

## ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA898**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. M. Abram
	Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. F. Pambianco
	Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. M. Briganti Botta
	Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. L. Gagliardini
	Dott. Ing. L. Nani	Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G. Guiducci	Dott. Ing. G. Lucibello
	Dott. Ing. A. Signorelli	Dott. Arch. G. Guastella
	Dott. Ing. E. Moscatelli	Dott. Geol. M. Leonardi
	Dott. Ing. A. Bela	Dott. Ing. G. Parente
	Dott. Arch. E. A. E. Crimi	Dott. Ing. L. Ragnacci
	Dott. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	Dott. Ing. F. Aloe
	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. A. Salvemini
	Dott. Ing. C. Consorti	
	Dott. Ing. V. Rotisciani	Dott. Ing. G. Verini Supplizi
	Dott. Ing. G. Pulli	Dott. Ing. V. Piunno
	Dott. Ing. F. Macchioni	Geom. C. Sugaroni
	Dott. Ing. P. Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



## VIADOTTI VIADOTTO BARBAIANNI - CARR. DX Relazione di calcolo delle sottostrutture

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI01STRRE03C		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI01STRRE03	C	-
C	Revisione a seguito di Rapporto di Verifica		Nov 2021	M. Botta	F. Durastanti N. Granieri
B	Revisione a seguito istruttoria Anas		Set 2021	M. Botta	F. Durastanti N. Granieri
A	Emissione		Giù 2021	M. Botta	F. Durastanti N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

**INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA</b>	<b>5</b>
1.1.1 Impalcato	6
1.1.2 Sottostrutture	6
1.1.3 Sistema di vincolo	9
<b>1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>10</b>
1.2.1 Calcestruzzo	10
1.2.1.1 Elevazione della pila .....	10
1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla .....	10
1.2.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	12
<b>1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>13</b>
<b>1.4 SOFTWARE DI CALCOLO</b>	<b>14</b>
<b>1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI</b>	<b>14</b>
<b>2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1 VINCOLI ESTERNI</b>	<b>17</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b>	<b>18</b>
<b>3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO</b>	<b>18</b>
<b>3.2 PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>19</b>
<b>4. ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>19</b>
<b>4.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA</b>	<b>20</b>
<b>4.2 PESO DEL TERRENO A MONTE DELL'OPERA</b>	<b>20</b>
<b>4.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA</b>	<b>21</b>
<b>4.4 EFFETTO DEL SOVRACCARICO STRADALE A TERGO SPALLA</b>	<b>21</b>
<b>4.5 AZIONE SISMICA</b>	<b>21</b>
4.5.1 Inquadramento	21

4.5.2 Azioni sismiche sulle spalla	25
<b>4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO</b>	<b>27</b>
<b>4.7 AZIONE DEL VENTO SULLA PILA (<math>F_{w,k}</math>)</b>	<b>28</b>
<b>5. COMBINAZIONE DELLE AZIONI</b>	<b>28</b>
<b>6. VERIFICHE STRUTTURALI (GENERALITÀ)</b>	<b>31</b>
<b>7. VERIFICHE GEOTECNICHE (GENERALITÀ')</b>	<b>32</b>
7.1 CRITERI DI VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE	32
7.2 VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TESTA PALI	32
<b>7.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>34</b>
7.3.1 Resistenza laterale	34
7.3.2 Resistenza di base	35
7.3.3 Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici	35
7.3.4 Resistenza di progetto del palo	35
<b>7.4 RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI</b>	<b>36</b>
<b>7.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO</b>	<b>36</b>
<b>7.6 VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>38</b>
<b>8. ANALISI STRUTTURALE E PRINCIPALI RISULTATI</b>	<b>39</b>
<b>8.1 ANALISI DINAMICA</b>	<b>39</b>
8.1.1 Spostamenti dell'impalcato	42
<b>8.2 SOLLECITAZIONI</b>	<b>47</b>
8.2.1 Elevazioni	47
8.2.2 Fondazioni	59
<b>9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE</b>	<b>63</b>
<b>9.1 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P1</b>	<b>63</b>
<b>9.2 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE</b>	<b>65</b>

<b>10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE</b>	<b>68</b>
<b>10.1 VERIFICA STRUTTURALE PILA 1</b>	<b>68</b>
10.1.1 Fusto	69
10.1.2 Armature orizzontali di diffusione fusto	79
10.1.3 Baggioli pila	80
10.1.4 Palo di fondazione	82
10.1.5 Platea di fondazione	89
<b>10.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SPALLE</b>	<b>93</b>
10.2.1 Muro frontale	94
10.2.2 Paraghiaia	98
10.2.3 Muro di risvolto	103
10.2.4 Platea di fondazione spalla	129
10.2.5 Baggioli spalla	144
10.2.6 Palo di fondazione	146
<b>11. APPOGGI E GIUNTI</b>	<b>162</b>
<b>11.1 PORTATE APPOGGI</b>	<b>163</b>
<b>11.2 DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI</b>	<b>165</b>
11.2.1 Spostamenti orizzontali	165
11.2.2 Verifica decompressione	165
11.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC	167
11.2.4 Verifica massime rotazioni	167
11.2.5 S.L.E. deformazione sotto azione del vento	169
<b>11.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI</b>	<b>170</b>
11.3.1 Giunti	170
11.3.2 Varchi	171



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

<b>ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI</b>	<b>183</b>
<b>ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE</b>	<b>261</b>
<b>ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI</b>	<b>263</b>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione di spalle, pile, appoggi e giunti del viadotto "Barbaianni", carreggiata destra, previsto nell'ambito dei lavori di collegamento autostradale Ragusa-Catania: ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaromonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114.

### 1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impalcato misto acciaio-calcestruzzo con schema statico a trave continua e luci pari a 40+41m per la carreggiata sinistra e 39.91+40.91m per la carreggiata destra. Per la descrizione dell'impalcato si rimanda alla relativa relazione di calcolo. Gli appoggi sono costituiti da isolatori elastomerici ad elevato smorzamento. Come descritto di seguito i due impalcati poggiano su una spalla unica sia lato Ragusa che lato Catania, le pile sono separate ma di altezza analoga, in base a quanto sopra riportato si prevede di sviluppare le verifiche per la struttura in carreggiata sinistra e di estendere la validità delle stesse alla struttura in carreggiata destra.

Le figure seguenti mostrano i prospetti delle due carreggiate.

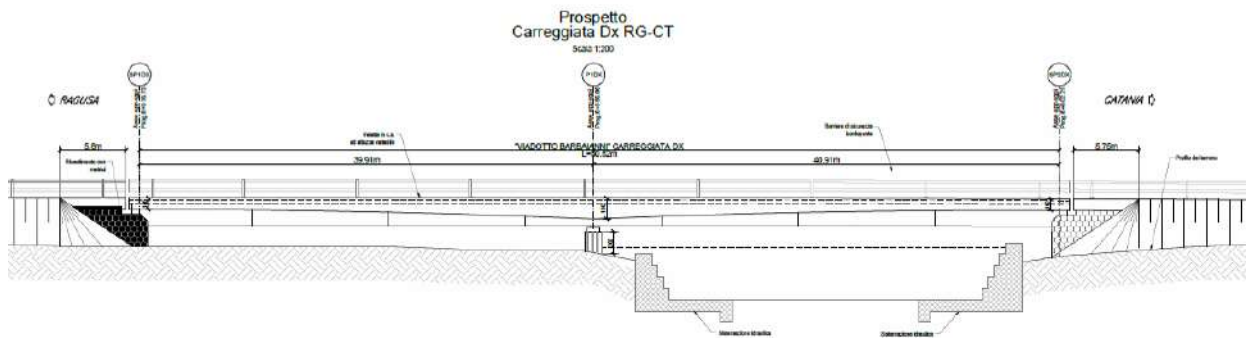


Figura 1.1: Prospetto carreggiata destra RG-CT

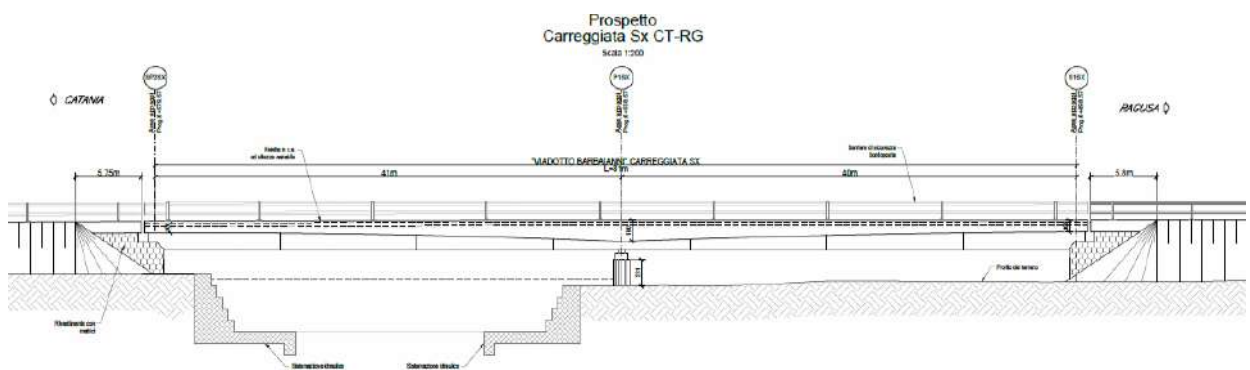


Figura 1.2: Prospetto carreggiata sinistra CT-RG

### 1.1.1 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 2300 mm disposte ad interasse trasversale di 6550 mm costante per le carreggiate destra e sinistra e traversi a trave posti a passo longitudinale variabile tra 4000 mm e 4250 mm. I traversi di testata sono realizzati mediante travi a doppio T composte mediante saldatura di altezza pari a 1300 mm mentre i traversi intermedi sono costituiti da profilati tipo HEA800. Lo sviluppo longitudinale delle travi comprende diversi conci la cui anima non è provvista di irrigidimenti né trasversali né longitudinali.

La soletta di impalcato, solidarizzata alle travi, è gettata in opera e presenta spessore complessivo di 300 mm, al lordo delle lastre tipo predalles di spessore 60 mm. La solidarizzazione della soletta alle travi metalliche è affidata a idonei connettori a taglio di tipo a piolo Nelson aventi diametro  $\varnothing 19$ .

La geometria della sezione trasversale dell'impalcato è riportata nelle seguente figura:

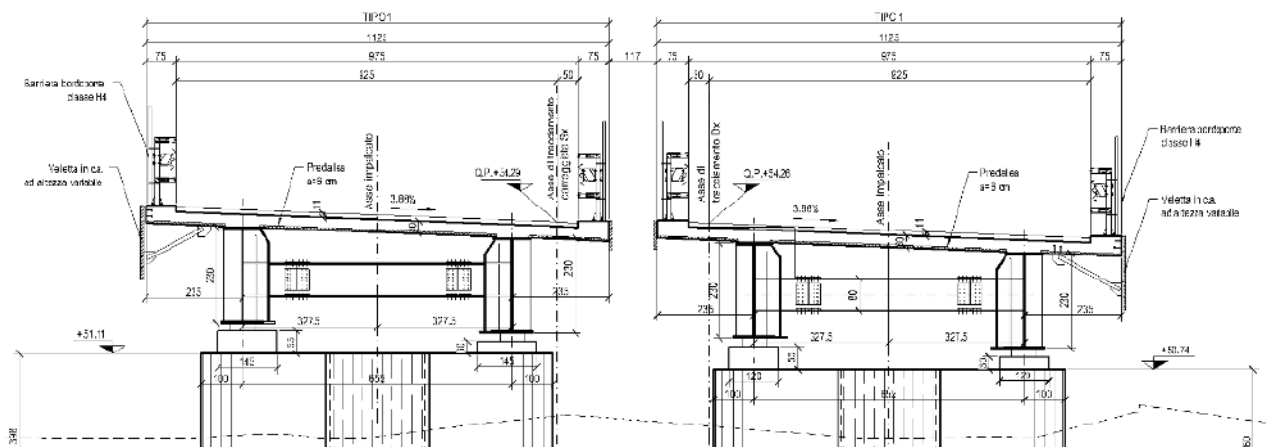


Figura 1.3: Sezione trasversale dell'impalcato su pila P1

### 1.1.2 Sottostrutture

Le pile sono di tipo tradizionale in c.a. e sono costituite da fusti a sezione piena di massimo ingombro pari a 8,55 m x 1,45 m sia per la carreggiata destra che sinistra. La sezione si mantiene con dimensioni costanti per tutta l'estensione del fusto, l'altezza delle pile per le due carreggiate è compresa fra 3.5 e 4 m. Le fondazioni delle pile sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 6,90 m x 11,40 m e spessore di 1,80 m su 6 pali trivellati  $\varnothing 1200$  di lunghezza 38 m.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

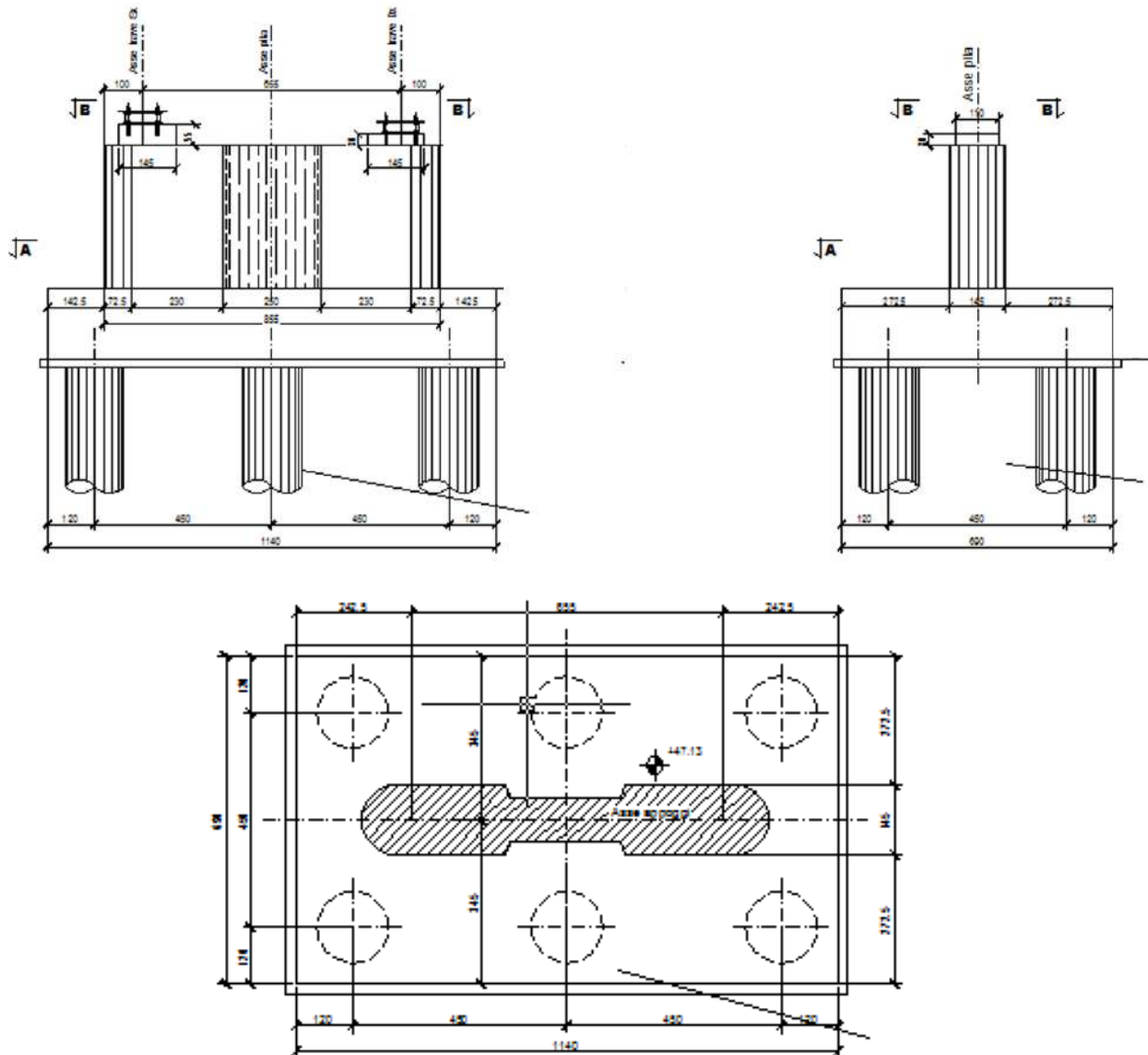


Figura 1.4: Sezione trasversale, vista trasversale e longitudinale delle pile

La spalla Sp1, denominata nella relazione anche spalla "A", unica per la carreggiata sinistra e destra, presenta un muro frontale di spessore 2,75 m ed altezza media di 2,50 m. Il muro paraghiaia ha un'altezza media di 3,20 m e spessore di 60 cm; i muri di risvolto sono a sezione variabile con inclinazione di 1/10 del paramento interno fino in sommità su cui si attestano i cordoli stradali per le barriere di sicurezza.

La platea di fondazione, di dimensioni in pianta 10,20 x 23,80 m e spessore 2,00 m ed è realizzata su una palificata di n. 21 pali trivellati  $\varnothing 1200$  mm e lunghezza 35 m.

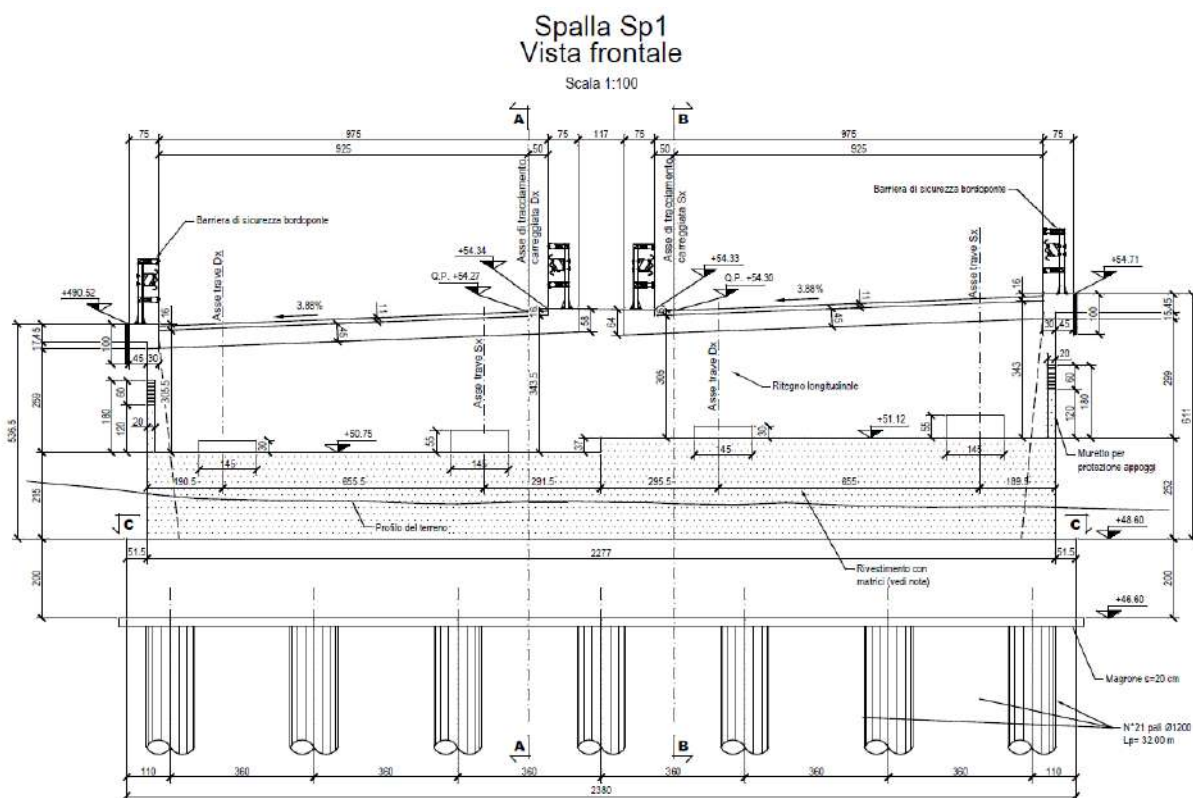


Figura 1.5: Vista frontale spalla SP1

La spalla Sp2, denominata nella relazione anche spalla "B", unica per la carreggiata sinistra e destra, presenta un muro frontale di spessore 2,75 m ed altezza media di 3,90 m. Il muro paraghiaia ha un'altezza media di 3,20 m e spessore di 60 cm; i muri di risvolto sono a sezione variabile con inclinazione di 1/10 del paramento interno fino in sommità su cui si attestano i cordoli stradali per le barriere di sicurezza.

La platea di fondazione, di dimensioni in pianta 10,20 x 23,80 m e spessore 2,00 m, è posata su una palificata di n. 21 pali trivellati Ø1200 mm e lunghezza 35 m.

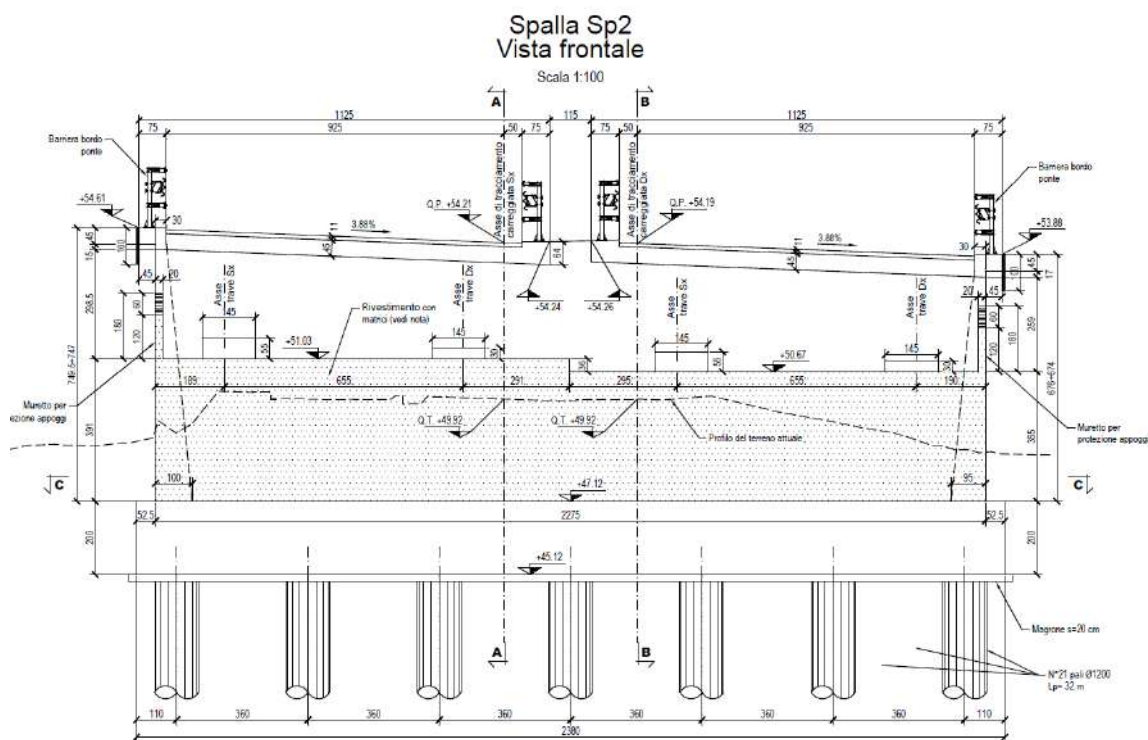


Figura 1.6: Vista frontale spalla SP2

### 1.1.3 Sistema di vincolo

Il sistema di vincolo viene determinato con riferimento ad una strategia di protezione sismica basata sull'utilizzo di isolatori elastomerici ad alta dissipazione.

L'utilizzo di tali dispositivi consente di disaccoppiare in modo sostanziale il moto della sovrastruttura rispetto alle sottostrutture, dissipando energia attraverso i cicli di deformazione dell'elastomero.

L'incremento del periodo di oscillazione della sovrastruttura, e la dissipazione di energia, consentono di ridurre drasticamente l'entità della domanda in termini di sollecitazione, che le sottostrutture sono chiamate a sopportare durante l'evento sismico.

Il predimensionamento dei dispositivi viene effettuato a partire dai dati di "portata" verticale in condizione di esercizio e sismica, unitamente al valore di rigidezza che si intende conseguire, al fine di ottenere un periodo di oscillazione intorno ai 2 s.

Allo scopo di limitare l'entità degli spostamenti massimi, si sono prescelti dispositivi dotati di mescola "normale".

In esito al processo di predimensionamento, e riferendosi al catalogo delle produzioni in serie di uno dei maggiori produttori nazionali, si sono selezionate le caratteristiche dei dispositivi indicate di seguito.

Dispositivi HDRB – mescola "N":

Diam = 800 mm / H=180 mm per le pile	$K_e = 2.23 \text{ kN/mm}$ , $K_v = 2186 \text{ kN/mm}$ ;
Diam = 700 mm / H=180 mm per le spalle	$K_e = 1.71 \text{ kN/mm}$ , $K_v = 1454 \text{ kN/mm}$ .



## 1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali di pile e spalle sono riportate nel seguito, per quelle dei materiali dell'impalcato si fa riferimento alla relativa relazione di calcolo

### 1.2.1 Calcestruzzo

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono riportate nel seguito:

#### 1.2.1.1 Elevazione della pila

C28/35	classe di resistenza
$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 32'588 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico secante
$\nu = 0.2$	coefficiente di Poisson
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 16.46 \text{ N/mm}^2$	resistenza di calcolo a compressione
$\epsilon_{cu} = 3.5$ per mille	deformazione ultima a rottura

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, anche i criteri di seguito elencati ed in particolare quelli previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XA2
Dimensione massima aggregati	30 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	40 mm

#### 1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla

C32/40	classe di resistenza
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica

---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33'642 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico secante
$\nu = 0.2$	coefficiente di Poisson
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$	resistenza di calcolo a compressione
$\epsilon_{cu} = 3.5$ per mille	deformazione ultima a rottura

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, anche i criteri di seguito elencati ed in particolare quelli previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate e si dovrà prevedere l'utilizzo di un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.



### Pali Fondazione

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XA2
Dimensione massima aggregati	25 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	60 mm

### Zattere di fondazione

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XA2
Dimensione massima aggregati	30 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	40 mm

### Elevazioni spalle

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XA2
Dimensione massima aggregati	25 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	40 mm

#### 1.2.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

B450C controllato in stabilimento	classe di resistenza
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica di snervamento
$\gamma_s = 1.15$	coefficiente parziale di sicurezza

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$k = (f_t/f_y)_k = 1.2$	rapporto di sovraresistenza
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	deformazione ultima caratteristica
$\varepsilon_{ud} = 0.9 * \varepsilon_{uk} = 0.0675$	deformazione ultima di calcolo

### 1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 14.01.2008:	Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
Circolare Min LLPP 617:	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D. Min. 14 gennaio 2008
UNI EN 1990:	Basi della progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-4:	Azioni sulle strutture – Azione del vento
UNI EN 1991-1-5:	Azioni sulle strutture – Azioni termiche
UNI EN 1991-2:	Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
UNI EN 1992-1-1:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-2:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
UNI EN 1993-1-1:	Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-2:	Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
UNI EN 1993-1-5:	Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-8:	Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9:	Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
UNI EN 1994-1-1:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1994-2:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
UNI EN 1998-2:	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
UNI EN 1090-2:	Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

## 1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il sistema software "LUSAS (vers. 19.0)", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma windows 10; il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si utilizza anche il software RC-SEC della Geostru ed il software VCA di Gelfi.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati salienti delle verifiche, ed effettuato di volta in volta un sintetico inquadramento delle ipotesi di base. Ulteriori dettagli vengono riportati in allegato.

## 1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze: m  
forze - coppie: N, Nm  
tensioni: N/mm<sup>2</sup>

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

Fx azione assiale  
Fy azione tagliante  
Fz azione tagliante  
Mx momento torcente  
My momento flettente  
Mz momento flettente

Le notazioni impiegate sono conformi a quelle impiegate negli Eurocodici ed indicate nei relativi capitoli introduttivi.

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M in luogo di My, Mz  
V in luogo di Fy, Fz  
T in luogo di Mx

## 2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

La struttura è stata modellata in tridimensionale, con elementi di LUSAS trave tipo BMI21 a sei gradi di libertà per nodo, che corrono lungo lo sviluppo longitudinale delle travate. I traversi dell'impalcato e il paramento della spalla sono modellati con travi tipo BMI21 e posizionati nella posizione reale, la soletta è modellata con elementi shell tipo QTS4.

Gli isolatori elastomerici sono modellati con elementi joint, tipo JNT4 elastici lineari, aventi la funzione di "molla" orizzontale/verticale, aventi rigidità pari a quella dei dispositivi descritti; gli elementi joint sono applicati ai nodi del graticcio considerando le effettive eccentricità presenti.

Per una corretta valutazione delle escursioni dei giunti vengono predisposti elementi del medesimo tipo, ma di rigidità pressochè nulla, atti a monitorare gli spostamenti orizzontali in corrispondenza dei quattro spigoli della soletta.

Attesa l'equivalenza delle due vie di corsa, la modellazione, che deriva direttamente da quella elaborata per l'analisi e verifica dell'impalcato, comprende:

- Impalcato e sostegno intermedio della via di corsa sinistra.
- Spalle A e B.

La modellazione del sostegno intermedio comprende l'elevazione e la fondazione, quest'ultima ipotizzata vincolata a terra mediante un vincolo di incastro perfetto.

Le spalle sono modellate in maniera semplificata, con l'obiettivo di restituire l'andamento delle sollecitazioni lungo le elevazioni ed all'intradosso fondazione. La modellazione di questi elementi strutturali viene effettuata considerando, dato il ridotto rapporto altezza/larghezza del manufatto, una coppia di elevazioni "fittizie" (idealmente separate) collegate all'elemento di fondazione. La massa del terreno viene modellata mediante una massa concentrata, posizionata in corrispondenza del baricentro del blocco di terreno, e collegata alla fondazione mediante un elemento rigido.

Le azioni trasmesse dagli impalcati alle spalle vengono applicate mediante forze e coppie concentrate agenti al piano spalla. Data l'equivalenza dei due impalcati, le azioni scambiate dalla via di destra (che non viene materialmente modellata) vengono automaticamente dedotte, per ciascun contributo rilevante alla statica della spalla, dall'analisi operata per la via di sinistra.

Di seguito si riporta lo il modello E.F. in forma schematica e renderizzata.

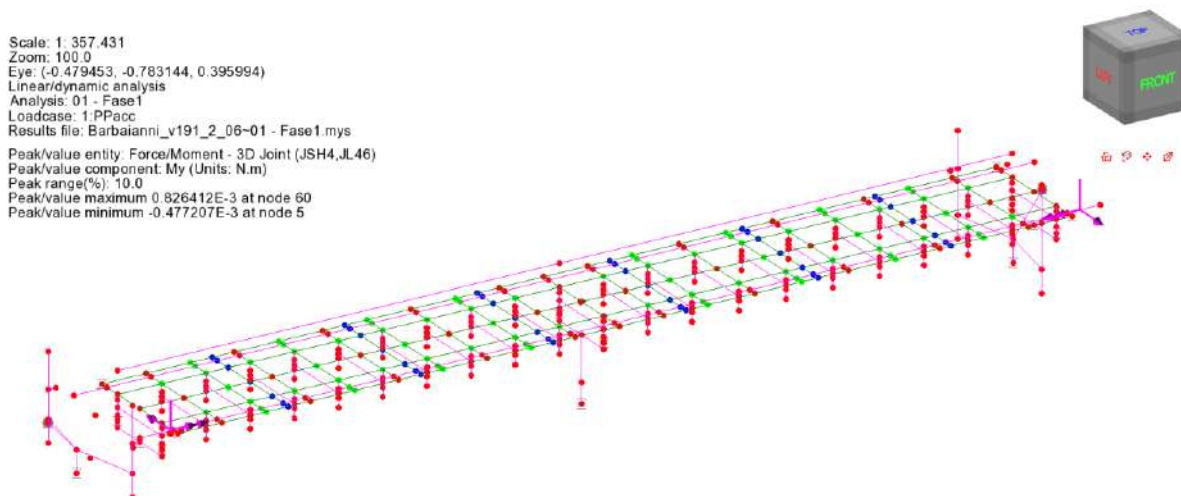


Figura 2.1 - Modello globale principale – layout E.F.

Scale: 1.357.431  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.479453, -0.783144, 0.395994)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 03 - Fase2b  
Loadcase: 7-Cedim\_P1  
Results file: Barbaiani\_v191\_2\_06-03 - Fase2b.mys  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: My (Units: N.m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 0.0 at node 500  
Peak/value minimum -845.79 at node 64

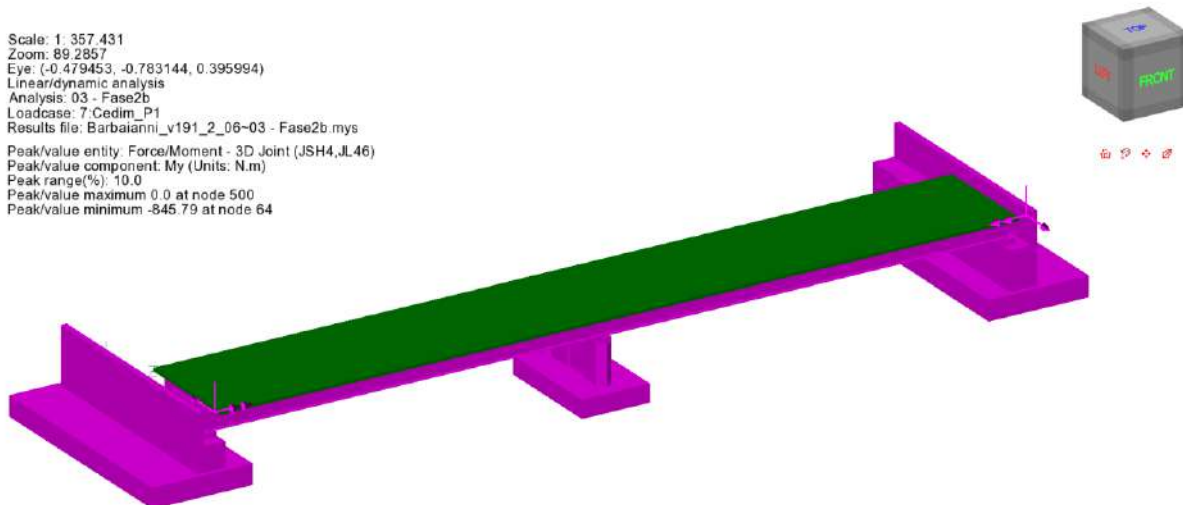


Figura 2.2 - Modello globale principale - Rendering

Gli schemi seguenti si focalizzano sulla modellazione delle spalle, riportandone il dettaglio in forma schematica e rispettivamente renderizzata.

