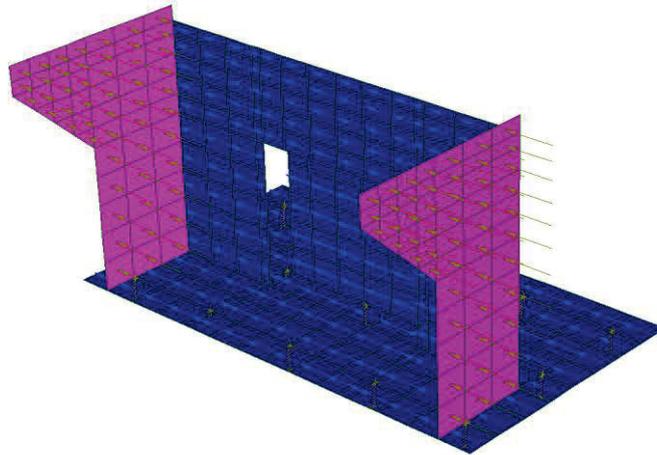
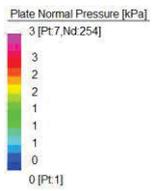


Figura 80: Inerzia strutturale trasversale

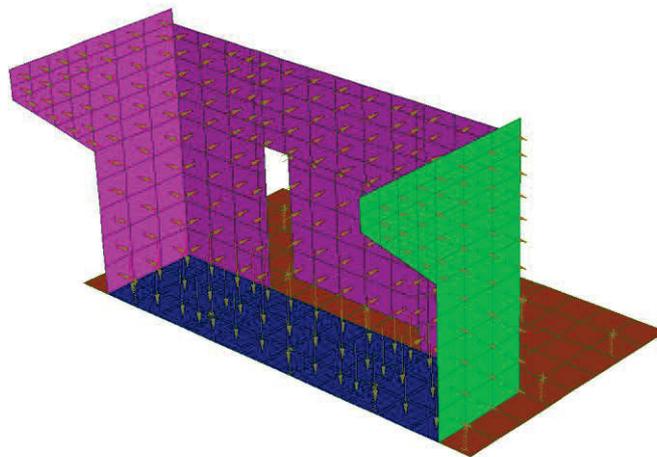
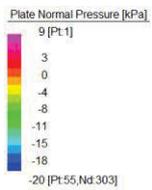


Figura 81: Sovraccarico accidentale

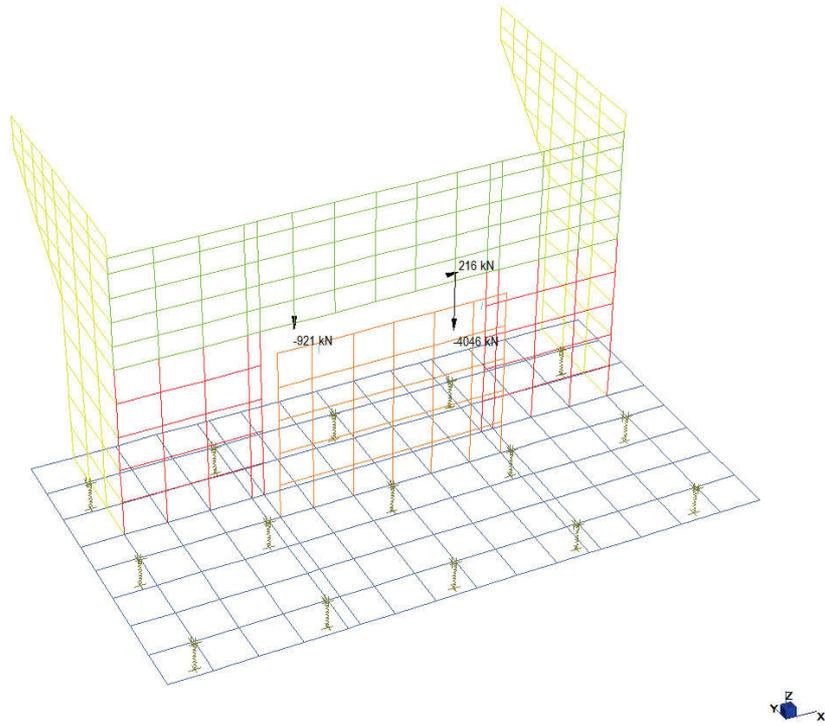


Figura 82: Carichi derivanti dagli appoggi dell'impalcato allo SLU

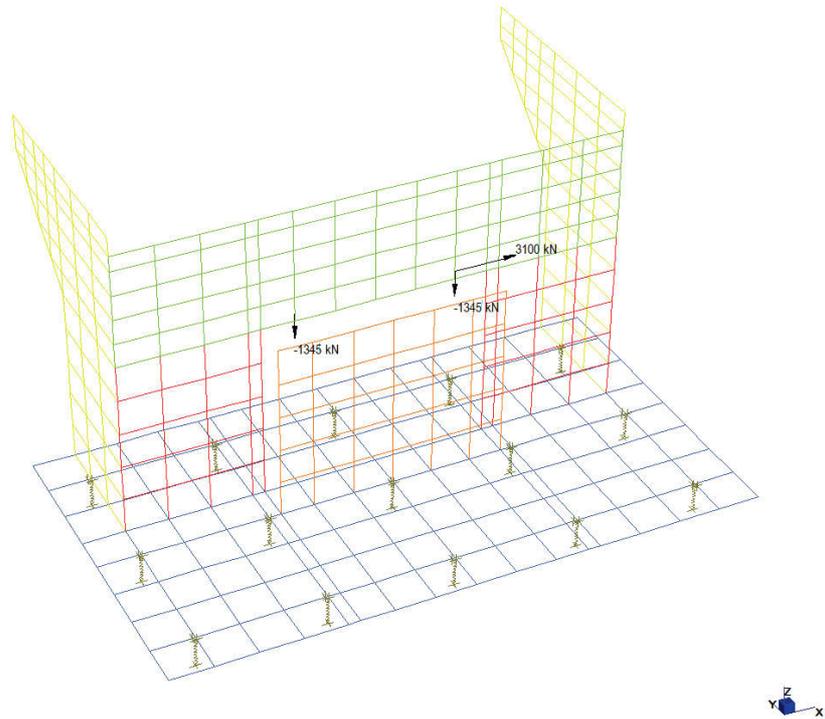


Figura 83: Carichi derivanti dagli appoggi dell'impalcato - combinazione sismica SLV Y+0.3X

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.

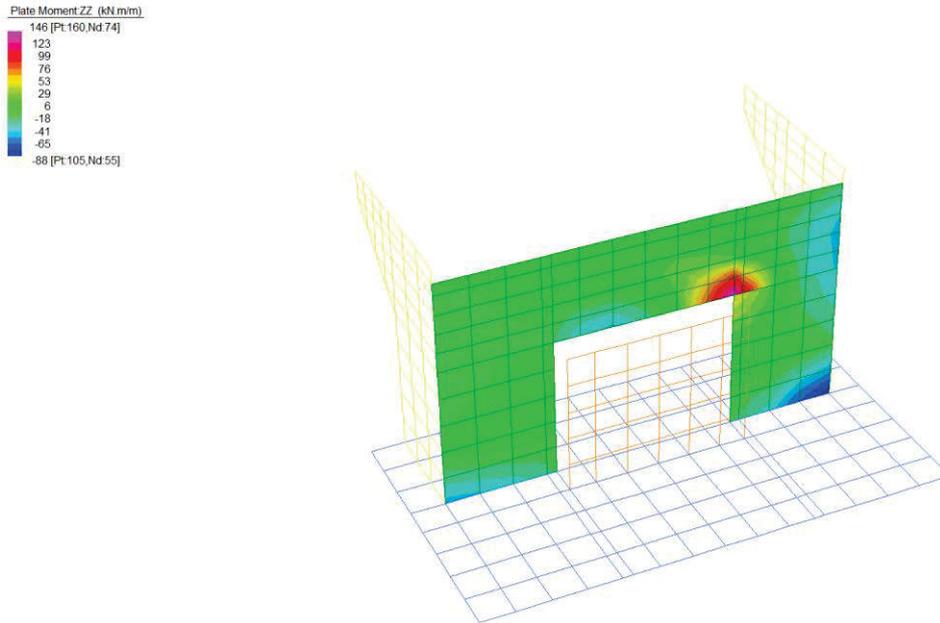


Figura 84: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo

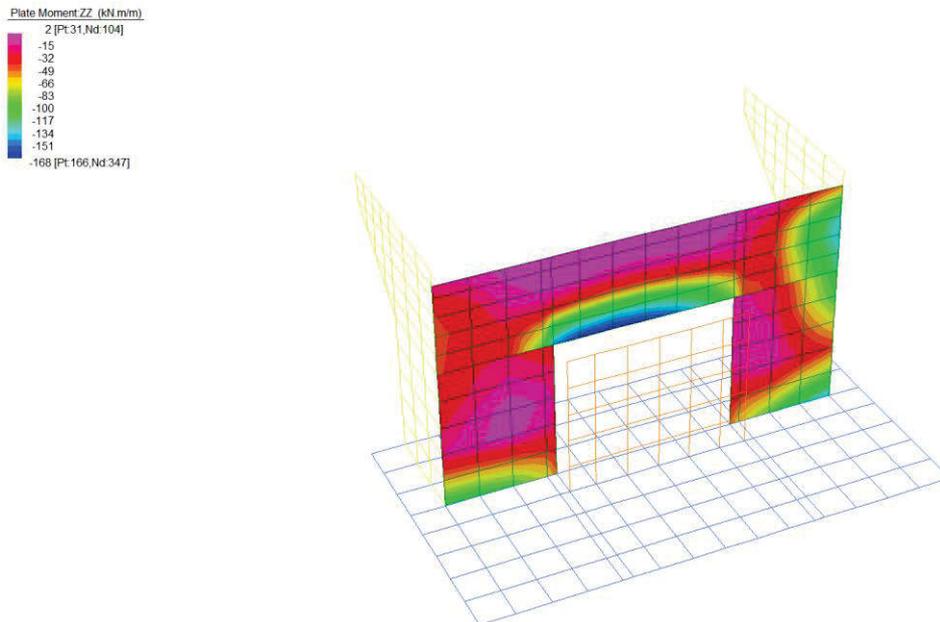


Figura 85: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo

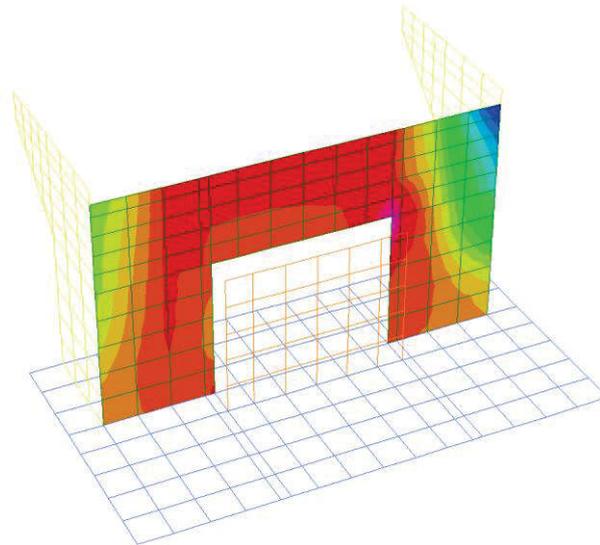
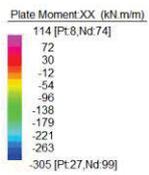


Figura 86: Momenti XX – SLU – Involuppo massimo

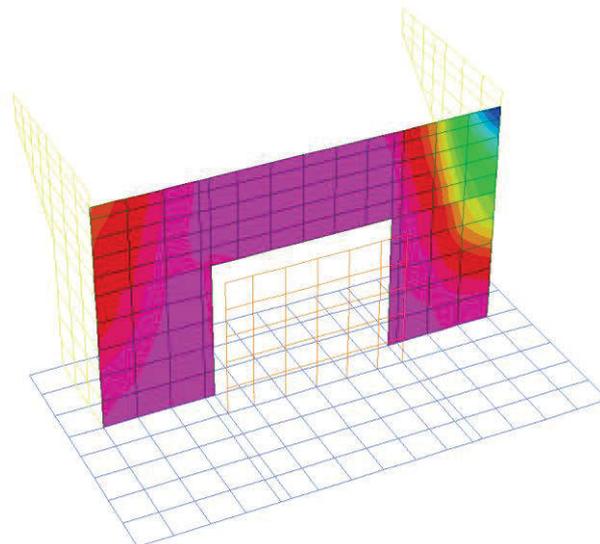
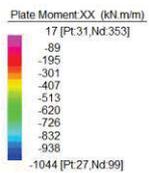


Figura 87: Momenti YY – SLU – Involuppo minimo

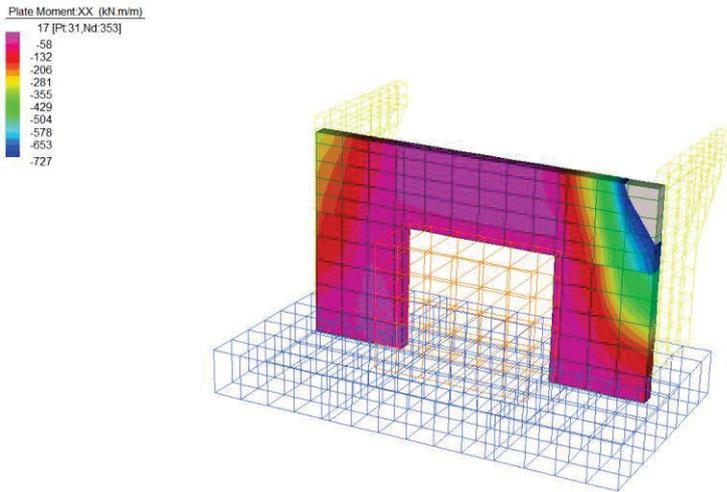


Figura 88: Momenti YY – SLU – Mrd Armatura base

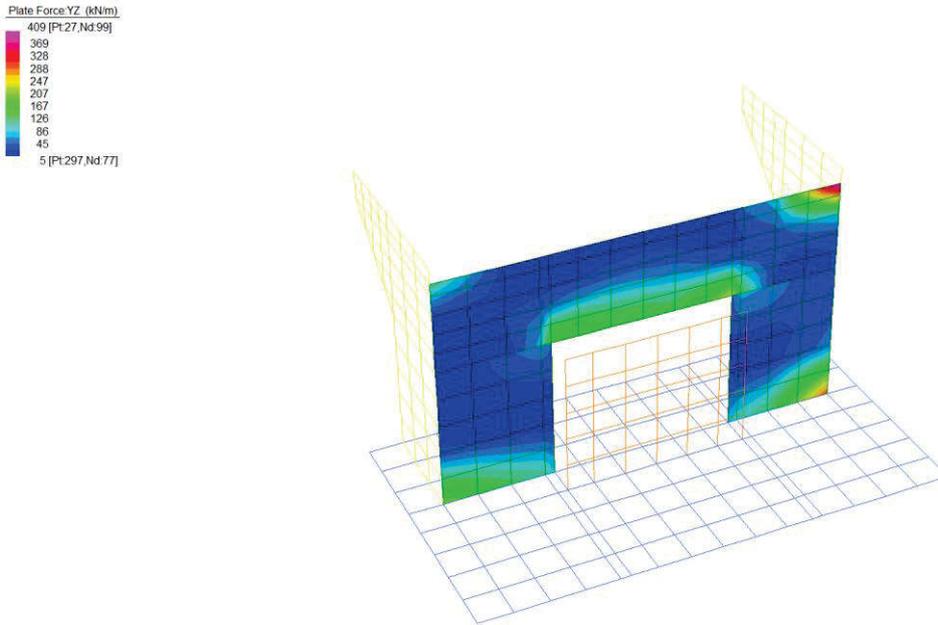


Figura 89: Taglio ZY – SLU – Involuppo assoluto

14.2.1.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 50cm risulta armata mediante 10 ϕ 20/m interni ed esterni in direzione verticale e mediante 10 ϕ 24/m interni ed esterni di base in direzione orizzontale; nelle zone di collegamento con i muri laterali si prevede un ulteriore strato da 6+6 ϕ 24/m. A taglio si dispongono 9 ganci ϕ 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 ²
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	168.00	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)								
As Tesa	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm ²] 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	168.00	0.00	0.00	512.35	0.00	3.05	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: Parghiaia – Armatura base 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 ²
	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	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			
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	727.00	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 ²] 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	727.00	0.00	0.00	728.44	0.00	1.00	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

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

NOME SEZIONE: Parghiaia – Sezione di collegamento con muri laterali – Armatura orizzontale aggiuntiva

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 ²
	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	24
2	-45.0	45.0	24
3	45.0	45.0	24
4	45.0	5.0	24
5	-45.0	40.0	24
6	45.0	40.0	24
7	-45.0	10.0	24
8	45.0	10.0	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
3	5	6	4	24
4	7	8	4	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
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	1044.00	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:	2.6 cm

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

	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
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	1044.00	0.00	0.00	1095.02	0.00	1.05	72.4(7.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
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	0.217	-50.0	50.0	0.00170	-45.0	45.0	-0.01266	-45.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a	b	c	x/d	C.Rid.
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	0.000359150	-0.014457513	0.217	0.711

Dati CA			Calcolo sezione in C.A.		
sezione					
B =	1000	[mm]	k =	1.67	$\rho_1 = 0.01005$
H =	500	[mm]	$v_{min} =$	0.42	
d =	450	[mm]	$\sigma_{cp} =$	0.00	[MPa] =====>
c =	50	[mm]	SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO		
Rck =	37	[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		$V_{Rd, min} =$	187.80	[kN]
$v =$	0.5		$V_{Rd, calc} =$	282.34	[kN]
Armature longitudinali lembo teso: Base Agg			V_{Rd} = 282.34 kN		
n° barre	10				
Φ barre	24				
armatura			SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)		
As =	4524	[mm ²]	Taglio trazione		
ϕ braccio =	12	[mm]	$V_{Rd1} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$		
A braccio =	113	[mm ²]	$V_{Rd1} =$	448.09	[kN]
p staffe =	300.0	[mm]	Taglio compressione		
α staffe =	90.0	[°]	$V_{Rd2} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot F_{ctd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$		
n° bracci =	3		$V_{Rd2} =$	1215.16	[kN]
A _{sw} /s	1.131		V_{Rd} = 448.09 kN		
f _{yk} =	450	[MPa]			
θ puntoni =	13.03	[°]			
$\gamma_{ACC} =$	1.15				
Solicitazioni					
V _{Ed} =	409.00	[kN]			
N _{Ed} =	0.00	[kN]	positivo se di compressione		
Verifiche					
V _{sdl} =	409.00	[kN]	>	V _{rd1} =	282.34 [kN] =====>
			<	V _{rd2} =	448.09 [kN] =====>
					SERVE ARMATURA D'ANIMA
					ARMATURA VERIFICATA
			Note:	V _{rd1} è la resistenza a taglio con solo arm. long	
				V _{rd2} è la resistenza a taglio totale della sez. in c.a.	