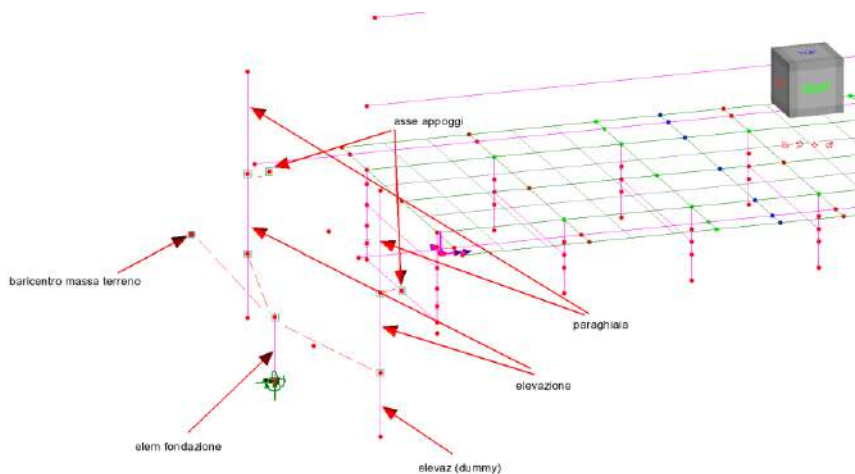


Figura 2.3 Modellazione spalla - layout E.F.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

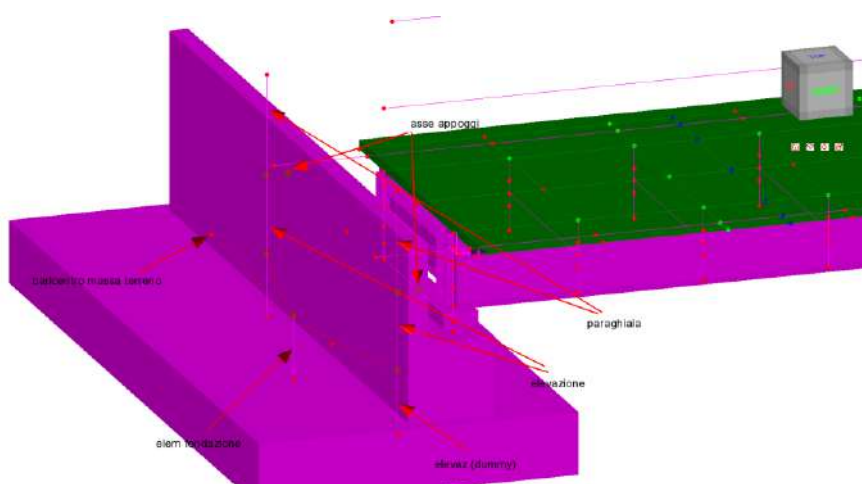


Figura 2.4 Modellazione spalla - Rendering

Nel complesso, l'analisi strutturale ricalca i passi tipici dell'analisi per fasi delle strutture composte.

Le varie "fasi" di analisi dell'impalcato vengono trattate, nell'ambito dello stesso modello, in maniera separata, così come mediante un'analisi separata viene effettuata l'analisi dei vari contributi insistenti sulle spalle (analisi effettuata dopo aver valutato le reazioni trasmesse dall'impalcato di sinistra).

La tabella seguente riporta le singole analisi che caratterizzano il modello FEM, e le loro finalità.

Fase	Azione di	Proprietà sezioni impalcato	Note
01 - Fase1	Pesi propri struttura in acciaio Peso proprio getto soletta Pesi propri pila e fondazione pila	acciaio travi (nfase 0)	
02 - Fase2a	Sovraccarichi permanenti su impalcato	acciaio + cis (nfase 2a, long term)	
03 - Fase 2b	Ritiro soletta in c.a. Cedimento supporti	acciaio + cis (nfase 2b, long term)	
04 Fase 3	Azioni termiche	acciaio + cis (nfase 3, short term)	
05 Fase 3aus	Frenatura	acciaio + cis (nfase 3, short term)	
06 Modale	Masse impalcato, pila e permaenti	acciaio + cis (nfase 3, short term)	
VLO	Carichi mobili	acciaio + cis (nfase 3, short term)	Ottimizzazione linee di influenza
07 - spalle	Pesi propri spalla Spinte del terreno (statiche) Sovraspinte sismiche Sovraccarichi sul reinterro Azioni inerziali sismiche Carichi trasmessi dall'impalcato (az. Statiche) Carichi trasmessi dall'impalcato (az. Sismiche)	acciaio + cis (nfase 3, short term)	Analisi effettuata dopo aver scaricato sul piano spalla le azioni trasmesse dalle due vie di corsa

Tabella 2.1 Sintesi analisi modello principale

## 2.1 VINCOLI ESTERNI

Tutte le sottostrutture sono vincolate a terra mediante vincoli di tipo "rigido". Lo schema seguente riporta la posizione dei vari restraints.



Analysis: 02 - Fase2a  
Loadcase: 4:Permanenti

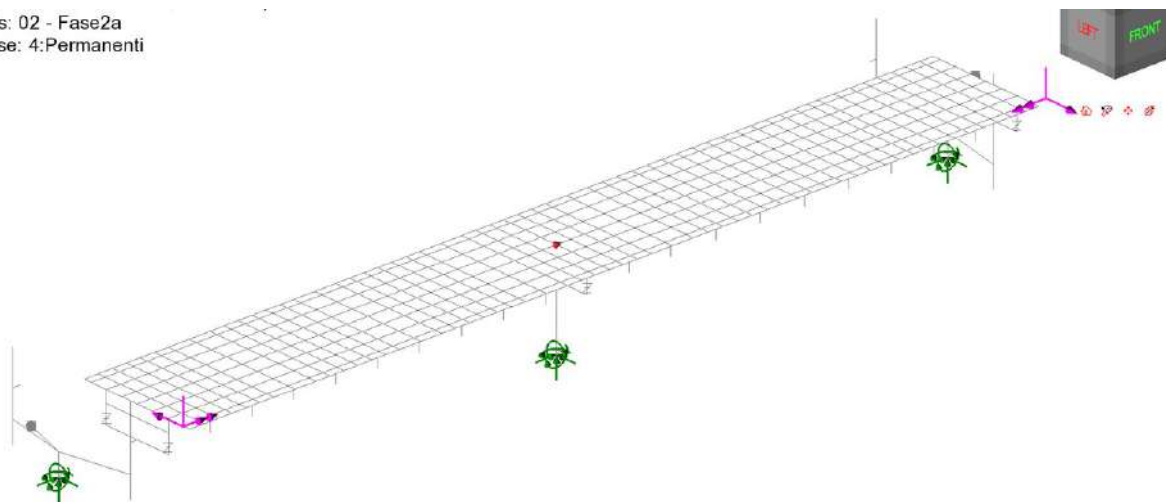


Figura 2.5 - Posizione vincoli esterni

I dispositivi di vincolo effettivi del manufatto, sono modellati con molle di rigidità orizzontale  $k_y=k_x=1900$  kN/m, e verticale  $k_z=1262000$  kN/m in corrispondenza delle spalle,  $k_y=k_x=2990$  kN/m,  $k_z=1871000$  kN/m in corrispondenza delle pile.

I dispositivi di vincolo verranno inghisati in maniera definitiva solamente dopo il getto della soletta e la posa dei sovraccarichi permanenti. Questo accorgimento consente di "depurare" le deformazioni parassite sui dispositivi, che intercorrono soprattutto durante la fase di getto della soletta.

Le analisi di fase 1 e fase 2a saranno pertanto condotte riferendosi a rigidità orizzontali del sistema di vincolo praticamente nulle.

### 3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente paragrafo si riporta il modello geotecnico utilizzato per il calcolo delle palificate di fondazione delle pile e delle spalle del viadotto Barbaiani.

#### 3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

Secondo quanto riportato negli elaborati geotecnici, le stratigrafie assunte per i calcoli delle opere fondazionali delle spalle e delle pile sono illustrate nelle tabelle seguenti:

Viadotto 16		Sp1	P1	Sp2
Quota intradosso fondazione da p.c.	(m)	-3.10	-4.20	-5.00
Quota falda da p.c.	(m)	-2.0	-2.0	-2.0
		Spessori Litotipi dal p.c.		
a1 (coesivo)	(m)	6.00		
a2 (incoerente)	(m)	3.40		
Qa	(m)	>12.7		

Tabella 3.1 : Stratigrafia di calcolo –

### 3.2 PARAMETRI GEOTECNICI

Per la definizione dei parametri geotecnici, dei litotipi descritti al p.to precedente, si fa riferimento ai parametri minimi definiti nell'ambito della caratterizzazione geotecnica riportata nella relazione geotecnica generale (con riferimento al lotto 4). Tali parametri sono riportati nella tabella seguente:

Unità geologiche		Unità geotecniche		$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$z$	$c_u$	$E'$
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m da p.c.]	[kPa]	[MPa]
a	Alluvioni fluviali	a_fine	Alluvioni (grana fine)	17÷19	5÷15	23÷28	0÷5	100	10
		a_gross	Alluvioni (grana grossa)	19÷21	0	38÷42	>5		20
Qa	Argille siltoso marnose	Qa	Argille	17÷19	10÷20	20÷25	0÷5	150	10÷20
							5÷10		15÷35
							10÷15		20÷60
							15÷30		40÷100
							>30	200	40÷100

Tabella 3.2 : Parametri geotecnici di calcolo

In realtà nella startigrafia in corrispondenza della spalla 1 e della pila alla profondità di 35 metri circa dalla testa dei pali è presente uno strato di base di roccia vulcanica Pvl-R2 le cui caratteristiche aumenterebbero la portanza della palificata, la cui verifica è stata comunque condotta in favore di sicurezza trascurando la presenza di questo strato

unità geologica	unità geotec.	litotipo	z (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	RQD (-)	GSI (-)	$\phi'$ (°)	E (MPa)	OCR
Pvl	colate laviche (basalti)	Pvl-GG	terreni a grana grossa	0-10	17 ÷ 19	-	-	44	75 ÷ 100	-
				≥ 10					≥ 150	
	Pvl-R2	roccia vulcanica		0 ÷ 5	23 ÷ 25	30 ÷ 40	40	50	-	-
				5 ÷ 25					150 ÷ 400	
				≥ 25					300 ÷ 600	
								≥ 700		

Tabella 3.3 : Parametri geotecnici strato ulteriore

## 4. ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta la descrizione dei vari contributi di carico presi in esame ai fini dell'analisi globale della struttura.

Il calcolo della spalla e della pila è stato condotto tenendo conto delle seguenti azioni agenti sull'opera:

- peso proprio della struttura;



- peso del terreno a monte dell'opera;
- spinte del terreno a monte dell'opera;
- spinta dovuta al sovraccarico stradale;
- azione sismica con relative forze di inerzia della struttura e del terreno solidale con l'opera ed incremento di spinta sismica del terreno a tergo della spalla;
- azioni trasmesse dall'impalcato.

Per quanto attiene le azioni trasmesse dall'impalcato, si precisa che l'analisi FEM è stata condotta utilizzando il modello dedicato al calcolo della sovrastruttura d'impalcato ed effettuando le dovute integrazioni inerenti soprattutto le spalle. Per ulteriori dettagli inerenti la valutazione dei carichi trasmessi dall'impalcato, si rimanda alla specifica relazione.

#### 4.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso dei vari elementi strutturali viene conteggiato, in generale, applicando agli elementi strutturali del modello FEM la densità del calcestruzzo:

Peso specifico calcestruzzo  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

Il peso dei muri d'ala è stato incluso, per semplicità, nella valutazione della "massa" che modella il terreno a tergo spalla.

#### 4.2 PESO DEL TERRENO A MONTE DELL'OPERA

Il terreno preso in considerazione è il terreno gravante sulla platea di fondazione a monte, costituito da misto cementato a cui viene attribuito il peso per unità di volume del rilevato stradale pari a  $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$ .

Le dimensioni del blocco di terreno, risulta in media:

$b_t = 22.77 - 0.65 \times 2 = 21.47 \text{ m}$  spalla A, B

$l_t = 4.95 \text{ m}$  spalla A, B

$b_m = 0.65 \times 2 = 1.3 \text{ m}$  muri d'ala

$h_t = 5.7 \text{ m}$  spalla A

$h_t = 7.1 \text{ m}$  spalla B

Considerando l'aliquota di competenza dei muri spalla ( $\gamma_c 25 \text{ kN/m}^3$ ), il peso complessivo posizionato in corrispondenza del baricentro del blocco di terreno è risultato:

$$G_{sp1} = (19 \times 21.47 + 25 \times 1.3) \times 4.95 \times 5.7 = 12426 \text{ kN}$$

$$G_{sp2} = (19 \times 21.47 + 25 \times 1.3) \times 4.95 \times 7.1 = 15479 \text{ kN}$$

### 4.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono sostanzialmente dallo spostamento relativo che lo stesso può subire; avendo previsto una platea su pali, si può considerare che le deformazioni del terreno siano impedito dalla struttura che non cede in nessun punto, per cui la pressione esercitata è una spinta a riposo espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo di Coulomb che vale:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi$$

dove  $\varphi$  è l'angolo di attrito interno del terreno posto pari a  $35^\circ$ .

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete).

La spinta applicata sulle elevazioni spalle con andamento linearmente variabile con la profondità, risulta pertanto:

$$g_{kt,h} = 19 \times 0.426 \times z = 8.094 \times z \text{ kN/m}$$

Essa viene applicate con riferimento alla rispettiva "variation" in funzione della quota "0" assunta in sommità.

### 4.4 EFEETTO DEL SOVRACCARICO STRADALE A TERGO SPALLA

La presenza di un sovraccarico stradale uniformemente distribuito sul rilevato comporta lo sviluppo di un'azione orizzontale sul paramento (costante con la profondità), ed un sovraccarico verticale, che si trasmette alla suola interna della fondazione.

La spinta orizzontale, applicata al paramento come carico uniformemente distribuito, risulta:

$$g_{kt,h(Q)} = 20 \times 0.426 = 8.52 \text{ kN/m}$$

Il sovraccarico verticale, che per comodità di modellazione, verrà applicato nel modello FEM come azione concentrata insistente sulla massa puntuale del terreno, risulta:

$$g_{kt,v(Q)} = 20 \times 22.77 \times 4.95 = 2254 \text{ kN}$$

### 4.5 AZIONE SISMICA

#### 4.5.1 Inquadramento

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 50 anni e considerando una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico") ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 2.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) è di 949 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_c^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto								
Latitudine:	37°.2592							
Longitudine:	14°.9212							
Stato limite	$V_N$ (anni)	$C_U$	$V_R$ (anni)	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	$F_0$	$F_V$
SLO	50	2	100	60	0.077	0.755	2.496	0.935
SLD	50	2	100	101	0.110	1.079	2.335	1.045
SLV	50	2	100	949	0.389	3.816	2.334	1.965
SLC	50	2	100	1950	0.549	5.386	2.336	2.337

Tabella 4.1: Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

In quest'ultima  $V_N$  è la vita nominale dell'opera;  $C_U$  è il coefficiente relativo alla classe d'uso;  $V_R$  è il periodo di riferimento per l'azione sismica;  $T_R$  è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita;  $a_g$  è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento;  $F_0$  è il valore massimo del fattore di amplificazione dello

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

spettro in accelerazione orizzontale;  $F_v$  è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale;  $T_c^*$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	$S_s$	$S_T$	$S$	$C_c$	$T_B$	$T_c$	$T_D$
SLO	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.608	0.147	0.442	1.908
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.550	0.159	0.476	2.040
SLV	C	T1	1.16	1.00	1.16	1.345	0.212	0.635	3.156
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.294	0.229	0.687	3.796

Tabella 4.2 : Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

In quest'ultima  $S_s$  ed  $S_T$  sono rispettivamente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione  $S$ ;  $C_c$  è il coefficiente che modifica il valore del periodo  $T_c^*$ ;  $T_B$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale;  $T_c$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale;  $T_D$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente orizzontale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

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

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_c$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_c}{T} \quad \text{se} \quad T_c \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

L'impalcato è isolato con isolatori elastomerici ad elevato smorzamento e quindi lo spettro è scalato di  $\eta=0,71$  a partire da 0.8 del periodo dell'isolatore.

Periodo dell'isolatore	
Isolato	true
Tisol	1.920 s
csi	15.000 %
q	1.00
$\eta$	0.71

Tabella 4.3 Caratteristiche dinamiche sistema

Con riferimento al caso specifico, si riporta in figura lo spettro elastico per componente orizzontale.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

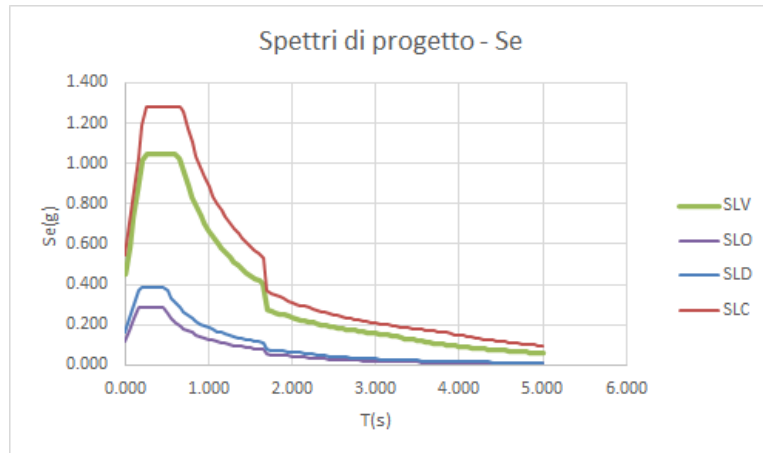


Figura 4.1 : Spettro elastico per la componente orizzontale

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente verticale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S <sub>S</sub>	S <sub>T</sub>	S	C <sub>C</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
SLO	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.608	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.550	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.345	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.294	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.4 : Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima S<sub>S</sub> ed S<sub>T</sub> sono rispettivamente il fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S; T<sub>B</sub> è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente verticale; T<sub>C</sub> è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente verticale; T<sub>D</sub> è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente verticale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Con riferimento al caso specifico, si riporta in figura lo spettro elastico per componente verticale.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

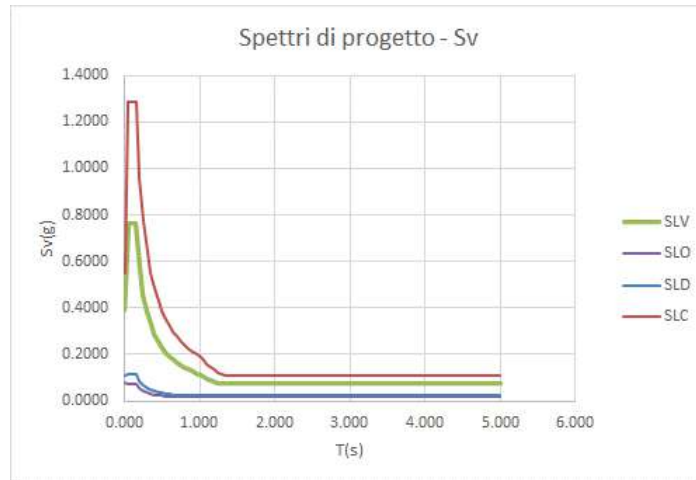


Figura 4.2 : Spettro elastico per la componente verticale

Le verifiche vengono condotte considerando come spettro di progetto lo spettro elastico, cioè considerando  $q=1$ .

#### 4.5.2 Azioni sismiche sulle spalla

##### Effetti sismici sulle spinte esercitate dal terrapieno a tergo

In condizioni sismiche l'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono dall'intensità del sisma, dalla risposta locale del terreno di fondazione e dalla deformabilità dell'opera.

Il D. Min. Infrastrutture 14/01/2008 consente l'utilizzo di metodi pseudo-statici per il calcolo dell'incremento di spinta sull'opera dovuto al sisma. Il metodo applicato in sede di progettazione è quello di Mononobe-Okabe, basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporta come un corpo rigido.

Le componenti verticali ed orizzontali dell'azione sismica sono considerate costanti in tutti i punti della massa.

La spinta sismica (statica + dinamica) vale:

$$S_s = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v) \cdot K'_a$$

dove, se  $\beta \leq \phi - \vartheta$ :

$$K'_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta - \vartheta) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon - \vartheta)}{\sin(\phi - \delta - \vartheta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

altrimenti, se  $\beta > \phi - \vartheta$ :

$$K'_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \vartheta - \delta)}$$

Nelle relazioni sopra elencate, i simboli hanno i seguenti significati:

$\beta$  = angolo tra intradosso parete e la verticale

$\vartheta$  = angolo definito come:  $\tan(\vartheta) = \frac{k_h}{(1 \pm k_v)}$

$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$ , coefficiente di intensità sismica orizzontale

$k_v = 0.5 \cdot k_h$  = coefficiente di intensità sismica verticale

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Quest'ultimo parametro assume i valori riportati nella tabella seguente.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,20 < a_g (g) \leq 0,40$	0,31	0,31
$0,10 < a_g (g) \leq 0,20$	0,29	0,24
$a_g (g) \leq 0,10$	0,20	0,18

Tabella 4.5 : Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Nel caso di spalle che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

La normativa prescrive di applicare separatamente la spinta statica e dinamica, quest'ultima come incremento di spinta.

Per quanto concerne l'incremento di spinta, si calcola la differenza tra la spinta sismica totale e la spinta statica attiva. Si ricava un diagramma delle pressioni del terreno costante, per cui il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza di  $0.5 \cdot H$  rispetto alla base della platea.

### Effetti inerziali sulle masse della spalla e del terrapieno

Si tiene conto degli effetti inerziali indotti sulle masse afferenti alla struttura di spalla ed al peso del rinterro a tergo, applicando l'accelerazione " $a_{max}$ " alle masse di competenza, rispettivamente in direzione longitudinale e trasversale.

La tabella seguente riepiloga l'inquadramento in termini "sismici" delle azioni, sia in termini di coefficienti di spinta, che in termini di accelerazioni.

Caratterizz. sismica (SLV)		Caratteristiche terreno			Coefficienti di spinta	
Cat. Suolo	<b>C</b>		[°]	[rad]	$\theta_A$	0.5253
$a_g$	<b>0.389</b>	$\phi_{rilevato}$ (M1)	35.0	0.6109	$\theta_B$	0.3517
F0	<b>2.334</b>	$\delta$ Attrito terra-muro	17.5	0.3054	$k_{0,statico}$ (M1)	0.4264
Ss	1.155	$\phi_{rilevato}$ (M2)	29.3	0.5106	$k_{a,statico}$ (M1)	0.2461
St	1.000	$\delta$ Attrito terra-muro	14.6	0.2553	$k_{a,din.1}$ (M1)	0.9809
S	1.16	$\psi$ Incl. Paramento	90.0	1.5708	$k_{a,din.2}$ (M1)	0.5537
$a_{max}$	0.449	$\beta$ Incl. scarpata	0.0	0.0000		
$\beta_m$	1.000					
$k_h$	0.45	$\gamma_{cls}$	25.00	[kN/m <sup>3</sup> ]		
		$\gamma_t$ rilevato	19.00	[kN/m <sup>3</sup> ]		
$k_v$	0.22	$q_v$	20.00	[kN/m <sup>2</sup> ]		

Tabella 4.6 Parametri spinte terreno

## 4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO

Per i carichi applicati sull'impalcato relativi a

- peso proprio
- carichi permanenti
- ritiro ed effetti reologici
- dilatazioni termiche
- cedimenti vincolari
- vento sull'impalcato
- frenatura
- azione sismica
- azioni da traffico

si fa riferimento alla relativa relazione di calcolo.

Le azioni da traffico sono state applicate ricorrendo alla funzione Vehicle Load Optimization (VLO), integrata nel codice di calcolo utilizzato, la quale dopo aver definito le sezioni nelle quali calcolare le linee/superfici di influenza e una caratteristica di sollecitazione, posiziona i carichi da traffico della normativa in modo tale da minimizzare/massimizzare la sollecitazione scelta fornendo anche i valori delle sollecitazioni concomitanti.



#### 4.7 AZIONE DEL VENTO SULLA PILA ( $F_{w,k}$ )

Calcolo parametri di base	
Categoria sito	II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	4 1-2-3-4-5-6-7-8-9
$a_s$	50 m - quota sito
$v_{b0}$	28 4.1.(1) P
$a_0$	500 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
$k_3$	0.02 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
$v_{b0}$	28 4.1.(1) P
$v_b$	28.0 velocità di base del vento
$C_{dir}$	1.00 4.2.(2) P - nota 2
$C_{season}$	1.00 4.2.(2) P - nota 3
$k_t$	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
$C_o$	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
$c_f$	0.70 coefficiente di forza per cilindro
$T_r$	50 periodo di ritorno
$k_1$	0.138
$n$	1.000
$\alpha_r$	1.00
$z_0$	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2
$z_{0H}$	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
$z_{min}$	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
$z_{max}$	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
$k_r$	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$\sigma_v$	5.32 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
$\rho$	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$v_b^*$	25.20 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$C_d$	1.000

z (m)	$c_r(z)$	$c_e(z)$	$v_m(z)$	$l_v(z)$	$q_p(z)$	$f_w(N/m^2)$
0.00	0.83	1.80	23.31	0.23	882.26	617.58
5.00	0.87	1.93	24.50	0.22	945.37	661.76
10.00	1.01	2.35	28.19	0.19	1152.62	806.84

Tabella 4.7 Definizione Azione Vento  $F_w$

### 5. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche agli stati limite, la combinazione delle azioni è effettuata secondo quanto disposto dal D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008.

In linea generale, le combinazioni verranno elaborate prendendo di volta in volta ciascuna delle singole azioni variabili come azione dominante come riferimento, ed assegnando gli opportuni valori "di combinazione" alle rimanenti.

Le azioni variabili dominanti sono le seguenti:

- Carichi mobili dominanti
- Variazione Termica dominante
- Vento dominante

Di seguito si dettagliano le combinazioni di carico effettivamente utilizzate nelle verifiche.

### S.L.U. - STR

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'involuppo delle seguenti combinazioni.

#### S.L.U. - $Q_k$ dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} Q_{k,gr1/2} + \gamma_{q,2} 0.6 T_k + \gamma_{q,3} 0.6 F_{w,k}$$

Per  $Q_{k,gr1/2}$  si intende l'involuppo delle sollecitazioni, elaborato sulla base dei carichi di gruppo 1 e 2

#### S.L.U. - $T_k$ dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,2} T_k + \gamma_{q,1} (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} 0.6 F_{w,k}$$

#### S.L.U. - $F_{wk}$ dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,3} F_{wk} + \gamma_{q,1} (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} 0.6 T_k$$

Di seguito i coefficienti amplificativi  $\gamma_{fav}$  /  $\gamma_{unfav}$ :

- $\gamma_{G1}$  1.35 – 1 coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio
- $\gamma_{G2}$  1.35 – 1 coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente (\*)
- $\gamma_{G3}$  1.3 – 1 coefficiente moltiplicativo per le azioni di natura geotecnica
- $\gamma_{shLT}$  1.2 - 1.2 coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro
- $\gamma_{sett.}$  0 - 1.2 coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
- $\gamma_{Q1}$  1.35 – 0 coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
- $\gamma_{Q2}$  1.5 coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
- $\gamma_{Q3}$  1.2 coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

(\*) I sovraccarichi permanenti afferenti all'arredo stradale (pavimentazione, barriere e finiture varie) sono inquadrati come "sovraccarico permanente compiutamente definito".

### S.L.U. - GEO

Ai fini delle verifiche geotecniche, si considera la combinazione S.L.U. GEO, formalmente simile alla S.L.U. STR, ma con riferimento ai seguenti coefficienti di combinazione:

- $\gamma_{G1} 1 - 1$  coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio
- $\gamma_{G2} 1 - 1$  coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
- $\gamma_{G3} 1 - 1$  coefficiente moltiplicativo per le azioni di natura geotecnica.
- $\gamma_{shLT} 1 - 1$  coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro.
- $\gamma_{settl.} 0 - 1$  coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari.
- $\gamma_{Q1} 1.15 - 0$  coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
- $\gamma_{Q2} 1.3 - 0$  coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
- $\gamma_{Q3} 1.3$  coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento.

### S.L.E. - fondamentale

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. fond. -  $Q_k$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k3} + G_{sh} + Q_{k,gr1/2} + 0.6 T_k + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. -  $T_k$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k3} + G_{sh} + T_k + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. -  $F_{wk}$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k3} + G_{sh} + F_{wk} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 T_{k,k}$$

### S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. freq. -  $Q_k$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksettl.} + G_{sh} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.5 T_k$$

S.L.E. freq. -  $T_k$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksettl.} + G_{sh} + 0.6 T_k$$

S.L.E. freq. -  $F_{wk}$  dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksettl.} + G_{sh} + 0.2 F_{wk} + 0.5 T_{k,k}$$

### S.L.E. - quasi permanente

Si considera la seguente combinazione.

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksettl.} + G_{sh} + 0.5 T_k$$

### S.L.U. - sismica

Ai fini delle verifiche in fase sismica, si considera la combinazione derivata dalla somma degli effetti della S.L.E. quasi permanente e delle azioni sismiche, ovvero:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksettl.} + G_{sh} + 0.5 T_k + E_d$$

$E_d$  rappresenta l'effetto sismico, in questo caso, valutato sulla base di una analisi dinamica spettrale.

Le combinazioni di carico vengono elaborate dal sistema ad elementi finiti Lusas, con un algoritmo denominato "Smart Combination" che procede, in automatico, a selezionare i due coefficienti moltiplicativi delle azioni  $\gamma_{fav}$ ,  $\gamma_{unfav}$  per massimizzare/minimizzare la caratteristica di sollecitazione prescelta.

Tale possibilità rende estremamente semplice ed immediato l'elaborazione di tutte le combinazioni, individuando la situazione più sfavorevole in funzione delle varie azioni variabili dominanti.

L'estrazione della situazione più sfavorevole verrà effettuata involupando, nell'ambito dello S.L. considerato, le singole combinazioni Qk dominante / Fw dominante / Tk dominante.

## 6. VERIFICHE STRUTTURALI (GENERALITÀ)

Qui di seguito si riporta la sintesi delle verifiche effettuate.

### Per gli elementi strutturali afferenti spalle e sostegno intermedio:

- Verifiche per tensioni normali
  - o S.L.U. per tensioni normali
    - Con riferimento all'involuppo delle combinazioni S.L.U. STR, verrà effettuato il confronto delle sollecitazioni con le caratteristiche resistenti ultime della sezione. Le medesime verifiche di carattere "ultimo" verranno effettuate anche con riferimento alla combinazione sismica Ed SLV. Per elementi sottoposti ad azioni di urto, la medesima verifica verrà effettuata con riferimento alla combinazione eccezionale ("A").
  - o S.L.E. – limitazione delle tensioni
    - Con riferimento all'involuppo delle combinazioni S.L.E. Caratteristiche, si effettua il calcolo delle massime tensioni nel calcestruzzo e nelle barre d'armatura (effettuato con le ipotesi di prassi), effettuando il confronto con i limiti tensionali previsti da normativa
  - o S.L.E. – fessurazione
    - Con riferimento all'involuppo delle combinazioni S.L.E. Frequente/ S.L.E. quasi permanente verrà effettuato il calcolo inerente alla limitazione dell'ampiezza fessure (\*).

Per i limiti di ampiezza fessure, si considerano i criteri contenuti in normativa (4.1.2.2.4.5):

- Armatura poco sensibile
- Cond. Ambientali "aggressive"

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	$\leq w_1$

Tabella 6.1 Requisiti prestazionali S.L.E. frequente

Si farà pertanto riferimento alle seguenti aperture-limite:

wk ≤ 0.3 mm      comb. S.L.E. frequente  
wk ≤ 0.2 mm      comb. S.L.E. quasi permanente

- Verifiche per tensioni tangenziali
  - o S.L.U. per taglio (V)
  - o S.L.U. per torsione (T)
  - o S.L.U. – effetto combinato taglio/torsione

**Per i dispositivi di vincolo:**

- Estrazione delle massime/minime sollecitazioni per tutti gli S.L.
- Deduzione delle portate dei dispositivi per tutti gli S.L.
- Valutazione decompressione.
- Estrazione delle massime/minime escursioni per tutti gli S.L.
- Verifica massime deformazioni (combinazione Ed SLC).
- Verifica massime rotazioni.

**Per i dispositivi di giunto:**

- Estrazione delle massime/minime escursioni longitudinali e trasversali, per tutti gli S.L.
- Dimensionamento varco spalla (combinazione Ed SLD).

## 7. VERIFICHE GEOTECNICHE (GENERALITA')

Il presente paragrafo illustra nel dettaglio i criteri generali di calcolo adottati per le verifiche geotecniche condotte sulle opere fondazionali del viadotto.

### 7.1 CRITERI DI VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

Le verifiche geotecniche delle fondazioni dell'opera constano del dimensionamento geotecnico della palificata di fondazione, in termini di diametro, lunghezza, numero e disposizione dei pali di fondazione.

In particolare si esegue la seguente procedura di calcolo:

- calcolo della quintupla di azioni (Fx, Fy, Fz, Mx ed My) ad intradosso zattera di fondazione, risultanti dalle combinazioni di carico su descritte;
- calcolo delle azioni su ciascun palo;
- dimensionamento dei pali di fondazione ai fini del soddisfacimento delle verifiche di capacità portante degli stessi.

### 7.2 VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TESTA PALI

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- palificata costituita da pali verticali;
- interazione fra i pali trascurabile;
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

Per cui, dato un gruppo di n pali soggetto ad una quintupla di sollecitazioni relativi ad una determinata combinazione, i carichi agenti alla testa di ciascun palo risultano:

$$N_i = \frac{F_z}{n} + \left[ \frac{(M_x) \cdot y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] - \left[ \frac{(M_y) \cdot x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

$$V_{xi} = \frac{F_x}{n}$$

$$V_{yi} = \frac{F_y}{n}$$

dove, fissato un sistema di riferimento XYZ destrorso, avente origine nel baricentro della palificata, asse X longitudinalmente al viadotto, asse Y trasversalmente al viadotto e asse Z rivolto verso l'alto, risultano:

- $M_x$  = momento esterno attorno all'asse X;
- $M_y$  = momento esterno attorno all'asse Y;
- $F_x$  = forza orizzontale esterna nella direzione X;
- $F_y$  = forza orizzontale esterna nella direzione Y;
- $F_z$  = forza verticale esterna nella direzione Z;
- $N_i$  = forza verticale agente alla testa del palo;
- $V_{xi}$  = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione X;
- $V_{yi}$  = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione Y;
- $x_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione X;
- $y_i$  = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione Y.

Calcolate le quintuple di azioni testa pali, vengono individuati gli sforzi assiali estremi della palificata ( $N_{max}$  ed  $N_{min}$ ) e calcolate le sollecitazioni taglianti polari per combinazione di carico, secondo la seguente relazione:

$$V_p = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Note le sollecitazioni suddette si procede alla verifica della capacità portante del palo.

### 7.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE

Il calcolo della capacità portante dei pali di fondazione è condotto con l'approccio progettuale 2 della Norme Tecniche

#### 7.3.1 Resistenza laterale

La resistenza laterale è stata calcolata, in base al tipo di terreno attraversato, come segue (AGI, 1984):

##### Terreni a grana grossa (sabbie)

$$\tau_{us} = k \sigma'_{v0} \tan \varphi'$$

dove:

k coefficiente empirico variabile con la profondità tra 0.4 e 0.7, assunto in questa sede pari a 0.7;

$\sigma'_{v0}$  pressione verticale efficace geostatica calcolata a partire dal p.c. originario;

$\varphi'$  angolo di resistenza al taglio del terreno.

##### Terreni a grana fine (limi e argille)

$$\tau_{us} = \alpha c_u$$

dove:

$c_u$  resistenza a taglio non drenata;

$\alpha$  coefficiente adimensionale variabile col valore di  $c_u$  secondo quanto indicato in Tabella 7-1.

##### Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille sature e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli sopra descritti.

$c_u$ (kPa)	$\alpha$ (-)
$\leq 25$	0.9
25÷50	0.8
50÷75	0.6
$\geq 75$	0.4

Tabella 7.1 Valori indicativi di ( $\alpha$ ) per pali trivellati in terreni coesivi (AGI, 1984)

### 7.3.2 Resistenza di base

La resistenza di base è stata calcolata, in base al tipo di terreno alla base del palo, come segue (AGI, 1984):

#### Terreni a grana fine (limi e argille)

$$q_{ub} = 9 c_u + \sigma_{vo}$$

dove:

$c_u$  resistenza a taglio non drenata del terreno alla base del palo;

$\sigma_{vo}$  tensione verticale geostatica alla base del palo.

### 7.3.3 Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici

Portata limite per attrito laterale:

$$R_{c,calc-laterale} = \pi \cdot D \cdot \int_{z_t}^{z_b} \tau_{us} \cdot dz$$

con

( $\tau_{us}$ ) = tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo;

( $z_b$ ) = profondità della base del palo dal p.c. originario;

( $z_t$ ) = profondità della testa del palo dal p.c. originario.

Portata limite di base:

$$R_{c,calc-base} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot q_{ub}$$

con

( $q_{ub}$ ) = pressione limite alla base del palo;

### 7.3.4 Resistenza di progetto del palo

I valori della resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  e della resistenza di progetto a trazione  $R_{t,d}$ , da confrontare con la massima azione di compressione (trazione) agente in testa al palo  $E_d$ , sono determinati applicando al valore caratteristico della resistenza i coefficienti parziali  $\gamma_R$  secondo le seguenti espressioni:

$$R_{cd} = R_{c,calc-base} / \xi \gamma_{R,base} + R_{c,calc-laterale} / \xi \gamma_{R,laterale}$$

$$R_{td} = R_{c,calc-laterale} / \xi \gamma_{R,laterale}$$

Dove:



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

- $\xi$  fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica del palo in funzione del numero di verticali indagate; Nel caso in esame si è assunto:  $\xi_3 = \xi_4 = \xi = 1.70$  avendo a disposizione un'unica verticale di indagine.
- $\gamma_R$  coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato e della tipologia esecutiva del palo (vedi la tabella seguente in cui sono riportati i fattori parziali relativi a pali trivellati).

Resistenza	Pali trivellati
	R3
Base	1.35
Laterale - compressione	1.15
Laterale - trazione	1.25

Tabella 7.2 Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche

Per la verifica in compressione, alle azioni esterne va sommato il peso del palo  $W_p$ , e deve risultare  $E_d < R_{cd}$   
Per la verifica in trazione, alle azioni esterne va sottratto il peso del palo  $W_p$ , e deve risultare  $E_d < R_{td}$

#### 7.4 RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI

Per la verifica ai carichi trasversali del palo singolo si fa riferimento alla teoria di Broms, considerando i pali vincolati al plinto di fondazione, che ne impedisce la rotazione.

Per i pali "corti" il valore del carico limite orizzontale dipende esclusivamente dalle caratteristiche geometriche del palo e dalla resistenza del terreno.

Per i pali "lunghi" il valore del carico limite dipende anche dalle caratteristiche strutturali del palo, in quanto il meccanismo di rottura avviene con formazione di cerniera plastica.

La verifica viene svolta confrontando il valore della resistenza di progetto (ottenuta a partire da quella caratteristica introducendo i coefficienti parziali  $\gamma_t$  della Tabella 6.4.VI delle NTC2008) con la massima sollecitazione orizzontale derivante dalle analisi strutturali.

#### 7.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

Per le verifiche strutturali dei pali di fondazione, si procede con la determinazione dell'andamento delle sollecitazioni di taglio e di momento, per spostamenti orizzontali consentiti e rotazioni impediti della testa del palo, per assegnati carichi trasversali ( $V_p$ ) applicati in testa risolvendo la seguente equazione differenziale:

$$E_p \cdot I_p \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} - E_s \cdot y = 0$$

Nell'espressione precedente, i simboli hanno i seguenti significati:

$E_p$  = modulo di Young del palo

$I_p$  = momento di inerzia del palo

$E_s$  = modulo di reazione orizzontale secante medio del terreno posto pari a 15 MPa

$y$  = spostamento orizzontale.

L'equazione viene risolta in campo lineare mediante la teoria di Matlock & Reese (1960), che ha alla base le seguenti ipotesi:

- pali interamente immersi in un terreno omogeneo
- pali caricati in testa da una forza orizzontale ( $V_p$ ) ed un momento flettente ( $M_p$ ).

Sotto tali ipotesi sono ricavate le espressioni generali di seguito riportate:

$$\delta_h = \left( \frac{V_p \cdot T^3}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_y + \left( \frac{M_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_y \quad \text{spostamento orizzontale}$$

$$\vartheta = \left( \frac{V_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_s + \left( \frac{M_p \cdot T}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_s \quad \text{rotazione}$$

$$M = (V_p \cdot T) \cdot A_m + M_p \cdot B_m \quad \text{momento flettente}$$

$$V = V_p \cdot A_v + \frac{M_p}{T} \cdot B_v \quad \text{taglio}$$

con il seguente significato dei simboli:

$$T = \left( \frac{E_p \cdot I_p}{E_s} \right)^{0,25}$$

- A e B = coefficienti adimensionali funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti  $\frac{L_p}{T}$  e  $\frac{z}{T}$ , essendo  $L_p$  la lunghezza del palo e  $z$  la profondità generica riferita alla testa palo.

Mediante le espressioni di Matlock & Reese appena descritte, sono valutate le sollecitazioni di taglio e di momento lungo i fusti dei pali di fondazione per le combinazioni più gravose e sono state condotte le relative verifiche strutturali.

## 7.6 VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE

Con riferimento alla stato limite ultimo di esercizio (SLE), sono stati stimati i cedimenti verticali delle fondazioni di pile e spalle, verificandone la compatibilità con le sovrastrutture.

Per la stima del cedimento del palo singolo è stata utilizzata la seguente espressione approssimata (Fleming et al., 1985), valida per pali flessibili:

$$\frac{N}{w} = \pi * R_0 * G_{terr} * \sqrt{\frac{E_{palo}}{2 * G_{terr}}}$$

Dove:

- N = carico assiale in combinazione SLE quasi permanente;
- w = cedimento verticale;
- Ep = modulo di Young del palo;
- Ro = raggio del palo;
- Gterr = modulo di taglio "medio" del terreno lungo il fusto del palo.

A partire dal cedimento del palo singolo il cedimento medio della palificata  $w_g$  è stato successivamente ottenuto moltiplicandolo per un coefficiente di amplificazione  $R_s = n * R_g$  dove:

- $R = (n * i / L)^{0.5}$ ;
- n = numero dei pali;
- i = interasse pali;
- L = lunghezza pali;
- $R_g = (0.5/R) + 0.13/R^2$  (Mandolini et al., 1997).

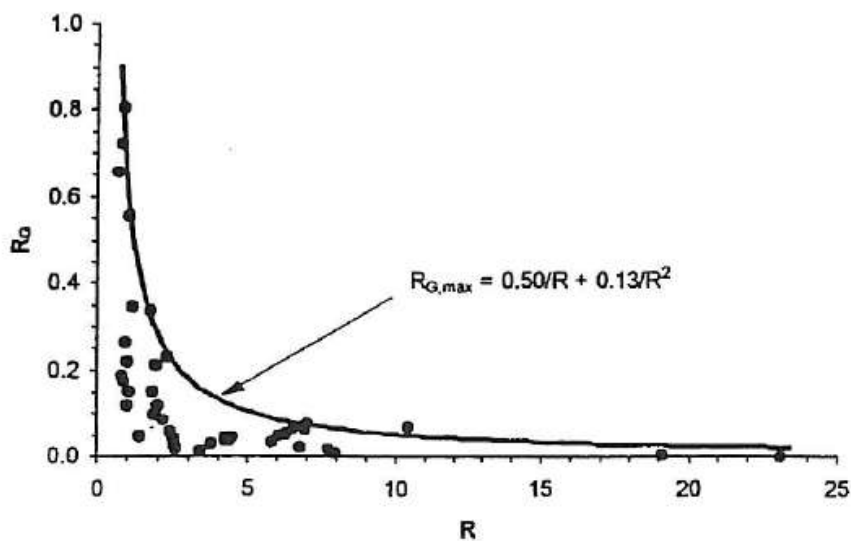


Figura 7.1 Coefficiente Rg (Mandolini et al., 1997).

## 8. ANALISI STRUTTURALE E PRINCIPALI RISULTATI

Le sollecitazioni per le verifiche sotto carichi statici vengono estratte a valle di analisi statiche lineari. I contributi di carico, valutati per ciascuna singola condizione basandosi sul relativo valore caratteristico, vengono combinati in automatico dal sistema E.F. Lusas, applicando gli opportuni coefficienti moltiplicativi e di combinazione atti a fornire il quadro tensionale più sfavorevole nell'ambito delle caratteristiche di interesse.

Per la fase sismica, si è operato tramite un'analisi dinamica lineare, basata sulla preventiva estrazione delle frequenze e modi principali di vibrare, e successiva combinazione lineare mediante metodo CQC. Gli spettri di risposta vengono calibrati in funzione di un periodo  $T_{is}$  pari a 1.89 s.

### 8.1 ANALISI DINAMICA

Ai fini dell'analisi dinamica, le spalle vengono trattate come "elementi rigidi"; essi non contribuiscono quindi, né alla dinamica del sistema, né alla massa, che viene annullata (le azioni inerziali vengono applicate tramite un'analisi separata).

L'analisi è stata condotta estraendo i primi 40 modi di vibrare.

L'esame dei dati identificativi dell'analisi, riportato nella tabella seguente, conferma un comportamento dinamico della struttura governato quasi esclusivamente dalla sovrastruttura.

La tabella seguente riporta i dati identificativi dei modi estratti.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS

MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	0.3109E-05	0.5705E-17	0.5705E-17	1105.	0.7204	0.7204	0.7010E-09	0.2902E-24	0.2902E-24
2	1105.	0.7206	0.7206	-0.3112E-05	0.5716E-17	0.7204	0.1937	0.2215E-07	0.2215E-07
3	0.3253E-06	0.6248E-19	0.7206	11.33	0.7575E-04	0.7205	-0.3147E-09	0.5849E-25	0.2215E-07
4	2.073	0.2537E-05	0.7206	0.2859E-09	0.4827E-25	0.7205	-61.84	0.2258E-02	0.2258E-02
5	0.6657E-08	0.2617E-22	0.7206	-0.2546	0.3827E-07	0.7205	-0.1788E-07	0.1887E-21	0.2258E-02
6	-0.4839E-09	0.1382E-24	0.7206	1.644	0.1596E-05	0.7205	-0.9903E-07	0.5790E-20	0.2258E-02
7	-0.9864E-01	0.5745E-08	0.7206	0.2419E-10	0.3456E-27	0.7205	970.9	0.5565	0.5588
8	0.3431E-08	0.6951E-23	0.7206	5.903	0.2057E-04	0.7205	-0.3949E-09	0.9207E-25	0.5588
9	-0.1506E-09	0.1340E-25	0.7206	0.4374E-01	0.1129E-08	0.7205	0.1453E-08	0.1247E-23	0.5588
10	-0.1964E-09	0.2277E-25	0.7206	-0.7837E-01	0.3627E-08	0.7205	-0.2794E-08	0.4608E-23	0.5588
11	-0.8698	0.4467E-06	0.7206	-0.1006E-09	0.5978E-26	0.7205	-36.13	0.7709E-03	0.5595
12	-0.4941E-01	0.1441E-08	0.7206	-0.8113E-10	0.3886E-26	0.7205	1.704	0.1714E-05	0.5595
13	0.3046E-01	0.5479E-09	0.7206	0.2272E-10	0.3048E-27	0.7205	0.7379	0.3215E-06	0.5595
14	-0.1246	0.9163E-08	0.7206	0.3351E-09	0.6631E-25	0.7205	124.8	0.9201E-02	0.5687
15	-0.2678E-02	0.4234E-11	0.7206	0.9983E-09	0.5884E-24	0.7205	-0.6907E-01	0.2817E-08	0.5687
16	0.1081E-02	0.6893E-12	0.7206	-0.2654E-09	0.4159E-25	0.7205	-0.1263	0.9412E-08	0.5687
17	-0.5169E-02	0.1577E-10	0.7206	0.8949E-09	0.4728E-24	0.7205	1.901	0.2133E-05	0.5687
18	-0.2441	0.3518E-07	0.7206	-0.1752E-06	0.1812E-19	0.7205	-20.32	0.2437E-03	0.5690
19	0.9677E-01	0.5529E-08	0.7206	0.1823E-10	0.1962E-27	0.7205	-82.16	0.3985E-02	0.5730
20	0.1212E-02	0.8672E-12	0.7206	-0.1179E-09	0.8202E-26	0.7205	-1.809	0.1931E-05	0.5730
21	0.6769E-04	0.2706E-14	0.7206	-0.3341E-10	0.6589E-27	0.7205	-1.285	0.9753E-06	0.5730
22	-0.2338E-03	0.3227E-13	0.7206	0.2688E-12	0.4265E-31	0.7205	-3.885	0.8909E-05	0.5730
23	0.2138E-02	0.2699E-11	0.7206	-0.1373E-10	0.1112E-27	0.7205	0.3674	0.7968E-07	0.5730
24	-0.3930E-03	0.9118E-13	0.7206	0.2106E-10	0.2620E-27	0.7205	2.246	0.2978E-05	0.5730
25	-0.3767E-04	0.8379E-15	0.7206	0.4224E-10	0.1053E-26	0.7205	2.130	0.2680E-05	0.5730
26	0.3608E-03	0.7684E-13	0.7206	-0.1768E-11	0.1847E-29	0.7205	0.5237	0.1619E-06	0.5730
27	0.2325E-04	0.3193E-15	0.7206	0.3924E-11	0.9090E-29	0.7205	1.254	0.9283E-06	0.5730
28	-0.4050E-03	0.9683E-13	0.7206	-0.1874E-10	0.2074E-27	0.7205	-0.4571	0.1234E-06	0.5730
29	-0.7310E-03	0.3154E-12	0.7206	-0.1423E-09	0.1196E-25	0.7205	0.2348	0.3256E-07	0.5730
30	-0.1800E-03	0.1913E-13	0.7206	0.1285E-10	0.9746E-28	0.7205	-0.4474	0.1182E-06	0.5730
31	-0.1765E-03	0.1840E-13	0.7206	-0.8180E-11	0.3951E-28	0.7205	0.1988	0.2334E-07	0.5730
32	-0.1751E-03	0.1810E-13	0.7206	0.3017E-10	0.5375E-27	0.7205	-0.3901	0.8984E-07	0.5730
33	-0.2850E-03	0.4794E-13	0.7206	0.1202E-10	0.8534E-28	0.7205	0.2142	0.2709E-07	0.5730
34	0.1252E-03	0.9253E-14	0.7206	-0.4554E-11	0.1224E-28	0.7205	0.2805	0.4646E-07	0.5730
35	0.1653E-01	0.1613E-09	0.7206	-0.4105E-10	0.9947E-27	0.7205	-0.9969E-02	0.5868E-10	0.5730
36	0.3219E-02	0.6117E-11	0.7206	-0.4053E-10	0.9697E-27	0.7205	0.9826	0.5700E-06	0.5730
37	-0.4118E-02	0.1001E-10	0.7206	0.1158E-09	0.7916E-26	0.7205	3.951	0.9218E-05	0.5730
38	0.1552E-02	0.1421E-11	0.7206	-0.1406E-08	0.1167E-23	0.7205	34.97	0.7219E-03	0.5737
39	0.1142E-02	0.7704E-12	0.7206	-0.1780E-08	0.1871E-23	0.7205	-68.55	0.2775E-02	0.5765
40	-0.1069E-08	0.6753E-24	0.7206	0.4438E-01	0.1163E-08	0.7205	-0.9936E-07	0.5829E-20	0.5765

Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica

La massa complessiva del sistema analizzato, che include il contributo della sovrastruttura (pesi propri e permanenti) e della pila (elevazione e fondazione) risulta pari a:

$$M_s = 1693760$$

L'esame dei risultati dell'analisi dinamica consente evidenza che attraverso i primi 40 modi è stata eccitata una massa pari al 72 % della complessiva, ovvero:

$$M_e = 1693760 \times 0.72 = 1219510 \text{ kg}$$

Ai fini della valutazione della bontà dell'analisi a descrivere il comportamento dinamico sotto sisma, la "massa efficace" del sistema può ragionevolmente ascrivere al contributo della sovrastruttura, sommato di metà della massa dell'elevazione:

$$M_{eff} = 1271820 + 0.5 \times 107460 = 1325550. \text{ Kg}$$

Risultando pertanto, per i modi orizzontali:

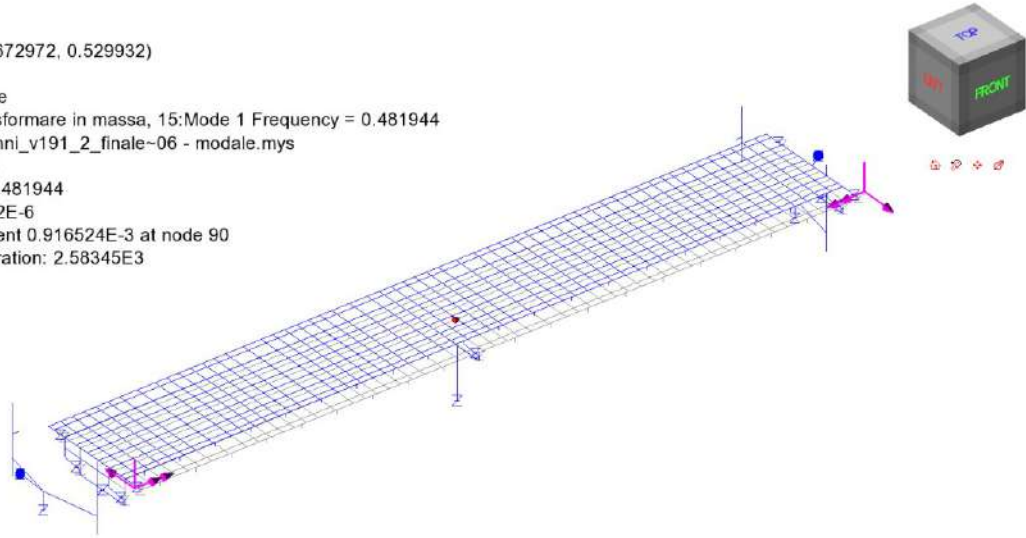
$$M_e/M_{eff} = 0.92$$

L'analisi può essere considerata accettabile.

Qui di seguito si riportano le deformate modali dei modi principali

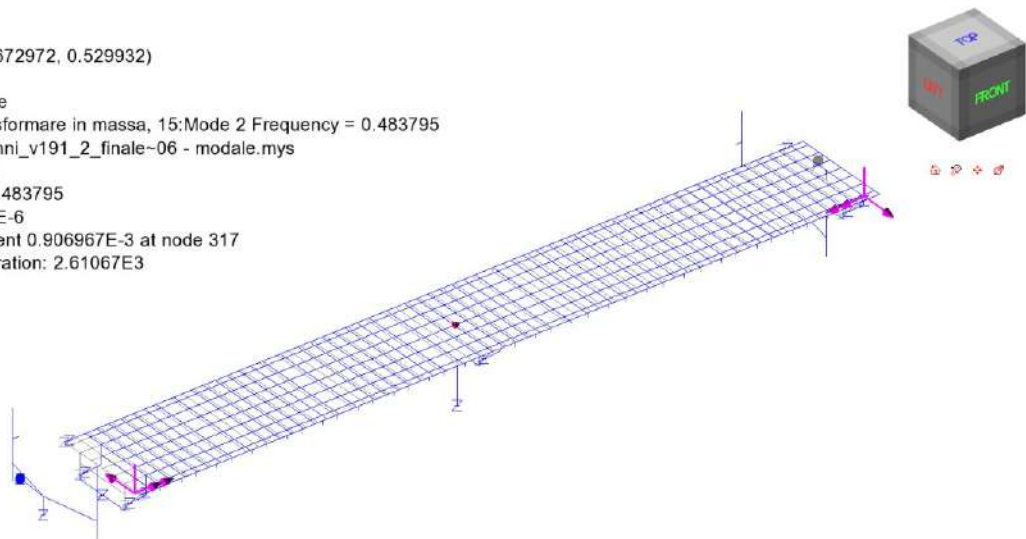
**Modo 1 (f = 0.482 Hz, T = 2.08 s)**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 06 - modale  
Loadcase: 15:da trasformare in massa, 15:Mode 1 Frequency = 0.481944  
Results file: Barbaianni\_v191\_2\_finale~06 - modale.mys  
Eigenvalue: 9.16963  
Natural frequency: 0.481944  
Error norm: 0.278372E-6  
Maximum displacement 0.916524E-3 at node 90  
Deformation exaggeration: 2.58345E3



**Modo 2 (f = 0.484 Hz, T = 2.06 s)**

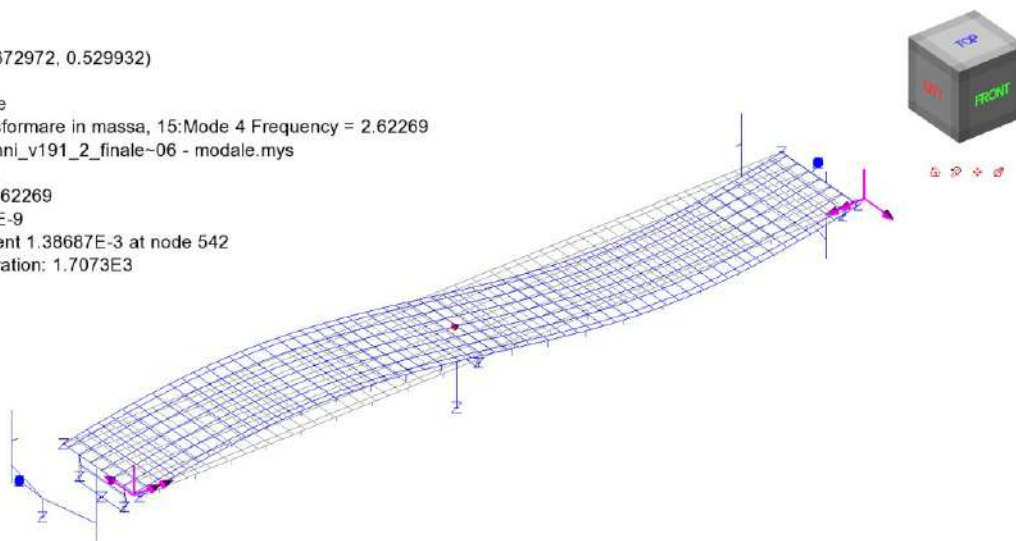
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 06 - modale  
Loadcase: 15:da trasformare in massa, 15:Mode 2 Frequency = 0.483795  
Results file: Barbaianni\_v191\_2\_finale~06 - modale.mys  
Eigenvalue: 9.24023  
Natural frequency: 0.483795  
Error norm: 0.24777E-6  
Maximum displacement 0.906967E-3 at node 317  
Deformation exaggeration: 2.61067E3





**Modo 4 (f = 3.68 Hz, T = 0.38 s)**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 06 - modale  
Loadcase: 15:da trasformare in massa, 15:Mode 4 Frequency = 2.62269  
Results file: Barbaiani\_v191\_2\_finale-06 - modale.mys  
Eigenvalue: 271.552  
Natural frequency: 2.62269  
Error norm: 55.8765E-9  
Maximum displacement 1.38687E-3 at node 542  
Deformation exaggeration: 1.7073E3



**8.1.1 Spostamenti dell'impalcato**

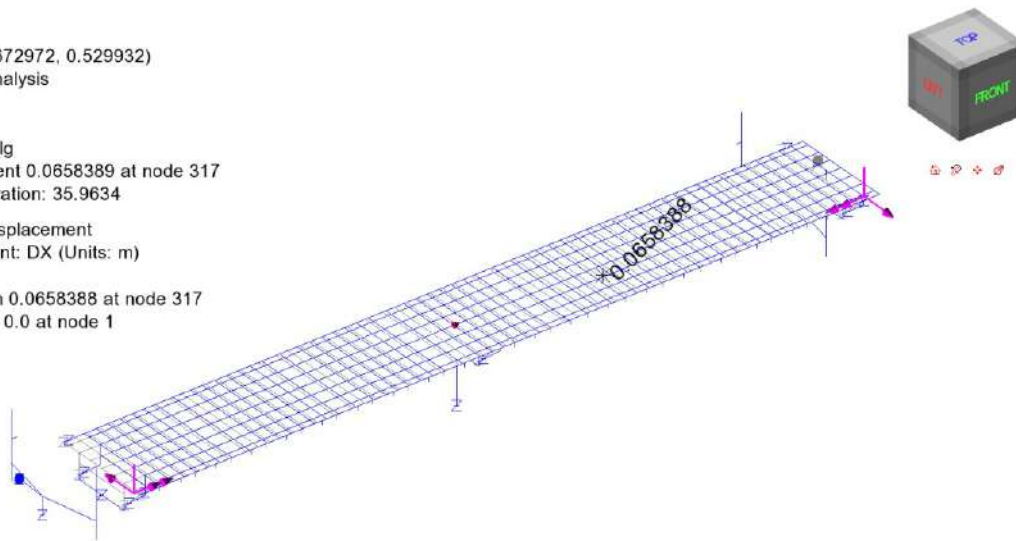
Qui di seguito si riportano le deformate qualitative, con i massimi valori di spostamento orizzontale / verticale, ottenute dalla sovrapposizione modale eseguita con il metodo CQC, effettuata con riferimento agli spettri di risposta SLD, SLV, SLC agenti in direzione longitudinale, trasversale e verticale rispettivamente



**SLD – lg**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Se  
Loadcase: 114:SLD\_lg  
Maximum displacement 0.0658389 at node 317  
Deformation exaggeration: 35.9634

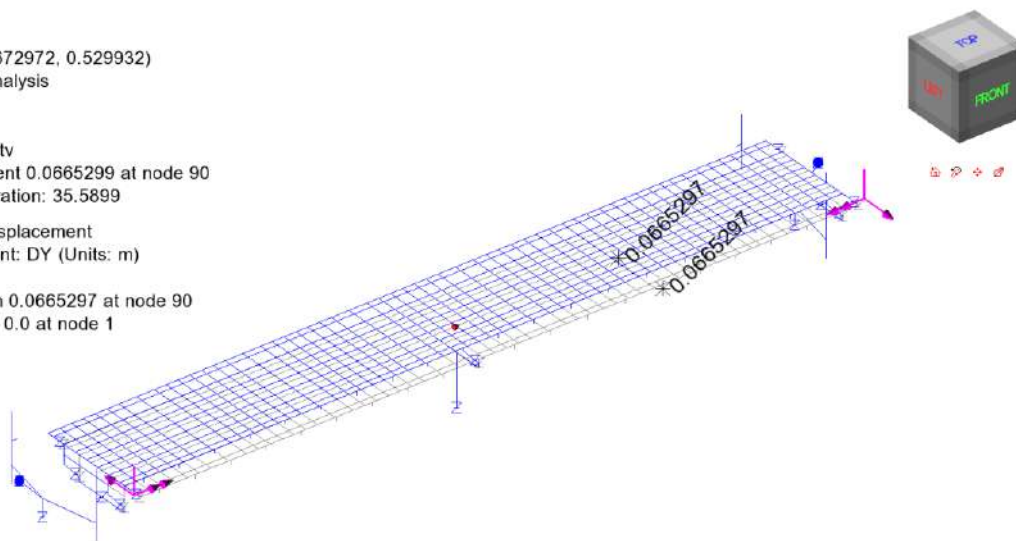
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0658389 at node 317  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLD – tv**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Se  
Loadcase: 115:SLD\_tv  
Maximum displacement 0.0665299 at node 90  
Deformation exaggeration: 35.5899

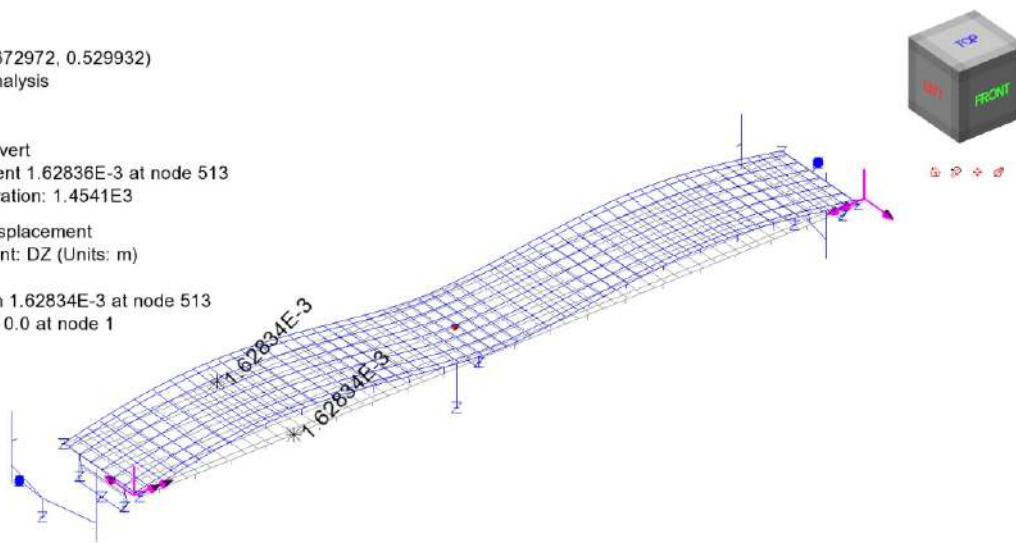
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0665297 at node 90  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLD – vert**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Sv  
Loadcase: 116:SLD\_vert  
Maximum displacement 1.62836E-3 at node 513  
Deformation exaggeration: 1.4541E3

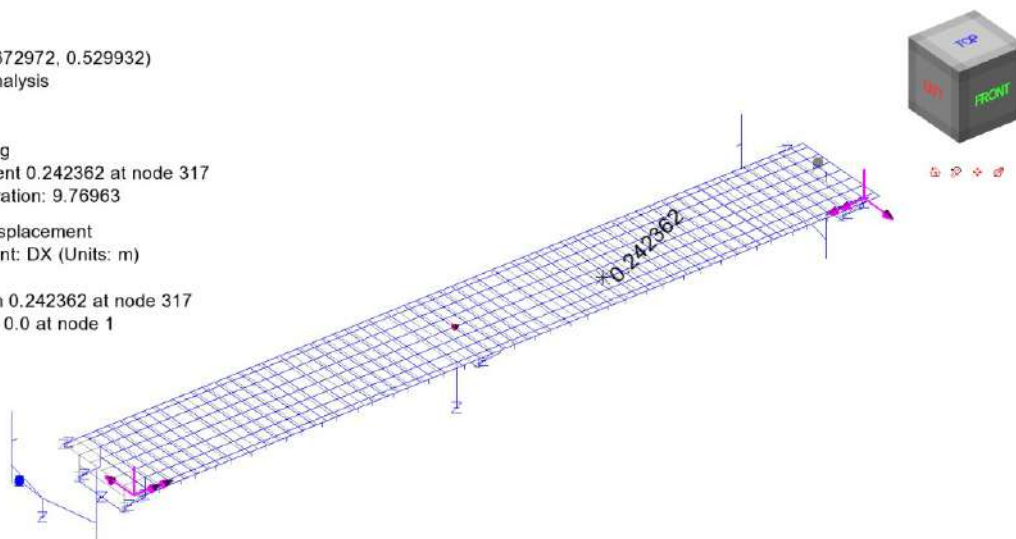
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 1.62834E-3 at node 513  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLV – lg**

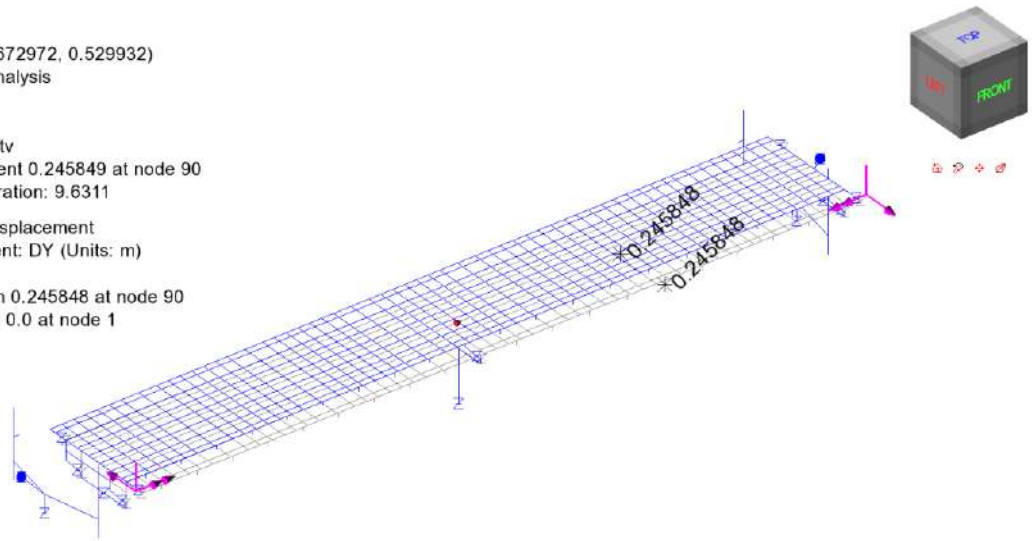
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Se  
Loadcase: 111:SLV\_lg  
Maximum displacement 0.242362 at node 317  
Deformation exaggeration: 9.76963

Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.242362 at node 317  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