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.

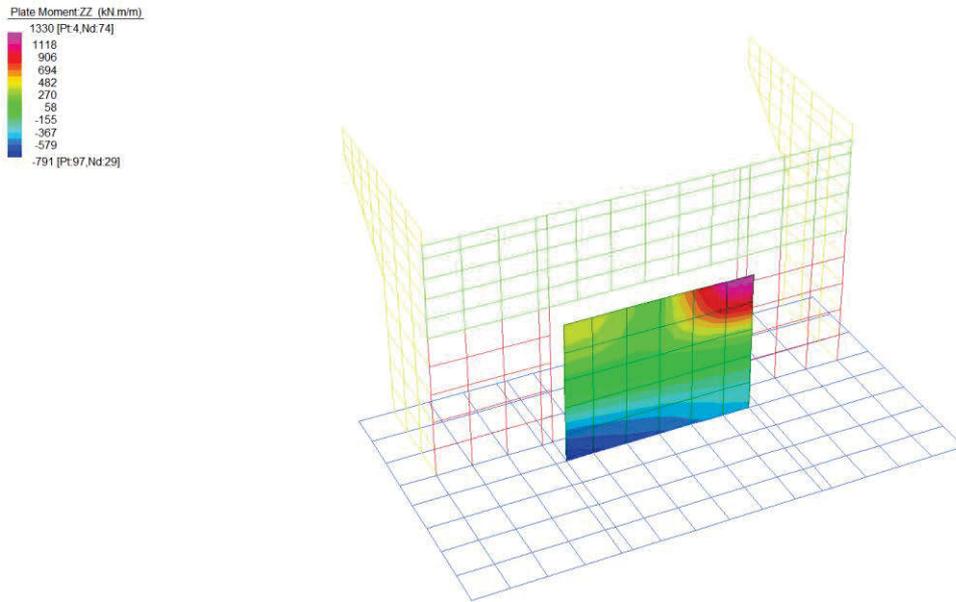


Figura 90: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo

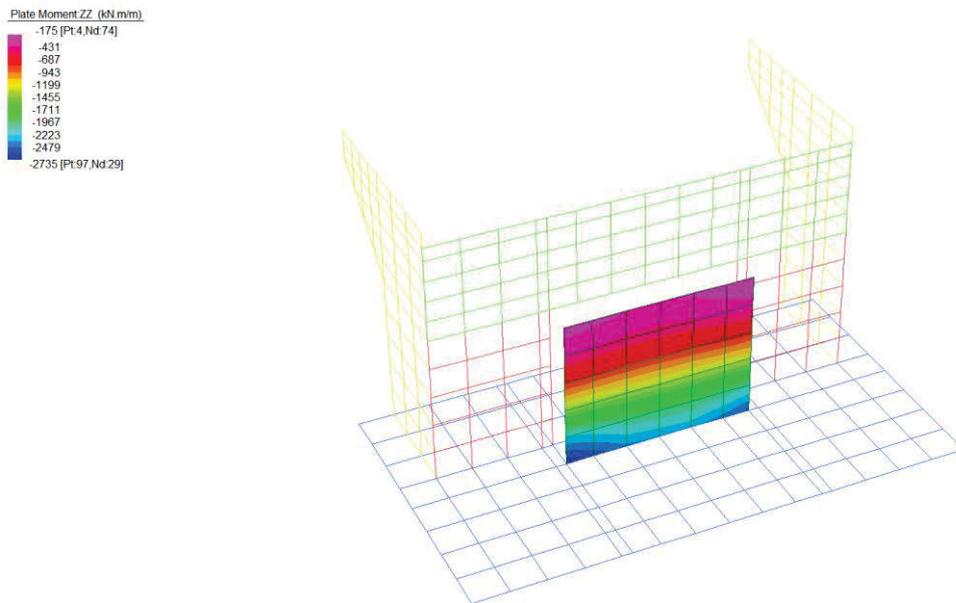


Figura 91: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo

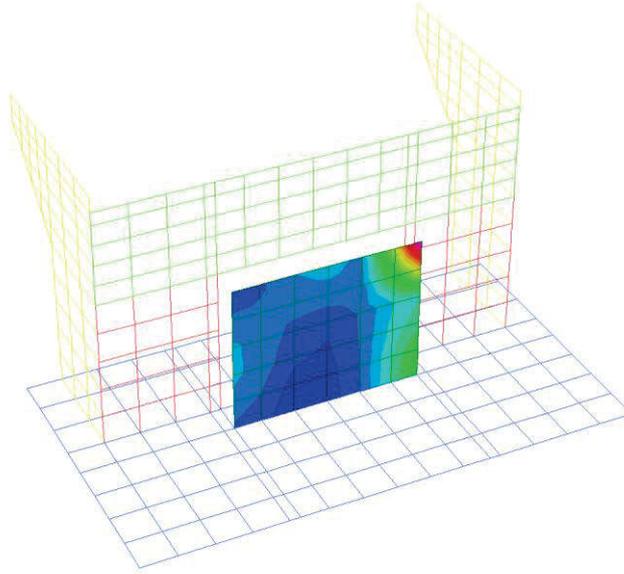
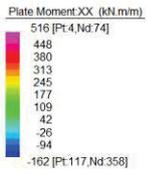


Figura 92: Momenti XX – SLU – Involuppo massimo

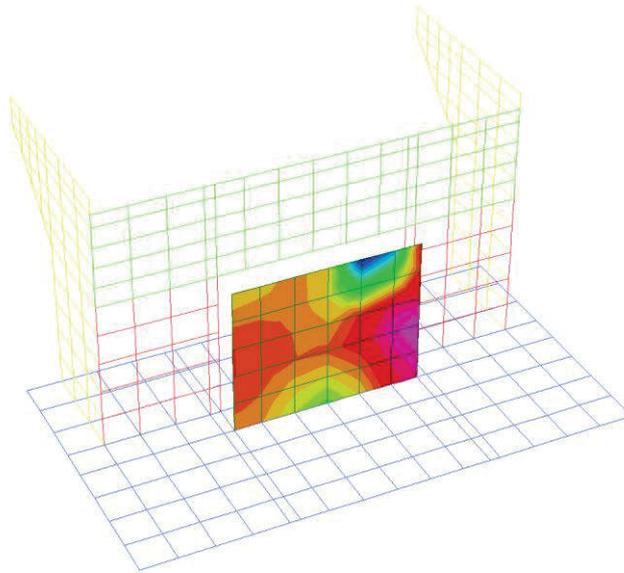
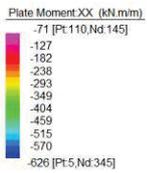


Figura 93: Momenti XX – SLU – Involuppo minimo

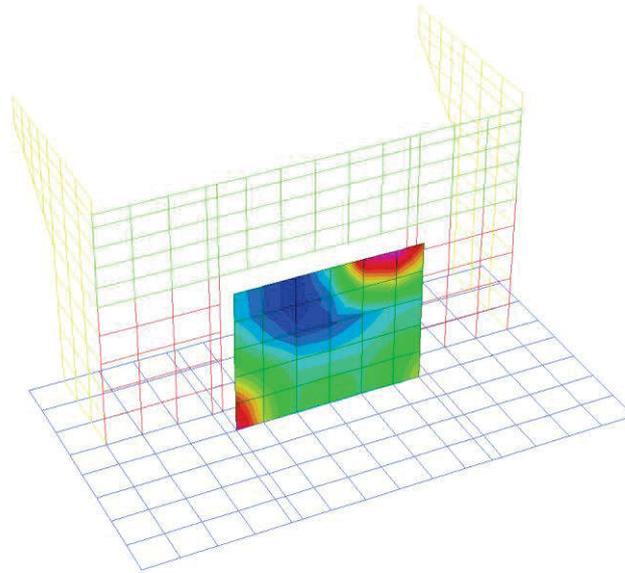
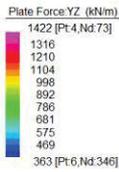


Figura 94: Taglio ZY – SLU – Involuppo assoluto

14.2.2.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 265cm risulta armata mediante 10 ϕ 24/m interni ed esterni in direzione verticale e orizzontale. A taglio si dispongono 9 ganci ϕ 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:	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 ²
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	2736.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	626.00	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 ²] 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	2736.00	0.00	0.00	4532.40	0.00	1.66	45.2(43.6)
2	S	0.00	626.00	0.00	0.00	4532.40	0.00	7.24	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
2	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
2	0.000000000	0.000268131	-0.068840655	0.032	0.700

Dati CA		Calcolo sezione in C.A.															
sezione		<table border="0"> <tr> <td>k = 1.28</td> <td>p1 = 0.00174</td> <td>v min = 0.28</td> </tr> <tr> <td>σ cp = 0.00</td> <td>[MPa]</td> <td>α c = 1</td> </tr> </table>		k = 1.28	p1 = 0.00174	v min = 0.28	σ cp = 0.00	[MPa]	α c = 1								
k = 1.28	p1 = 0.00174	v min = 0.28															
σ cp = 0.00	[MPa]	α c = 1															
<table border="0"> <tr> <td>B = 1000 [mm]</td> <td rowspan="5"> </td> </tr> <tr> <td>H = 2650 [mm]</td> </tr> <tr> <td>d = 2600 [mm]</td> </tr> <tr> <td>c = 50 [mm]</td> </tr> <tr> <td>Rck = 37 [MPa]</td> </tr> <tr> <td>γ CLS = 1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>v = 0.5</td> <td></td> </tr> </table>		B = 1000 [mm]		H = 2650 [mm]	d = 2600 [mm]	c = 50 [mm]	Rck = 37 [MPa]	γ CLS = 1.5		v = 0.5		<p>SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO</p> <p>$V_{Rd} = \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctd})^{2/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (4.1.14)</p> <table border="0"> <tr> <td>V_{Rd, min} = 728.02 [kN]</td> <td>V_{Rd} = 728.02 kN</td> </tr> <tr> <td>V_{Rd, calc} = 696.74 [kN]</td> <td></td> </tr> </table>		V _{Rd, min} = 728.02 [kN]	V _{Rd} = 728.02 kN	V _{Rd, calc} = 696.74 [kN]	
B = 1000 [mm]																	
H = 2650 [mm]																	
d = 2600 [mm]																	
c = 50 [mm]																	
Rck = 37 [MPa]																	
γ CLS = 1.5																	
v = 0.5																	
V _{Rd, min} = 728.02 [kN]	V _{Rd} = 728.02 kN																
V _{Rd, calc} = 696.74 [kN]																	
<p>Armature longitudinali lembo tes:</p> <table border="0"> <tr> <td>Base</td> <td>Agg</td> </tr> <tr> <td>n° barre</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>φ barre</td> <td>24</td> </tr> </table>		Base	Agg	n° barre	10	φ barre	24	<p>SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08)</p> <p>Taglio trazione</p> <p>$V_{Rd1} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$</p> <p>V_{Rd1} = 2588.95 [kN]</p> <p>Taglio compressione</p> <p>$V_{Rd2} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$</p> <p>V_{Rd2} = 7020.94 [kN]</p> <p>V_{Rd} = 2588.95 kN</p>									
Base	Agg																
n° barre	10																
φ barre	24																
armatura																	
<table border="0"> <tr> <td>As = 4524 [mm²]</td> </tr> <tr> <td>φ braccio = 12 [mm]</td> </tr> <tr> <td>A braccio = 113 [mm²]</td> </tr> <tr> <td>p staffe = 300.0 [mm]</td> </tr> <tr> <td>α staffe = 90.0 [°]</td> </tr> <tr> <td>n° bracci = 3</td> </tr> <tr> <td>A_{sw}/s = 1.131</td> </tr> <tr> <td>f_{yk} = 450 [MPa]</td> </tr> <tr> <td>θ puntoni = 13.03 [°]</td> </tr> <tr> <td>γ ACC = 1.15</td> </tr> </table>		As = 4524 [mm²]	φ braccio = 12 [mm]	A braccio = 113 [mm²]	p staffe = 300.0 [mm]	α staffe = 90.0 [°]	n° bracci = 3	A _{sw} /s = 1.131	f _{yk} = 450 [MPa]	θ puntoni = 13.03 [°]	γ ACC = 1.15						
As = 4524 [mm²]																	
φ braccio = 12 [mm]																	
A braccio = 113 [mm²]																	
p staffe = 300.0 [mm]																	
α staffe = 90.0 [°]																	
n° bracci = 3																	
A _{sw} /s = 1.131																	
f _{yk} = 450 [MPa]																	
θ puntoni = 13.03 [°]																	
γ ACC = 1.15																	
Sollecitazioni																	
<table border="0"> <tr> <td>V_{Ed} = 1422.00 [kN]</td> </tr> <tr> <td>N_{Ed} = 0.00 [kN]</td> </tr> </table>		V _{Ed} = 1422.00 [kN]	N _{Ed} = 0.00 [kN]	positivo se di compressione													
V _{Ed} = 1422.00 [kN]																	
N _{Ed} = 0.00 [kN]																	
Verifiche																	
V _{sdl} = 1422.00 [kN]		V _{rd1} = 728.02 [kN]	SERVE ARMATURA D'ANIMA														
		V _{rd2} = 2588.95 [kN]	ARMATURA VERIFICATA														
Note:		V _{rd1} è la resistenza a taglio con solo arm. long V _{rd2} è la resistenza a taglio totale della sez. in c.a.															

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.