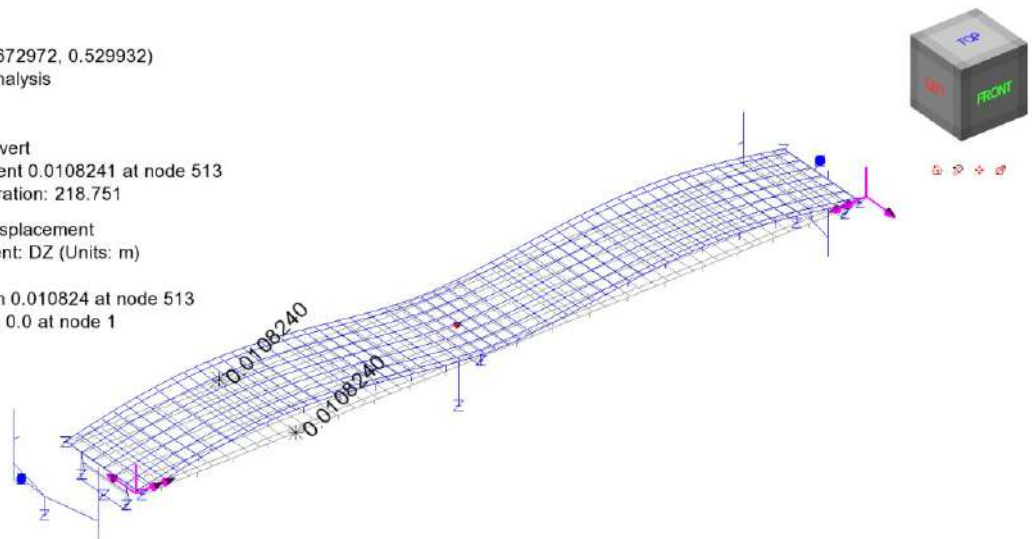
**SLV – tv**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Se  
Loadcase: 112:SLV\_tv  
Maximum displacement 0.245849 at node 90  
Deformation exaggeration: 9.6311  
  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.245848 at node 90  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLV – vert**

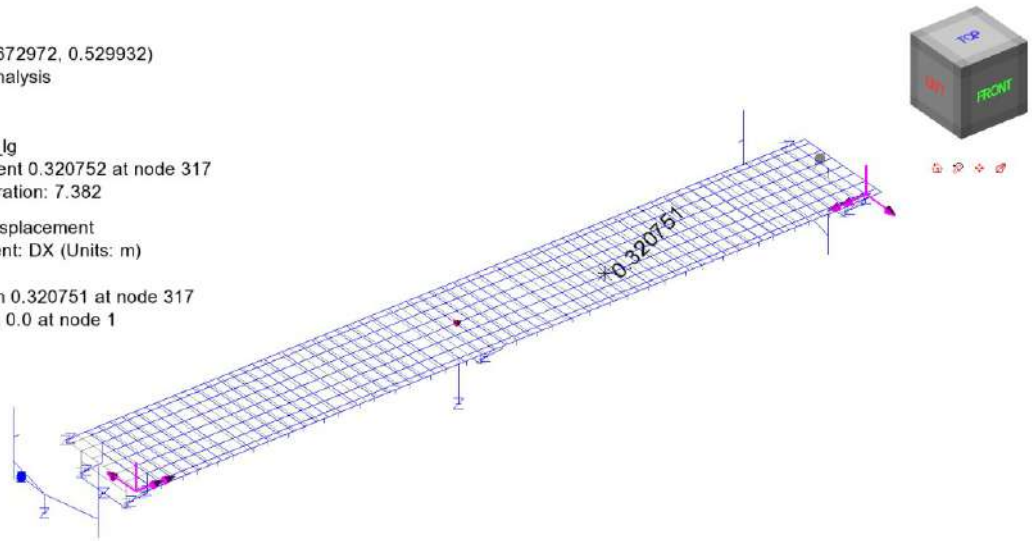
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Sv  
Loadcase: 113:SLV\_vert  
Maximum displacement 0.0108241 at node 513  
Deformation exaggeration: 218.751  
  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.010824 at node 513  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLC – Ig**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Se  
Loadcase: 108:SLC\_Ig  
Maximum displacement 0.320752 at node 317  
Deformation exaggeration: 7.382

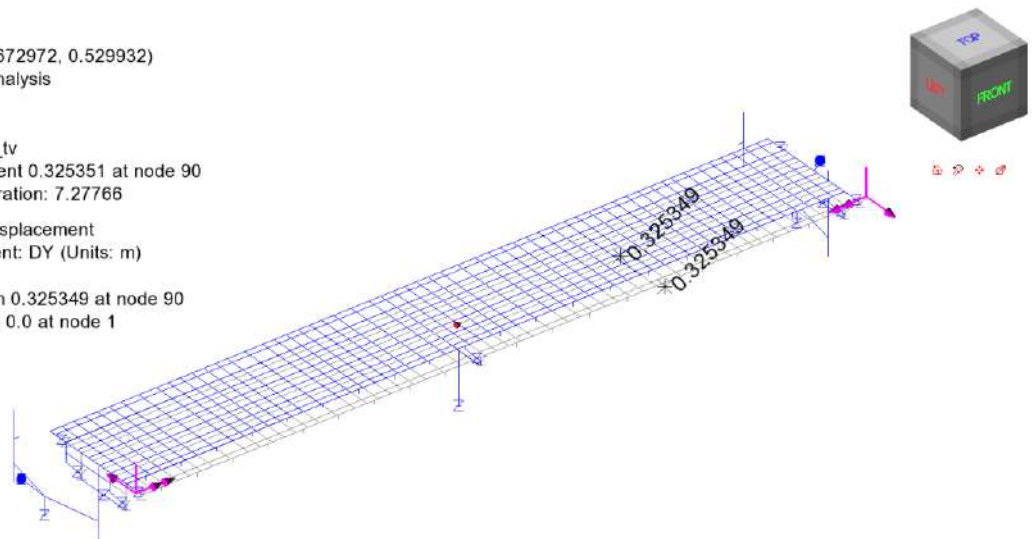
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.320751 at node 317  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



**SLC – tv**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Se  
Loadcase: 109:SLC\_tv  
Maximum displacement 0.325351 at node 90  
Deformation exaggeration: 7.27766

Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.325349 at node 90  
Peak/value minimum 0.0 at node 1

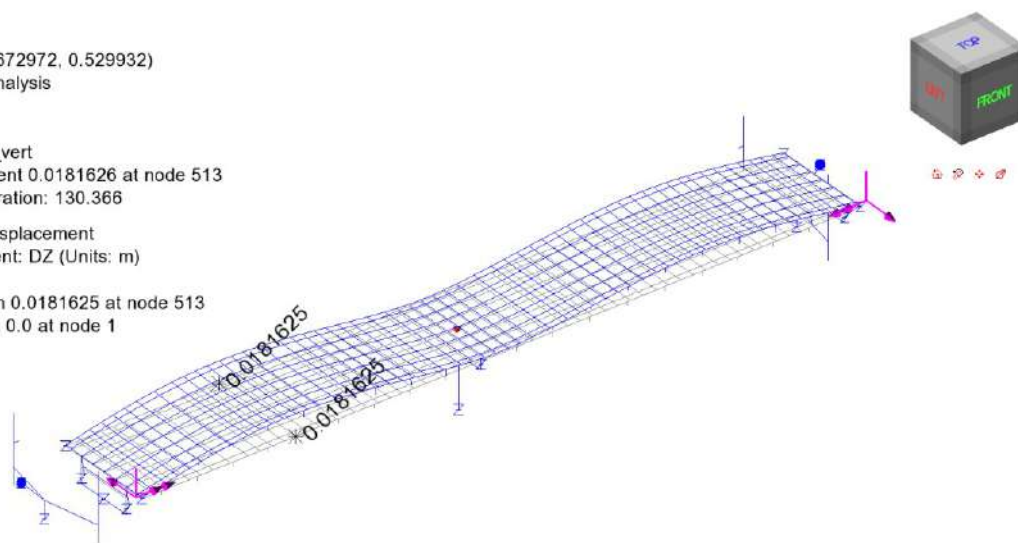




## SLC – vert

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.516024, -0.672972, 0.529932)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Sv  
Loadcase: 110:SLC\_vert  
Maximum displacement 0.0181626 at node 513  
Deformation exaggeration: 130.366

Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0181625 at node 513  
Peak/value minimum 0.0 at node 1



## 8.2 SOLLECITAZIONI

### 8.2.1 Elevazioni

Per una visualizzazione immediata dei risultati, si elaborano i diagrammi in forma lineare e di "contour" dell'andamento delle caratteristiche di sollecitazione significative (azioni assiali, tagli momenti nelle due direzioni), elaborazione effettuate con riferimento agli involuipi S.L.U. , S.L.E., S.L.E. frequente e Sisma SLV elaborati per max/min N,  $M_y$  ed  $M_z$ .

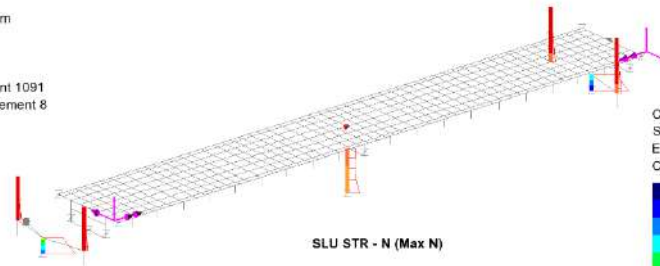
Qui di seguito, a titolo di esempio, si riporta il set completo di output dello S.L.U. – STR, rimandando all'allegato nel presente documento per la serie completa di diagrammi

L'output è riferito ai soli elementi delle elevazioni delle sottostrutture.

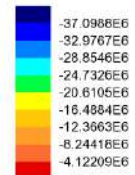
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
 Zoom: 89.2857  
 Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
 Combining on: Fx  
 SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Diagram component: Fx (Units: N)  
 Diagram minimum -37.0988E6 at node 3 of element 8  
 Diagram scale: 1: 0.26955E-6  
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Contour component: Fx (Units: N)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 4.12209E6  
 Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
 Contour minimum -37.0988E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
 SLU STR (Max)  
 Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Component: Fx (Units: N)

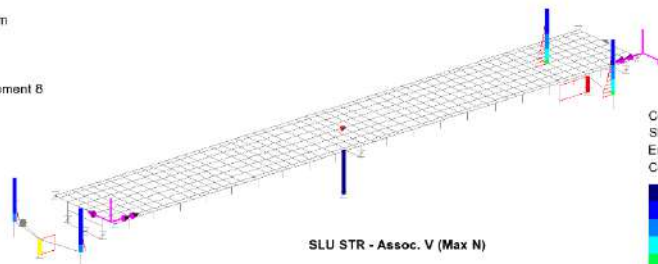


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
 Minimum -37.0988E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
 Zoom: 89.2857  
 Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
 Combining on: Fx  
 SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Diagram component: Fz (Units: N)  
 Diagram maximum 10.2417E6 at node 3 of element 8  
 Diagram scale: 1: 0.976396E-6  
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Contour component: Fz (Units: N)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 1.13803E6  
 Contour maximum 10.2417E6 at node 3 of element 8  
 Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
 SLU STR (Max)  
 Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Component: Fz (Units: N)



Maximum 10.2417E6 at node 3 of element 8  
 Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.532585E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.30236E6  
Contour maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20



SLU STR - Assoc. My (Max N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

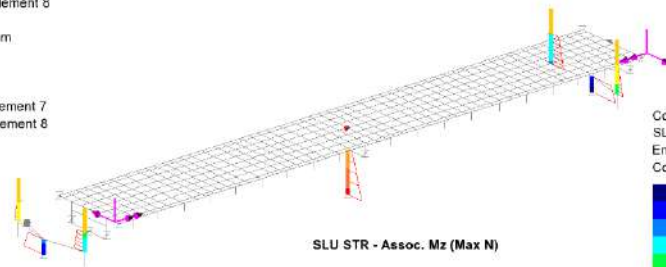


Maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20



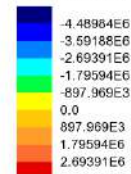
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.95966E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 897.969E3  
Contour maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



SLU STR - Assoc. Mz (Max N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8

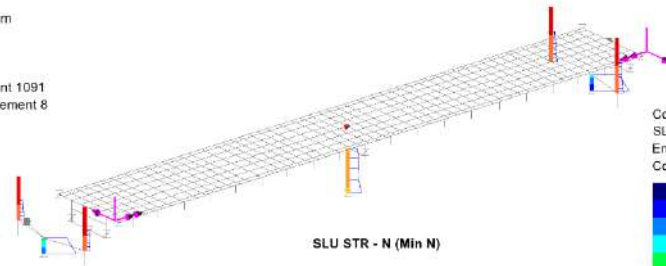




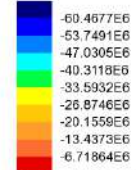
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.165377E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 6.71864E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

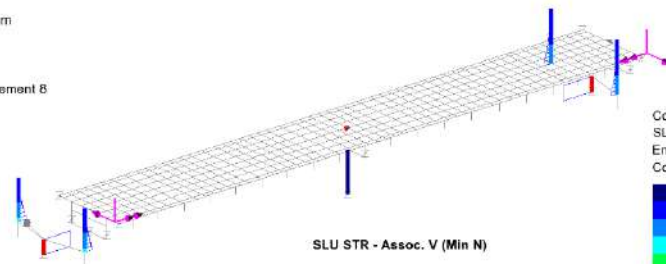


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8

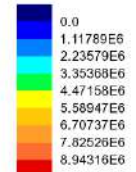


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.994003E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.11789E6  
Contour maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



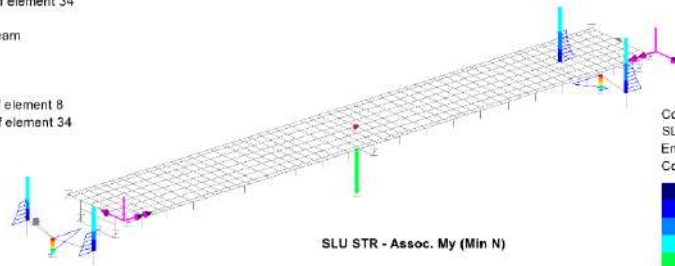
Maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34  
Diagram scale: 1: 0.622353E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.76178E6  
Contour maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34



SLU STR - Assoc. My (Min N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

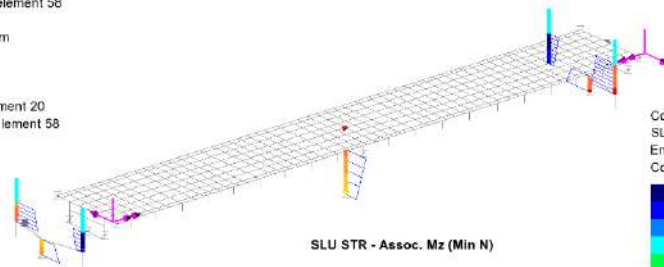


Maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.0379E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 780.649E3  
Contour maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



SLU STR - Assoc. Mz (Min N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



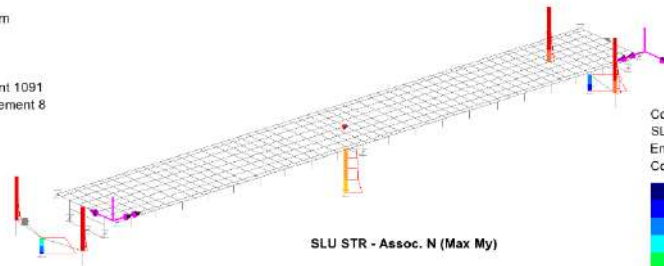
Maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.234548E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.73724E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8



SLU STR - Assoc. N (Max My)

Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

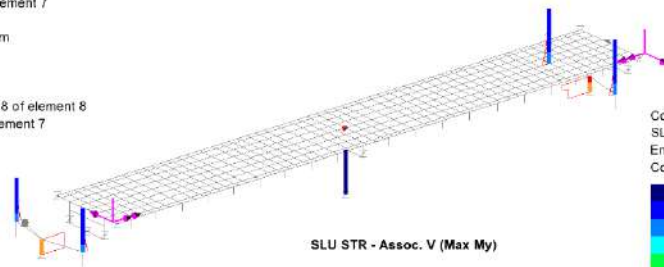


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8



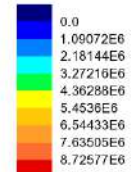
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Diagram minimum -316.813E3 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 1.05267E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.09072E6  
Contour maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Contour minimum -316.813E3 at node 5 of element 7



SLU STR - Assoc. V (Max My)

Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



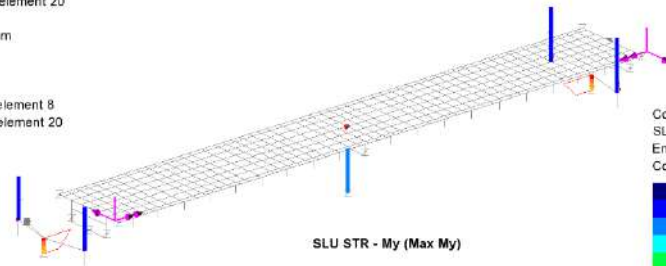
Maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Minimum -316.813E3 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

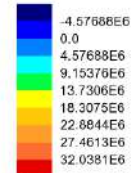
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.273191E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.57688E6  
Contour maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20



SLU STR - My (Max My)

Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

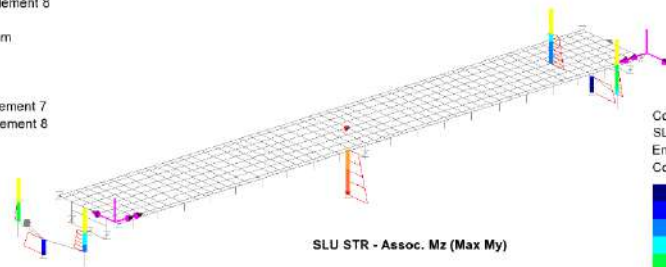


Maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.95966E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04576E6  
Contour maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



SLU STR - Assoc. Mz (Max My)

Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



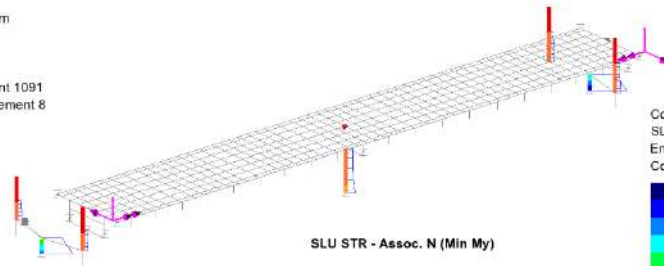
Maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



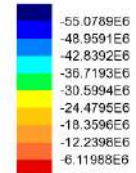
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.181558E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 6.11988E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

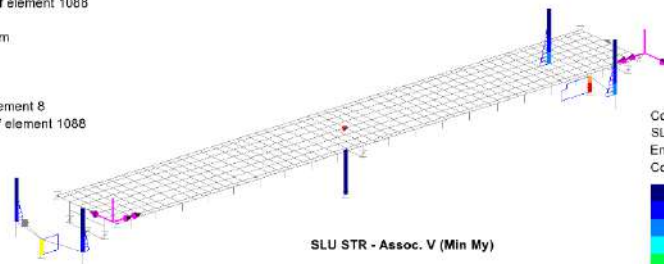


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8

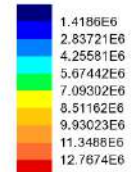


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088  
Diagram scale: 1: 0.762881E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.4186E6  
Contour maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088



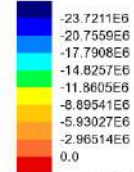


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.381787E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.96514E6  
Contour maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Contour minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

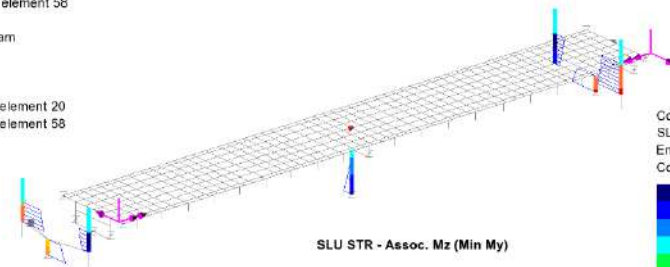


Maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8

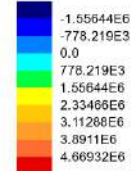


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.04703E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 778.219E3  
Contour maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



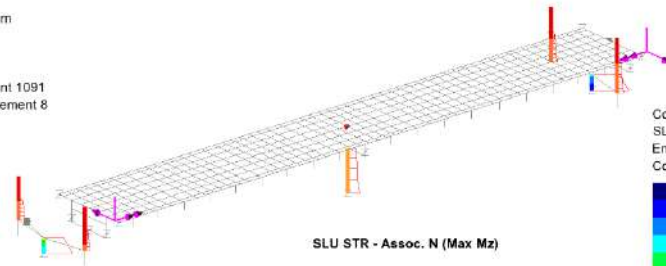
Maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



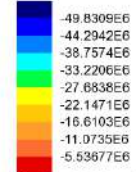
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.200679E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 5.53677E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

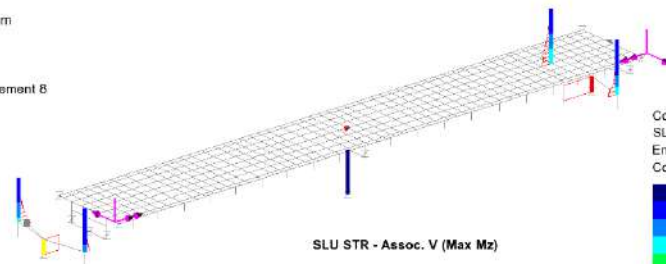


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8

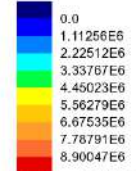


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.996759E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.11256E6  
Contour maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7

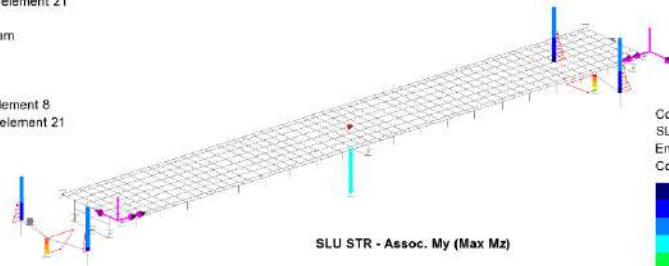




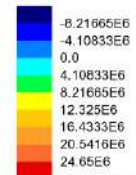
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.377943E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.10833E6  
Contour maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

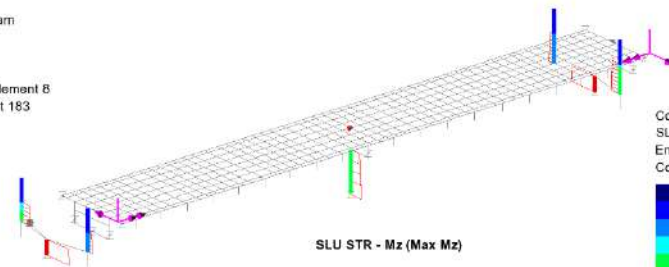


Maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21

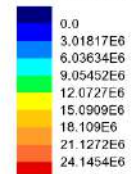


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.36614E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.01817E6  
Contour maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 176 of element 183



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



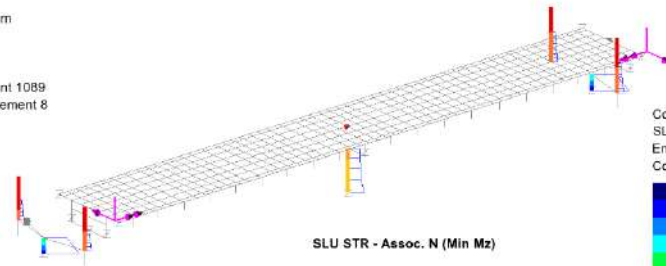
Maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 176 of element 183



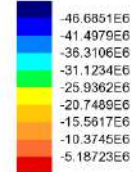
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.214201E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 5.18723E6  
Contour maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Contour minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

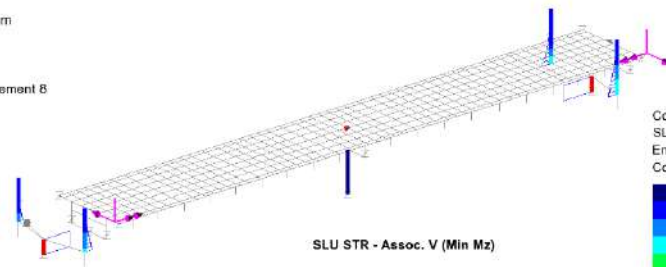


Maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8

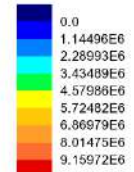


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.970508E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.14496E6  
Contour maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

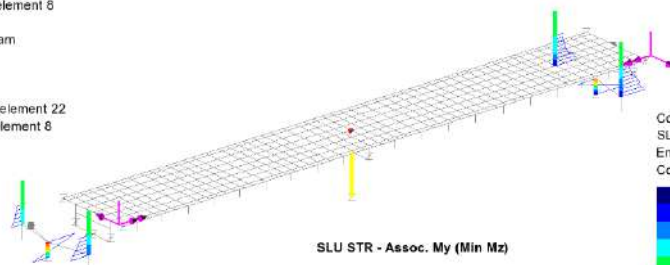


Maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.792159E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.74189E6  
Contour maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

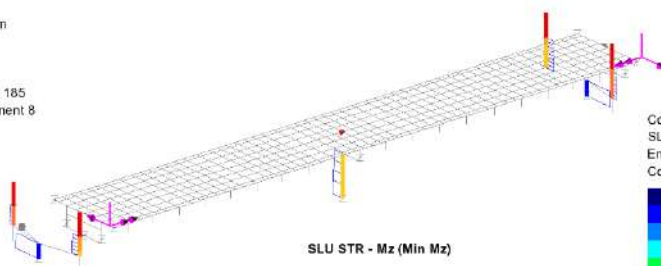
-10.9676E6  
-8.22567E6  
-5.48378E6  
-2.74189E6  
0.0  
2.74189E6  
5.48378E6  
8.22567E6  
10.9676E6

Maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram minimum -27.705E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.360946E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.07833E6  
Contour maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Contour minimum -27.705E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

-27.705E6  
-24.6266E6  
-21.5483E6  
-18.47E6  
-15.3916E6  
-12.3133E6  
-9.23499E6  
-6.1566E6  
-3.07833E6

Maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Minimum -27.705E6 at node 3 of element 8



## 8.2.2 Fondazioni

Le tabelle seguenti riepilogano i risultati ottenuti dagli involuipi delle sollecitazioni rilevate ad intradosso fondazione per il dimensionamento/verifica delle sottofondazioni, avendo massimizzato/minimizzato a turno  $F_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ .

L'output è riferito agli elementi "joints" impiegati per simulare l'incastro delle fondazioni, dei quali si riporta posizione e numerazione nell'ambito del modello FEM.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 357.431  
Zoom: 101.161  
Eye: (-0.514259, -0.787126, 0.340544)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

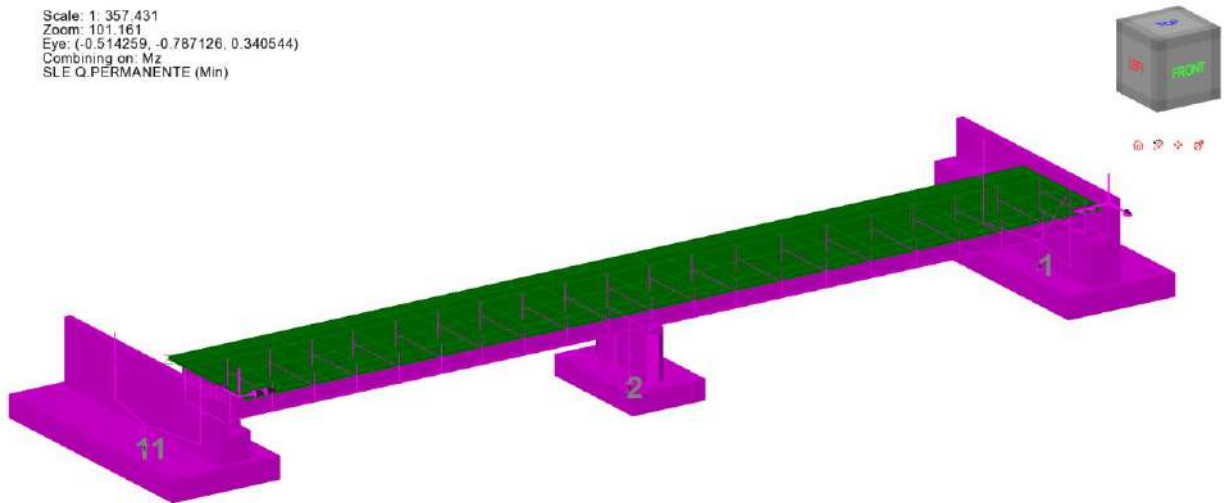


Figura 8.1 Labels Elem. Fondazione

Lo schema seguente riporta l'orientamento del s.r. locale di output adottato per le fondazioni. Si evidenzia che per la spalla "B" il sistema locale è stato ruotato di 180° allo scopo di conseguire i medesimi segni delle caratteristiche più significative (segnatamente il momento ribaltante  $M_y$ , positivo).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Spalla A - elem. 11**

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-31674.44	5538.65	-518.96	-890.03	4364.61	-7699.04
SLU STR min N	-53149.53	9368.75	518.23	1164.06	-3648.86	2711.35
SLU STR max My	-45842.87	7382.95	518.23	1126.82	-3648.91	14272.27
SLU STR min My	-39162.14	7423.26	-518.96	-854.70	4368.05	-19421.97
SLU STR max Mx	-45026.89	9410.52	-518.62	-1073.71	27026.06	6767.75
SLU STR min Mx	-38736.81	5481.21	516.90	1345.36	-25984.39	-13848.34
SLU GEO max N	-31778.24	5538.83	-449.75	-757.46	3799.33	-7500.95
SLU GEO min N	-40360.27	7151.17	449.13	990.72	-3191.01	3158.64
SLU GEO max My	-37765.15	5467.16	449.13	959.14	-3191.06	3515.87
SLU GEO min My	-34569.48	7113.20	-449.75	-727.94	3803.06	-8033.68
SLU GEO max Mx	-36981.82	7194.48	-449.46	-992.75	23606.02	-3043.87
SLU GEO min Mx	-34317.99	5477.81	448.00	1223.91	-22718.86	-2980.54
Ed SLV max N	-31888.16	7162.46	4403.30	-2584.51	-12869.31	826.09
Ed SLV min N	-33778.84	23470.76	-4403.30	2955.97	13197.52	53611.04
Ed SLV max My	-33515.30	26798.15	4403.30	-2419.25	-12838.80	69747.22
Ed SLV min My	-32226.43	3802.04	-4403.30	2790.10	13168.41	-15333.32
Ed SLV max Mx	-32869.59	11381.39	-14677.68	5971.93	48628.90	14080.78
Ed SLV min Mx	-32797.41	5483.70	14677.68	-5716.59	-48300.70	-5840.15
SLE RARA max N	-31990.02	5526.99	-346.04	-559.23	2984.44	-7157.77
SLE RARA min N	-39348.31	6937.95	345.50	788.88	-2411.83	1957.82
SLE RARA max My	-37091.96	5470.03	345.50	761.36	-2411.87	2251.13
SLE RARA min My	-34397.24	6910.58	-346.04	-533.29	2987.30	-7586.08
SLE RARA max Mx	-36452.30	6971.98	-345.78	-741.18	19947.45	-3374.46
SLE RARA min Mx	-34126.44	5479.60	344.51	969.04	-19132.94	-3335.48
SLE FREQUENTE max N	-32280.51	5507.36	-0.63	100.51	366.95	-6703.97
SLE FREQUENTE min N	-37777.68	6948.80	0.03	129.78	97.72	-972.14
SLE FREQUENTE max My	-35521.68	5476.32	0.03	102.17	97.69	-700.97
SLE FREQUENTE min My	-34611.24	6946.80	-0.63	127.50	368.38	-6998.37
SLE FREQUENTE max Mx	-35955.72	6974.71	-0.20	-30.64	11008.67	-4304.28
SLE FREQUENTE min Mx	-33629.31	5482.37	-0.42	261.46	-10436.05	-4266.22
SLE Q.PERMANENTE max N	-32530.98	5506.90	0.00	103.25	158.43	-6230.39
SLE Q.PERMANENTE min N	-33136.03	5457.56	0.00	102.33	169.77	-5327.49
SLE Q.PERMANENTE max My	-33134.26	5480.37	0.00	102.76	169.74	-5216.81
SLE Q.PERMANENTE min My	-32607.47	5451.05	0.00	102.21	159.86	-6364.30
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-32869.59	5480.76	0.00	-41.34	1819.69	-5717.73
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-32797.41	5483.70	0.00	246.92	-1491.48	-5840.15

Tabella 8.2 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla A



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Pila 1 - elem. 2**

elemento 2 gauss point 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-12160.56	-0.52	351.19	0.82	-2978.78	-3.26
SLU STR min N	-22173.13	-0.72	-349.44	-0.46	-2198.54	-4.56
SLU STR max My	-14141.17	315.45	-350.53	-5.30	1669.99	1987.36
SLU STR min My	-18834.29	-316.81	351.95	5.52	-4308.88	-1995.92
SLU STR max Mx	-21144.35	-0.81	-353.36	-1.25	12133.65	-5.08
SLU STR min Mx	-16185.06	-0.70	353.36	1.25	-12133.65	-4.39
SLU GEO max N	-12030.85	-0.46	304.37	0.71	-2581.61	-2.90
SLU GEO min N	-17134.72	-0.61	-302.87	-0.41	-1828.70	-3.86
SLU GEO max My	-13788.96	268.76	-303.80	-4.53	1466.71	1693.19
SLU GEO min My	-14268.45	-269.95	305.01	4.72	-3714.66	-1700.70
SLU GEO max Mx	-16260.73	-0.68	-306.21	-1.08	10380.21	-4.29
SLU GEO min Mx	-15510.03	-0.61	306.21	1.08	-10380.21	-3.82
Ed SLV max N	-11649.70	1075.72	324.93	2.20	2559.13	6776.69
Ed SLV min N	-13849.04	-1076.24	-324.93	-2.20	-2559.13	-6779.98
Ed SLV max My	-11854.73	1076.07	324.93	2.20	2559.13	6778.92
Ed SLV min My	-13630.72	-1076.68	-324.93	-2.20	-2559.13	-6782.73
Ed SLV max Mx	-12215.45	322.66	1083.08	7.33	8530.43	2032.63
Ed SLV min Mx	-13283.29	-323.18	-1083.08	-7.33	-8530.43	-2035.93
SLE RARA max N	-12174.78	-0.43	234.13	0.55	-1985.86	-2.71
SLE RARA min N	-16524.05	-0.55	-232.83	-0.28	-1849.20	-3.48
SLE RARA max My	-13687.32	233.67	-233.64	-3.87	1016.38	1472.11
SLE RARA min My	-14024.95	-234.75	234.69	4.03	-2971.11	-1478.90
SLE RARA max Mx	-15750.10	-0.63	-235.73	-0.86	8767.24	-3.98
SLE RARA min Mx	-15189.09	-0.54	235.73	0.86	-8767.24	-3.41
SLE FREQUENTE max N	-12366.86	-0.39	0.00	0.00	0.00	-2.46
SLE FREQUENTE min N	-14855.32	-0.28	0.44	0.10	-1741.71	-1.79
SLE FREQUENTE max My	-13723.50	5.46	0.49	-3.32	-969.48	34.39
SLE FREQUENTE min My	-13982.03	-6.51	0.56	3.48	-985.25	-41.01
SLE FREQUENTE max Mx	-14411.69	-0.42	-0.43	-0.09	3466.47	-2.66
SLE FREQUENTE min Mx	-13956.52	-0.32	0.43	0.09	-3466.47	-2.02
SLE Q.PERMANENTE max N	-12414.82	-0.38	0.00	0.00	0.00	-2.40
SLE Q.PERMANENTE min N	-13083.93	-0.14	0.00	0.00	0.00	-0.89
SLE Q.PERMANENTE max My	-12619.85	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.17
SLE Q.PERMANENTE min My	-12865.61	-0.58	0.00	0.00	0.00	-3.64
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-12976.95	-0.31	0.00	0.00	0.00	-1.97
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-12521.79	-0.21	0.00	0.00	0.00	-1.33

Tabella 8.3 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 1

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Spalla B - elem. 1**

elemento 1 gauss point 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-37098.83	10241.75	-527.30	-996.02	5102.94	4042.39
SLU STR min N	-60467.74	10060.33	526.71	999.66	-4868.67	4052.60
SLU STR max My	-55078.94	12773.34	526.71	999.66	-4868.67	26192.58
SLU STR min My	-42635.20	7114.01	-527.30	-996.02	5102.94	-20471.46
SLU STR max Mx	-46685.09	10303.88	-526.80	-724.76	27704.96	12623.73
SLU STR min Mx	-49830.92	10012.33	525.35	726.95	-27163.55	-6434.36
SLU GEO max N	-37197.23	7568.17	-456.99	-863.23	4418.61	-3880.77
SLU GEO min N	-45787.54	9710.84	456.48	866.33	-4219.05	10663.79
SLU GEO max My	-45699.40	9753.65	456.48	866.33	-4219.05	10770.34
SLU GEO min My	-37455.18	7185.58	-456.99	-863.23	4418.61	-5839.26
SLU GEO max Mx	-39815.09	7633.14	-456.56	-584.03	24210.61	1508.92
SLU GEO min Mx	-42337.71	9662.27	455.32	585.89	-23749.41	3798.27
Ed SLV max N	-37321.83	30560.20	4121.42	-5281.20	-15834.86	85589.53
Ed SLV min N	-39099.28	9305.66	-4121.42	5281.20	15834.86	10853.05
Ed SLV max My	-39042.78	33947.45	-4121.42	5281.20	15834.86	110537.75
Ed SLV min My	-37321.83	5945.85	4121.42	-5281.20	-15834.86	-14026.86
Ed SLV max Mx	-38245.77	15011.63	-17062.85	14546.13	67296.13	28374.95
Ed SLV min Mx	-38175.34	7624.19	17062.85	-14546.13	-67296.13	-1663.84
SLE RARA max N	-37401.76	7580.13	-351.59	-663.93	3421.61	-3415.68
SLE RARA min N	-44769.75	9434.39	351.15	666.63	-3248.08	8981.17
SLE RARA max My	-44701.95	9467.33	351.15	666.63	-3248.08	9063.13
SLE RARA min My	-37596.51	7245.39	-351.59	-663.93	3421.61	-5187.97
SLE RARA max Mx	-39617.08	7631.34	-351.22	-443.75	20379.22	1121.20
SLE RARA min Mx	-41801.41	9395.39	350.14	445.37	-19978.18	3091.71
SLE FREQUENTE max N	-37685.26	7599.75	-0.53	0.78	196.56	-2751.42
SLE FREQUENTE min N	-43167.67	9422.53	0.04	0.74	-112.74	5861.34
SLE FREQUENTE max My	-43111.17	9449.98	0.04	0.74	-112.74	5929.64
SLE FREQUENTE min My	-37685.26	7599.75	-0.53	0.78	196.56	-2751.42
SLE FREQUENTE max Mx	-39097.69	7628.53	-0.10	165.90	10794.87	116.35
SLE FREQUENTE min Mx	-41281.48	9392.55	-0.43	-165.11	-10598.31	2085.69
SLE Q.PERMANENTE max N	-37915.29	7600.94	0.00	0.00	0.00	-2306.73
SLE Q.PERMANENTE min N	-38505.83	7650.57	0.00	0.00	0.00	-867.08
SLE Q.PERMANENTE max My	-38449.33	7678.02	0.00	0.00	0.00	-798.78
SLE Q.PERMANENTE min My	-37915.29	7600.94	0.00	0.00	0.00	-2306.73
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-38245.77	7627.33	0.00	144.40	1615.25	-1509.96
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-38175.34	7624.19	0.00	-144.40	-1615.25	-1663.85

Tabella 8.4 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla B

## 9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche geotecniche di pile e spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto, le due spalle essendo molto simili sono state verificate per le sollecitazioni massime presenti su entrambe.