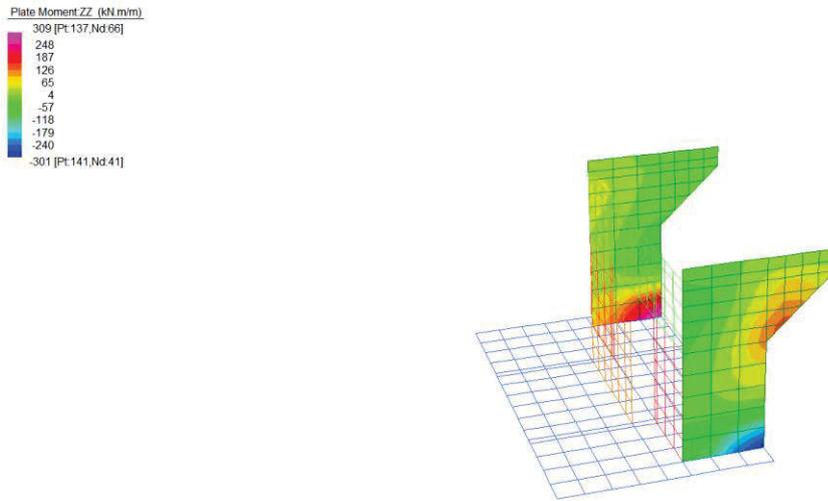


Figura 95: Momenti ZZ – SLU – Involuppo massimo

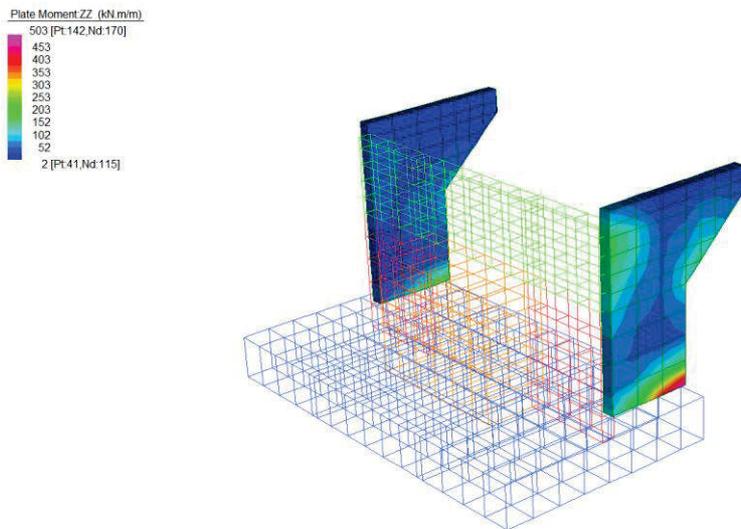


Figura 96: Momenti ZZ – SLU – Involuppo minimo

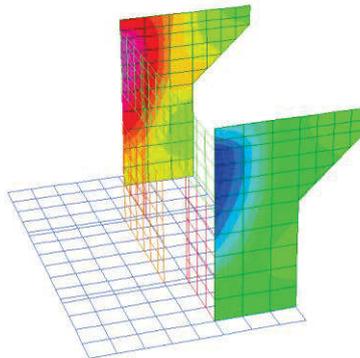
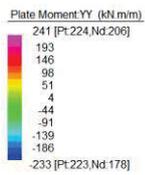


Figura 97: Momenti YY – SLU – Inviluppo massimo

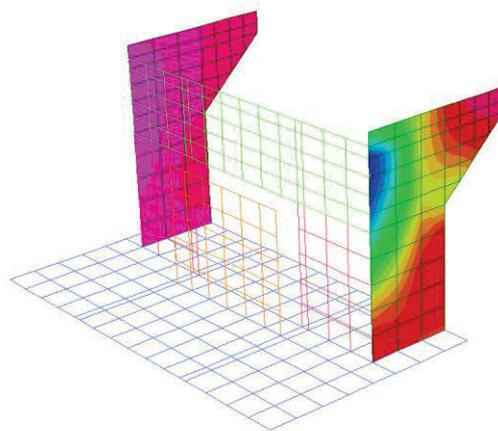
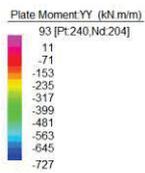


Figura 98: Momenti YY – SLU – Inviluppo minimo

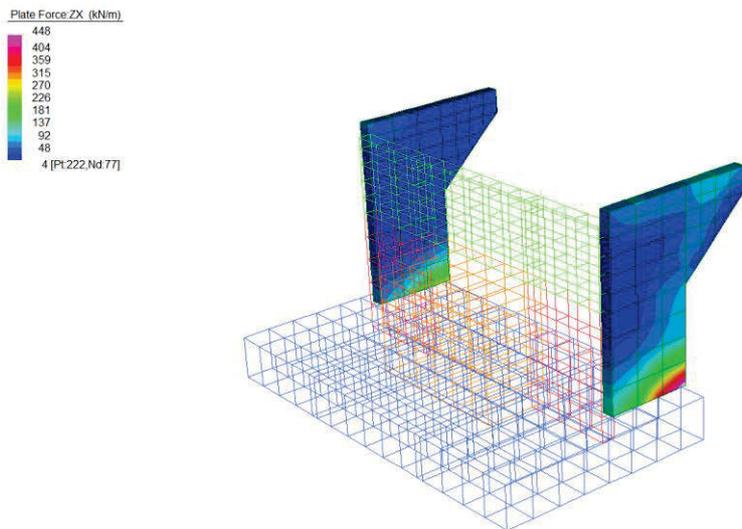


Figura 99: Taglio XY – SLU – Involuppo assoluto

14.2.3.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 50cm risulta armata mediante 10 ϕ 24/m interni ed esterni in entrambe le direzioni. A taglio si dispongono 9 ganci ϕ 12/mq.

NOME SEZIONE: Muri laterali_porzione posteriore

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 ²
	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	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
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
3	1	2	3	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	-1400.00	503.00	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 ²] 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	-1400.00	503.00	0.00	-1399.97	551.67	-7.55	1.10	67.9(8.0)

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	0.165	-50.0	50.0	0.00127	-45.0	45.0	-0.01770	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	-0.000022835	0.000422896	-0.018786569	0.165	0.700

NOME SEZIONE: Muri laterali – 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 ²
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	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
 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	727.00	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	727.00	0.00	0.00	728.44	0.00	1.00	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

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

Dati CA		Calcolo sezione in C.A.	
sezione		$k = 1.67$ $\rho_1 = 0.01005$ $v_{min} = 0.42$ $\sigma_{cp} = 0.00$ [MPa] $\alpha_c = 1$	
B = 1000 [mm] H = 500 [mm] d = 450 [mm] c = 50 [mm] Rck = 37 [MPa] $\gamma_{CLS} = 1.5$ $v = 0.5$		SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO $V_{Rd,calc} = \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ (4.1.14) $V_{Rd,min} = 187.80$ [kN] $V_{Rd,calc} = 282.34$ [kN] $V_{Rd} = 282.34$ kN	
Armature longitudinali lembo tes.: Base Agg As n° barre 10 Φ barre 24		SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08) Taglio trazione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$ $V_{Rd} = 448.09$ [kN] Taglio compressione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$ $V_{Rd} = 1215.16$ [kN] $V_{Rd} = 448.09$ kN	
armatura As = 4524 [mm²] ϕ braccio = 12 [mm] A braccio = 113 [mm²] p staffe = 300.0 [mm] α staffe = 90.0 [°] n° bracci = 3 A _{sw} /s = 1.131 fyk = 450 [MPa] θ puntoni = 13.03 [°] $\gamma_{ACC} = 1.15$			
Sollecitazioni V _{Ed} = 448.00 [kN] N _{Ed} = 0.00 [kN] =====> positivo se di compressione			
Verifiche			
V _{s,d} = 448.00 [kN]	>	V _{rd1} = 282.34 [kN] =====>	SERVE ARMATURA D'ANIMA
	<	V _{rd2} = 448.09 [kN] =====>	ARMATURA VERIFICATA
Note:		V _{rd1} è la resistenza a taglio con solo arm. long V _{rd2} è la resistenza a taglio totale della sez. in c.a.	

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.

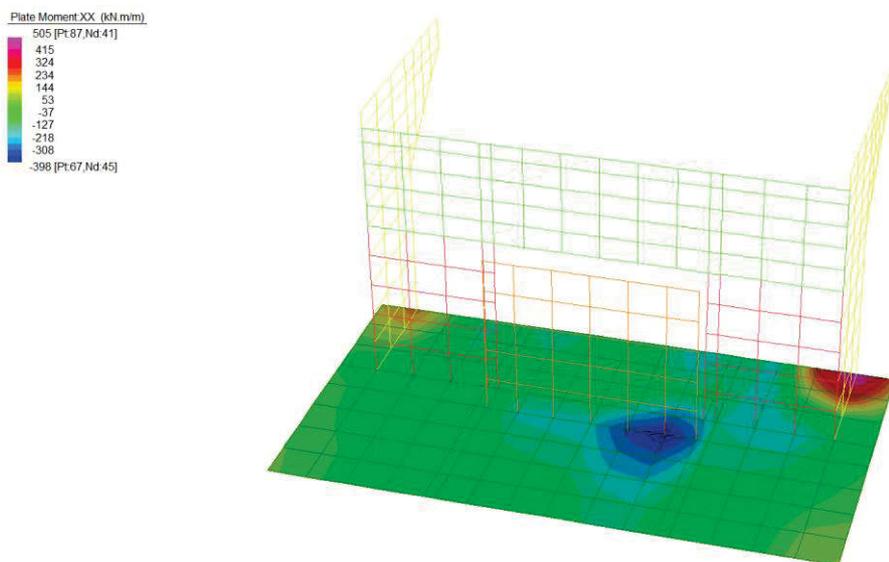


Figura 100: Momenti XX – SLU – Involuppo massimo

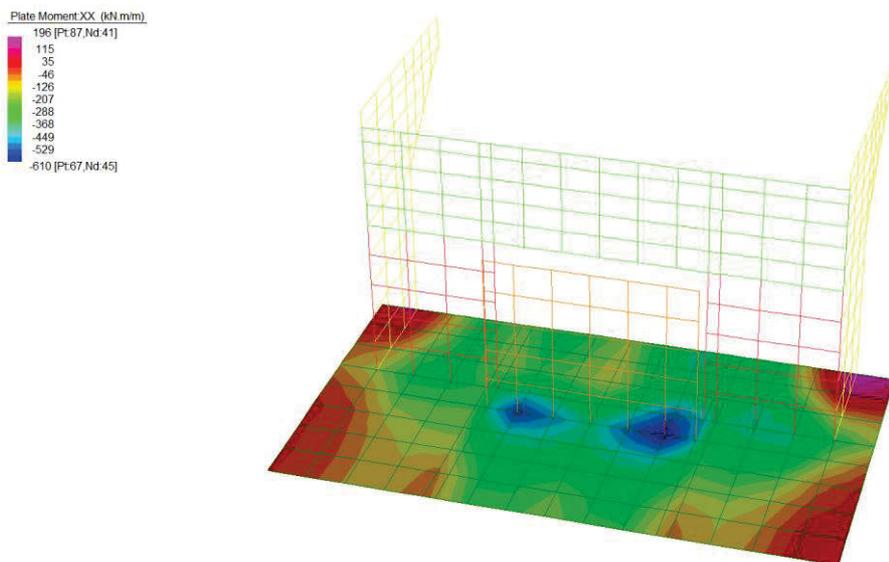


Figura 101: Momenti XX – SLU – Involuppo minimo

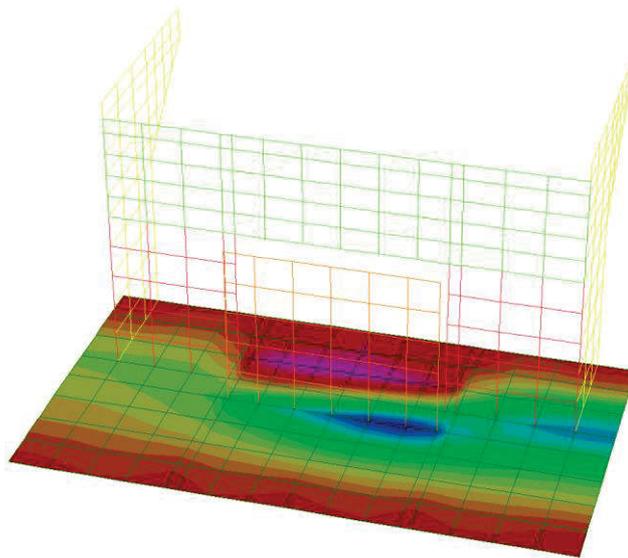
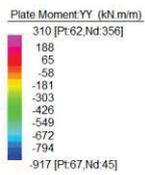


Figura 102: Momenti YY – SLU – Inviluppo massimo

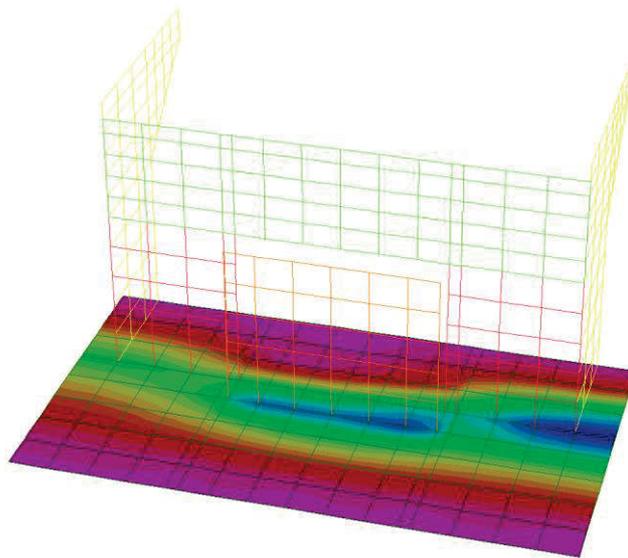
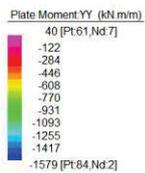


Figura 103: Momenti YY – SLU – Inviluppo minimo

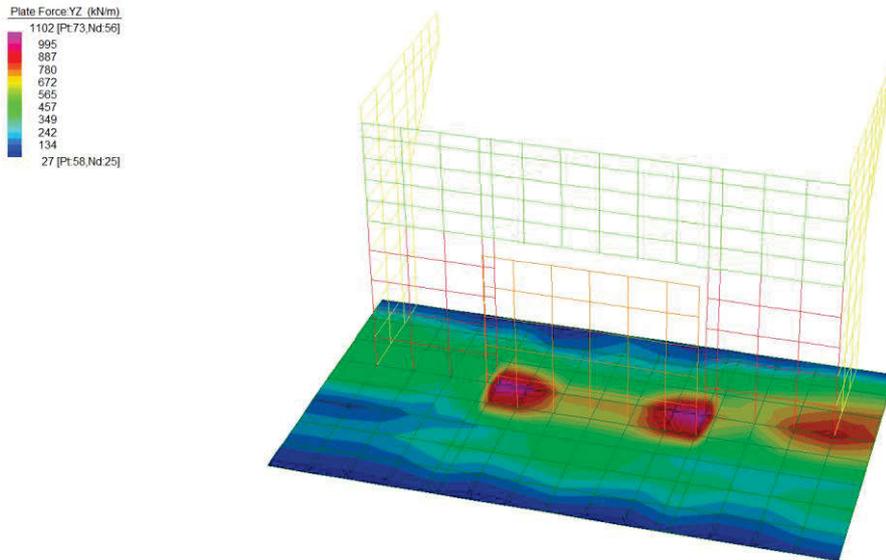


Figura 104: Taglio YZ – SLU – Involuppo assoluto

14.2.4.2 Verifiche SLU

La sezione di spessore 180cm risulta armata mediante 10 ϕ 24/m superiori e inferiori in entrambe le direzioni. A taglio si dispongono 9 ganci ϕ 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 ²
	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	-610.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1579.00	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 ²] 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	-610.00	0.00	0.00	-3027.79	0.00	4.96	45.2(27.9)
2	S	0.00	-1579.00	0.00	0.00	-3027.79	0.00	1.92	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	0.0	0.00095	-45.0	5.0	-0.06750	-45.0	175.0
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	0.002968063	0.042	0.700
2	0.000000000	-0.000402675	0.002968063	0.042	0.700

Dati CA		Calcolo sezione in C.A.	
sezione		k = 1.34 ρ1 = 0.00259 v min = 0.29 σ cp = 0.00 [MPa] α c = 1	
B = 1000 [mm] H = 1800 [mm] d = 1750 [mm] c = 50 [mm] Rck = 35 [MPa] γ CLS = 1.5 v = 0.5		SEZIONE NON ARMATA A TAGLIO $V_{Rd} = \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ctk})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$	
Armature longitudinali lembo tes.: Base Agg As n° barre 10 φ barre 24		$V_{Rd, min} = 510.97$ [kN] $V_{Rd, calc} = 550.26$ [kN] V_{Rd} = 550.26 kN	
armatura As = 4524 [mm²] φ braccio = 12 [mm] A braccio = 113 [mm²] p staffe = 300.0 [mm] α staffe = 90.0 [°] n° bracci = 3 A _{sw} /s = 1.131 fyk = 450 [MPa] θ puntoni = 13.41 [°] γ ACC = 1.15		SEZIONE ARMATA A TAGLIO (NTC 08) Taglio trazione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yk} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$ $V_{Rd} = 1742.56$ [kN] Taglio compressione $V_{Rd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{ctk} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$ $V_{Rd} = 4470.19$ [kN]	
Sollecitazioni V _{Ed} = 1102.00 [kN] N _{Ed} = 0.00 [kN] =====> positivo se di compressione		Verifiche V _{sd} = 1102.00 [kN] > V _{rd1} = 550.26 [kN] =====> SERVE ARMATURA D'ANIMA < V _{rd2} = 1742.56 [kN] =====> ARMATURA VERIFICATA	
Note:		V _{rd1} è la resistenza a taglio con solo arm. long V _{rd2} è la resistenza a taglio totale della sez. in c.a.	

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 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 γ_R della Tab. 6.4.II.

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

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{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 γ 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 ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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 γ_T della Tab. 6.4.VI.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_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, τ_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 α ed il metodo β , 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 α 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 α i valori indicati nella seguente tabella.