### 9.1 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P1

La fondazione della pila, presenta dimensioni in pianta di 6.90 x 11.40 m e spessore pari a 1.80 m, realizzata su n. 6 pali trivellati  $\Phi$  1200 ad interasse maggiore di 3 volte il diametro e di lunghezza  $L_p = 45$  m.



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

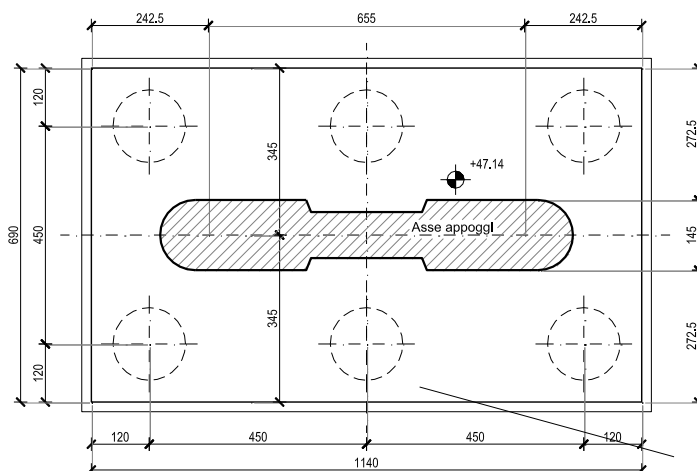


Figura 9.1 : Pianta fondazione pila

La figura seguente illustra la sezione trasversale del fusto pila, in cui si rappresenta il sistema di riferimento utilizzato per il calcolo con l'asse x entrante nel piano della sezione. Le sollecitazioni elementari al piede pila, per la P1, sono di seguito riportate:

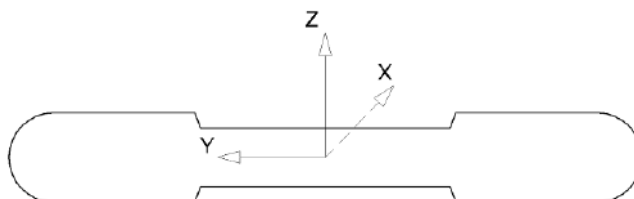


Figura 9.2 : Assi locali sezione

Le verifiche della pila sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione "SLU STR max  $M_x$ " con azione massima di compressione pari a  $Q_{Ed} = -4199$  kN cui va aggiunto il peso proprio del palo e del terreno gravante sopra il plinto per un totale di 6535 kN. Il palo in progetto di lunghezza pari a 38 m ha una capacità portante pari a  $Q_{Rd} = 6747$  kN (di cui 5458 kN laterale e 1289 kN di base), superiore all'azione agente, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

Non risultano invece pali in trazione.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la  $Q_{Rd}$  risulta pari a **848 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a **188 kN**.

In allegato si riportano i dettagli di calcolo della palificata di pali di fondazione della pila.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

Per quanto concerne i cedimenti, applicando le procedure descritte in 7.6 si ottiene:

$N = 3119 \text{ kN}$ ;  
 $E_p = 30000000 \text{ kPa}$ ;  
 $R_o = 0.6 \text{ m}$  ;  
 $G_{terr} = 5769 \text{ kPa}$ ;  
 $n = 6$ ;  
 $i = 4.5 \text{ m}$ ;  
 $L = 45 \text{ m}$ ;  
 $R = 0.77$ ;  
 $R_g = 0.862$ .

$w_{palo} = 5.62 \text{ mm}$

$w_{palificata} = 29.10 \text{ mm}$

I cedimenti sono compatibili con quanto previsto nell'analisi strutturale.

## 9.2 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE

La spalla Sp1, denominata nella relazione anche spalla "A", unica per la carreggiata sinistra e destra, presenta un muro frontale di spessore 2,75 m ed altezza media di 2,50 m. Il muro paraghiaia ha un'altezza media di 3,20 m e spessore di 60 cm; i muri di risvolto sono a sezione variabile con inclinazione di 1/10 del paramento interno fino in sommità su cui si attestano i cordoli stradali per le barriere di sicurezza.

La platea di fondazione, di dimensioni in pianta 10,20 x 23,80 m e spessore 2,00 m ed è realizzata su una palificata di n. 21 pali trivellati Ø1200 mm e lunghezza 35 m.

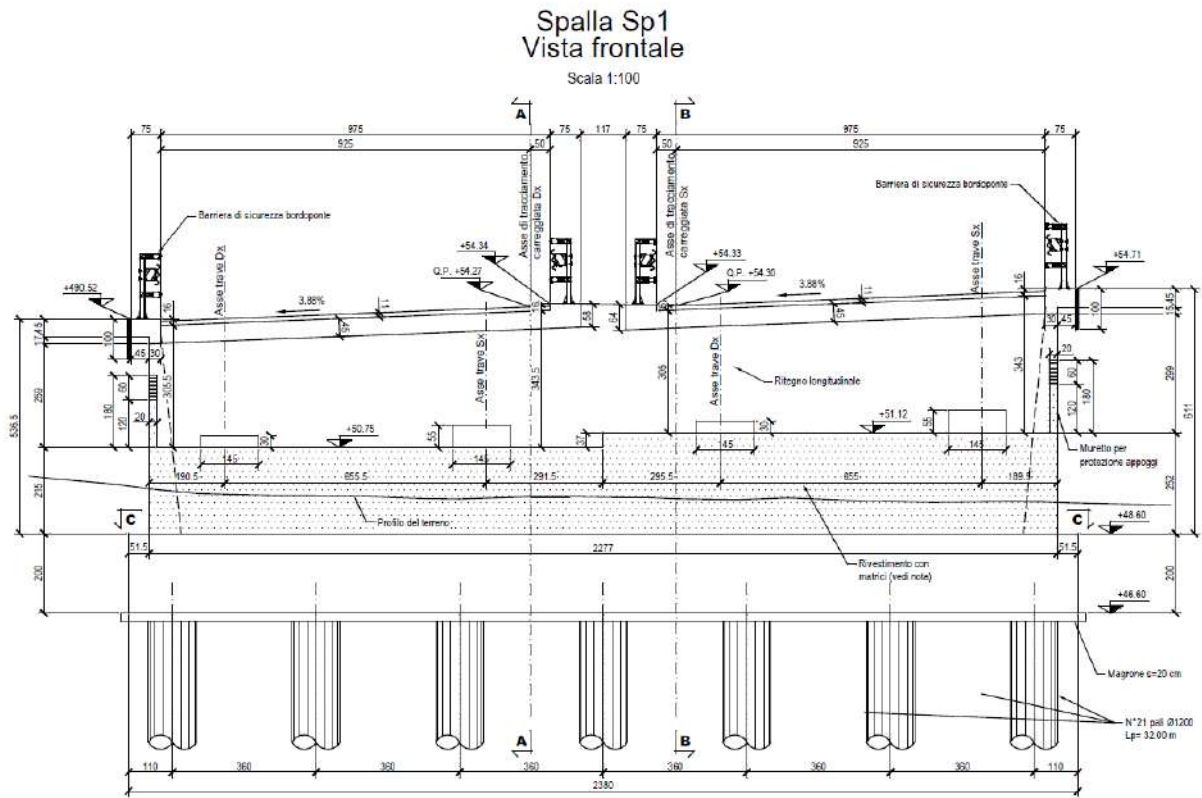
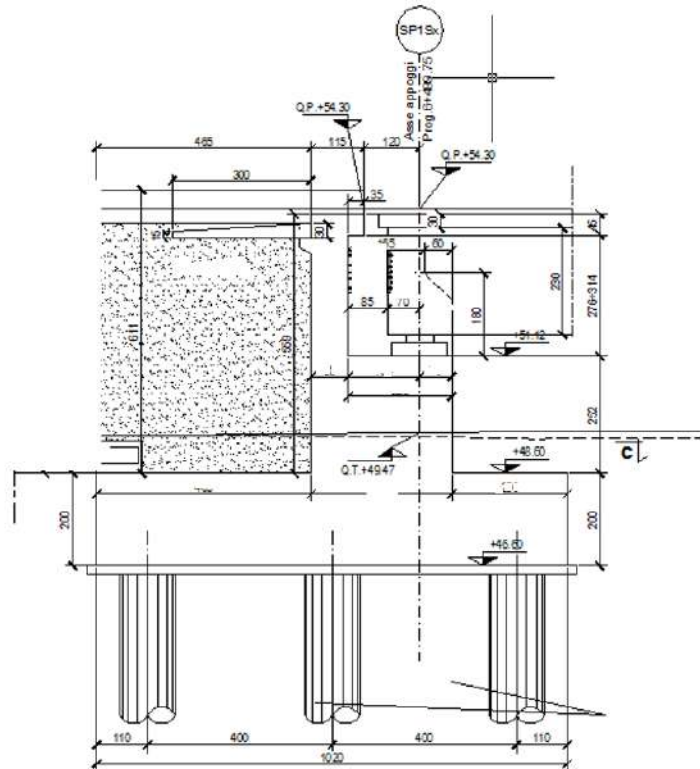


Figura 9.3: Vista frontale spalla SP1



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Figura 9.4 : Sezione longitudinale spalla Sp1

La spalla Sp2, denominata nella relazione anche spalla "B", unica per la carreggiata sinistra e destra, presenta un muro frontale di spessore 2,75 m ed altezza media di 3,90 m. Il muro paraghiaia ha un'altezza media di 3,20 m e spessore di 60 cm; i muri di risvolto sono a sezione variabile con inclinazione di 1/10 del paramento interno fino in sommità su cui si attestano i cordoli stradali per le barriere di sicurezza.

La platea di fondazione, di dimensioni in pianta 10,20 x 23,80 m e spessore 2,00 m, è posata su una palificata di n. 21 pali trivellati Ø1200 mm e lunghezza 35 m.

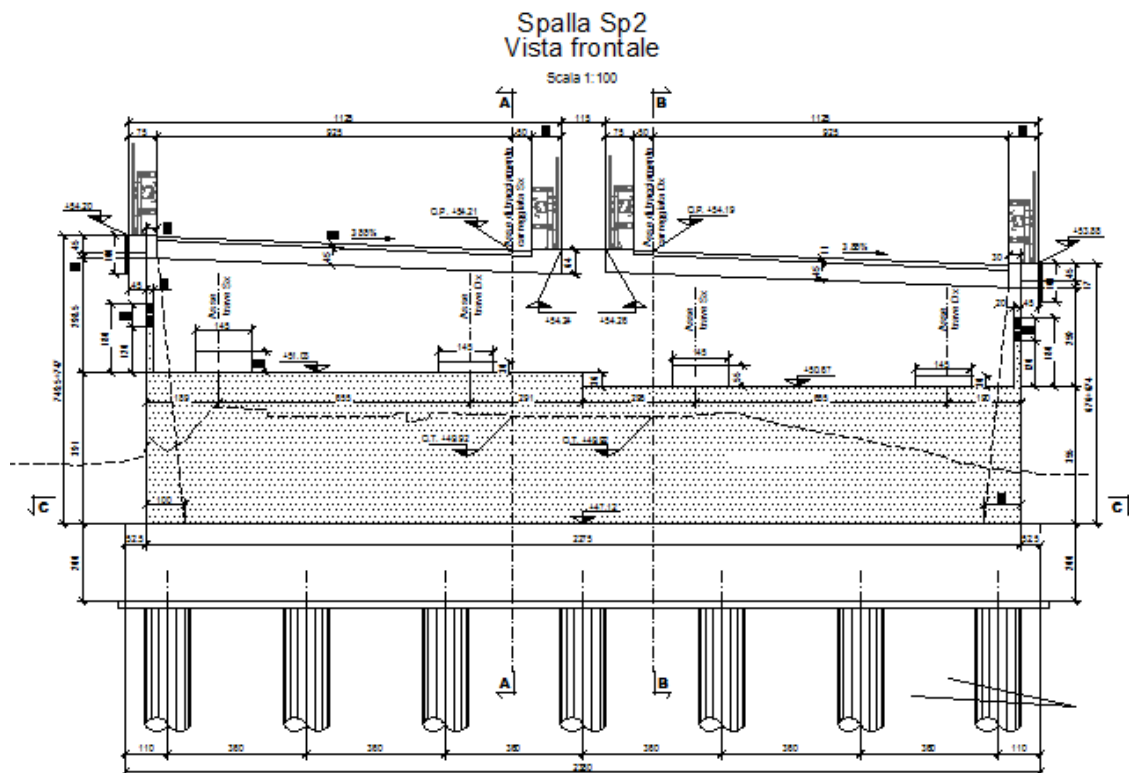


Figura 9.5: Vista frontale spalla SP2

Il calcolo della palificata di pali di fondazione della spalla viene condotto considerando applicati nel baricentro della platea di fondazione le azioni dovute alle spinte sulla spalla, ai relativi pesi propri, permanenti, accidentali e ai carichi trasmessi dall'impalcato.

Le verifiche della spalla sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione sismica "Ed SLV max My" con azione massima di compressione pari a  $Q_{Ed} = -3990$  kN, cui va aggiunto il peso proprio del palo per totale complessivo pari a 4980 kN. Il palo in progetto di lunghezza pari a 35 m ha una capacità portante pari a  $Q_{Rd} = 5070$  kN (di cui 3872 kN laterale e 1198 kN di base), superiore all'azione agente, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

In allegato si riportano i dettagli di calcolo geotecnici e strutturali della palificata di pali di fondazione delle spalle Sp1, Sp2.

In trazione la  $Q_{Rd}$ , trascurando il contributo favorevole del peso proprio del palo, risulta pari a **2332 kN**, mentre l'azione massima di trazione risulta pari a **272 kN**.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la QRd risulta pari a **1653 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a 1628 kN.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

Per quanto concerne i cedimenti, applicando le procedure descritte in 7.6 si ottiene:

$N = 2161 \text{ kN};$   
 $E_p = 30000000 \text{ kPa};$   
 $R_o = 0.6 \text{ m};$   
 $G_{terr} = 5769 \text{ kPa};$   
 $n = 21;$   
 $i = 4.5 \text{ m};$   
 $L = 35 \text{ m};$   
 $R = 1.47;$   
 $R_g = 8.408.$

$w_{palo} = 3.90 \text{ mm}$

$w_{palificata} = 32.77 \text{ mm}$

I cedimenti sono compatibili con quanto previsto nell'analisi strutturale.

## 10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche strutturali di pile e spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto, le due spalle essendo molto simili sono state verificate per le sollecitazioni massime presenti su entrambe.

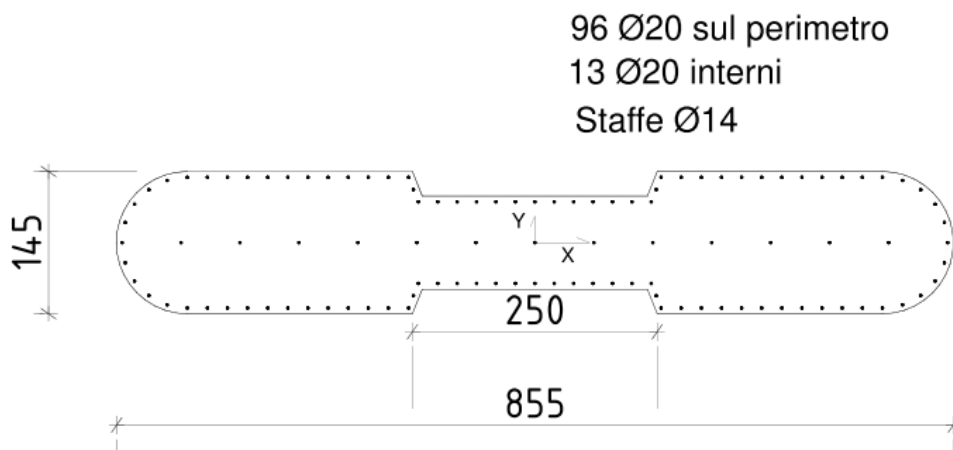
### 10.1 VERIFICA STRUTTURALE PILA 1

Nel seguito si riportano le verifiche per i seguenti elementi strutturali:

- Fusto pila
- Baggioli
- Fondazione
- Pali

### 10.1.1 Fusto

Data l'altezza limitata dell'elevazione, le verifiche verranno eseguiti con riferimento alla sola sezione di spiccato, riportata in figura.



La tabella seguente riassume le sollecitazioni insistenti in tale sezione (elem. 23 del modello FEM) ricavate a valle dell'elaborazione dei vari involuppi.

CMB	Loadcase	Element	Node	N(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	My(kNm)	Mz(kNm)
1	189:SLU STR (Max)(N)	23	18	-8688.12	-350.49	-0.52	2.33	2346.63
7	190:SLU STR (Min)(N)	23	18	-17485.30	348.73	-0.72	3.26	2827.52
13	189:SLU STR (Max)(My)	23	18	-14146.50	-351.25	-316.81	1425.66	3675.37
19	190:SLU STR (Min)(My)	23	18	-10668.70	349.83	315.45	-1419.54	-1039.03
25	189:SLU STR (Max)(Mz)	23	18	-12712.60	-352.66	-0.70	3.14	11497.60
31	190:SLU STR (Min)(Mz)	23	18	-16456.50	352.66	-0.81	3.63	-11497.60
37	199:Gk + Ed_SLV (Max)(N)	23	18	-8177.33	324.92	1075.71	4843.82	1974.27
43	200:Gk + Ed_SLV (Min)(N)	23	18	-10376.50	-324.92	-1076.23	-4841.47	-1974.27
49	199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	23	18	-8628.12	324.92	1075.52	4844.70	1974.27
55	200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	23	18	-9912.44	-324.92	-1076.12	-4841.98	-1974.27
61	199:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	23	18	-8287.92	1083.08	322.76	1454.20	6580.90
67	200:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	23	18	-10265.90	-1083.08	-323.28	-1451.85	-6580.90
73	193:SLE RARA (Max)(N)	23	18	-8702.34	-233.66	-0.43	1.94	1564.42
79	194:SLE RARA (Min)(N)	23	18	-13051.60	232.36	-0.55	2.48	2268.29
85	193:SLE RARA (Max)(My)	23	18	-10552.50	-234.22	-234.75	1056.36	2548.67
91	194:SLE RARA (Min)(My)	23	18	-10214.90	233.17	233.67	-1051.51	-595.83
97	193:SLE RARA (Max)(Mz)	23	18	-11716.60	-235.27	-0.54	2.43	8342.92
103	194:SLE RARA (Min)(Mz)	23	18	-12277.70	235.27	-0.63	2.84	-8342.92
109	195:SLE FREQUENTE (Max)(N)	23	18	-8894.42	0.00	-0.39	1.76	0.00
115	196:SLE FREQUENTE (Min)(N)	23	18	-11382.90	-0.44	-0.28	1.28	1740.92
121	195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	23	18	-10509.60	-0.56	-6.51	29.29	984.25
127	196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	23	18	-10251.10	-0.49	5.46	-24.56	968.59
133	195:SLE FREQUENTE (Max)(Mz)	23	18	-10484.10	-0.43	-0.32	1.44	3465.69
139	196:SLE FREQUENTE (Min)(Mz)	23	18	-10939.20	0.43	-0.42	1.90	-3465.69
145	187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(N)	23	18	-8942.37	0.00	-0.38	1.72	0.00
151	188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(N)	23	18	-9611.48	0.00	-0.14	0.64	0.00
157	187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	23	18	-9393.16	0.00	-0.58	2.60	0.00
163	188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	23	18	-9147.40	0.00	-0.03	0.12	0.00
169	187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Mz)	23	18	-9049.34	0.00	-0.21	0.95	0.00
175	188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Mz)	23	18	-9504.51	0.00	-0.31	1.40	0.00

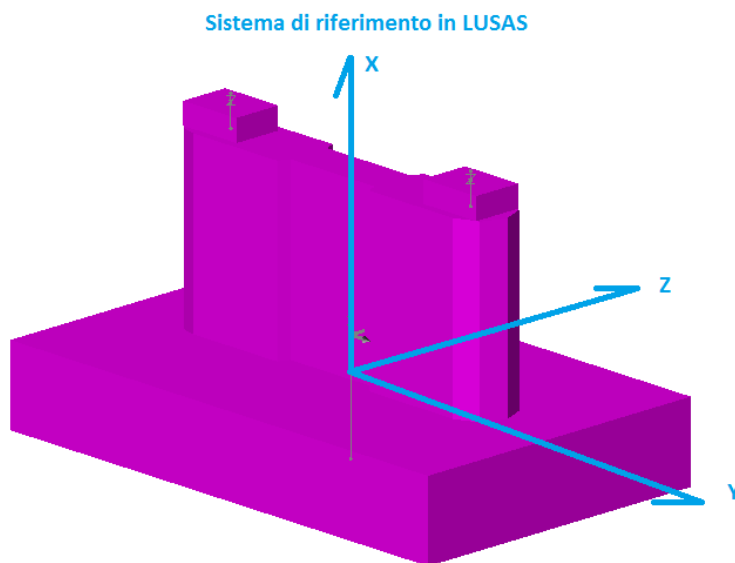


Le sollecitazioni riportate sopra seguono le convenzioni seguenti:

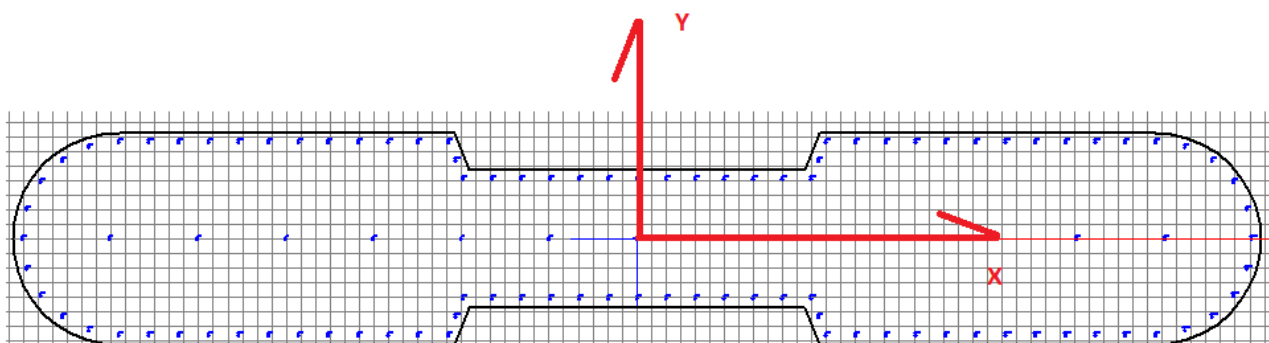
$N = F_x$  = azione assiale

$F_z/F_y$  = azione tagliante agente in direzione longitudinale/trasversale

$M_y/M_z$  = momento flettente longitudinale/trasversale



Le verifiche sono state effettuate mediante il software RCSEC, per il quale valgono le seguenti convenzioni:



$N =$  = azione assiale

$V_y/V_x$  = azione tagliante agente in direzione longitudinale/trasversale

$M_x/M_y$  = momento flettente longitudinale/trasversale

Si riportano gli esiti delle verifiche con i relativi dati utilizzati nel calcolo.

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Pila\_rev1**

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Barbaiani\Pila\Pila\_rev1.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilaastro
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**

<b>CALCESTRUZZO -</b>	<b>Classe:</b>	<b>C28/35</b>	
Resis. compr. di progetto fcd:		15.860	MPa
Resis. compr. ridotta fcd':		7.930	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
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00		
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00		
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:		168.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:		0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:		0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:		0.200	mm
<b>ACCIAIO -</b>	<b>Tipo:</b>	<b>B450C</b>	
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00		MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000		daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-366.3	-71.6
2	-377.4	-69.0
3	-387.9	-64.6
4	-397.6	-58.7
5	-406.3	-51.3
6	-413.7	-42.6
7	-419.6	-32.9
8	-424.0	-22.4
9	-426.6	-11.3
10	-427.5	0.0
11	-426.6	11.3
12	-424.0	22.4
13	-419.6	32.9
14	-413.7	42.6

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

15	-406.3	51.3
16	-397.6	58.7
17	-387.9	64.6
18	-377.4	69.0
19	-366.3	71.6
20	-355.0	72.5
21	-125.0	72.5
22	-115.0	47.5
23	115.0	47.5
24	125.0	72.5
25	355.0	72.5
26	366.3	71.6
27	377.4	69.0
28	387.9	64.6
29	397.6	58.7
30	406.3	51.3
31	413.7	42.6
32	419.6	32.9
33	424.0	22.4
34	426.6	11.3
35	427.5	0.0
36	426.6	-11.3
37	424.0	-22.4
38	419.6	-32.9
39	413.7	-42.6
40	406.3	-51.3
41	397.6	-58.7
42	387.9	-64.6
43	377.4	-69.0
44	366.3	-71.6
45	355.0	-72.5
46	125.0	-72.5
47	115.0	-47.5
48	-115.0	-47.5
49	-125.0	-72.5
50	-355.0	-72.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°BarraX [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]	
1	-361.4	0.0	20
2	-301.1	0.0	20
3	-240.9	0.0	20
4	-180.7	0.0	20
5	-120.5	0.0	20
6	-60.2	0.0	20
7	0.0	0.0	20
8	60.2	0.0	20
9	120.5	0.0	20
10	180.7	0.0	20
11	240.9	0.0	20
12	301.1	0.0	20
13	361.4	0.0	20
14	421.1	0.0	20
15	-129.3	66.1	20
16	-355.0	66.1	20
17	0.0	41.1	20
18	-119.3	41.1	20
19	-19.9	41.1	20
20	-39.8	41.1	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

21	-59.7	41.1	20
22	-79.6	41.1	20
23	-99.4	41.1	20
24	-124.3	53.6	20
25	-149.9	66.1	20
26	-170.4	66.1	20
27	-190.9	66.1	20
28	-211.4	66.1	20
29	-231.9	66.1	20
30	-252.4	66.1	20
31	-272.9	66.1	20
32	-293.5	66.1	20
33	-314.0	66.1	20
34	-334.5	66.1	20
35	-375.4	62.9	20
36	-393.9	53.5	20
37	-408.5	38.9	20
38	-417.9	20.4	20
39	129.3	66.1	20
40	355.0	66.1	20
41	119.3	41.1	20
42	19.9	41.1	20
43	39.8	41.1	20
44	59.7	41.1	20
45	79.6	41.1	20
46	99.4	41.1	20
47	124.3	53.6	20
48	149.9	66.1	20
49	170.4	66.1	20
50	190.9	66.1	20
51	211.4	66.1	20
52	231.9	66.1	20
53	252.4	66.1	20
54	272.9	66.1	20
55	293.5	66.1	20
56	314.0	66.1	20
57	334.5	66.1	20
58	375.4	62.9	20
59	393.9	53.5	20
60	408.5	38.9	20
61	417.9	20.4	20
62	-129.3	-66.1	20
63	-355.0	-66.1	20
64	0.0	-41.1	20
65	-119.3	-41.1	20
66	-19.9	-41.1	20
67	-39.8	-41.1	20
68	-59.7	-41.1	20
69	-79.6	-41.1	20
70	-99.4	-41.1	20
71	-124.3	-53.6	20
72	-149.9	-66.1	20
73	-170.4	-66.1	20
74	-190.9	-66.1	20
75	-211.4	-66.1	20
76	-231.9	-66.1	20
77	-252.4	-66.1	20
78	-272.9	-66.1	20
79	-293.5	-66.1	20
80	-314.0	-66.1	20
81	-334.5	-66.1	20

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

82	-375.4	-62.9	20
83	-393.9	-53.5	20
84	-408.5	-38.9	20
85	-417.9	-20.4	20
86	129.3	-66.1	20
87	355.0	-66.1	20
88	119.3	-41.1	20
89	19.9	-41.1	20
90	39.8	-41.1	20
91	59.7	-41.1	20
92	79.6	-41.1	20
93	99.4	-41.1	20
94	124.3	-53.6	20
95	149.9	-66.1	20
96	170.4	-66.1	20
97	190.9	-66.1	20
98	211.4	-66.1	20
99	231.9	-66.1	20
100	252.4	-66.1	20
101	272.9	-66.1	20
102	293.5	-66.1	20
103	314.0	-66.1	20
104	334.5	-66.1	20
105	375.4	-62.9	20
106	393.9	-53.5	20
107	408.5	-38.9	20
108	417.9	-20.4	20
109	421.1	0.0	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 10.0 cm  
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
18688.12	-2.33	2346.63	-0.52	350.49	
217485.30	-3.26	2827.52	-0.72	-348.73	
314146.50	-1425.66	3675.37	-316.81	351.25	
410668.70	1419.54	-1039.03	315.45	-349.83	
512712.60	-3.14	11497.60	-0.70	352.66	
616456.50	-3.63	-11497.60	-0.81	-352.66	
78177.33	-4843.82	1974.27	1075.71	-324.92	
810376.50	4841.47	-1974.27	-1076.23	324.92	
98628.12	-4844.70	1974.27	1075.52	-324.92	
109912.44	4841.98	-1974.27	-1076.12	324.92	
118287.92	-1454.20	6580.90	322.76	-1083.08	
1210265.90	1451.85	-6580.90	-323.28	1083.08	

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

MANDATARIA:

MANDANTI:

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	8702.34	-1.94	1564.42
2	13051.60	-2.48	2268.29
3	10552.50	-1056.36	2548.67
4	10214.90	1051.51	-595.83
5	11716.60	-2.43	8342.92
6	12277.70	-2.84	-8342.92

**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	8894.42	-1.76 (0.00)	0.00 (0.00)
2	11382.90	-1.28 (0.00)	1740.92 (0.00)
3	10509.60	-29.29 (0.00)	984.25 (0.00)
4	10251.10	24.56 (0.00)	968.59 (0.00)
5	10484.10	-1.44 (0.00)	3465.69 (0.00)
6	10939.20	-1.90 (0.00)	-3465.69 (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	8942.37	-1.72 (0.00)	0.00 (0.00)
2	9611.48	-0.64 (0.00)	0.00 (0.00)
3	9393.16	-2.60 (0.00)	0.00 (0.00)
4	9147.40	-0.12 (0.00)	0.00 (0.00)
5	9049.34	-0.95 (0.00)	0.00 (0.00)
6	9504.51	-1.40 (0.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.4 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.5 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 4.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1S	8688.12	-2.33	2346.63	8688.24	-2.57	58484.25	24.92342.4(322.2)		
2S	17485.30	-3.26	2827.52	17485.06	-3.71	83344.94	29.48342.4(322.2)		
3S	14146.50-1425.66		3675.37	14146.72	-11973.78	31101.21	8.45342.4(322.2)		
4S	10668.70-1419.54		-1039.03	10668.80	11734.78	-8506.99	8.24342.4(322.2)		
5S	12712.60	-3.14	11497.60	12712.82	-0.79	70115.74	6.10342.4(322.2)		
6S	16456.50	-3.63	-11497.60	16456.64	-0.99	-80543.65	7.01342.4(322.2)		
7S	8177.33-4843.82		1974.27	8177.41	-10732.81	4375.90	2.22342.4(322.2)		
8S	10376.50-4841.47		-1974.27	10376.40	11778.92	-4845.90	2.44342.4(322.2)		
9S	8628.12-4844.70		1974.27	8628.06	-10949.09	4482.61	2.26342.4(322.2)		
10	S	9912.44	4841.98	-1974.27	9912.29	11559.73	-4761.66	2.39342.4(322.2)	
11	S	8287.92	-1454.20	6580.90	8287.94	-8315.51	37300.23	5.67342.4(322.2)	
12	S	10265.90	1451.85	-6580.90	10266.06	9066.07	-40887.50	6.21342.4(322.2)	