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

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

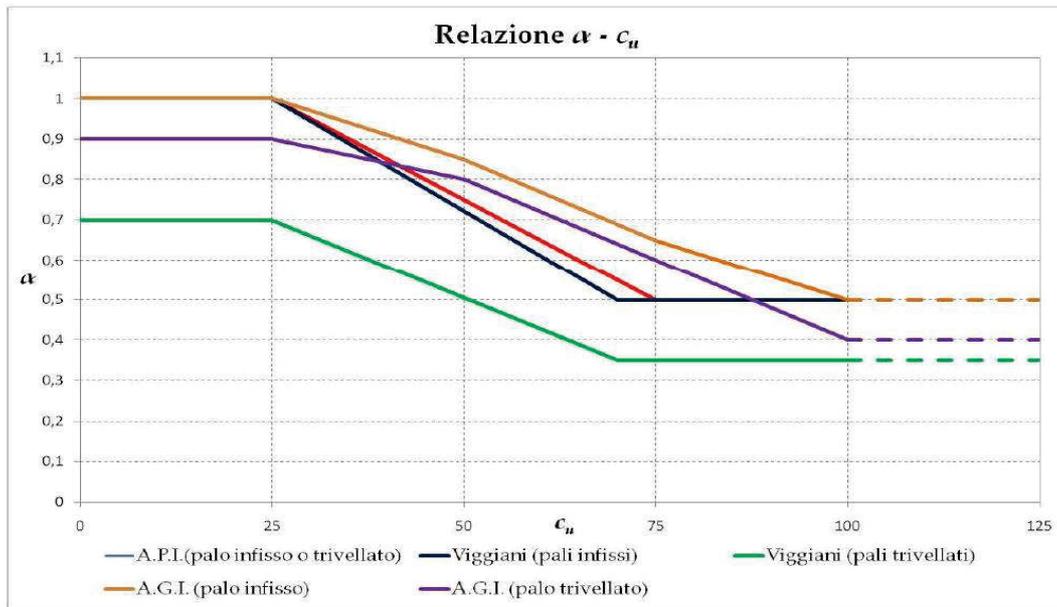


Figura 105: Metodi per il calcolo della capacità portante: formule statiche

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.

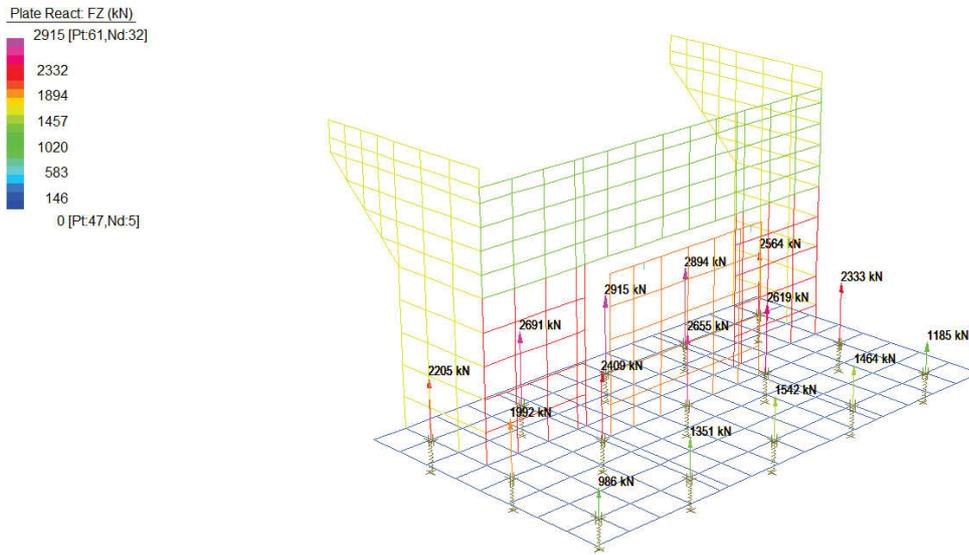


Figura 106: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLU Nmax)

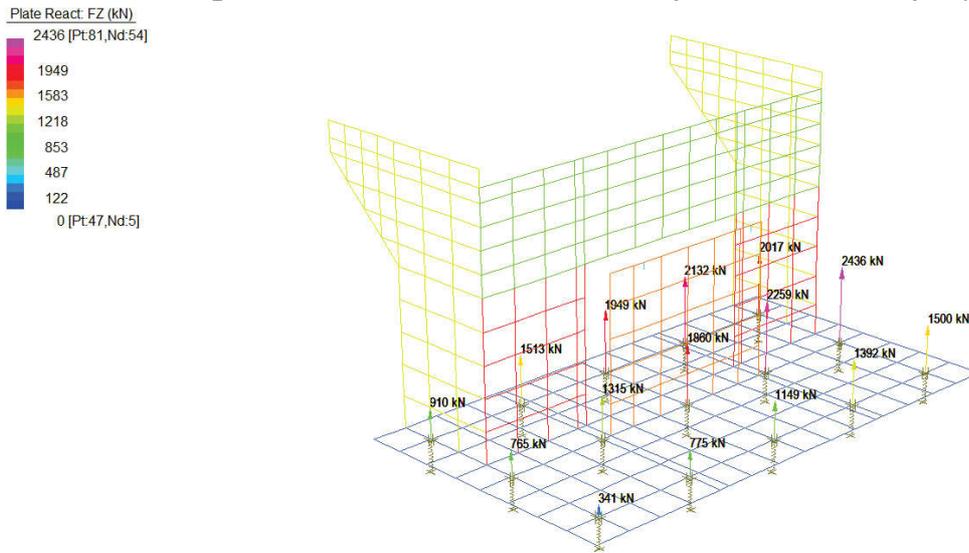


Figura 107: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLU Trasv)

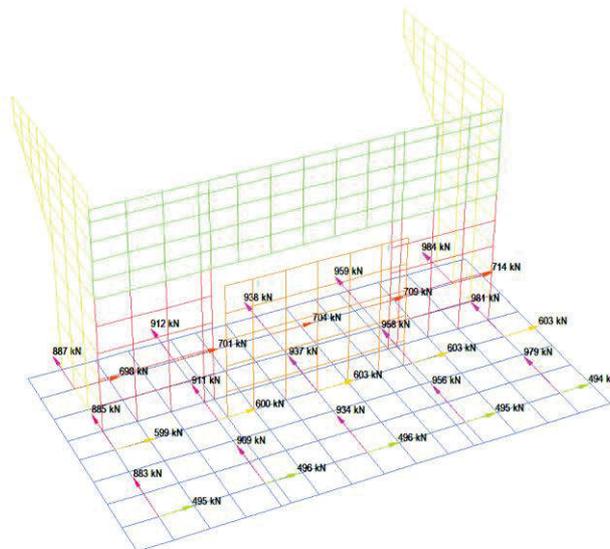
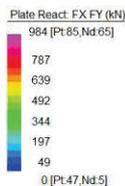


Figura 108: Sollecitazioni massime di taglio in testa ai pali (involuppo assoluto)

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}	2915	653	16	653
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	Sisma Trasv	2436	793	603	996
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	Sisma Trasv	2017	796	714	1069

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):

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

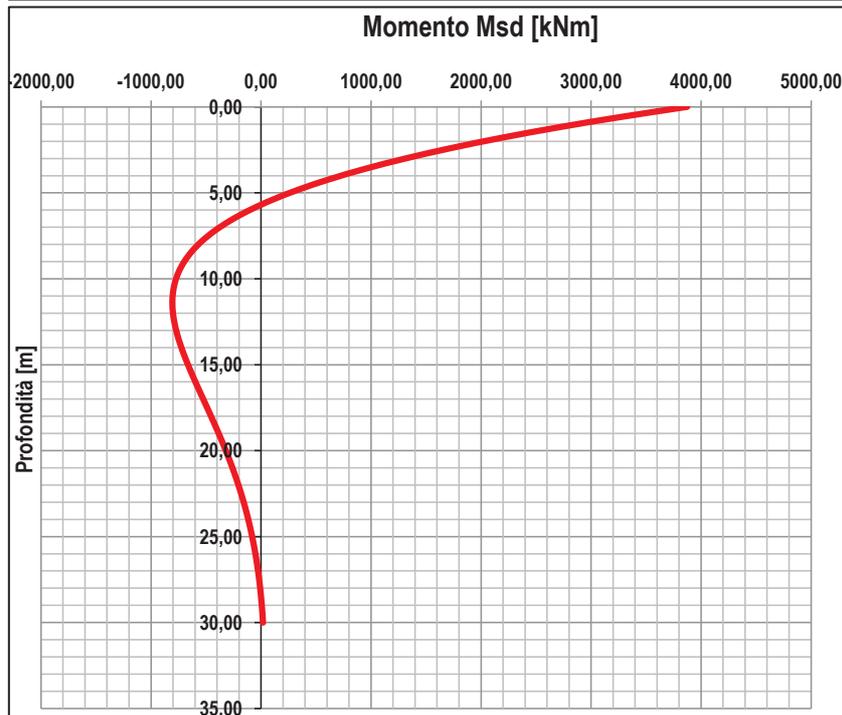
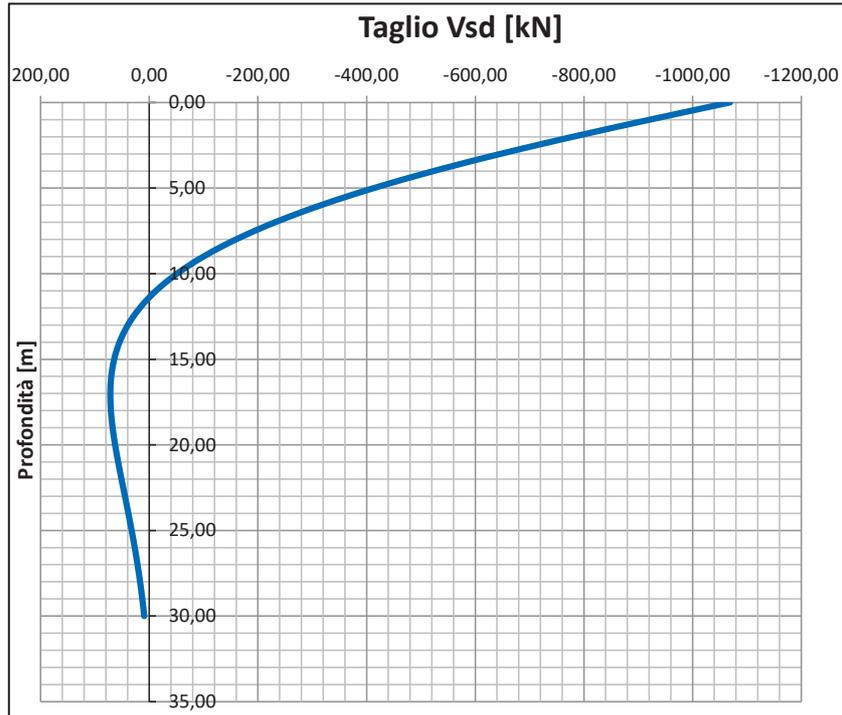
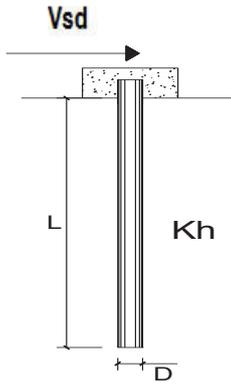
dove d è il diametro del palo e c_u la già citata coesione non drenata.

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 ³
Forza orizzontale agente Vsd	1069	kN
Rck	35,0	MPa
fcm	43,0	MPa
E _{cls}	34077	MPa
J	10178760	cm ⁴
λ (lunghezza caratteristica del palo)	725	cm
Pressione orizzontale massima	123	kPa
M ₀ /F ₀	3,62	-



Il momento massimo agente è localizzato in testa al palo ed è pari a 3875 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}	2915	653	16	653	2367
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	Sisma Trasv	2436	793	603	996	3610
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	Sisma Trasv	2017	796	714	1069	3875

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 ϕ 26, copriferro 6 cm ed una spirale ϕ 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 109: Vca SLU, MRd palo

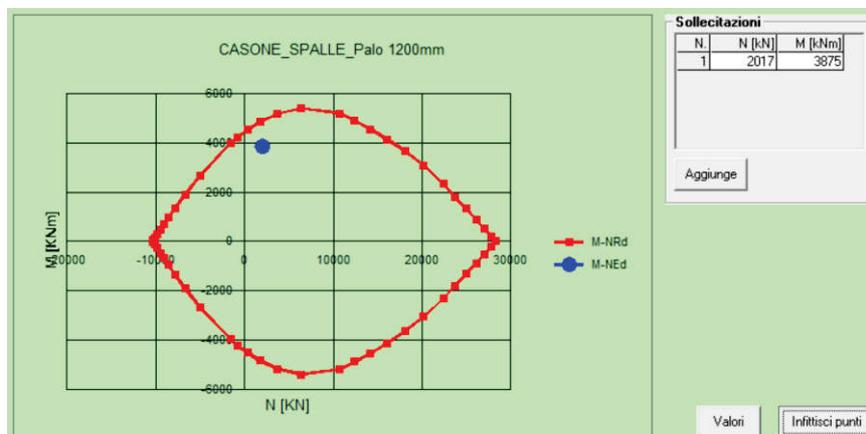
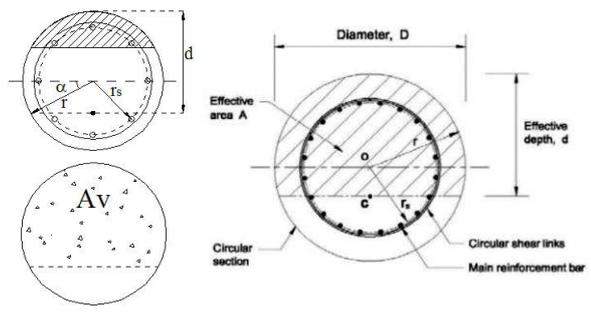


Figura 110: Vca SLU, dominio M-N

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]		
DATI DI INPUT		
<i>Sollecitazioni</i>		
Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	1069,00
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione	N _{ed} [kN]	2017,00
<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 _c [mm]	540
sin α = 2 r _c / (π r)	sin α	0,573
α = arcsin (sin α)	α [rad]	0,610
Area della sezione rettangolare equivalente	A _v [mm ²]	954178
Altezza equivalente sezione cls	h [cm]	1119
Area totale della sezione circolare	A _{cl} [mm ²]	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°	50
Diametro barre	Φ [mm]	26
Area armatura longitudinale tesa	A _{sl} [mm ²]	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	α _{cc}	0,85
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ _c	1,5
Resistenza a compressione di progetto	f _{cd} [Mpa]	16,46
<i>Caratteristiche acciaio</i>		
Tensione caratteristica di snervamento acciaio f _{yk} ≥ 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	ρ _l	0,02	≤ 0,02
Tensione di (pre)compressione	σ _{ca} [MPa]	1,78	
<i>Valutazione resistenza al taglio</i>			
	V _{Rd,min} [kN]	572,91	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V _{Rd} [kN]	902,88	
	V _{Rd,min} [kN] ≤ V _{Rd} [kN]		OK

Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	1069,00
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	902,88
Coefficiente di sicurezza della verifica	FS	0,84
Verifica non soddisfatta: inserire armatura		

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]		
DATI DI INPUT		
Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	1069,00
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	α _{cc}	0,85
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ _c	1,5
Resistenza a compressione di progetto	f _{cd} [Mpa]	16,46
Tensione caratteristica di snervamento acciaio f _{yk} ≥ 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:

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

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

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

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	α _{cw}	1,11
Diametro delle staffe	Φ _{sw} [mm]	12
Numero di bracci staffe	n°b	2
Passo delle staffe	s [cm]	15
Quantitativo di staffe al metro	A _{sw} /s [mm ² /m]	1508
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
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α [°]	90
	α [rad]	1,57
Cotangente dell'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale	ctg α	0,00
Resistenza a taglio del puntone di cls	V _{Rcd} [kN]	2701,41
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V _{Rsd} [kN]	1253,02

Taglio massimo sollecitante	VE _d [kN]	1069,00
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	1253,02
Coefficiente di sicurezza della verifica	FS	1,17
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:

$$N_{\max, \text{compr, STR}} = 2915 \text{ kN} \quad N_{\max, \text{compr, SLV}} = 2436 \text{ kN}$$

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI																
Descrizione	Quota _{SUP}	Quota _{INF}	H _{STRATO}	H _{ATTIVA}	ϕ'	C'	Cu	γ_{nat}	κ	tg δ	$\alpha(\text{Cu})$	$\alpha(c')$	β	$\sigma'v (h_{\text{med}})$	$\sigma'v (h_{\text{inf}})$	Q _{lat}
strato	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN/m ³]	-	-	-	-	-	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0,00	2,96	2,96	2,96			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	28,86	57,72	351,33
2	2,96	3,16	0,20	0,20			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	58,67	59,62	23,74
3	3,16	6,76	3,60	3,60			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	76,72	93,82	427,29
4	6,76	50,00	43,24	23,24			150,00	20,00	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	210,02	326,22	5516,80

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	2,96	m
R _{ck}	30,00	Mpa
E _{palo}	31.447,16	MPa
J _{palo}	1,41E-01	m ⁴
γ palo	25,00	kN/m ³
Ap	1,13	m ²
Alat	3,77	m ² /m
Alat _{TOT}	113,04	m ²
L/D	25,00	m
T: fattore di rigidezza relativa	3,06	m
2T	6,12	m
4T	12,23	m
Comportamento	L>4T; Palo flessibile o lungo	

PORTATA LIMITE LATERATE E DI PUNTA			
Peso Palo	Wp	847,80	kN
Peso Palo Immerso	Wp'	389,50	kN
Caratteristiche a fondo palo	ϕ'	0,00	[°]
Caratteristiche a fondo palo	C'	0,00	kPa
Caratteristiche a fondo palo	Cu	150,00	kPa
Pressione a fondo palo	$\sigma'v$	326,22	kPa
Condizione di rottura	Nq	-	
($\delta_{\max} \leq 5\%D$)	Nq*	-	
Caratteristiche a fondo palo	Rc	0,8	
Portata di punta a rottura	QP	1.554	kN
Portata di punta con δ_{\max}	QP*	1.554	kN
Q _{lim, PUNTA}	QP	1.554	kN
Q _{lim, LATERALE}	QL	6.319	kN
Q _{lim, TOTALE}	Q _{lim}	7.874	kN

NTC 2008		(NTC 6.4.3.1)		
PORTATE LIMITE DI COMPRESSIONE E TRAZIONE				
Tipo Pali	ELICA			
Rbk,punta	1.554	kN		
Rsk,laterale	6.319	kN		
Rck, TOTALE	7.874	kN		
N	1			
ζ_3	1,7			
ζ_4	1,7			
Rbk,punta	914	kN		
Rsk,laterale	3.717	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	
γ_b	1,00	1,60	1,30	
γ_s	1,00	1,45	1,15	
γ_{st}	1,00	1,60	1,25	
Rsd_t	4.068	2.674	3.324	kN
Rbd,punta	914	571	703	kN
Rsd,laterale	3.717	2.564	3.232	kN
Resistenza a compressione Rcd	4.632	3.135	3.936	kN
Wp'	389,5	389,5	389,5	kN
γ_{G1}	1,3	1,0	1,0	
Rcd-γ_{G1}xWp'	4.125	2.746	3.546	kN

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

PORTATA A COMPRESSIONE: Rcd-γ_{G1}·Wp [kN]	Nsd [kN]	CS	
A1C1 STRU (A1+M1+R1)	3.003	2.915	1,03 VERIFICATO
A1C2 SISMA (A2*+M1+R3)	2.581	2.436	1,06 VERIFICATO

15.3.3 Verifica a carico limite orizzontale

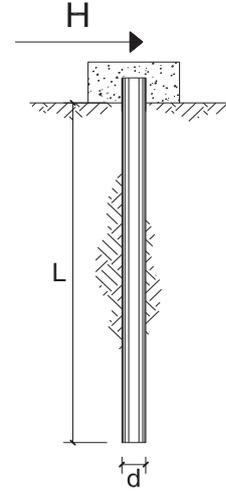
Si riporta di seguito la verifica a carico limite orizzontale per un palo immerso in terreni coesivi, condotta applicando la teoria di Broms (1964), la cui rotazione in testa è impedita. Si è inserita la massima sollecitazione tagliante riscontrata in combinazione sismica, pari a $V_{Ed,SLV} = 1069$ kN.

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

OPERA: Viadotto Casone_Spalla

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{cu}	γ_T
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.
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

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 =	30,00	(m)		
Diametro del palo	d =	1,20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	4904,00	(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	$H_{Ed} =$	1069	(kN)		

Palo corto:

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

Palo intermedio:

$H2_{med} = 8899,19$ (kN) $H2_{min} = 8899,19$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 2786,38$ (kN) $H3_{min} = 2786,38$ (kN)

$H_{med} = 2786,38$ (kN) palo lungo $H_{min} = 2786,38$ (kN) palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1639,04 \text{ (kN)}$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 1260,80 \text{ (kN)}$$

$$H_{Ed} = 1069,00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / H_{Ed} = 1,18$$

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 γ_R della Tab. 6.4.II.

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

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R			
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{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 γ 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 ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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 γ_T della Tab. 6.4.VI.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_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, τ_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 α ed il metodo β , 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 α 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 α i valori indicati nella seguente tabella.

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

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

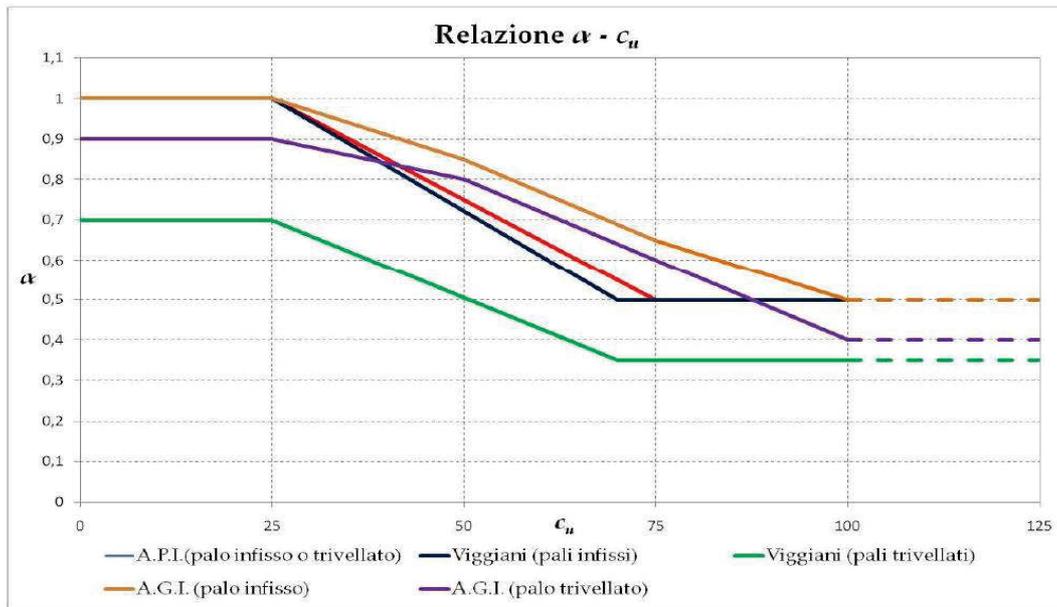


Figura 111: Metodi per il calcolo della capacità portante: formule statiche

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.

16.2 VERIFICA DEI PALI

16.2.1 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".

16.2.1.1 Combinazioni con Nmax

			pila	pila	pila	pila	pila
			1	2	3	4	5
SLU Traffico	FX	(kN)	794.76	345.00	324.59	225.31	202.64
	FY	(kN)	-1451.49	-2009.35	-2080.78	-1805.88	-1768.17
	FZ	(kN)	-19787.93	-21064.31	-19133.22	-21178.39	-20433.12
	MX	(kN.m)	-20706.20	-20774.40	-19055.29	-20586.81	-20757.60
	MY	(kN.m)	6153.51	3194.48	2539.77	2107.61	1904.03
	MZ	(kN.m)	-628.35	-11439.38	-13362.74	-2936.12	-11307.40
SLU Vento	FX	(kN)	1046.69	345.00	223.42	134.52	98.61
	FY	(kN)	-1533.20	-1964.18	-1978.88	-1819.14	-1768.83
	FZ	(kN)	-18699.80	-19915.24	-17927.96	-20033.45	-19337.67
	MX	(kN.m)	-20739.48	-21654.57	-19225.13	-21575.41	-21394.08
	MY	(kN.m)	8115.96	3231.02	1787.67	1319.59	997.47
	MZ	(kN.m)	801.68	-9208.45	-9887.08	-1458.97	-9343.13
SLU Frenamento	FX	(kN)	1008.40	517.28	551.71	405.19	384.74
	FY	(kN)	-1222.72	-1647.49	-1674.01	-1486.36	-1447.93
	FZ	(kN)	-18695.10	-19907.08	-17928.71	-20034.39	-19338.03
	MX	(kN.m)	-17195.45	-17537.54	-15736.03	-17273.46	-17290.32
	MY	(kN.m)	7798.53	4762.20	4288.55	3744.47	3561.08
	MZ	(kN.m)	114.14	-8901.32	-9903.45	-1876.28	-8638.47

16.2.1.2 Combinazioni con Nmin

			pila	pila	pila	pila	pila
			1	2	3	4	5
SLU Traffico	FX	(kN)	794.76	345.00	324.59	225.31	202.64
	FY	(kN)	-1430.38	-1983.44	-2081.49	-1796.86	-1766.48
	FZ	(kN)	-15490.57	-16488.27	-15142.24	-16554.13	-15961.28
	MX	(kN.m)	-20314.75	-20294.48	-18897.77	-20328.86	-20550.04
	MY	(kN.m)	6153.51	3194.48	2539.77	2107.61	1904.03
	MZ	(kN.m)	-1016.83	-11209.86	-13506.27	-3131.99	-11432.70
SLU Vento	FX	(kN)	1046.69	345.00	223.42	134.52	98.61
	FY	(kN)	-1512.08	-1938.28	-1979.58	-1810.13	-1767.14
	FZ	(kN)	-14402.45	-15339.20	-13936.98	-15409.19	-14865.83
	MX	(kN.m)	-20348.02	-21174.65	-19067.61	-21317.46	-21186.51
	MY	(kN.m)	8115.96	3231.02	1787.67	1319.59	997.47
	MZ	(kN.m)	413.21	-8978.93	-10030.61	-1654.84	-9468.43
SLU Frenamento	FX	(kN)	1008.40	517.28	551.71	405.19	384.74
	FY	(kN)	-1201.60	-1621.59	-1674.71	-1477.34	-1446.24
	FZ	(kN)	-14397.74	-15331.04	-13937.73	-15410.13	-14866.19
	MX	(kN.m)	-16803.99	-17057.62	-15578.51	-17015.51	-17082.75
	MY	(kN.m)	7798.53	4762.20	4288.55	3744.47	3561.08
	MZ	(kN.m)	-274.34	-8671.80	-10046.98	-2072.15	-8763.77

16.2.1.3 Combinazioni sismiche

SLV X+0.3Y	FX	(kN)	2577.87	3854.81	6361.11	4488.47	5207.65
	FY	(kN)	-928.19	1098.08	3066.95	1218.49	-756.82
	FZ	(kN)	-11628.87	-12251.99	-10424.50	-12426.98	-12157.12
	MX	(kN.m)	-8446.36	13119.88	30419.29	13121.65	-9828.41
	MY	(kN.m)	19006.33	33764.24	47371.97	39396.04	45820.43
	MZ	(kN.m)	-1021.24	29.76	726.07	1069.98	2990.94
SLV Y+0.3X	FX	(kN)	575.51	2247.10	3992.75	2876.69	3704.97
	FY	(kN)	-241.76	1909.12	4251.30	2012.12	-53.69
	FZ	(kN)	-10964.77	-11557.92	-9290.89	-11798.09	-11472.32
	MX	(kN.m)	-1908.54	21987.10	41231.64	21839.63	-2278.17
	MY	(kN.m)	4108.97	19676.37	29747.98	25272.33	32651.03
	MZ	(kN.m)	-1053.89	198.31	564.05	1250.32	3030.68

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

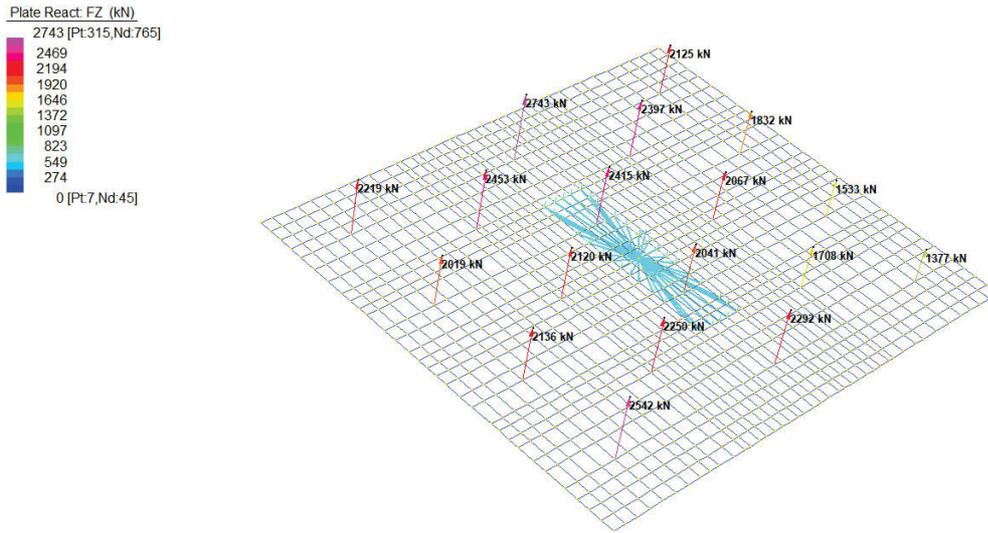


Figura 112: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLU involucro massimo)

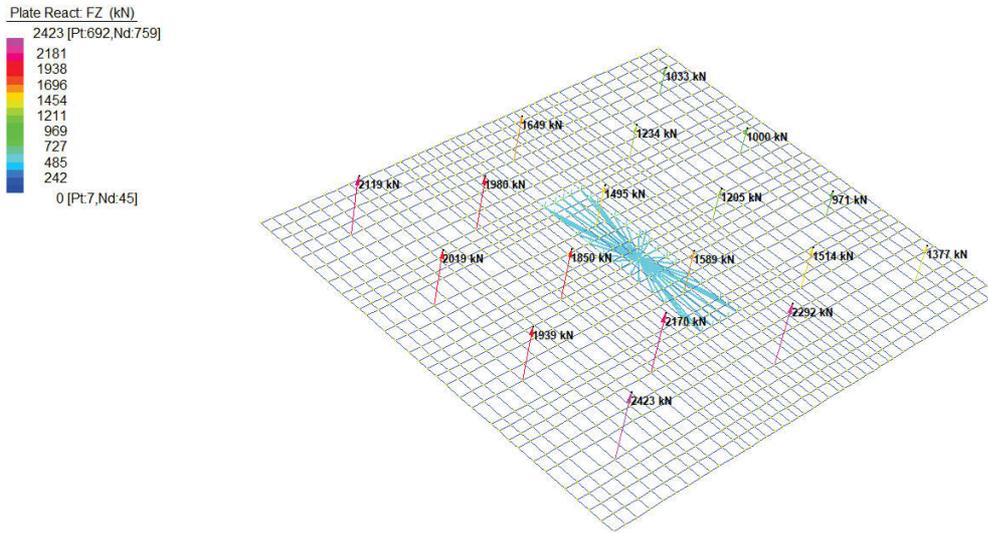


Figura 113: Sollecitazioni massime di compressione in testa ai pali (SLV involucro massimo)

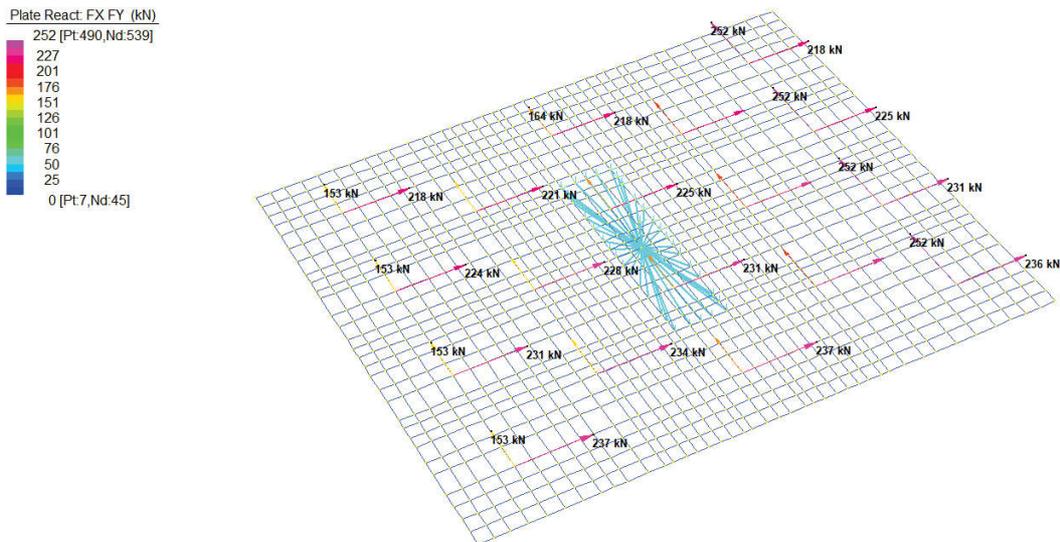


Figura 114: Sollecitazioni massime di taglio in testa ai pali (involucro assoluto)