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

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	
10.00068		427.5	0.0	0.00066	421.1	0.0	-0.00196	-421.1	0.0	
20.00090		427.5	0.0	0.00088	421.1	0.0	-0.00196	-421.1	0.0	
30.00117		355.0	-72.5	0.00106	355.0	-66.1	-0.00196	-355.0	66.1	
40.00094		-355.0	72.5	0.00081	-355.0	66.1	-0.00196	355.0	-66.1	
50.00078		427.5	0.0	0.00076	421.1	0.0	-0.00196	-421.1	0.0	
60.00088		-427.5	0.0	0.00086	-421.1	0.0	-0.00196	421.1	0.0	
70.00083		355.0	-72.5	0.00071	355.0	-66.1	-0.00196	-355.0	66.1	
80.00090		-355.0	72.5	0.00077	-355.0	66.1	-0.00196	355.0	-66.1	
90.00084		355.0	-72.5	0.00072	355.0	-66.1	-0.00196	-355.0	66.1	
10	0.00089		-355.0	72.5	0.00076	-355.0	66.1	-0.00196	355.0	-66.1
11	0.00102		366.3	-71.6	0.00093	355.0	-66.1	-0.00196	-355.0	66.1
12	0.00110		-366.3	71.6	0.00100	-355.0	66.1	-0.00196	355.0	-66.1

**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.
10.000003103-0.000000003		-0.000649835		---	---

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

20.000003368-0.000000004	-0.000538091	----	----		
30.000001030-0.000017289	-0.000448175	----	----		
4-0.0000003050.000019317	-0.000571266	----	----		
50.000003228-0.000000001	-0.000597326	----	----		
6-0.000003339-0.000000001	-0.000550651	----	----		
70.000000165-0.000019252	-0.000625224	----	----		
8-0.0000001760.000019707	-0.000591462	----	----		
90.000000168-0.000019345	-0.000618143	----	----		
10	-0.000000174	0.000019611	-0.000598406	----	----
11	0.000001483	-0.000013874	-0.000512939	----	----
12	-0.000001522	0.000014190	-0.000478304	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 14 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1S		350.4923275.98	20656.00754.9	685.8	118.1	2.500	1.051	0.530.8(0.0)		
2S		348.7323555.83	20195.98754.7	670.6	116.5	2.500	1.103	0.530.8(0.0)		
3S		337.1326719.49	3366.10127.7	111.8	807.2	2.500	1.083	3.130.8(0.0)		
4S		320.9426752.30	3393.22127.3	112.7	817.2	2.500	1.063	2.930.8(0.0)		
5S		352.6623548.48	20484.48756.7	680.1	117.8	2.500	1.075	0.530.8(0.0)		
6S		352.6623684.12	20299.22756.7	674.0	117.2	2.500	1.097	0.530.8(0.0)		
7S		1078.4626618.83	3429.62127.4	113.9	815.7	2.500	1.048	9.730.8(0.0)		
8S		1079.0826759.00	3397.75127.3	112.8	817.6	2.500	1.061	9.830.8(0.0)		
9S		1078.3026654.82	3422.49127.4	113.6	816.4	2.500	1.051	9.730.8(0.0)		
10	S	1078.96	26724.62	3404.64127.4	113.0	817.0	2.500	1.058	9.8	30.8(0.0)
11	S	436.06	23704.76	3475.92128.3	115.4	716.3	2.500	1.049	3.9	30.8(0.0)
12	S	436.93	25271.06	3464.16128.4	115.0	757.8	2.500	1.060	3.9	30.8(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1S	0.87	427.5	0.0	10.2	-421.1	0.0	----	----	
2S	1.30	427.5	0.0	15.4	-421.1	0.0	----	----	

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

3S	1.51	355.0	-72.5	6.0	-355.0	66.1	----	----
4S	1.38	-355.0	72.5	7.1	355.0	-66.1	----	----
5S	1.55	427.5	0.0	8.1	-421.1	0.0	----	----
6S	1.60	-427.5	0.0	8.9	421.1	0.0	----	----

**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.
1S	0.79	-355.0	-72.5	11.8	334.5	66.1	----	----	
2S	1.12	427.5	0.0	13.6	-421.1	0.0	----	----	
3S	1.00	397.6	-58.7	13.0	-393.9	53.5	----	----	
4S	0.97	406.3	51.3	12.7	-393.9	-53.5	----	----	
5S	1.14	427.5	0.0	10.9	-421.1	0.0	----	----	
6S	1.18	-427.5	0.0	11.5	421.1	0.0	----	----	

**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 = Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 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 =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(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
1S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
2S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
3S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
4S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
5S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
6S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	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.
1S	0.80	-355.0	-72.5	11.9	334.5	66.1	----	----	
2S	0.85	-355.0	-72.5	12.8	334.5	66.1	----	----	
3S	0.84	355.0	-72.5	12.5	334.5	66.1	----	----	
4S	0.81	355.0	-72.5	12.2	334.5	66.1	----	----	
5S	0.80	-355.0	-72.5	12.1	334.5	66.1	----	----	
6S	0.85	-125.0	-72.5	12.7	334.5	66.1	----	----	

**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
1S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
2S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00
3S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.00 (0.20)	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

4S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00	0.00
5S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00	0.00
6S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.00	0.00

10.1.2 Armature orizzontali di diffusione fusto

Per diffondere correttamente le azioni concentrate trasmesse dai punti di scarico degli appoggi lungo il fusto pila, si considera la formazione di una "catena" trasversale, derivante dal meccanismo individuato nello schema seguente.

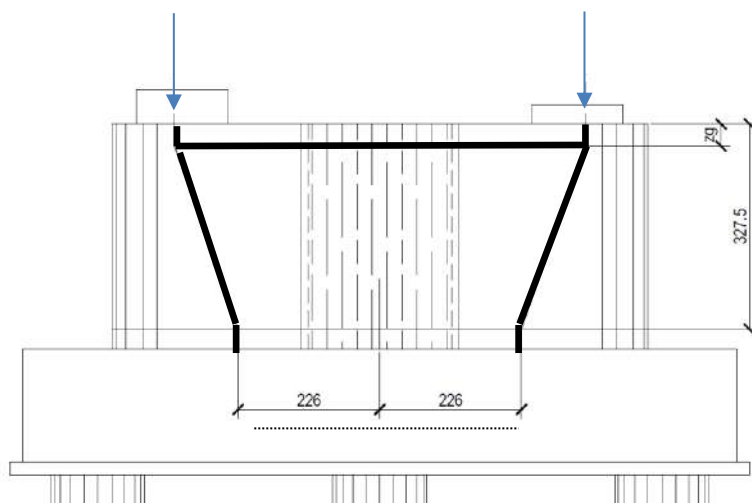


Figura 10.1 Modello diffusione azioni pila

Il meccanismo posiziona la sezione a completa diffusione posizionata a 3.20 m dalla catena. La diagonale compressa è assunta convergente nel baricentro della mezza sezione pila.

La quota della "catena" viene posizionata in corrispondenza del baricentro delle armature orizzontali considerate efficaci ai fini della diffusione, ovvero:

$$A_{s1} = 2 \times 15 \times 154 = 4620 \text{ mm}^2 \quad \text{staffe perimetrali } \varnothing 14/10, \text{ su } h = 1.5 \text{ m a partire da estradosso}$$

$$z_{g1} = 0.75 \text{ m} \quad \text{baricentro, valutato da quota estradosso}$$

$$A_{s2} = 2 \times 6 \times 452 = 5424 \text{ mm}^2 \quad \text{armature aggiuntive 6+6 } \varnothing 26 \text{ trasversali}$$

$$z_{g2} = (0.072 + 0.172)/2 = 0.122 \text{ m} \quad \text{baricentro, valutato da quota estradosso}$$

$$z_g = (4620 \times 0.75 + 5424 \times 0.122)/(4620+5424) = 0.41 \text{ m}$$

Con riferimento alla massima azione  $N_{Ed}$  scaricata dall'appoggio allo S.L.U., si ha:

$$N_{Ed} = -9200 \text{ kN}$$

$$Z = 9200 \times (3.2-2.26)/(3.275-0.42) = 9200 \times 0.33 = 3029 \text{ kN} \quad \text{trazione S.L.U. nella catena}$$

$$A_{s,min(S.L.U.)} = 3029000/(450/1.15) = 7740 \text{ mm}^2$$

La tensione effettiva nelle armature presenti risulta:

$$\sigma_{s,S.L.U.} = 3029000/10044 = 302 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa} < f_{yd} = 391 \text{ MPa}$$

Il calcolo delle tensioni nei rimanenti S.L., riporta quanto segue:

S.L.E. caratteristica

$$N_{Ed} = -6840 \text{ kN}$$

$$\sigma_{s,S.L.E.} = 6840000 \times 0.33 / 10044 = 225 \text{ MPa}$$

S.L.E. frequente

$$N_{Ed} = -5550 \text{ kN}$$

$$\sigma_{s,S.L.E.} = 5550000 \times 0.33 / 10044 = 182 \text{ MPa}$$

S.L.E. quasi permanente

$$N_{Ed} = -4279 \text{ kN}$$

$$\sigma_{s,S.L.E.} = 4279000 \times 0.33 / 10044 = 141 \text{ MPa}$$

Il tasso di lavoro nelle barre di armatura della catena appare soddisfacentemente limitato.

### 10.1.3 Baggioli pila

I baggioli in c.a. presentano dimensioni complessive pari a 1.10 x 1.45 m.

Essi sono configurati in modo da avere una espansione laterale, atta all'alloggiamento dei martinetti di calaggio/ sollevamento dell'impalcato.

Si effettua la verifica nei confronti delle azioni orizzontali trasmesse dal dispositivo di vincolo, valutando il taglio resistente  $V_{Rd}$  sviluppato all'interfaccia baggiolo/testa pila (sez. A – A di figura).

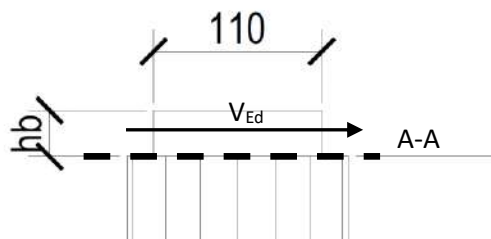


Figura 10.2 Sezione di verifica mecc. "shear friction "

Dati i rapporti dimensionali dell'elemento, che presenta altezza molto contenuta in confronto alle dimensioni in pianta, la verifica viene effettuata con riferimento a metodologie basate sui criteri delle mensole "molto tozze (shear friction), per le quali si ritiene di poter fare utile riferimento al cap. 6.2.5. di EN 1992-1-1.

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ( $c = 0$ )
- Si considerano solamente le barre "passanti" in prossimità dell'area di impronta del dispositivo ( $A_{s,min,pres} = 20 \varnothing 14$ )
- Si considera un'area di impronta "ridotta" del baggiolo, pari approssimativamente all'area delle piastre di contatto del dispositivo.
- Si impone che il contributo resistente delle armature verticali sia pari almeno al 80 % dell'azione orizzontale agente ( $V_{Rd,S} > 0.8 V_{Ed}$ ).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Per le azioni di verifica, si fa riferimento, cautelativamente, alla condizione  $G_k + Ed$  SLC, considerando la minima azione verticale concomitante:

Loadcase	Element	GP	Fx(*)[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	85	1	712	215	744	-3302
2 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	85	1	-713	-215	744	-4914
3 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	85	1	215	717	749	-2989
4 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	85	1	-215	-717	749	-5227
5 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	85	1	215	717	749	-2961
6 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	85	1	-215	-717	749	-5262

Loadcase	Element	GP	Fx(*)[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	87	1	712	215	744	-3302
2 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	87	1	-713	-215	744	-4914
3 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	87	1	215	717	749	-3260
4 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	87	1	-215	-717	749	-4956
5 201:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	87	1	215	716	748	-2961
6 202:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	87	1	-215	-716	748	-5262

Tabella 10.1 Azioni SLC sui Baggioli Pila

Si pone pertanto

$$V_{Ed,max} = 750 \text{ kN}$$

cfr.  $G_k + Ed$ (SLC), max  $V_y$

$$N_{Ed,conc} = -2900 \text{ kN}$$

cfr.  $G_k + Ed$ (SLC)

Valutazione schema resistente tipo "shear friction" (rif. EN 1992-1-1 6.2.5)

Caratteristiche materiali		Caratteristiche superficie	
$\gamma_c$	1.50	$b_{eff}$	850 mm larghezza eff. sezione di contatto
$f_{ck}$	32.00	$l_{eff}$	850 mm lunghezza eff. sezione di contatto
$f_{ctk}$	2.12	tipo sup.	1 tipo superficie: 0=molto liscia/1=liscia/2=scabra/3 = dentata
$f_{cd}$	21.33		
$f_{ctd}$	1.41	c	0.00 EN 1992-1-1 6.2.5. (2)
$\nu$	0.50	$\mu$	0.60 EN 1992-1-1 6.2.5. (2)
$\gamma_s$	1.15	<b>Caratteristiche sez. resistente</b>	
$f_{yk}$	450.00	$A_{s,pres.}$	3388.00 mm <sup>2</sup> Barre vert. Passanti
$f_{yd}$	391.30	$A_{c,eff}$	722500 mm <sup>2</sup> Area cis di riferimento ( $b_{eff} \times l_{eff}$ )
<b>Sollecitazioni e tensioni agenti</b>			
$V_{Ed}$	749 kN	Risultante azione tagliante di progetto	
$N_{Ed,conc}$	2961 kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)	
$V_{Ed,i}$	1.04 Mpa	Azione tangenziale di progetto interfaccia (valutata su $A_{c,eff}$ )	
$\sigma_N$	4.10 Mpa	tens. Compressione su area rif.	
$\sigma_{N,max}$	12.8 Mpa (0.6 fcd)	limite tens. Compressione	
<b>Calcolo contributi resistenti e verifica</b>			
$V_{Rd,s}$	795.44 kN	Risultante contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times \mu \times f_{yd}$	
$V_{Rd,c}$	0.00 kN	Risultante contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times c$	
$V_{Rd,N}$	1776.51 kN	Risultante contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Rd,s}, V_{Rd,c}, V_{Rd,N}$	2571.95 kN	Risultante azione resistente di interfaccia	
$V_{Rd,i}$	3.56 Mpa	Azione tangenziale resistente(EN1992-1-1 6.2.5.(1 eq. 6.25))	
$V_{Rd,max}$	10.67 Mpa	Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))	
$V_{Ed}/V_{Rd}$	0.29	<b>rapporto di sfruttamento complessivo verificato</b>	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd,s}$	0.94	<b>rapporto di sfruttamento sole armature verificato</b>	

Tabella 10.2 Verifica "shear friction" interfaccia baggioli pila

Come si evince dalla tabella di verifica, l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante.

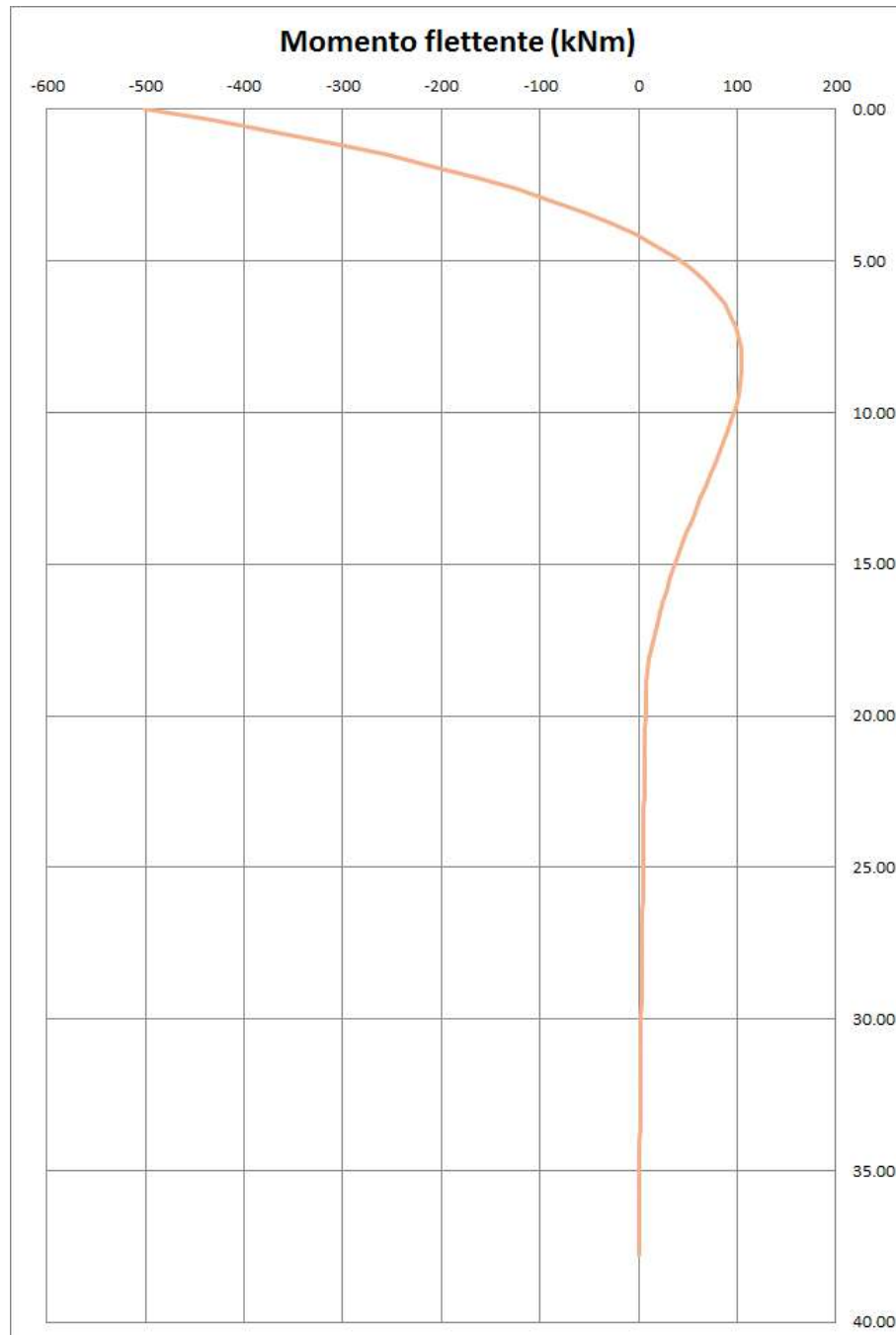


#### 10.1.4 Palo di fondazione

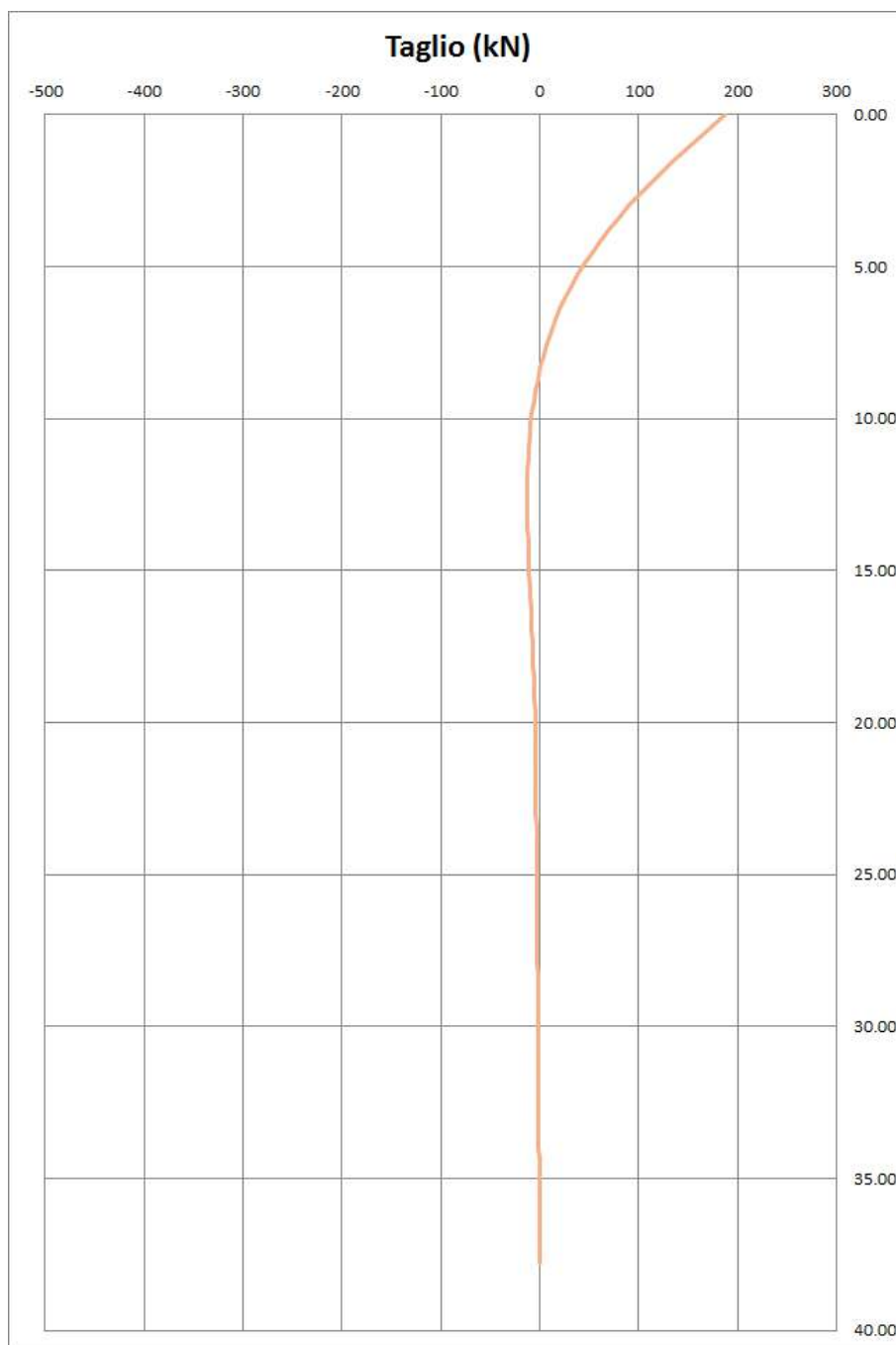
L'armatura dei pali di fondazione viene formata da gabbie di lunghezza complessiva pari a 12 m.

L'andamento delle sollecitazioni lungo il fusto palo mostra un discreto impegno a flessione e taglio nella zona sommitale, mentre a quote inferiori, il regime è prevalentemente assiale. I diagrammi seguenti riportano l'andamento dell'azione flettente e tagliante S.L.U. rilevati lungo i pali della pila.

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 501 kNm)



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**



Come si può notare:

Il diagramma di momento flettente, che assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, si annulla a quota pari a circa 4 m dalla sezione di incastro, smorzandosi a valori poco significativi per  $z = -15$  m.

L'azione tagliante, che anch'essa assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, si annulla a quota pari a circa 8 m da intradosso plinto.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Si prevede di adottare un'unica tipologia di armatura, costante per tutta la profondità del palo, così composta:

Armatura verticale: n. 16  $\varnothing$ 24  
Staffatura: spirale  $\varnothing$  12/20 (\*)

Per le gabbie inferiori, la spirallatura verrà realizzata con barra di diametro 10 mm.

Ai fini delle verifiche, assumendo identico comportamento per tutti i pali della palificata, si considereranno rispettivamente il palo con la massima e minima azione di compressione, che risulta, nell'ambito della palificata (\*):

$$N_{Edmin,conc} = -3785 \text{ kN}$$

$$N_{Edmax,conc} = -833 \text{ kN}$$

(\*) Si è considerata la massima azione di compressione e rispettivamente la minima, nell'ambito delle combinazioni S.L.U. – S.L.U. sisma.

Ai fini delle verifiche, si considera la sola sezione di incastro nella fondazione, caratterizzata dal massimo impegno statico per l'unica tipologia di armatura prevista.

Sollecitazioni di verifica pali pila

Verifica sez. 1-1

	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
S.L.U. min N	-3785.00	229.00	611.00
S.L.U. max N	-833.00	229.00	611.00
S.L.E. min N	-2806.00		163.00
S.L.E. max N	-1574.00		163.00

Tabella 10.3 Riepilogo sollecitazioni di verifica pali pila

Di seguito si riporta l'esito delle verifiche per tensioni normali e taglianti (S.L.U. ) e la verifica S.L.E. limitazione delle tensioni.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pila\_Sez1

(Percorso File: C:\PROJECTS\CT-RG\Barbaianni\Palo\Pila\_Sez1.sez)

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: EC2/EC8  
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: C32/40  
Resis. compr. di progetto fcd: 18.810 MPa  
Resis. compr. ridotta  $v1 \cdot fcd$ : 9.405 MPa cfr.(6.9)EC2  
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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	48.5	-35.3
2	35.3	-48.5
3	18.5	-57.1
4	0.0	-60.0
5	-18.5	-57.1
6	-35.3	-48.5
7	-48.5	-35.3
8	-57.1	-18.5
9	-60.0	0.0
10	-57.1	18.5
11	-48.5	35.3
12	-35.3	48.5
13	-18.5	57.1
14	0.0	60.0
15	18.5	57.1
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.1	0.0	24
2	46.3	-19.2	24
3	35.4	-35.4	24
4	19.2	-46.3	24
5	0.0	-50.1	24
6	-19.2	-46.3	24
7	-35.4	-35.4	24
8	-46.3	-19.2	24
9	-50.1	0.0	24
10	-46.3	19.2	24
11	-35.4	35.4	24
12	-19.2	46.3	24
13	0.0	50.1	24
14	19.2	46.3	24

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

15	35.4	35.4	24
16	46.3	19.2	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	20.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3785.00	-611.00	0.00	229.00	0.00
2	833.00	-611.00	0.00	229.00	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	2806.00	-163.00	0.00
2	1574.00	-163.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.1	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.8	cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3785.00	-611.00	0.00	3785.21	-2608.40	0.00	4.27	72.4(33.4)

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

2	S	833.00	-611.00	0.00	833.24	-1693.62	0.00	2.77	72.4(33.4)
---	---	--------	---------	------	--------	----------	------	------	------------

**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	0.0	-60.0	0.00264	0.0	-50.1	-0.00609	0.0	50.1
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00212	0.0	-50.1	-0.01188	0.0	50.1

**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	-0.000087086	-0.001725159	----	----
2	0.000000000	-0.000139669	-0.004880142	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezione di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	229.00	2979.03	946.46	98.2  85.5	107.4	2.500	1.000	2.7	11.3(0.0)
2	N	229.00	2953.84	1044.38	101.7  94.4	96.5	2.500	1.000	2.5	11.3(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
-----	--



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	0.0	-60.0	23.5	0.0	50.1	----	----
2	S	2.16	0.0	-60.0	8.4	0.0	50.1	----	----

10.1.5 Platea di fondazione

Nel presente paragrafo viene verificato il plinto della pila avente le seguenti caratteristiche.

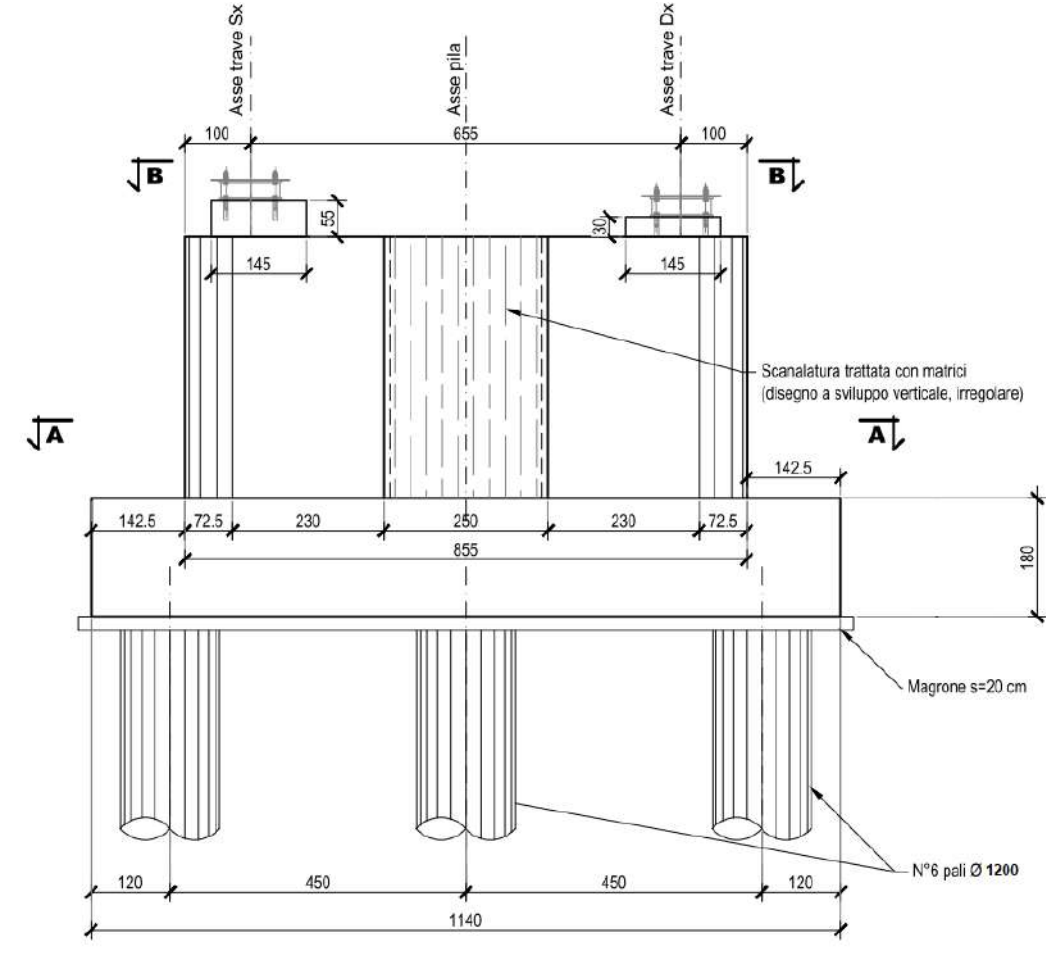


Figura 10.3: Vista del plinto in sezione trasversale impalcato

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

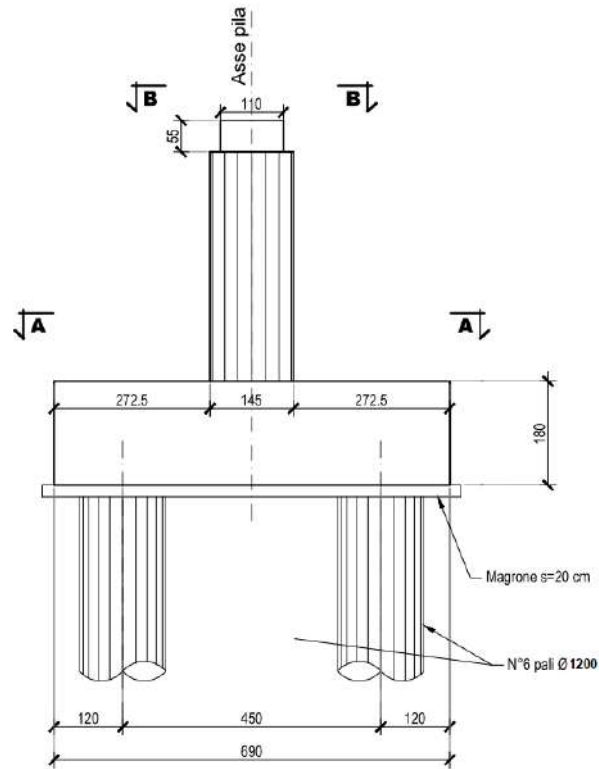


Figura 10.4: Vista del plinto in sezione longitudinale impalcato

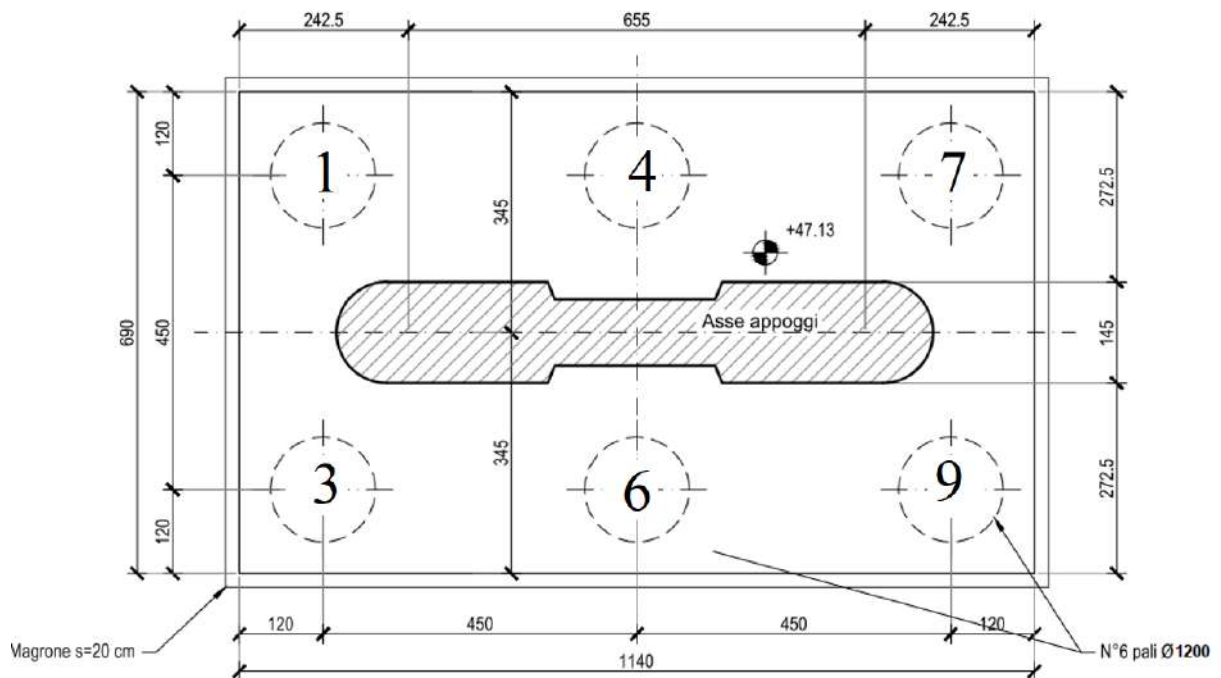


Figura 10.5: Pianta del plinto con numerazione pali

Il plinto, date le sue caratteristiche geometriche, relative a dimensioni totali e posizione di pali e pila posta al disopra, viene calcolato come alto; risulta infatti, per ogni palo, una distanza tra asse palo e sagoma pila  $B < Hpl = 180$  cm.