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} Pila 4	2743	112	119	163
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	SLV X+0,3Y Pila 3	2423	237	153	282
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	SLV X+0,3Y Pila 3	876	174	236	293

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):

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

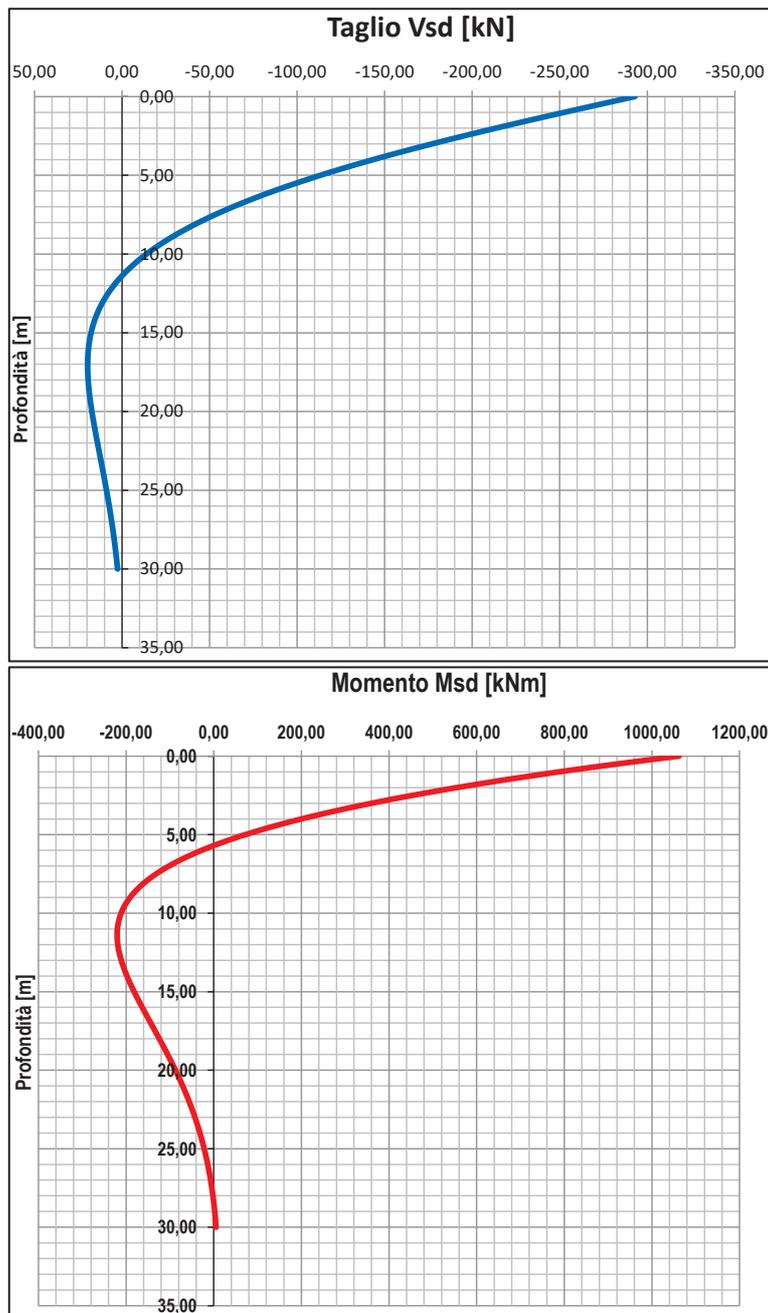
dove d è il diametro del palo e c_u la già citata coesione non drenata.

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	30	m	
c_u	75,0	kPa	
Coefficiente di reazione laterale k_h (Argille)	0,42	kg/cm ³	
Forza orizzontale agente Vsd	293	kN	
Rck	35,0	MPa	
fcm	43,0	MPa	
E_{cls}	34077	MPa	
J	10178760	cm ⁴	
λ (lunghezza caratteristica del palo)	725	cm	
Pressione orizzontale massima	34	kPa	
M_0/F_0	3,62	-	



Il momento massimo agente è localizzato in testa al palo ed è pari a 1062 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} Pila 4	2743	112	119	163	591
Sollecitazioni relative a $N_{Ed,comprSLV,max}$	SLV X+0,3Y Pila 3	2423	237	153	282	1022
Sollecitazioni relative a $V_{Ed,max}$	SLV X+0,3Y Pila 3	876	174	236	293	1062

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 30 ϕ 24, copriferro 6 cm ed una spirale ϕ 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: CASONE_Pile_Palo 1200mm

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 30
 Diametro barre: 2.4 [cm]
 Copriferro (baric.): 6 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 876 0 kN
 M_{xEd}: 1062 0 kNm
 M_{yEd}: 0 0

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

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C28/35
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 15.87
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

M_{xRd}: 2.737 kN m
 σ_c : -15.87 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 9.149 ‰
 d: 114 cm
 x: 31.54 x/d: 0.2767
 δ : 0.7859

Vertici: 52 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Figura 115: Vca SLU, MRd palo

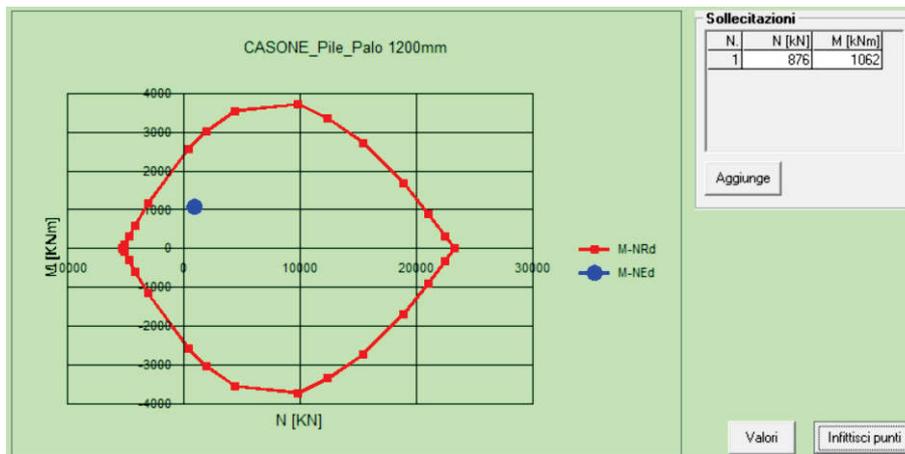
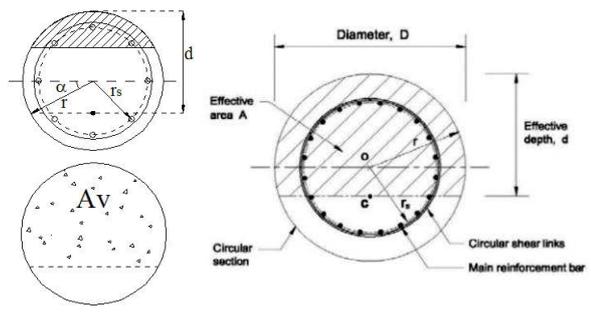


Figura 116: Vca SLU, dominio M-N

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]			
DATI DI INPUT			
<i>Sollecitazioni</i>			
Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	293,00	
Forza assiale dovuta ai carichi o alla precompressione	N _{ed} [kN]	876,00	
<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 α = 2 r _s / (π r)	sin α	0,573	
α = arcsin (sin α)	α [rad]	0,610	
Area della sezione rettangolare equivalente	A _v [mm ²]	954178	
Altezza equivalente sezione cls	h [cm]	1119	
Area totale della sezione circolare	A _{cl} [mm ²]	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°	30	
Diametro barre	Φ [mm]	24	
Area armatura longitudinale tesa	A _{sl} [mm ²]	13571,68	
<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	α _{cc}	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ _c	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	f _{cd} [Mpa]	16,46	
<i>Caratteristiche acciaio</i>			
Tensione caratteristica di snervamento acciaio fyk ≥ fy,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	ρl	0,01	≤ 0,02
Tensione di (pre)compressione	σ _{ca} [MPa]	0,77	
<i>Valutazione resistenza al taglio</i>			
	V _{Rd,min} [kN]	428,51	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V _{Rd} [kN]	688,93	
	V _{Rd,min} [kN] ≤ V _{Rd} [kN]		OK

Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	293,00
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	688,93
Coefficiente di sicurezza della verifica	FS	2,35
Verifica soddisfatta senza armatura specifica		

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE: METODO DI CLARKE & BIRJANDI (1993) + NTC 2018 [Verifica elemento con armature resistenti a taglio]			
DATI DI INPUT			
Taglio massimo sollecitante	V _{ed} [kN]	293,00	
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	α _{cc}	0,85	
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	γ _c	1,5	
Resistenza a compressione di progetto	f _{cd} [Mpa]	16,46	
Tensione caratteristica di snervamento acciaio fyk ≥ fy,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:

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

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

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

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

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,t}, V_{Rd,c}) \quad [4.1.29]$$

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	α _{cw}	1,05	
Diametro delle staffe	Φ _{sw} [mm]	12	
Numero di bracci staffe	n°b	2	
Passo delle staffe	s [cm]	20	
Quantitativo di staffe al metro	A _{sw} /s [mm ² /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 _{Rd,c} [kN]	2552,03	
Resistenza a taglio del tirante d'acciaio	V _{Rd,t} [kN]	939,76	

Taglio massimo sollecitante	VE _d [kN]	293,00
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	939,76
Coefficiente di sicurezza della verifica	FS	3,21
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:

$$N_{\max, \text{compr, STR}} = 2743 \text{ kN} \quad N_{\max, \text{compr, SLV}} = 2423 \text{ kN}$$

STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI																
Descrizione	Quota _{SUP}	Quota _{INF}	H _{STRATO}	H _{ATTIVA}	ϕ'	C'	Cu	γ_{nat}	κ	tg δ	$\alpha(\text{Cu})$	$\alpha(c')$	β	$\sigma'v(h_{\text{med}})$	$\sigma'v(h_{\text{inf}})$	Q _{lat}
strato	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN/m ³]	-	-	-	-	-	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0,00	0,34	0,34	0,34			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	3,32	6,63	40,36
2	0,34	3,88	3,54	3,54			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	23,45	40,26	420,17
3	3,88	5,48	1,60	1,60			75,00	19,50	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	47,86	55,46	189,91
4	5,48	30,00	24,52	24,52			150,00	20,00	1,25	0,00	0,42	0,00	0,00	178,06	300,66	5820,66

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	0,34	m
Rck	30,00	Mpa
E _{palo}	31.447,16	MPa
J _{palo}	1,41E-01	m ⁴
γ palo	25,00	kN/m ³
Ap	1,13	m ²
Alat	3,77	m ² /m
Alat _{TOT}	113,04	m ²
L/D	25,00	m
T: fattore di rigidità relativa	3,06	m
2T	6,12	m
4T	12,23	m
Comportamento	L>4T; Palo flessibile o lungo	

PORTATA LIMITE LATERATE E DI PUNTA

Peso Palo	Wp	847,80	kN
Peso Palo Immerso	Wp'	345,05	kN
Caratteristiche a fondo palo	ϕ'	0,00	[°]
Caratteristiche a fondo palo	C'	0,00	kPa
Caratteristiche a fondo palo	Cu	150,00	kPa
Pressione a fondo palo	$\sigma'v$	300,66	kPa
Condizione di rottura	Nq	-	
($\delta_{\max} \leq 5\%D$)	Nq*	-	
Caratteristiche a fondo palo	Rc	0,8	
Portata di punta a rottura	Qp	1.526	kN
Portata di punta con δ_{\max}	Qp*	1.526	kN
Q _{lim, PUNTA}	QP	1.526	kN
Q _{lim, LATERALE}	QL	6.471	kN
Q _{lim, TOTALE}	Qlim	7.997	kN

NTC 2008		(NTC 6.4.3.1)		
PORTATE LIMITE DI COMPRESSIONE E TRAZIONE				
Tipo Pali	ELICA			
Rbk,punta	1.526	kN		
Rsk,laterale	6.471	kN		
Rck, TOTALE	7.997	kN		
N	1			
ζ_3	1,7			
ζ_4	1,7			
Rbk,punta	897	kN		
Rsk,laterale	3.807	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	
γ_b	1,00	1,60	1,30	
γ_s	1,00	1,45	1,15	
γ_{st}	1,00	1,60	1,25	
Rsd_t	4.117	2.690	3.356	kN
Rbd,punta	897	561	690	kN
Rsd,laterale	3.807	2.625	3.310	kN
Resistenza a compressione Rcd	4.704	3.186	4.000	kN
Wp'	345,0	345,0	345,0	kN
γ_{G1}	1,3	1,0	1,0	
Rcd-γ_{G1}xWp'	4.255	2.841	3.655	kN

FATTORE DI EFFICIENZA - PALI IN GRUPPO				
fattore di efficienza E	0,67	0,67	0,67	-

PORTATA A COMPRESSIONE: Rcd-γ_{G1}·Wp [kN]	Nsd [kN]	CS	
A1C1 STRU (A1+M1+R1)	2.830	2.743	1,03 VERIFICATO
A1C2 SISMA (A2*+M1+R3)	2.431	2.423	1,00 VERIFICATO

16.3.3 Verifica a carico limite orizzontale

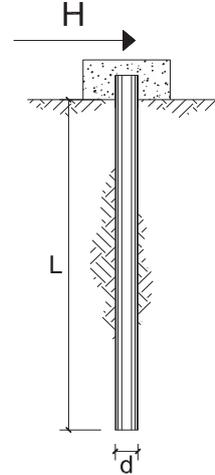
Si riporta di seguito la verifica a carico limite orizzontale per un palo immerso in terreni coesivi, condotta applicando la teoria di Broms (1964), la cui rotazione in testa è impedita. Si è inserita la massima sollecitazione tagliante riscontrata in combinazione sismica, pari a $V_{Ed,SLV} = 293$ kN.

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

OPERA: Viadotto Casone_Pile

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)



coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{cu}	γ_T
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	1,00
definiti dal progettista			1,30	1,50	1,40	1,00

n	● 1	○ 2	○ 3	○ 4	○ 5	○ 6	○ >10	○ T.A.	○ prog.
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,00	1,00
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21	1,00	1,00

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 =	30,00	(m)		
Diametro del palo	d =	1,20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	M_y =	2738,00	(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} =	293	(kN)		

Palo corto:

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

Palo intermedio:

$H2_{med} = 8797,79$ (kN) $H2_{min} = 8797,79$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1858,16$ (kN) $H3_{min} = 1858,16$ (kN)

$H_{med} = 1858,16$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1858,16$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1093,03$ (kN)
 $H_d = H_k/\gamma_T = 840,79$ (kN)
 $H_{Ed} = 293,00$ (kN)
 $FS = H_d / H_{Ed} = 2,87$

La verifica è soddisfatta.

17. VERIFICA OPERE PROVVISORIALI

Si riporta in allegato il calcolo della sezione tipologica delle opere provvisionali di sostegno del rilevato esistente in occasione della costruzione della via Est.

Lo stesso dimensionamento è valido anche per il sostegno del nuovo rilevato della via Est in occasione della costruzione della nuova via Ovest.



Report di Calcolo

Nome Progetto: Opere Provvisionali

Descrizione Pareti

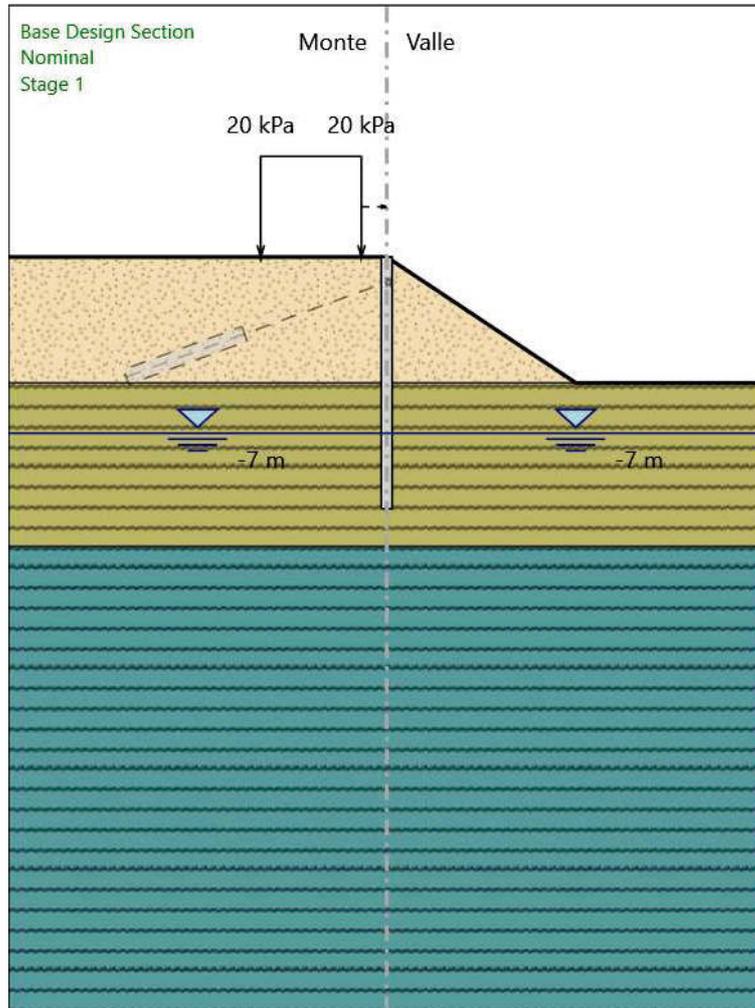
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -10 m
Muro di sinistra

Sezione : Default Section
Area equivalente : 0.01633 m
Inerzia equivalente : 0.0004 m⁴/m
Profilo palanca : PU_18



Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

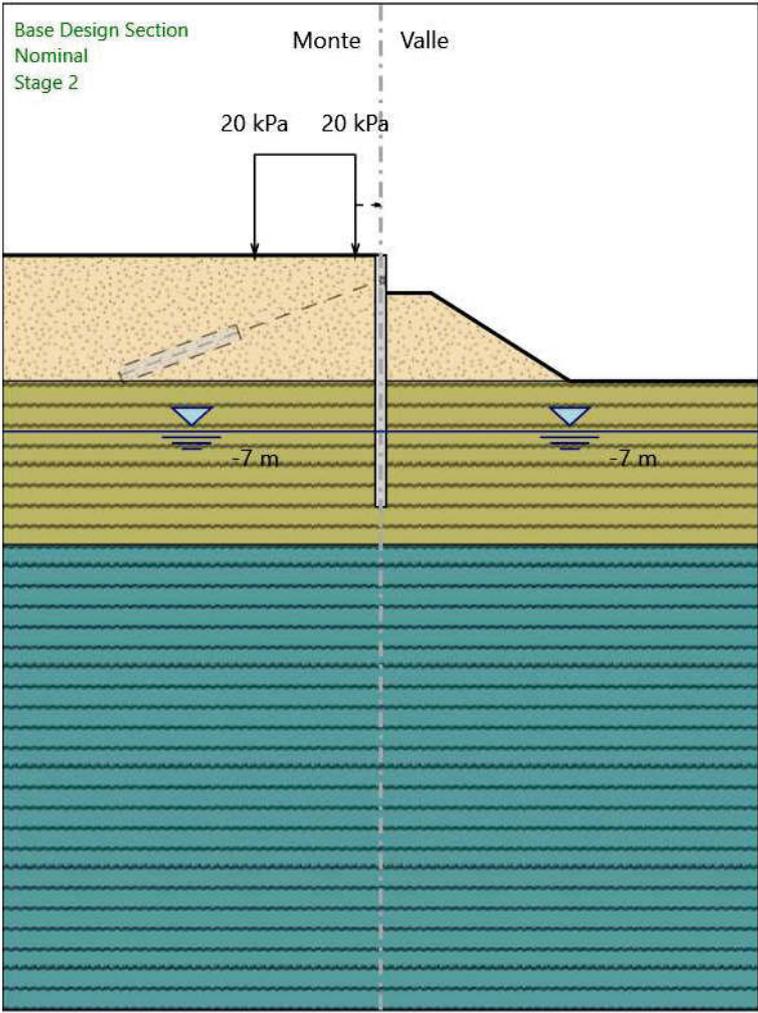
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Default Section

Stage 2

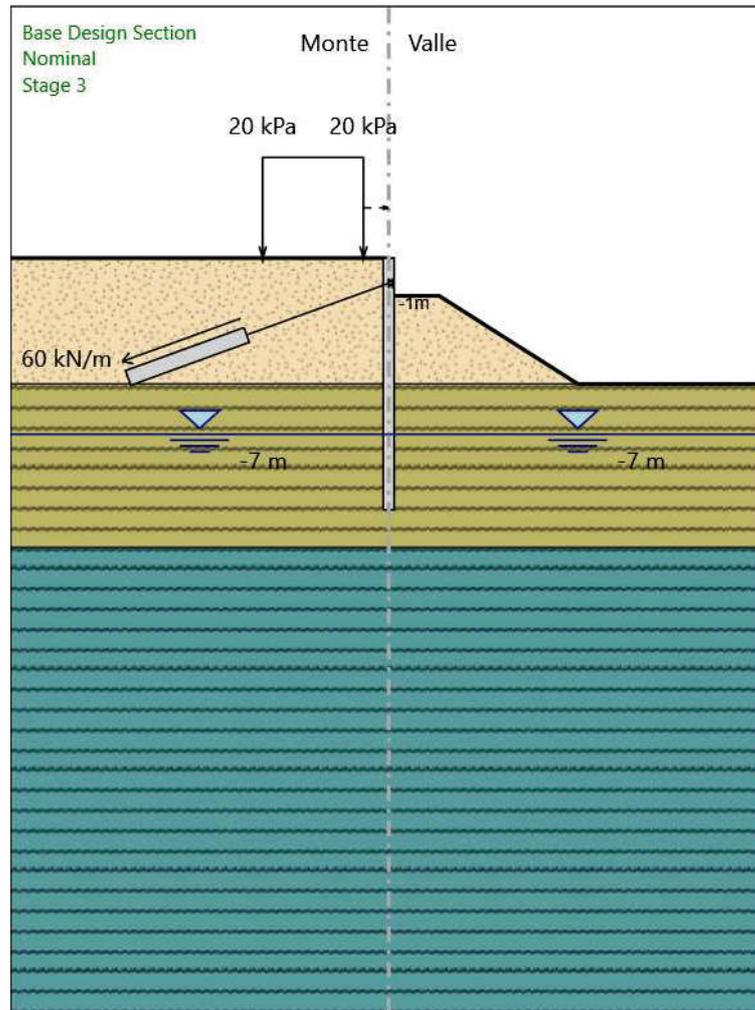


Stage 2

Elementi strutturali

- Paratia : WallElement
- X : 0 m
- Quota in alto : 0 m
- Quota di fondo : -10 m
- Sezione : Default Section

Stage 3



Stage 3

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Default Section

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 2.5 m

Precarico : 150 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 strands

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

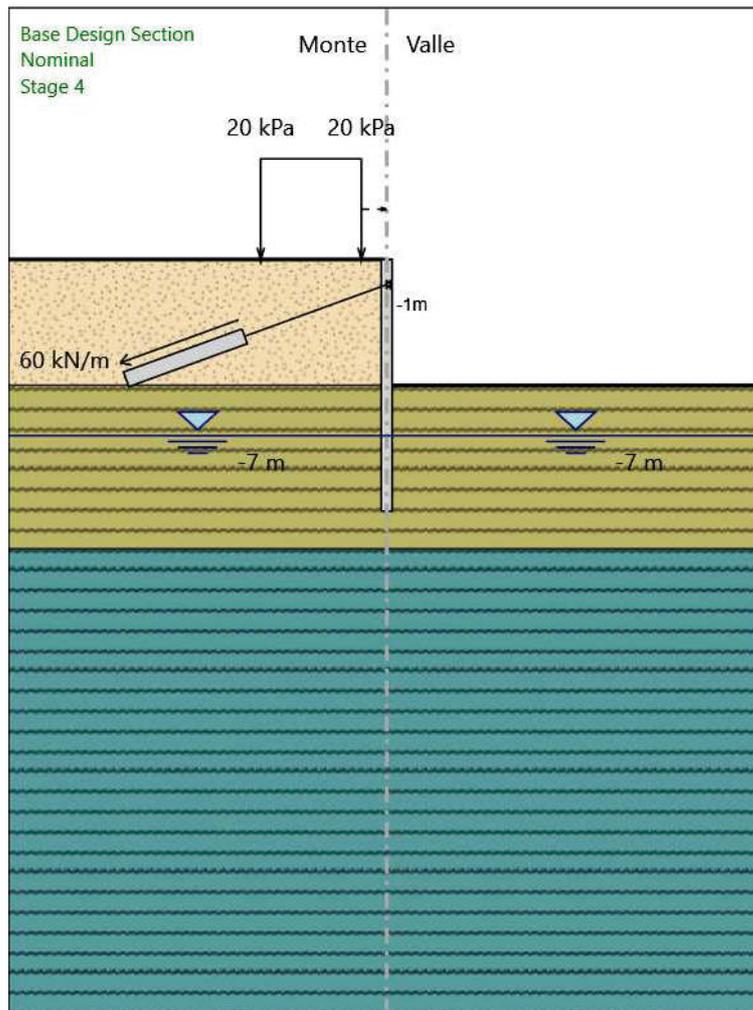
Area : 0.000417 m²

Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355



Stage 4

Stage 4

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Default Section

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.2 m

Lunghezza libera : 6 m

Spaziatura orizzontale : 2.5 m

Precarico : 150 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 strands

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Trave di Ripartizione : Default Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Descrizione Coefficienti Design Assumption

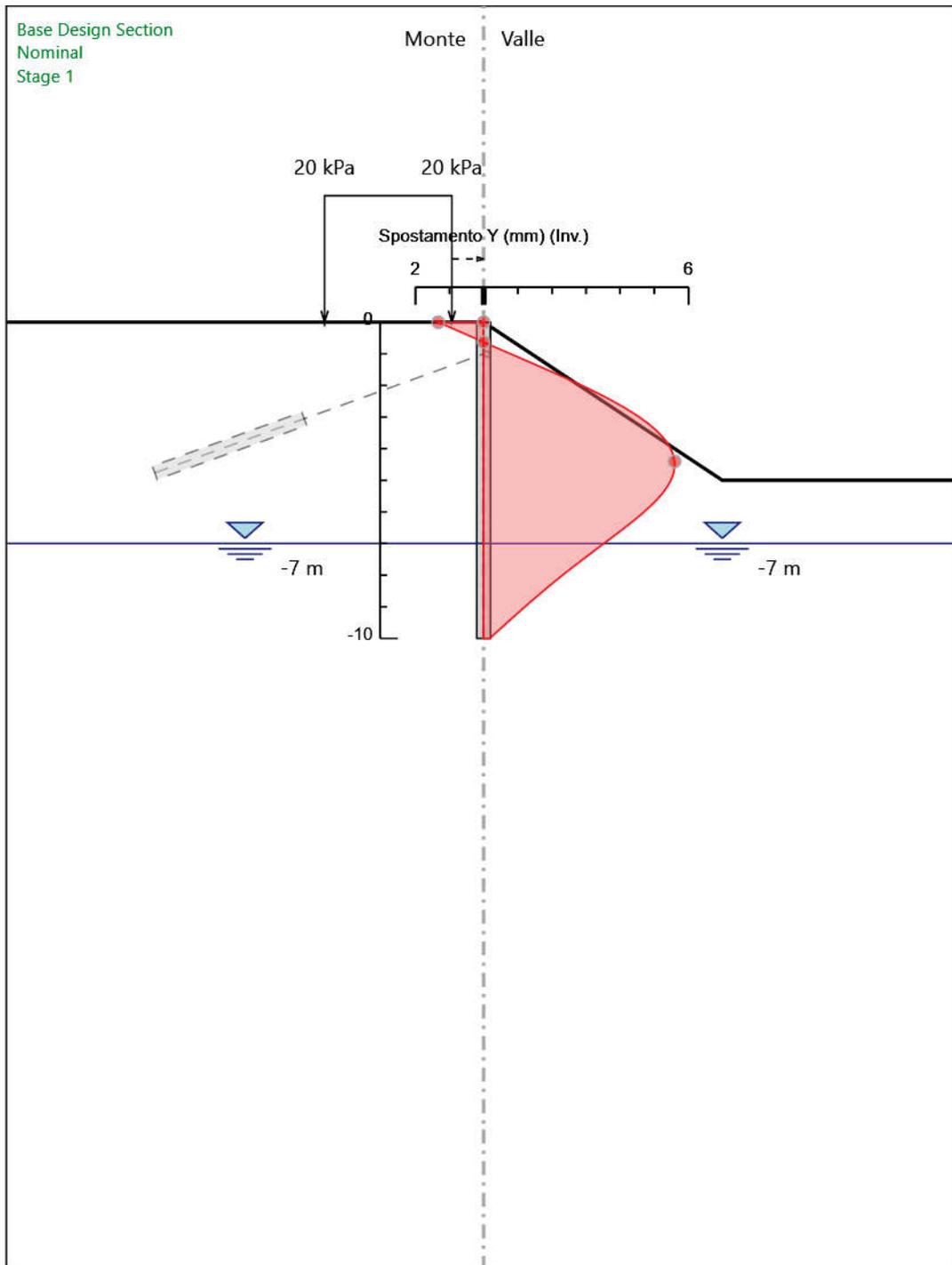
Nome	Carichi Per- manenti Sfavorevoli (F_dead_lo ad_unfa- vour)	Carichi Per- manenti Favorevoli (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_loa d_unfa- vour)	Carichi Va- riabili Fa- vorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Si- smico (F_seism_ load)	Pres sioni Lato Mon te (F_ Wa- terD R)	Pres sioni Lato Vall e (F_ Wa- ter Res)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_UPL_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_HYD_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_HYD_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : SLE (Rara/Fr equente /Quasi Perma- nente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : A1+M1+ R1 (R3 per ti- ranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018 : A2+M2+ R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)				V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)				V
NTC2018: A2+M2+R1				V

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Grafico Inviluppi Spostamento

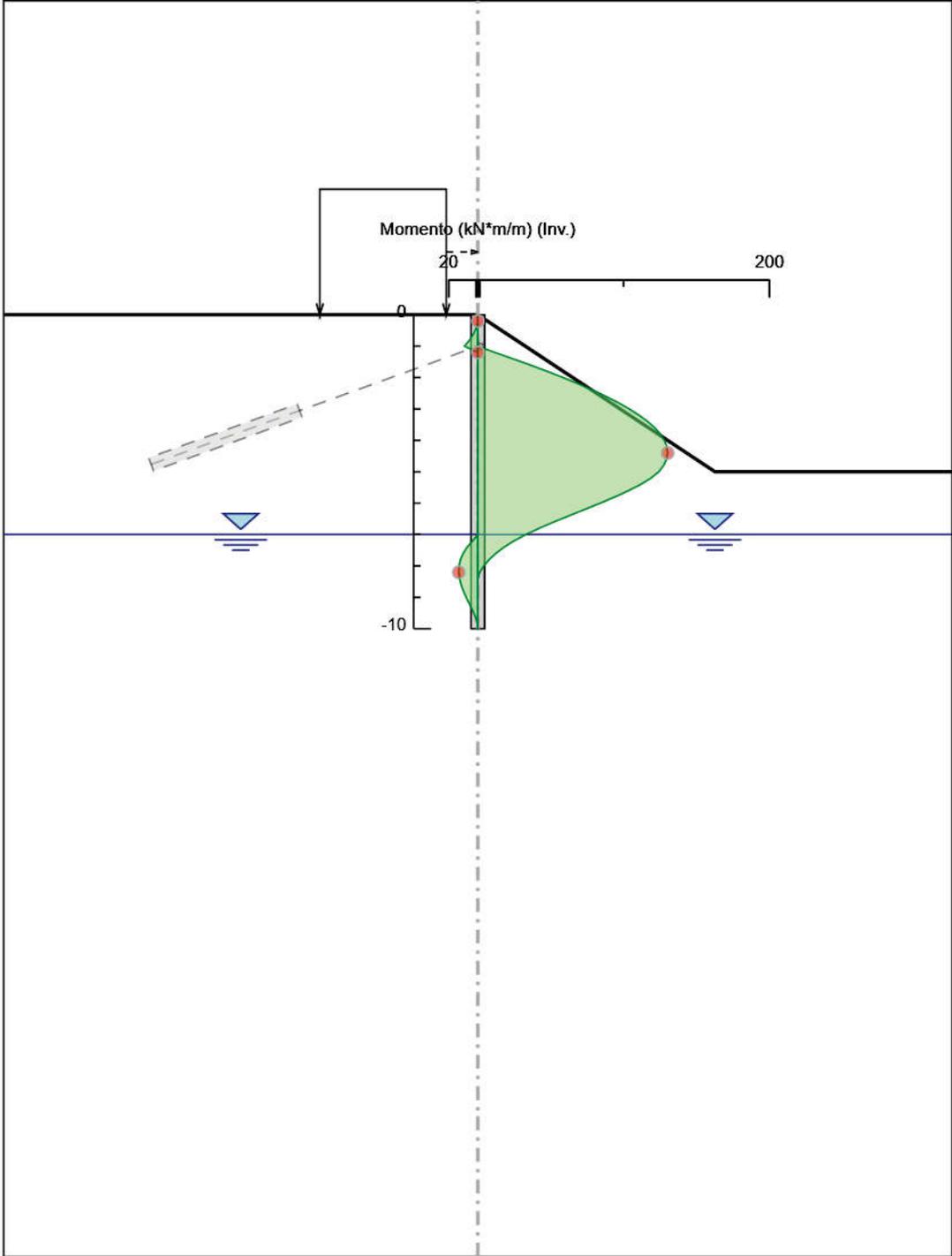


Spostamento

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0
-0.4	0.972	0
-0.6	2.888	0
-0.8	5.65	0
-1	9.143	0
-1.2	0	11.571
-1.4	0	23.936
-1.6	0	35.913
-1.8	0	47.439
-2	0	58.452
-2.2	0	68.892
-2.4	0	78.702
-2.6	0	87.825
-2.8	0	96.205
-3	0	103.788
-3.2	0	110.52
-3.4	0	116.344
-3.6	0	121.208
-3.8	0	125.059
-4	0	127.844
-4.2	0	129.513
-4.4	0	130.013
-4.6	0	129.294
-4.8	0	127.302
-5	0	123.987
-5.2	0	118.677
-5.4	0	111.684
-5.6	0	103.324
-5.8	0	93.908
-6	0	83.751
-6.2	0	73.166
-6.4	0	62.465
-6.6	0	51.961
-6.8	0	41.967
-7	0	32.794
-7.2	3.625	24.756
-7.4	7.35	17.946
-7.6	10.121	12.278
-7.8	11.968	7.666
-8	12.92	4.02
-8.2	13.075	1.252
-8.4	12.551	0
-8.6	11.46	0
-8.8	9.913	0
-9	8.019	0
-9.2	5.883	0
-9.4	3.744	0
-9.6	1.872	0
-9.8	0.535	0
-10	0	0