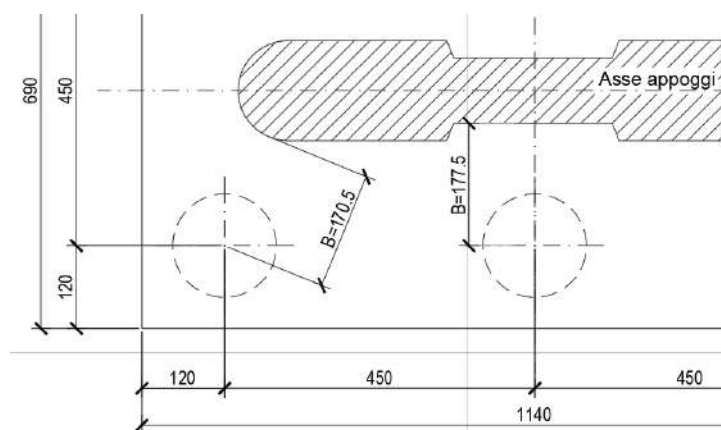


Figura 10.6: Caratteristiche plinto alto

Si adotta quindi un modello di calcolo costituito da bielle compresse inclinate e tiranti orizzontali. Lo sforzo di trazione nel tirante si determina sulla base del valore del carico massimo sui pali.

Data la geometria della pila, che risulta allungata nella direzione trasversale all'impalcato, di seguito denominata "z", si ritiene opportuno considerare una biella nel corrispondente piano, per il palo d'angolo, convergente a  $bz/4$  al disotto della pila (livello estradosso plinto); nell'altra direzione ("y"), dato che la pila risulta snella, le bielle convergono, ad estradosso plinto, in asse pila. Di seguito una schematizzazione del meccanismo puntone – tirante nelle due direzioni e una vista assometrica.

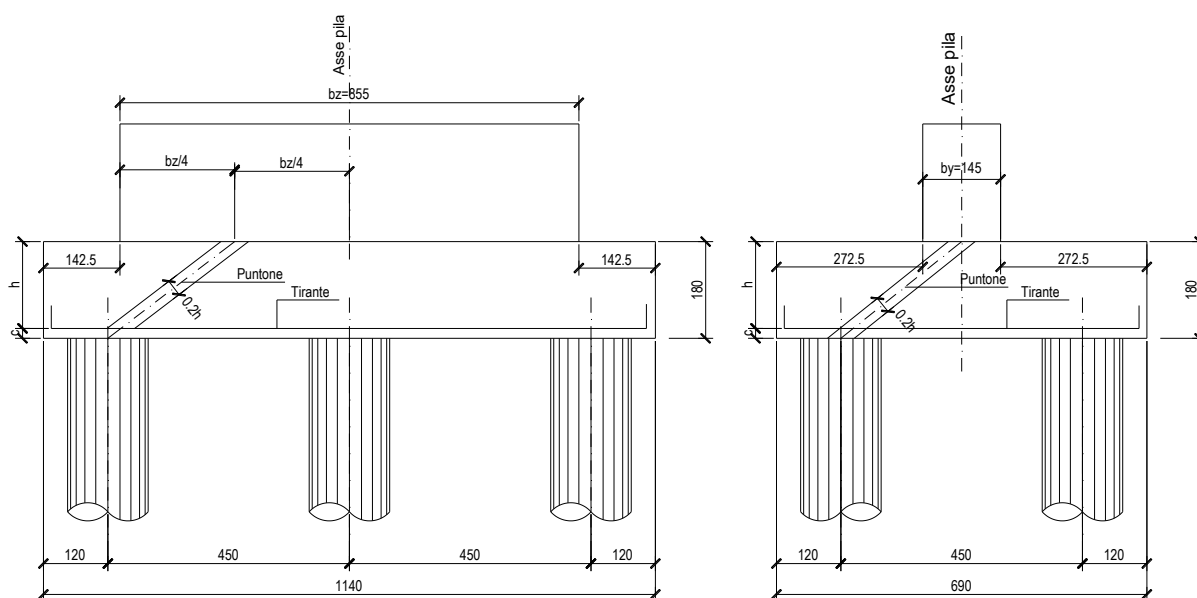


Figura 10.7: Viste laterali meccanismo puntone - tirante

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

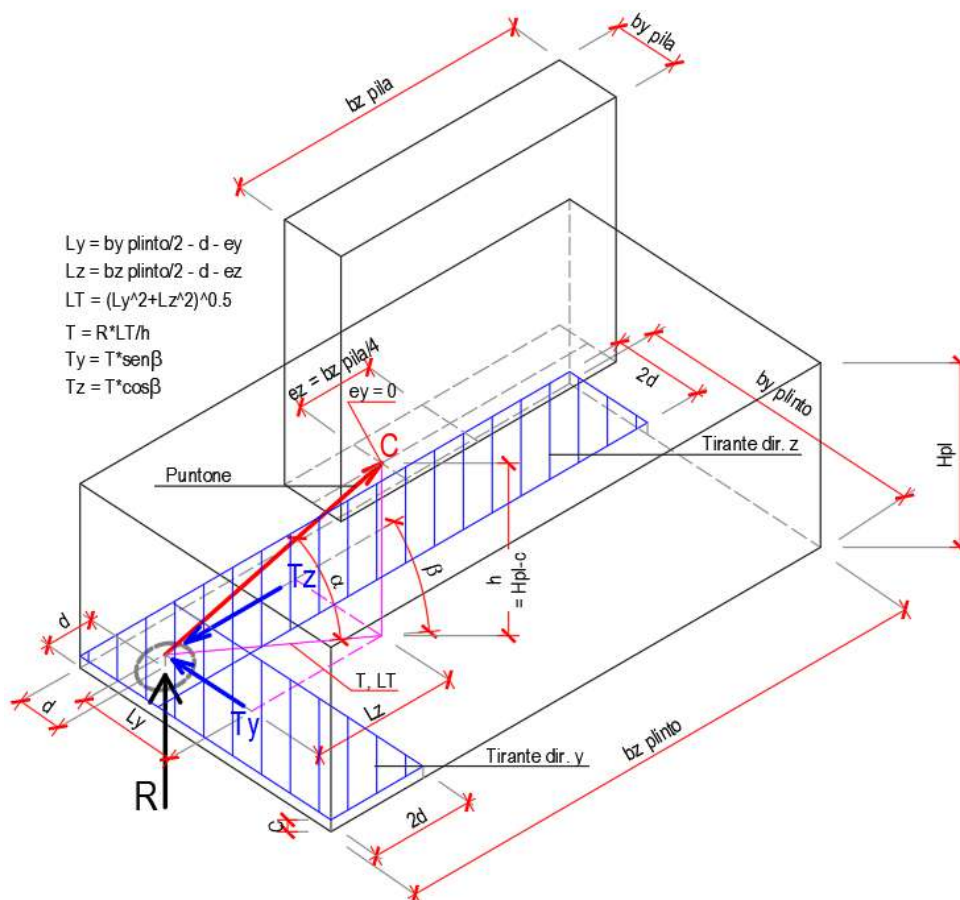


Figura 10.8: Vista assonometrica meccanismo puntone - tirante

Il puntone presenta in sezione dimensioni  $0.2 \cdot h$  in una direzione e  $2 \cdot d$  nell'altra, con  $d$  la distanza in pianta tra asse palo e bordo plinto. Le armature calcolate nei due tiranti, in direzione  $y$  e  $z$ , vengono considerate spalmate su una larghezza in pianta pari a  $2 \cdot d$ .

Le sollecitazioni sui 6 pali, determinate nelle combinazioni SLU strutturali, massimizzando e minimizzando momento e sforzo assiale, sono le seguenti:

	Np1	Np4	Np7	Np3	Np6	Np9
SLU STR max N	-1880.87	-1881.11	-1881.35	-1510.05	-1510.29	-1510.53
SLU STR min N	-3349.92	-3350.36	-3350.80	-3145.22	-3145.66	-3146.10
SLU STR max My	-2076.61	-1913.04	-1749.48	-2301.86	-2138.30	-1974.73
SLU STR min My	-2786.85	-2951.16	-3115.48	-2268.06	-2432.37	-2596.69
SLU STR max Mx	-2396.49	-2396.92	-2397.34	-3784.48	-3784.90	-3785.33
SLU STR min Mx	-3045.40	-3045.82	-3046.25	-1657.41	-1657.84	-1658.27

Tabella 10.4: Reazioni nei pali del plinto

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

Da qui si evince che:

- il palo d'angolo più sollecitato è il n. 9 con  $N_p = -3785.33$  kN (compressione);
- il palo centrale più sollecitato è il n. 6 con  $N_p = -3784.90$  kN.

Di seguito si riporta la verifica in corrispondenza dei due pali n. 6 e 9, in funzione delle caratteristiche geometriche e delle reazioni massime  $R (=N_p)$  nei pali.

Comb.	Tipo plinto \ palo	by plinto (m)	bz plinto (m)	D (m)	n. pali	d asse palo - bordo plinto (m)	Hpl (m)	copriferro c (m)	by pila (m)	bz pila (m)	R(N+Mz+My) pali (N)	Ly (m)	Lz (m)
SLU STR max Mx	Pila 1 \ palo 4	6.90	11.40		6	1.20	1.80	0.07	1.45	8.55	4198530	2.25	2.3625
SLU STR max Mx	Pila 1 \ palo 5	6.90	11.40		6	1.20	1.80	0.07	1.45	8.55	3695860	2.25	0

$\beta$ pali (°)	h (m)	LT (m)	$\alpha$ biella (°)	T (N)	Ty (N)	Tz (N)	Largh. tirante dir.y (m)	Largh. tirante dir.z (m)	Asy (mm <sup>2</sup> )	Asz (mm <sup>2</sup> )
43.603	1.557	3.263	25.512	8797498	6067240	6370602	2.400	2.400	15517	16293
90.000	1.557	2.250	34.683	5340838	5340838	0	2.400	2.400	13659	0

Tabella 10.5: Calcolo azioni e armature nei tiranti

Si fissa l'armatura nelle due direzioni in  $\phi 24$  in doppio strato e si determina il passo massimo ammissibile, nella larghezza considerata  $2*d$  dei tiranti, affinché risulti soddisfatta la verifica tensionale dell'armatura ( $T_y/A_{sy} < f_{yd}$ ,  $T_z/A_{sz} < f_{yd}$ ).

Armatura tesa					Biella compressa	
fi (mm)	n strati Asy	n strati Asz	passo max Asy (mm)	passo max Asz (mm)	C (N)	C/Ac (N/mm <sup>2</sup> )
24	2	2	140	133	9748006	13.04
24	2	2	159	-	6494916	8.69

Tabella 10.6: Verifica passo armature e biella compressa

In definitiva vengono adottati inferiormente, nelle due direzioni y e z, a cavallo dei pali per una larghezza  $2*d = 2.4$  m,  $\phi 24$  in doppio strato a passo 100 mm; altrove vengono disposti  $\phi 24$  in singolo strato a passo 100 mm. Superiormente si adotta una armatura minima nelle due direzioni costituita da  $\phi 24/200$  mm a singolo strato.

## 10.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SPALLE

In linea generale, le verifiche vengono effettuate con riferimenti ai vari S.L. strutturali previsti dalla normativa, con riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

- S.L.U.
- S.L.E. limitazione delle tensioni
- S.L.E. frequente / S.L.E. quasi permanente: controllo delle fessurazioni

Le verifiche vengono effettuate con riferimento ai seguenti elementi strutturali:

- muro frontale;



- paraghiaia;
- muro di risvolto;
- platea di fondazione;
- palo di fondazione.

I vari elementi sono caratterizzati da proprietà geometrico - statiche analoghe; il quadro delle sollecitazioni insistenti sui vari elementi risulta leggermente variabile tra le due spalle, in funzione delle differenti altezze di elevazione. Considerata la sostanziale uniformità di comportamento, si prevede, in linea generale, di predisporre identiche tipologie di armatura per le due spalle, procedendo ad effettuare le verifiche con riferimento all'involuppo delle sollecitazioni elaborato sui due elementi.

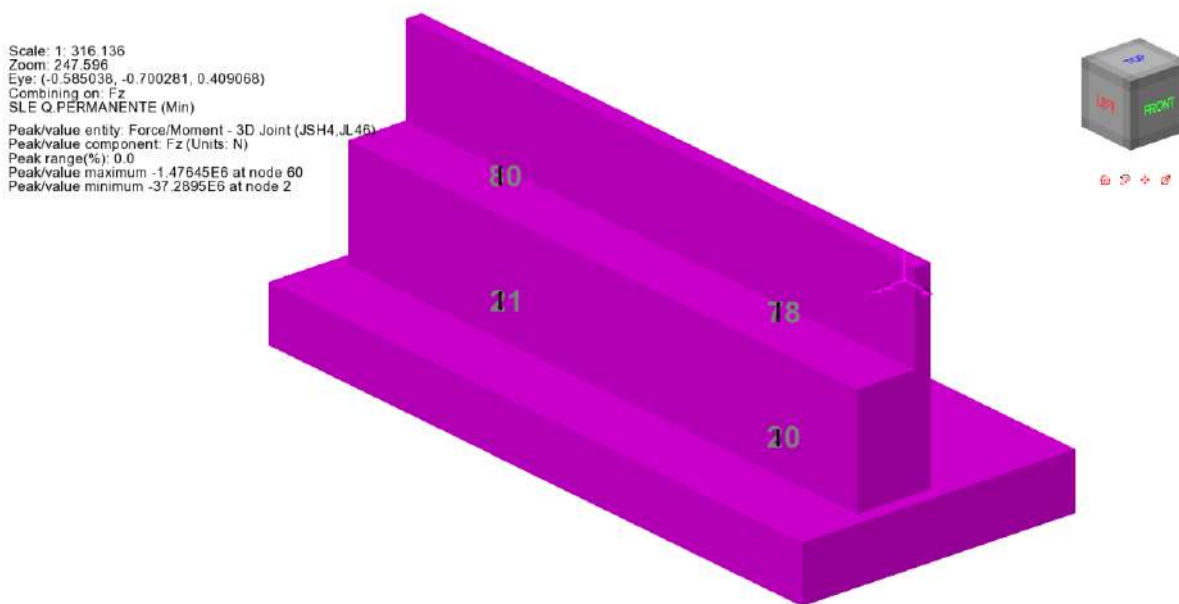
Per il calcolo delle sollecitazioni di verifica, si farà riferimento ai risultati ottenuti dall'analisi FEM sul modello globale, estraendo da questo le azioni ad intradosso fondazioni e le sollecitazioni insistenti sui paramenti e sui paraghiaia. Tali caratteristiche di sollecitazione vengono quindi rielaborate ed applicate a sottomodelli / schemi statici elementari, descritti nell'ambito di ciascuna verifica.

### 10.2.1 Muro frontale

Le sollecitazioni insistenti sul muro frontale vengono dedotte direttamente dall'analisi globale FEM. Come indicato nelle ipotesi di modellazione, dato l'elevato rapporto larghezza / altezza dell'elemento, si è ritenuto maggiormente cautelativo considerare due corpi spalla "fittizi", ciascuno di larghezza pari a metà corpo, afferenti rispettivamente alla via di corsa destra e sinistra.

Le verifiche verranno condotte con riferimento ad una sezione di larghezza unitaria, con riferimento ad uno stato piano di sollecitazione, con riferimento alla sezione di incastro sulla fondazione.

Lo snapshot qui di seguito mostra la posizione degli elementi esaminati (20 e 21) per l'estrazione delle sollecitazioni di verifica della sezione di incastro paramento (spalla B).



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Figura 10.9 : Elementi per la verifica del muro frontale della spalla e del paraghiaia

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni rilevate in corrispondenza della sezione di incastro paramento, con riferimento agli involucri di verifica, elaborati per le combinazioni di interesse max/min  $M_y$  (M) – max/min  $F_z$  (V). I valori sono stati riportati alla larghezza convenzionale di 1 m, fattorizzando i risultati estratti dal modello FEM per 11.385 (ampiezza del semiparamento). I risultati di tabella sono riferiti alla semisezione di destra.

**Sollecitazioni di verifica, riferite a sezione di ampiezza unitaria - paramento spalla B**

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(V)	20	20	-644.18	360.24	-1218.56
190:SLU STR (Min)(V)	20	20	-565.48	166.88	-403.28
189:SLU STR (Max)(M)	20	20	-561.07	167.48	-402.94
190:SLU STR (Min)(M)	20	20	-802.69	339.45	-1234.11
199:Gk + Ed_SLV (Max)(V)	20	20	-525.75	711.87	-2375.05
200:Gk + Ed_SLV (Min)(V)	20	20	-453.23	115.76	-195.33
199:Gk + Ed_SLV (Max)(M)	20	20	-450.17	116.17	-195.09
200:Gk + Ed_SLV (Min)(M)	20	20	-525.75	711.87	-2375.05
193:SLE RARA (Max)(V)	20	20	-557.87	267.09	-889.49
194:SLE RARA (Min)(V)	20	20	-465.90	172.75	-454.64
193:SLE RARA (Max)(M)	20	20	-462.23	173.24	-454.35
194:SLE RARA (Min)(M)	20	20	-675.28	251.69	-901.00
195:SLE FREQUENTE (Max)(V)	20	20	-605.42	250.93	-850.49
196:SLE FREQUENTE (Min)(V)	20	20	-477.42	188.19	-530.36
195:SLE FREQUENTE (Max)(M)	20	20	-466.13	188.81	-525.46
196:SLE FREQUENTE (Min)(M)	20	20	-605.42	250.93	-850.49
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(V)	20	20	-499.68	192.25	-563.23
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(V)	20	20	-479.29	188.45	-532.75
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(M)	20	20	-476.23	188.86	-532.51
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(M)	20	20	-499.68	192.25	-563.23

Tabella 10.7 Sollecitazioni paramento spalla B

**S.L.U. per tensioni normali**

Ai fini delle verifiche per tensioni normali si tiene conto dei seguenti parametri resistenti della sezione:

Sezione in c.a. (C32/40):

$b = 1000$  mm

$h = 2750$  mm

Armature (B450C):

$A_{s,e} = 2262$  mm<sup>2</sup>/m  $\varnothing$  24/20 lembo esterno paramento

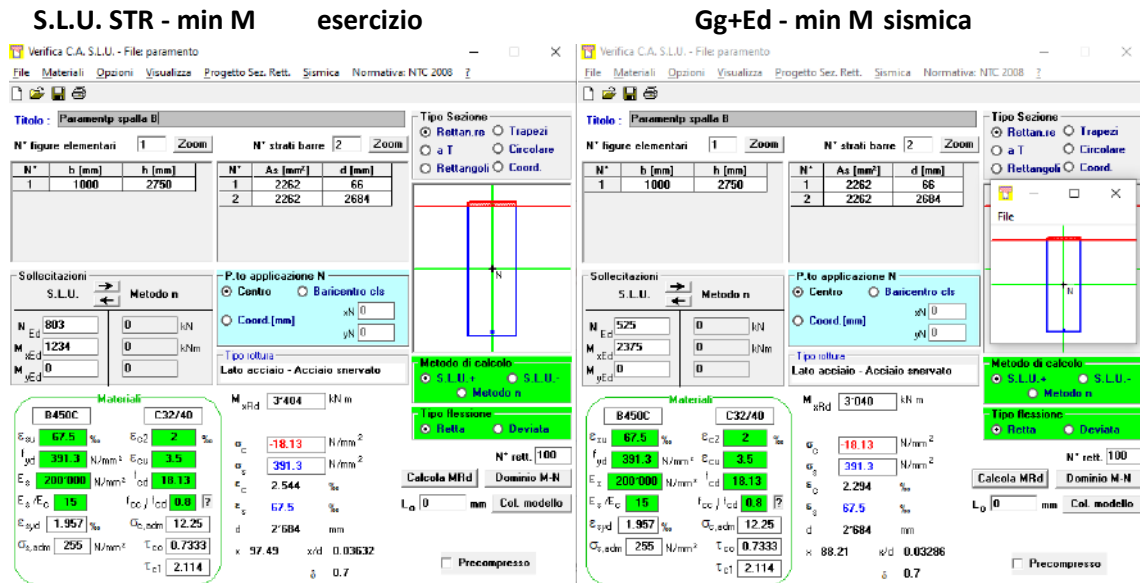
$A_{s,i} = 2262$  mm<sup>2</sup>/m  $\varnothing$  24/20 lembo interno paramento

Copriferro:  $40+14+24/2 = 66$  mm

Si prendono in esame le sollecitazioni ricavate per la spalla B, risultate più impegnative, con specifico riferimento alle combinazioni "min M"

Per le verifiche ultime, si prende in esame la situazione di esercizio (S.L.U. str) e sismica (Gk+Ed), ottenendo quanto segue.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**



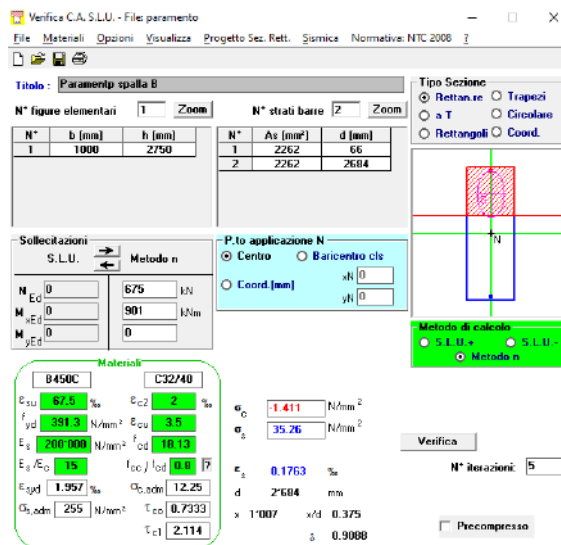
Come si può notare, in ambedue i casi si rileva un rapporto di sfruttamento  $M_{Ed}/M_{Rd}$  inferiore all'unità, e, in particolare:

S.L.U. - esercizio:  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.36$

S.L.U. - sismica :  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.78$

Per quanto riguarda il calcolo delle tensioni S.L.E., si ottiene quanto segue.

**S.L.E. caratteristica - min M**



Le massime tensioni di compressione nel calcestruzzo risultano ampiamente al di sotto dei limiti previsti da normativa, rilevandosi:

$\sigma_{c,min} = -1.41 \text{ Mpa}$

$\sigma_{s,max} = 35 \text{ Mpa}$

Avendo rilevato una tensione massima nelle barre d'armatura pari a 35 Mpa già nella combinazione S.L.E. caratteristica, si ritiene automaticamente soddisfatta la verifica inerente l'apertura delle fessure.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**S.L.U. per azioni taglianti**

Si considera direttamente la massima azione tagliante, rilevata nella combinazione sismica Gk + Ed:

$$V_{Ed} = 611 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta la valutazione di  $V_{Rd}$ , effettuata in prima battuta senza considerare armatura a taglio.

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	526.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	712 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2750 mm	Altezza totale
Ac	2.75E+06 mm <sup>2</sup>	Area sezione
Asl	2.26E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	2684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	8.428E-04	$\min(A_s/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z <sub>app</sub>	2415.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z <sub>calc</sub>	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	2415.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1.5	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	$\gamma_m$ barre
$f_{cd}$	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	391.30 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.27	$\min ([1+(200/d)^{0.5}] ; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.19 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$v_{min} =$	0.28 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	756.21	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	840.24 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.8 Verifica a taglio - calcolo  $V_{Rd,c}$

La verifica a taglio risulta soddisfatta, senza necessità di dimensionare specifiche armature.

### 10.2.2 Paraghiaia

Le sollecitazioni di verifica del paraghiaia, per il quale si considera la sezione di incastro mensola, vengono dedotte combinando ai contributi dovuti ai pesi propri ed alle spinte del terreno di varia natura, il contributo di tipo "locale" inerente l'effetto della frenatura veicoli.

Tale effetto viene conteggiato in maniera semplificata applicando in testa al paraghiaia un'azione longitudinale pari al 60 % peso del veicolo LM2, distribuita su un'ampiezza massima di 3 metri, ottenendo:

$$F_{h,Q} = 0.6 \times 400 = 240 \text{ kN}$$

$$F_{h,Q} = 240/3 = 80 \text{ kN/m}$$

Gli effetti di tale carico, linearmente distribuito in testa al paraghiaia, vengono distribuiti lungo l'altezza dello stesso, considerando un'ampiezza di diffusione definita da un angolo cautelativamente ridotto a 30°.

Ai fini delle verifiche nella sezione di incastro, si adatterà pertanto la seguente larghezza di diffusione, valutata con riferimento all'altezza nominale media del paraghiaia, pari a 3.20 m:

$$b_{\text{diff,tot}} = 3 + 2 \times 3.2 \tan 30 = 6.70 \text{ m.}$$

L'azione indotta dalla frenatura verrà considerata nell'elaborazione delle combinazioni S.L.U. e S.L.E. caratteristica, con riferimento alle seguenti azioni caratteristiche:

$$V_{Qh} = 114.7 \text{ kN/m}$$

$$M_{Qh} = 114.7 \text{ kNm}$$

Tali valori verranno amplificati con il pertinente coefficiente  $\gamma_Q$  nell'ambito dell'elaborazione delle combinazioni finali.

Lo snapshot seguente riporta posizione e label degli elementi della spalla sede dell'estrazione delle sollecitazioni di verifica del paraghiaia. Si segnala, che data l'eguaglianza geometrica, i paraghiaia di ambedue le spalle risultano gravati dalle medesime sollecitazioni.

Scale: 1: 316 136  
Zoom: 247.596  
Eye: (-0.585038, -0.700281, 0.409068)  
Combining on: Fz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4\_IL46)  
Peak/value component: Fz (Units: N)  
Peak/range(%): 0.0  
Peak/value maximum: -1.47645E6 at node 60  
Peak/value minimum: -37.2895E6 at node 2

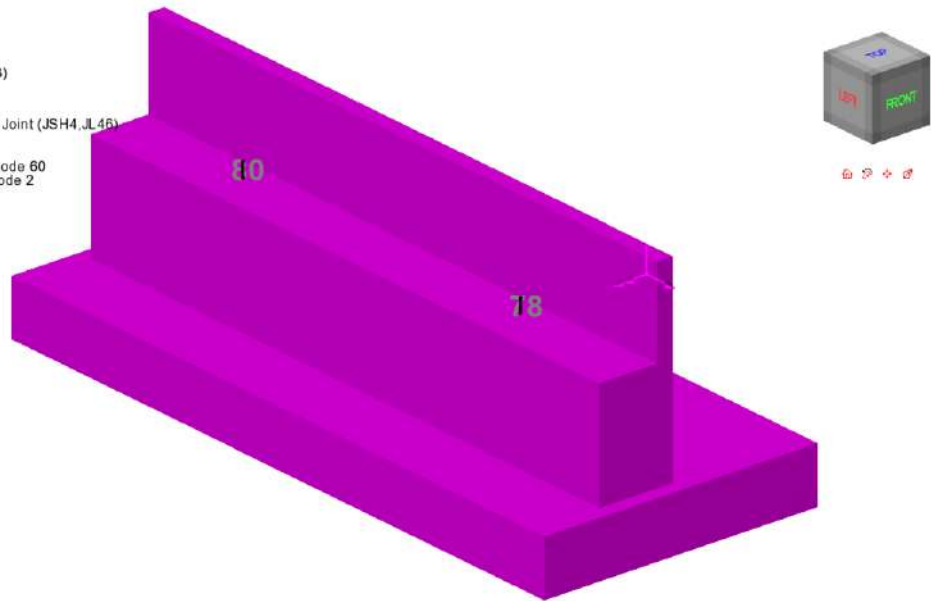


Figura 10.10 Elementi verifica sezione incastro paraghiaia

Le tabelle seguenti restituiscono le sollecitazioni insistenti a quota incastro paraghiaia per effetto dei carichi a tergo spalla e, separatamente, considerando i valori combinati della frenatura. L'output è riferito alla semisezione di destra.

**Sollecitazioni di verifica, riferite a sezione di ampiezza unitaria - paraghiaia spalla B**

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(Fz)	78	66	-48.00	80.96	-118.68
190:SLU STR (Min)(Fz)	78	66	-64.80	34.95	-44.25
189:SLU STR (Max)(My)	78	66	-64.80	34.95	-44.25
190:SLU STR (Min)(My)	78	66	-48.00	80.96	-118.68
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	78	66	-48.00	186.96	-306.43
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	78	66	-48.00	186.96	-306.43
193:SLE RARA (Max)(Fz)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
194:SLE RARA (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
193:SLE RARA (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
194:SLE RARA (Min)(My)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Sollecitazioni di verifica(\*), riferite a sezione di ampiezza unitaria - paraghiaia spalla A-B**

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(Fz)	78	66	-48.00	129.35	-273.54
190:SLU STR (Min)(Fz)	78	66	-64.80	83.35	-199.11
189:SLU STR (Max)(My)	78	66	-64.80	83.35	-199.11
190:SLU STR (Min)(My)	78	66	-48.00	129.35	-273.54
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	78	66	-48.00	186.96	-306.43
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	78	66	-48.00	186.96	-306.43
193:SLE RARA (Max)(Fz)	78	66	-48.00	95.82	-202.63
194:SLE RARA (Min)(Fz)	78	66	-48.00	70.80	-158.96
193:SLE RARA (Max)(My)	78	66	-48.00	70.80	-158.96
194:SLE RARA (Min)(My)	78	66	-48.00	95.82	-202.63
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	78	66	-48.00	59.97	-87.91
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	78	66	-48.00	34.95	-44.25

Tabella 10.9 Sollecitazioni di progetto sez. incastro paraghiaia

(\* ) include effetti locali della frenatura

**S.L.U. per tensioni normali**

Ai fini delle verifiche per tensioni normali si tiene conto dei seguenti parametri resistenti della sezione:

Sezione in c.a. (C32/40):

b = 1000 mm

h = 600 mm

Armature (B450C):

$A_{s,e} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\varnothing 24/20$  lembo esterno paramento

$A_{s,i} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\varnothing 24/20$  lembo interno paramento

Copriferro:  $40+14+24/2 = 66 \text{ mm}$

Si prendono in esame le sollecitazioni ricavate per la spalla B, risultate le più impegnative, con specifico riferimento alle combinazioni "min M".

Per le verifiche ultime, si prende in esame la situazione di esercizio (S.L.U. STR) e sismica (Gk+Ed), ottenendo quanto segue.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

S.L.U. STR - min M esercizio

Gg+Ed - min M sismica

Come si può notare, in ambedue i casi si rileva un rapporto di sfruttamento  $M_{Ed}/M_{Rd}$  inferiore all'unità, e, in particolare:

S.L.U. - esercizio:  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.57$

S.L.U. - sismica:  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.66$

Per quanto riguarda le combinazioni S.L.E., si ottiene quanto segue.

S.L.E. caratteristica - min M

S.L.E. frequente - min M

Considerato il limitato tasso di lavoro nelle barre d'armatura, si ritiene non significativo il calcolo per la combinazione S.L.E. quasi permanente.

Parimenti, avendo rilevato una tensione massima nelle barre d'armatura pari a 71.0 Mpa già nella combinazione S.L.E. caratteristica, si ritiene automaticamente soddisfatta la verifica inerente l'apertura delle fessure.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

**S.L.U. per azioni taglianti**

Si considera direttamente la massima azione tagliante, rilevata nella combinazione d'esercizio S.L.U.  
STR:

$$V_{Ed} = 236 \text{ kN}$$

Di seguito si riporta la valutazione di  $V_{rd}$ , effettuata in prima battuta senza considerare armatura a taglio.

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	48.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	187 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	600 mm	Altezza totale
Ac	6.00E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
Asl	2.26E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	534 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.236E-03	$\min(A_s/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{,app}$	480.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{,calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	480.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1.5	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	$\gamma_m$ barre
$f_{cd}$	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	391.30 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.61	$\min ([1+(200/d)^{0.5}] ; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.08 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min} =$	0.41 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	200.51	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	252.70 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.10 Verifica a taglio - calcolo  $V_{Rd,c}$

La verifica a taglio risulta soddisfatta, senza necessità di dimensionare specifiche armature.

### 10.2.3 Muro di risvolto

#### Calcolo delle sollecitazioni

Dati i rapporti dimensionali, del muro, che vedono una significativa influenza dei vincoli di bordo, si ritiene opportuno effettuare l'analisi delle sollecitazioni di dimensionamento dei muri d'ala mettendo a punto un semplice modello FEM a piastra, risolto mediante il sistema ad elementi finiti Lusas V19.

Il modello viene elaborato considerando la piastra del muro, modellata mediante elementi "thick shell" lineari a 4 nodi, ed il cordolo di risvolto superiore, modellato mediante elementi "thick beam" connessi al bordo degli elementi piastra.

Gli elementi presentano dimensione caratteristica pari a circa 25 cm.

La presenza dell'elemento cordolo consente di ottenere una diffusione più realistica delle sollecitazioni concentrate indotte dall'urto veicolare, conteggiato nella presente analisi.

Di seguito si riporta il modello FEM in forma schematica, e renderizzata.

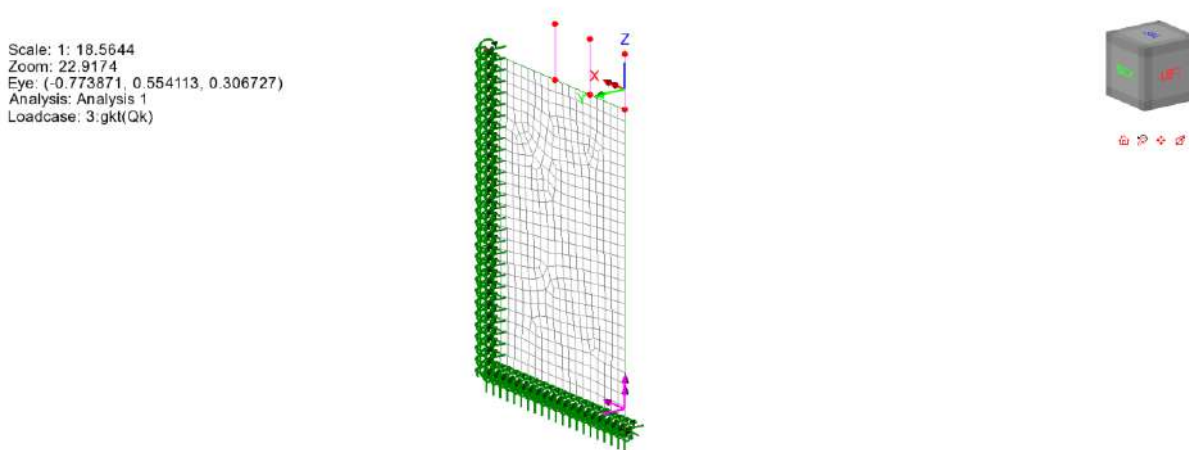


Figura 10.11 Muro ala - schema mesh E.F.