Grafico Involuppi Momento

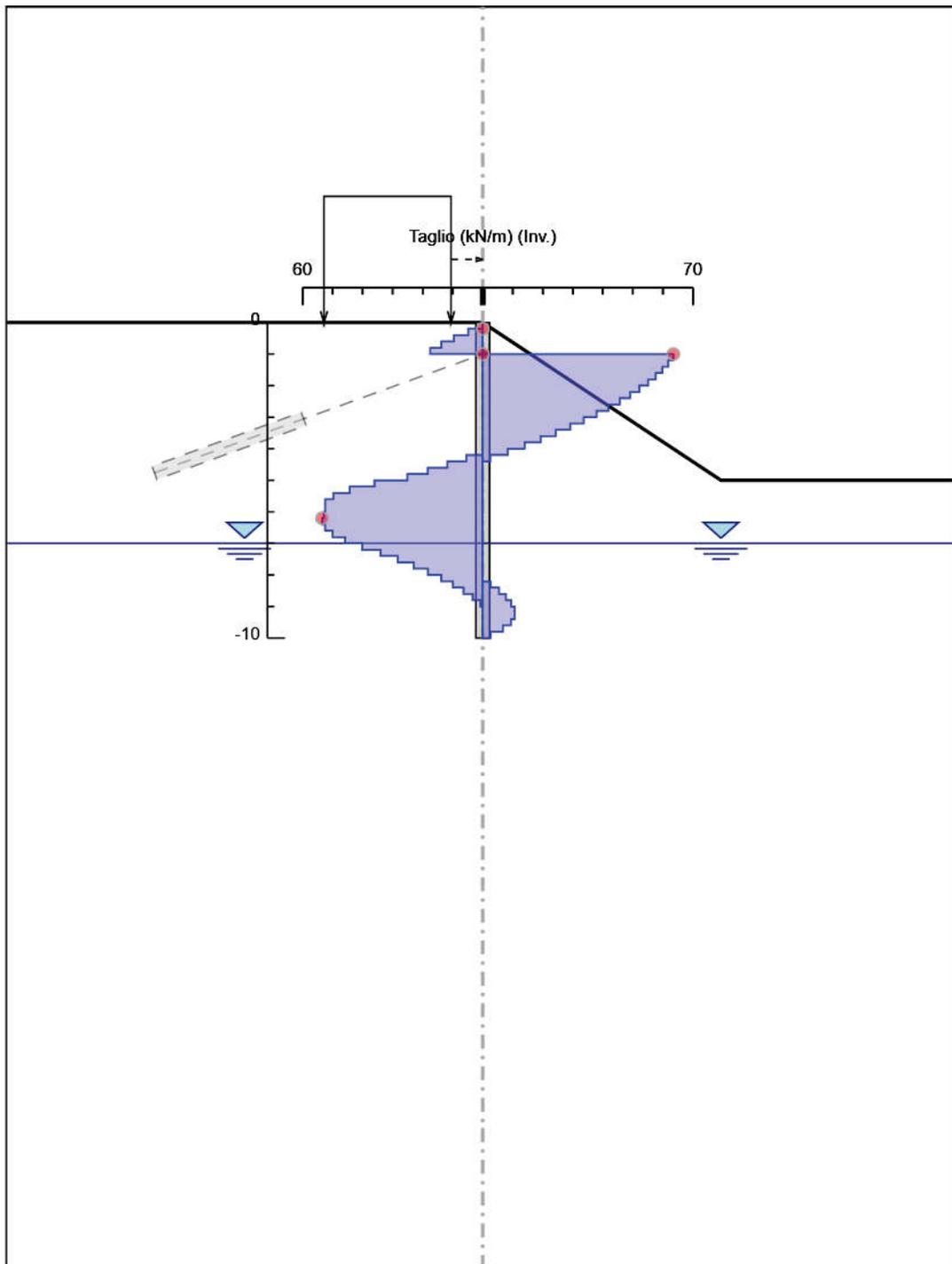


Momento

Tabella Involuppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.2	4.86	0
-0.4	9.58	0
-0.6	13.809	0
-0.8	17.467	0
-1	17.467	63.471
-1.2	0	63.471
-1.4	0	61.825
-1.6	0	59.886
-1.8	0	57.628
-2	0	55.063
-2.2	0	52.201
-2.4	0	49.049
-2.6	0	45.615
-2.8	0	41.902
-3	0	37.915
-3.2	0	33.657
-3.4	0	29.121
-3.6	0	24.32
-3.8	0	19.255
-4	0	13.927
-4.2	5.502	8.345
-4.4	11.768	2.503
-4.6	18.3	0
-4.8	25.096	0
-5	36.089	0
-5.2	44.319	0
-5.4	49.788	0
-5.6	52.498	0
-5.8	52.498	0
-6	52.926	0
-6.2	53.505	0
-6.4	53.505	0
-6.6	52.52	0
-6.8	49.972	0
-7	45.863	0
-7.2	40.193	0
-7.4	34.05	0
-7.6	28.338	0
-7.8	23.062	0
-8	18.229	0
-8.2	13.839	2.622
-8.4	9.896	5.454
-8.6	6.398	7.733
-8.8	3.345	9.471
-9	0.736	10.68
-9.2	0	10.695
-9.4	0	10.695
-9.6	0	9.361
-9.8	0	6.686
-10	0	2.674

Grafico Involuppi Taglio



Taglio

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

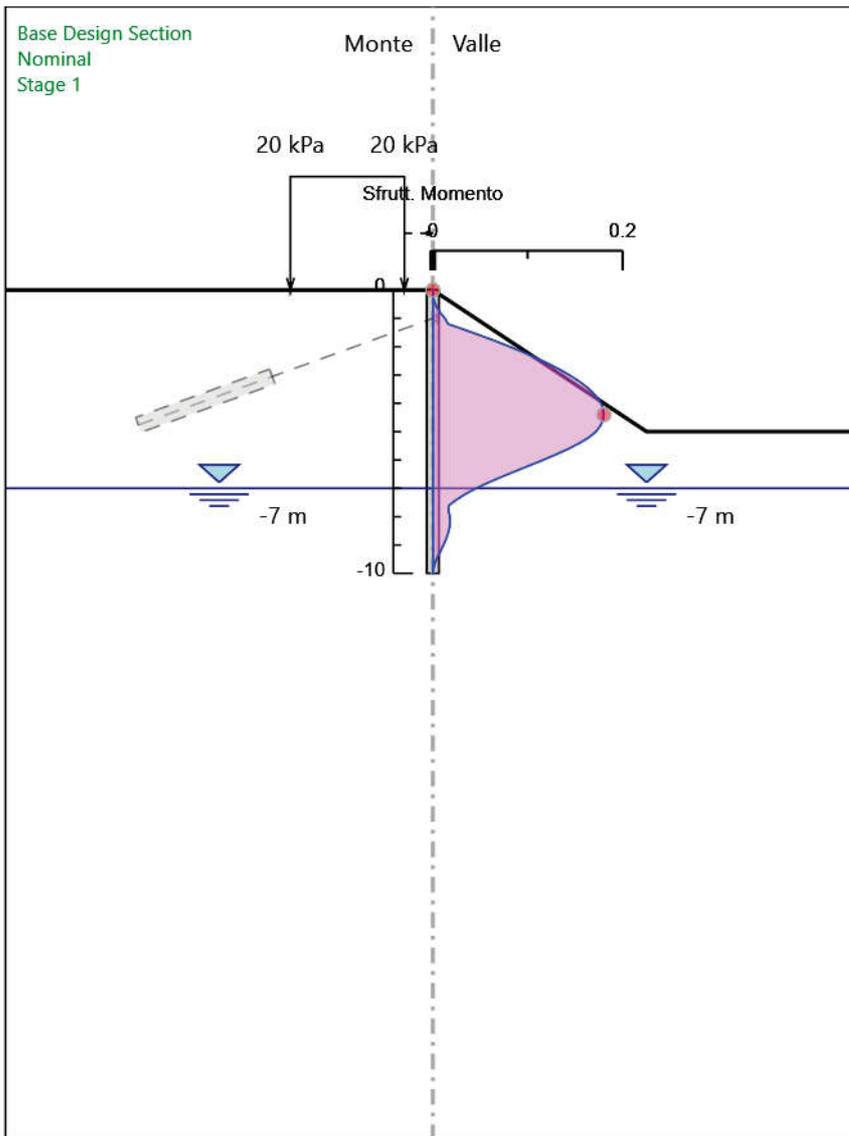
Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)				V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)				V
NTC2018: A2+M2+R1				V

Risultati SteelWorld

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.004
-0.8	0.008
-1	0.013
-1.2	0.016
-1.4	0.033
-1.6	0.05
-1.8	0.066
-2	0.081
-2.2	0.095
-2.4	0.109
-2.6	0.122
-2.8	0.133
-3	0.144
-3.2	0.153
-3.4	0.161
-3.6	0.168
-3.8	0.173
-4	0.177
-4.2	0.18
-4.4	0.18
-4.6	0.179
-4.8	0.176
-5	0.172
-5.2	0.164
-5.4	0.155
-5.6	0.143
-5.8	0.13
-6	0.116
-6.2	0.101
-6.4	0.087
-6.6	0.072
-6.8	0.058
-7	0.045
-7.2	0.034
-7.4	0.025
-7.6	0.017
-7.8	0.017
-8	0.018
-8.2	0.018
-8.4	0.017
-8.6	0.016
-8.8	0.014
-9	0.011
-9.2	0.008
-9.4	0.005
-9.6	0.003
-9.8	0.001
-10	0

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

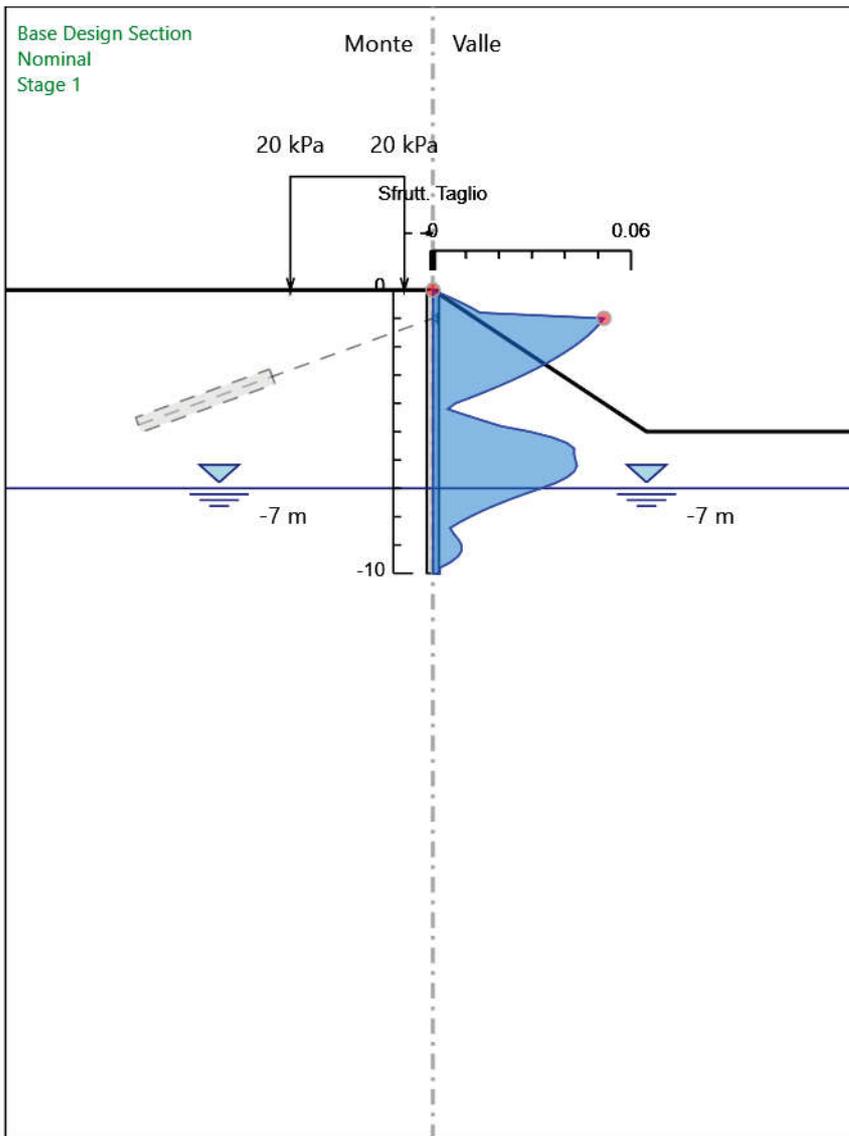


Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.2	0.004
-0.4	0.008
-0.6	0.011
-0.8	0.014
-1	0.052
-1.2	0.05
-1.4	0.049
-1.6	0.047
-1.8	0.045
-2	0.043
-2.2	0.04
-2.4	0.037
-2.6	0.034
-2.8	0.031
-3	0.027
-3.2	0.024
-3.4	0.02
-3.6	0.016
-3.8	0.011
-4	0.007
-4.2	0.004
-4.4	0.01
-4.6	0.015
-4.8	0.02
-5	0.029
-5.2	0.036
-5.4	0.041
-5.6	0.043
-5.8	0.043
-6	0.043
-6.2	0.044
-6.4	0.043
-6.6	0.041
-6.8	0.037
-7	0.033
-7.2	0.028
-7.4	0.023
-7.6	0.019
-7.8	0.015
-8	0.011
-8.2	0.008
-8.4	0.005
-8.6	0.006
-8.8	0.008
-9	0.009
-9.2	0.009
-9.4	0.008
-9.6	0.005
-9.8	0.002
-10	0.002

Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018 (ITA)							
		Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza
Tieback	Stage 3		150	706.858	605.557	0.212	0.248		NO
Tieback	Stage 4		160.149	706.858	605.557	0.227	0.264		NO

Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	195	356.999	605.557	0.546	0.322		
Tieback	Stage 4	208.194	356.999	605.557	0.583	0.344		

Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Tirante	Tipo Risultato: Veri- fiche Tiranti Stage	NTC2018 (ITA)						
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resi- stenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	150	356.999	605.557	0.42	0.248		
Tieback	Stage 4	179.82	356.999	605.557	0.504	0.297		

Inviluppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
Tie-back	Stage 4	208.194	356.999	605.557	0.583	0.344			NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

Design Assumption: Nominal		Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Se-zione	Mate-riale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio mo-mento	Ratio ta-glio	Instabi-lità	
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 3	60	0	0	0	0	
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 4	64.06	0	0	0	0	

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione	NTC2018 (ITA)								
Trave di Ripartizione	Elemento strutturale	Sezione	Mate- riale	Stage	Carico distri- buito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio mo- mento	Ratio taglio	Insta- bilità	
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 3	60	0	0.233	0.149	0	
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 4	64.06	0	0.249	0.159	0	

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Mate- riale	Stage	Carico distri- buito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio mo- mento	Ratio ta- glio	Insta- bilità
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 3	78	0	0.303	0.194	0
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 4	83.278	0	0.324	0.207	0

Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Trave di Ripartizione	Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione Elemento strutturale	NTC2018 (ITA) Sezione	Mate- riale	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio mo- mento	Ratio ta- glio	Instabi- lità
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 3	60	0	0.233	0.149	0
Default Waler	Tieback	HE 160B	S355	Stage 4	71.928	0	0.28	0.179	0