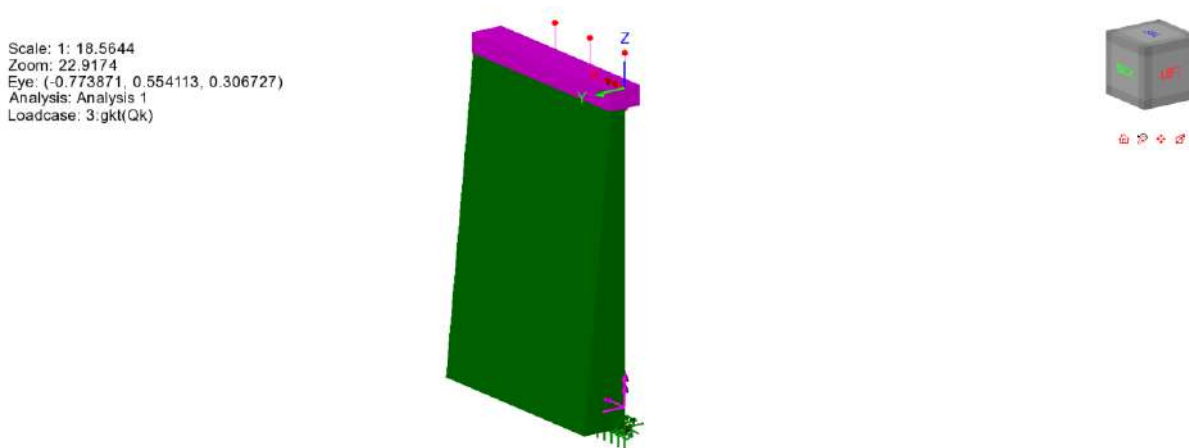


Figura 10.12 Muro ala - rendering modello E.F.

Come si può notare, sono stati direttamente modellati, tramite elementi rigidi, i paletti delle barriere laterali, in modo da applicare direttamente la forza d'urto considerando l'eccentricità appropriata.

Si è tenuto conto dei seguenti contributi di carico:

- g<sub>k1</sub> peso proprio degli elementi strutturali, valutato con riferimento una densità del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>;
- g<sub>kt</sub> spinta delle terre, valutato con riferimento al coefficiente di spinta a riposo k<sub>0</sub> = 0.426 e ad un peso specifico del terreno γ<sub>t</sub> = >19 kN/m<sup>3</sup>
- g<sub>kt</sub>,Q<sub>k</sub> spinta per effetto del sovraccarico sul rilevato, valutata sempre con riferimento a k<sub>0</sub> = 0.426 e Q<sub>k</sub> = 20 kN/m<sup>2</sup>;
- Urto azione da 100 kN applicata ai due paletti d'estremità; azione da 50 kN, applicato al paletto più interno (cfr. schema).

Scale: 1: 18.5644  
Zoom: 79.7194  
Eye: (-0.773871, 0.554113, 0.306727)  
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 6.urto

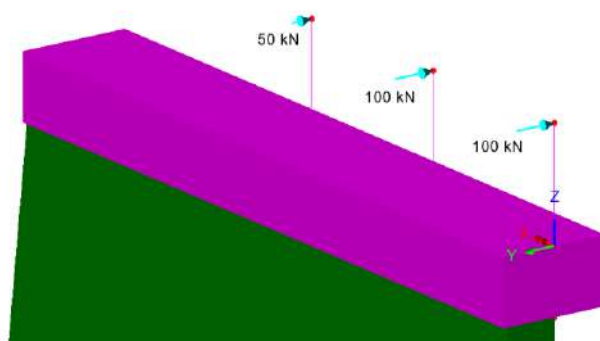


Figura 10.13 Muro ala - dettaglio modellazione urto

Si sono considerate, ai fini dell'estrazione delle sollecitazioni di verifica, le seguenti combinazioni di carico:

$$\text{S.L.U. (STR)} : S = 1.35 \times S(g_{k1}) + 1.3 \times S(g_{kt}) + 1.35 \times S(g_{kt,(Qk)})$$

$$\text{S.L.E.} : S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(g_{kt,(Qk)})$$

$$\text{S.L.U.(A)} : S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(g_{kt,(Qk)}) + S(\text{urto})$$

I seguenti diagrammi "contour" riportano l'andamento del momento flettente di piastra M<sub>x</sub> ed M<sub>y</sub> (valori in Nm/m) agenti in direzione verticale e trasversale rispettivamente.

**Combinazione S.L.U. – Mx**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 66.5311E3  
Contour maximum 21.7041E3 at node 521  
Contour minimum -577.076E3 at node 1



SLU  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: Mx (Units: N.m/m)

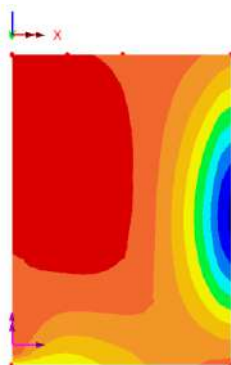
Legend values:  
-532.249E3  
-465.718E3  
-399.187E3  
-332.655E3  
-266.124E3  
-199.593E3  
-133.062E3  
-66.5311E3  
0.0

Maximum 21.7041E3 at node 521  
Minimum -577.076E3 at node 1

**Combinazione S.L.U. – My**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: My (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 24.6225E3  
Contour maximum 18.9713E3 at node 386  
Contour minimum -202.631E3 at node 335



SLU  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: My (Units: N.m/m)

Legend values:  
-196.98E3  
-172.357E3  
-147.735E3  
-123.112E3  
-98.4898E3  
-73.8674E3  
-49.2449E3  
-24.6225E3  
0.0

Maximum 18.9713E3 at node 386  
Minimum -202.631E3 at node 335

**Combinazione S.L.E. – Mx**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 49.2823E3  
Contour maximum 16.0771E3 at node 521  
Contour minimum -427.464E3 at node 1



SLE  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: Mx (Units: N.m/m)

Legend values:  
-394.258E3  
-344.976E3  
-295.694E3  
-246.411E3  
-197.129E3  
-147.847E3  
-98.5646E3  
-49.2823E3  
0.0

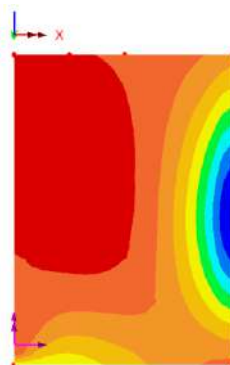
Maximum 16.0771E3 at node 521  
Minimum -427.464E3 at node 1



**Combinazione S.L.E. – My**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: My (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 18.2389E3  
Contour maximum 14.0528E3 at node 386  
Contour minimum -150.097E3 at node 335



SLE  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: My (Units: N.m/m)

-145.911E3
-127.672E3
-109.433E3
-91.194E3
-72.955E3
-54.716E3
-36.477E3
-18.239E3
0.0

Maximum 14.0528E3 at node 386  
Minimum -150.097E3 at node 335

**Combinazione S.L.U. (A) – Mx**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A urto

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 63.3122E3  
Contour maximum -2.27422E3 at node 21  
Contour minimum -572.084E3 at node 1



A urto  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: Mx (Units: N.m/m)

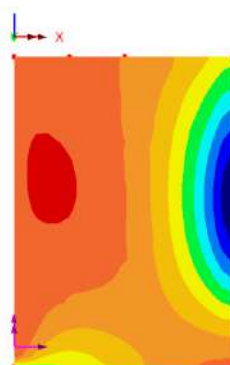
-569.81E3
-506.497E3
-443.185E3
-379.873E3
-316.561E3
-253.249E3
-189.937E3
-126.625E3
-63.312E3
0.0

Maximum -2.27422E3 at node 21  
Minimum -572.084E3 at node 1

**Combinazione S.L.U. (A) - My**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A urto

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: My (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 22.4154E3  
Contour maximum 2.21205E3 at node 411  
Contour minimum -199.527E3 at node 376



A urto  
Entity: Force/Moment - Thick Shell  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Component: My (Units: N.m/m)

-179.323E3
-156.908E3
-134.493E3
-112.077E3
-89.661E3
-67.246E3
-44.830E3
-22.415E3
0.0

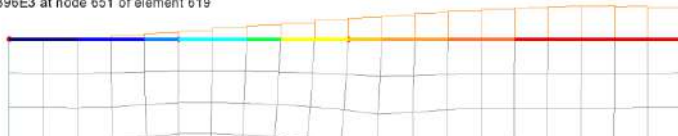
Maximum 2.21205E3 at node 411  
Minimum -199.527E3 at node 376

Di seguito si riportano le sollecitazioni di trave significative (Taglio  $F_y$ , torsione  $M_x$  e flessione  $M_z$ ) rilevate in corrispondenza del cordolo per le combinazioni di verifica.

**Combinazione S.L.U. – Fy (V)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0,0, -1,0, 0,0)  
SLU

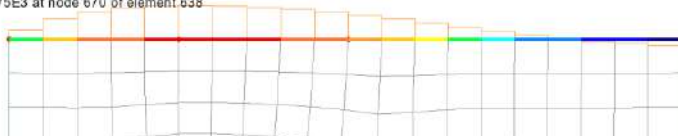
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 100.458E3 at node 669 of element 636  
Diagram minimum -3.39396E3 at node 651 of element 619  
Diagram scale: 1: 99.5442E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fy (Units: N)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 11.5391E3  
Contour maximum 100.458E3 at node 669 of element 636  
Contour minimum -3.39396E3 at node 651 of element 619



**Combinazione S.L.U. – Mx (T)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0,0, -1,0, 0,0)  
SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 13.0921E3 at node 656 of element 624  
Diagram minimum -2.5875E3 at node 670 of element 638  
Diagram scale: 1: 0.76382E-3  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mx (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.74218E3  
Contour maximum 13.0921E3 at node 656 of element 624  
Contour minimum -2.5875E3 at node 670 of element 638



**Combinazione S.L.U. – Mz (M)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

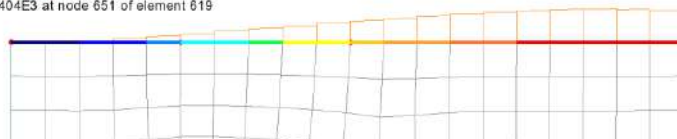
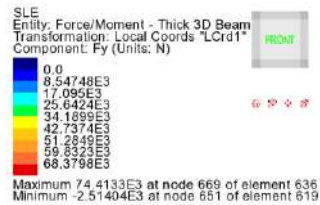
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 228.267E3 at node 671 of element 638  
Diagram minimum -9.00995E3 at node 655 of element 623  
Diagram scale: 1: 43.8083E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 26.3641E3  
Contour maximum 228.267E3 at node 671 of element 638  
Contour minimum -9.00995E3 at node 655 of element 623



**Combinazione S.L.E. – Fy (V)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

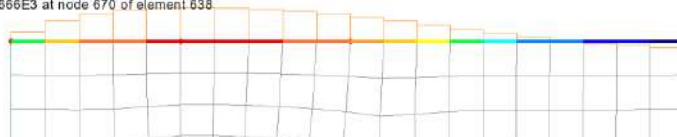
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 74.4133E3 at node 669 of element 636  
Diagram minimum -2.51404E3 at node 651 of element 619  
Diagram scale: 1: 0.134385E-3  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fy (Units: N)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 8.54748E3  
Contour maximum 74.4133E3 at node 669 of element 636  
Contour minimum -2.51404E3 at node 651 of element 619



**Combinazione S.L.E. – Mx (T)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

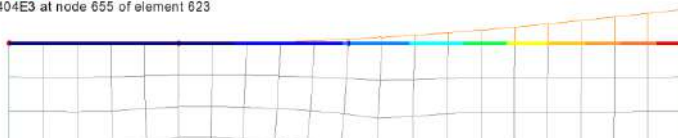
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 9.69784E3 at node 656 of element 624  
Diagram minimum -1.91666E3 at node 670 of element 638  
Diagram scale: 1: 1.03116E-3  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mx (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.2905E3  
Contour maximum 9.69784E3 at node 656 of element 624  
Contour minimum -1.91666E3 at node 670 of element 638



**Combinazione S.L.E. – Mz (M)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

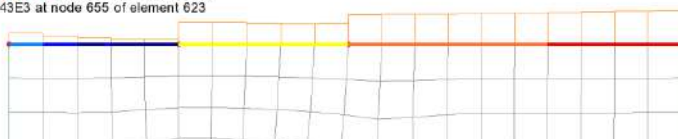
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 169.087E3 at node 671 of element 638  
Diagram minimum -6.67404E3 at node 655 of element 623  
Diagram scale: 1: 59.1412E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 19.529E3  
Contour maximum 169.087E3 at node 671 of element 638  
Contour minimum -6.67404E3 at node 655 of element 623



**Combinazione S.L.U. - A – Fy (V)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A urto

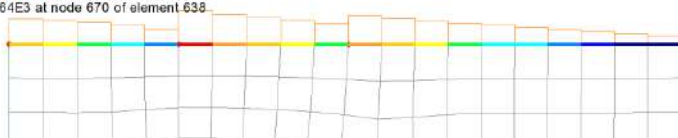
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 282.696E3 at node 671 of element 638  
Diagram minimum 41.6743E3 at node 655 of element 623  
Diagram scale: 1: 35.3737E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fy (Units: N)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 26.7802E3  
Contour maximum 282.696E3 at node 671 of element 638  
Contour minimum 41.6743E3 at node 655 of element 623



**Combinazione S.L.U. - A – Mx (T)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.993  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A urto

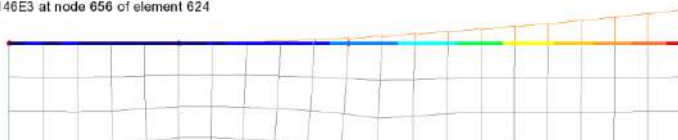
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 145.264E3 at node 656 of element 624  
Diagram minimum 36.5664E3 at node 670 of element 638  
Diagram scale: 1: 68.84E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mx (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 12.0775E3  
Contour maximum 145.264E3 at node 656 of element 624  
Contour minimum 36.5664E3 at node 670 of element 638



**Combinazione S.L.U. – A – Mz (M)**

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 306.893  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A urto

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 571.586E3 at node 671 of element 638  
Diagram minimum -38.1146E3 at node 656 of element 624  
Diagram scale: 1: 17.4952E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 9  
Contour interval: 67.7445E3  
Contour maximum 571.586E3 at node 671 of element 638  
Contour minimum -38.1146E3 at node 656 of element 624



**Verifiche muro**

Si predispongono le seguenti armature

Armature verticali – zona 1v (0 < z < 2.5 m)

$A_{s,e} = 3140 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 20/20 + \phi 20/20$       lembo interno paramento

$A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 20/20$       lembo esterno paramento

Armature verticali – zona 2v (z > 2.5 m):

$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 20/20$       lembo interno paramento

$A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 16/20$       lembo esterno paramento

Armature orizzontali

$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 20/20$       lembo interno paramento

$A_{s,i} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$        $\phi 16/20$       lembo esterno paramento

Le armature orizzontali sono posizionate all'esterno rispetto a quelle verticali.

La posizione dei baricentri armatura risulta pertanto:

$d1 = 40 + 8 = 48 \text{ mm}$       per le armature orizzontali

$d1 = 40 + 16 + 10 = 66 \text{ mm}$       per le armature verticali

**Verifica armature verticali**

Si prendono in esame, ai fini delle verifiche, tre sezioni orizzontali posizionate rispettivamente:

sez. 1-1:	incastro in fondazione (z=0)	spessore muro	1 m
sez. 2-2:	termine infittimento armature (z = 2.5 m)	spessore muro	0.75 m
sez. 3-3:	z = 5.5 m	spessore muro	0.45 m

Ai fini delle verifiche si traccia preventivamente l'andamento del diagramma del momento di piastra  $M_x$  e delle azioni assiali  $N$  associate, lungo la sezione verticale del muro (A-A dello schema successivo) posta in prossimità della zona maggiormente sollecitata, a 0.5 m dall'estremità.



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

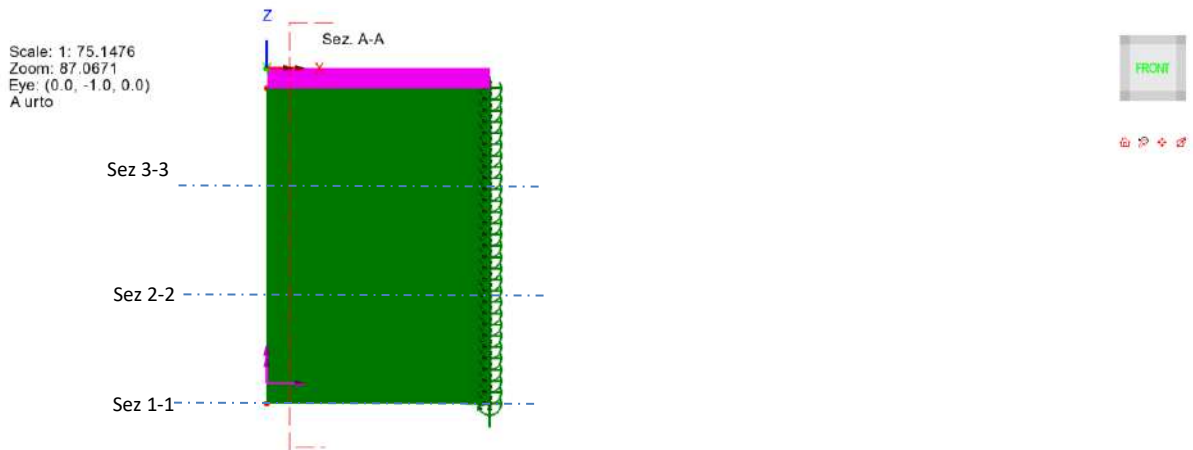
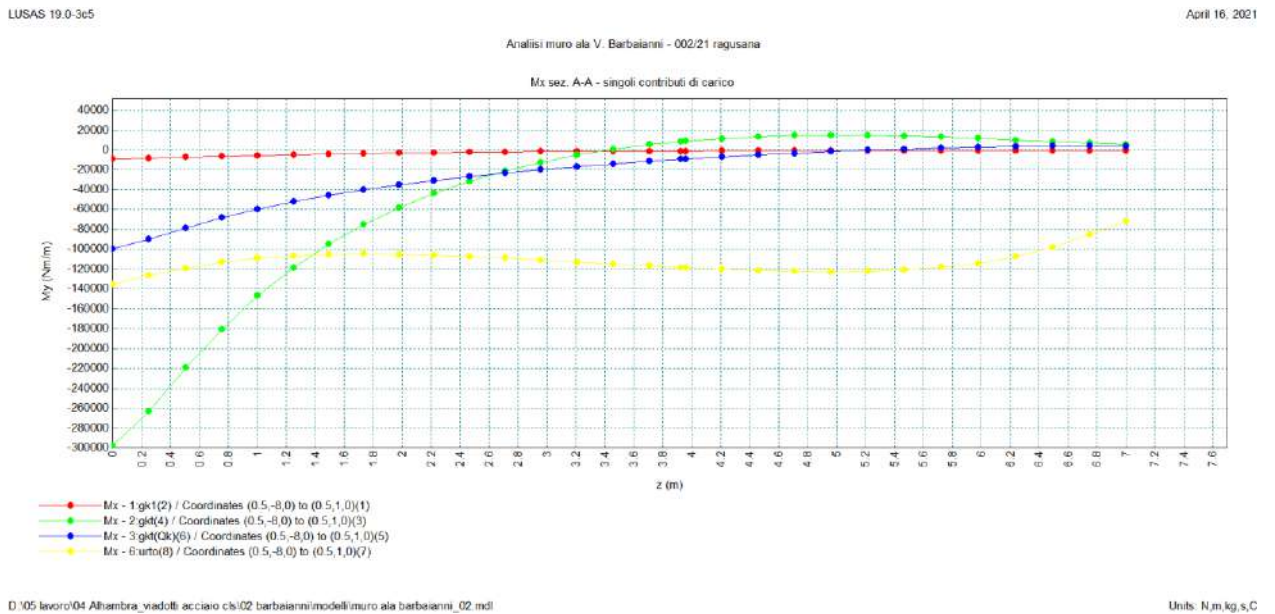


Figura 10.14 Sezioni di verifica arm. vert. muro ala

(\*) lo scostamento di 0.5 m rispetto alla sezione di massimo viene operato al fine di ottenere una stima più realistica delle sollecitazioni, operando su grandezze per metro lineare.

Qui di seguito i diagrammi inerenti le singole condizioni di carico.



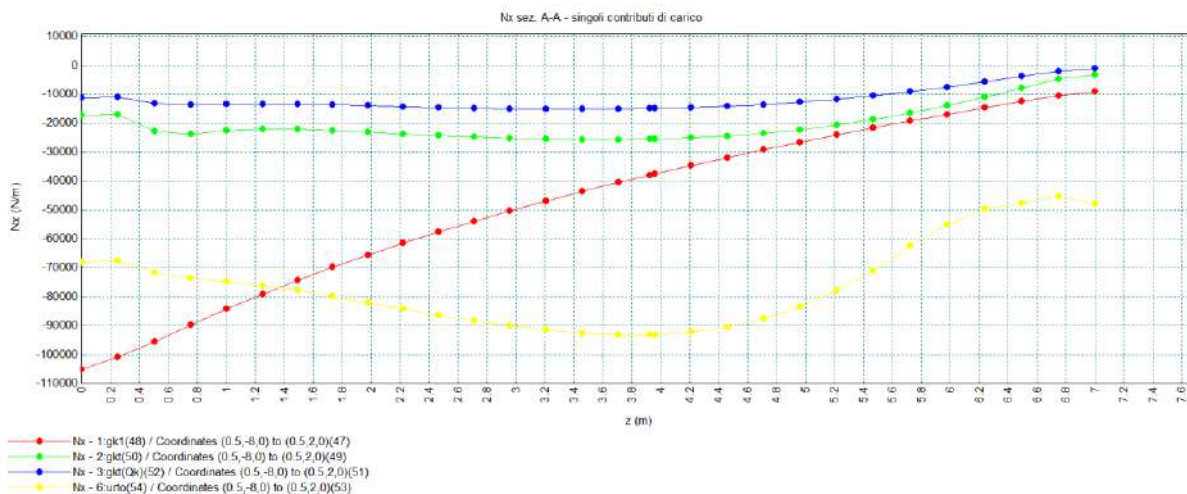


**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

LUSAS 19.0-3c5

April 16, 2021

Analisi muro ala V. Barbaiani - 002/21 ragusana



D:\05 lavoro\04 Alhambra\_vadotti: acciaio cb\02 barbaiani\modell\muro ala barbaiani\_02.mdl

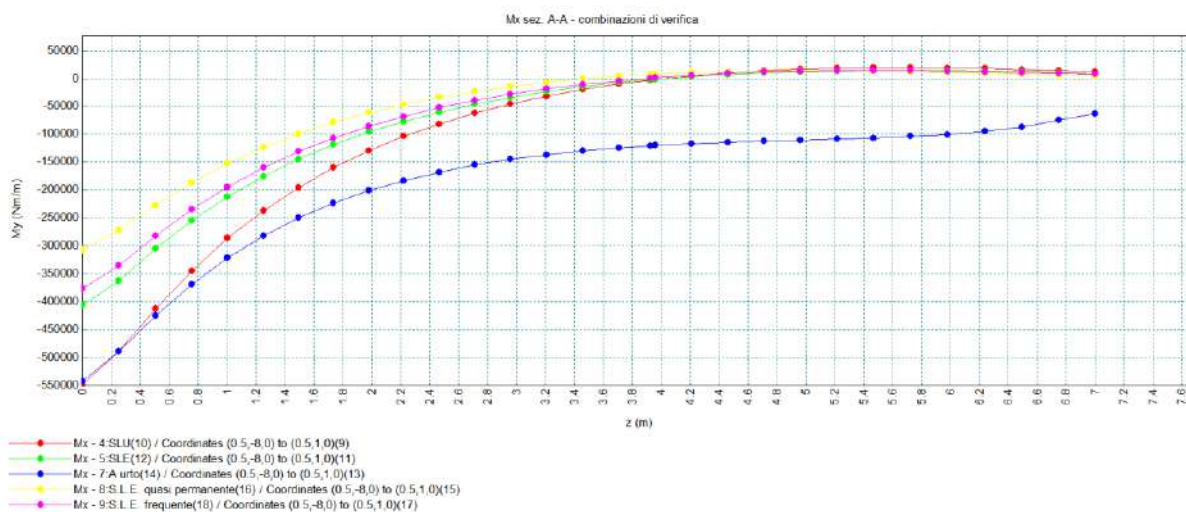
Units: N,m,kg,s,C

Qui di seguito i diagrammi inerenti alle sollecitazioni combinate.

LUSAS 19.0-3c5

April 16, 2021

Analisi muro ala V. Barbaiani - 002/21 ragusana



D:\05 lavoro\04 Alhambra\_vadotti: acciaio cb\02 barbaiani\modell\muro ala barbaiani\_02.mdl

Units: N,m,kg,s,C

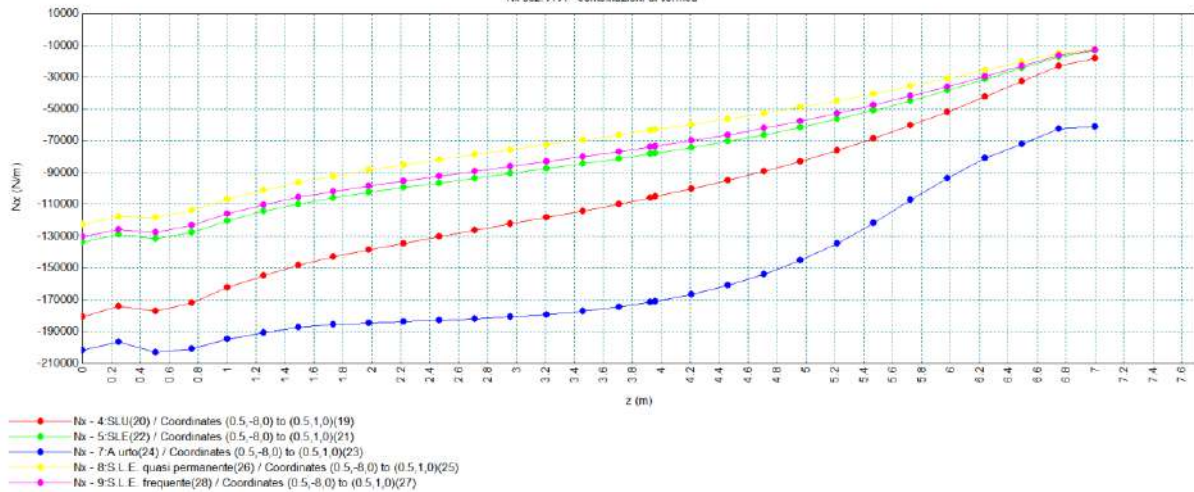
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

LUSAS 19.0-3e5

April 16, 2021

Analisi muro ala V. Barbaiani - 002/21 ragusana

Nx sez. A-A - combinazioni di verifica



D:\05 lavoro\04 Altambra\_viadotti\acciaio cls\02 barbaiani\modell\muro ala barbaiani\_02.mdl

Units: N,m,kg,s,C

**S.L.U. per tensioni normali**

**Sez. 1-1v (z=0)**

Si prendono in esame le combinazioni S.L.U.- e A – Urto (quest’ultima valutata con riferimento a  $\gamma_m$  unitari).

**Comb. S.L.U.**

**Comb. A**

**Verifica C.A. S.L.U. - File: sz1\_1.v**

TITOLO: Sez. 1-1v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	1000	1	3140	65
			2	1571	934

Materiali: B450C, C32/40

Calcolo MRd:  $\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.46$

**Verifica C.A. S.L.U. - File: sz1\_1.v**

TITOLO: Sez. 1-1v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	1000	1	3140	65
			2	1571	934

Materiali: B450C, C32/40

Calcolo MRd:  $\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.4$

**Sez.2-2v (z=2.5m)**

**Comb. S.L.U.**

**Verifica CA S.L.U. - File: sz2\_2\_v**

**TITOLO:** sez. 2-2v

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	750	1	1571	66
			2	1571	684

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

N<sub>Ed</sub> 130 kN  
M<sub>Ed</sub> -81 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro

**Materiali**

B450C C32/40

$\sigma_{cu}$  67.5 %  $\sigma_{ct}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $E_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  18.13 %  
 $\epsilon_{yk}/\epsilon_{yk}$  15 %  $f_{cc}/f_{cd}$  0.9

$\sigma_c$  10.13 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{cs}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  3.5 %  
 $\epsilon_{sk}$  36.95 %  
d 684 mm  
 $\mu$  59.19  $\mu/d$  0.08654

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. Metodo n

**Calcolo MRd** Dominio M-N

$L_0$  0 mm Col. modello

Precompresso

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.18$

**Sez.3-3v (z=5.5m)**

**Comb. S.L.U.**

**Verifica CA S.L.U. - File: sz3\_3\_v**

**TITOLO:** Sez. 3-3v

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	450	1	1571	66
			2	1571	384

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

N<sub>Ed</sub> 69 kN  
M<sub>Ed</sub> -20 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro

**Materiali**

B450C C32/40

$\sigma_{cu}$  67.5 %  $\sigma_{ct}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $E_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  18.13 %  
 $\epsilon_{yk}/\epsilon_{yk}$  15 %  $f_{cc}/f_{cd}$  0.9

$\sigma_c$  18.13 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{cs}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  3.5 %  
 $\epsilon_{sk}$  19.86 %  
d 384 mm  
 $\mu$  57.54  $\mu/d$  0.1498

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. Metodo n

**Calcolo MRd** Dominio M-N

$L_0$  0 mm Col. modello

Precompresso

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.08$

Le verifiche S.L.U. appaiono soddisfatte con ampio margine.

**S.L.E. per tensioni normali**

Di seguito il calcolo delle tensioni massime e minime rilevate con riferimento alla combinazione S.L.E. caratteristica.

**Sez.1-1v**

$M_{x,Ed} = -407 \text{ kNm/m}$

**Comb. A**

**Verifica CA S.L.U. - File: sz2\_2\_v**

**TITOLO:** sez. 2-2v

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	750	1	1571	66
			2	1571	684

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

N<sub>Ed</sub> 184 kN  
M<sub>Ed</sub> 168 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro

**Materiali**

B450C C32/40

$\sigma_{cu}$  67.5 %  $\sigma_{ct}$  2 %  
 $f_{yd}$  450 N/mm<sup>2</sup>  $E_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  27.2 %  
 $\epsilon_{yk}/\epsilon_{yk}$  15 %  $f_{cc}/f_{cd}$  0.9

$\sigma_c$  27.2 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{cs}$  450 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  3.5 %  
 $\epsilon_{sk}$  41.86 %  
d 684 mm  
 $\mu$  52.78  $\mu/d$  0.07716

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. Metodo n

**Calcolo MRd** Dominio M-N

$L_0$  0 mm Col. modello

Precompresso

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.31$

**Comb. A**

**Verifica CA S.L.U. - File: sz3\_3\_v**

**TITOLO:** Sez. 3-3v

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	450	1	1571	66
			2	1571	384

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

N<sub>Ed</sub> 122 kN  
M<sub>Ed</sub> -107 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro

**Materiali**

B450C C32/40

$\sigma_{cu}$  67.5 %  $\sigma_{ct}$  2 %  
 $f_{yd}$  450 N/mm<sup>2</sup>  $E_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  27.2 %  
 $\epsilon_{yk}/\epsilon_{yk}$  15 %  $f_{cc}/f_{cd}$  0.9

$\sigma_c$  -27.2 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{cs}$  450 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  22.56 %  
 $\epsilon_{sk}$  22.56 %  
d 384 mm  
 $\mu$  51.56  $\mu/d$  0.1343

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. Metodo n

**Calcolo MRd** Dominio M-N

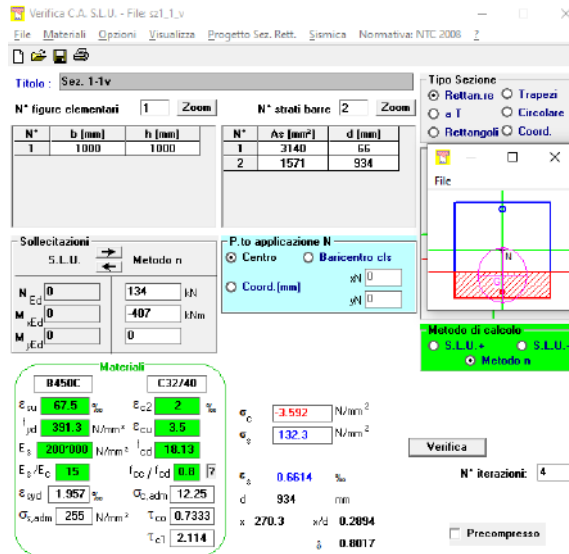
$L_0$  0 mm Col. modello

Precompresso

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.36$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

$$N_{x,Ed} = -134 \text{ kN/m}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File sz1\_1\_v

TITOLO: Sez. 1-1v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	1000	1	3140	66
			2	1571	934

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 | 134 kN  
M<sub>x,Ed</sub>: 0 | -407 kNm  
M<sub>y,Ed</sub>: 0 | 0

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C32/40

σ<sub>c</sub>: -3.592 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 132.3 N/mm²

ε<sub>s</sub>: 0.6614 ‰  
d: 934 mm  
x: 270.3 | x/d: 0.2894  
ξ: 0.8017

Verifica: N° iterazioni: 4

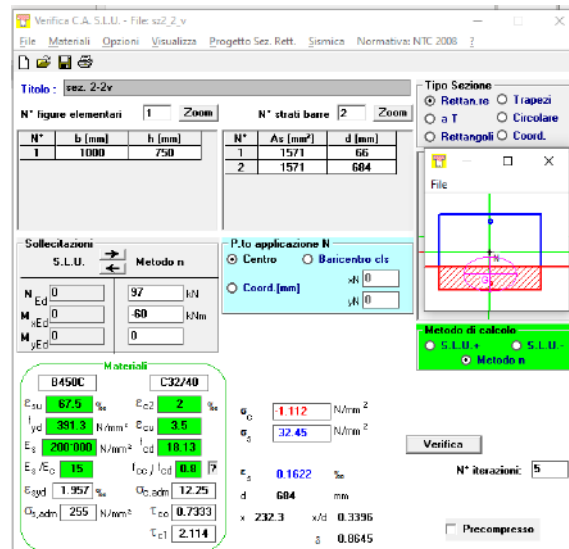
$$\sigma_{c,min} = -3.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 132.8 \text{ Mpa}$$

**Sez.2-2**

$$M_{x,Ed} = -60 \text{ kNm/m}$$

$$N_{x,Ed} = -97 \text{ kN/m}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File sz2\_2\_v

TITOLO: sez. 2-2v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	750	1	1571	66
			2	1571	664

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 | 97 kN  
M<sub>x,Ed</sub>: 0 | -60 kNm  
M<sub>y,Ed</sub>: 0 | 0

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C32/40

σ<sub>c</sub>: 1.112 N/mm²  
σ<sub>s</sub>: 32.45 N/mm²

ε<sub>s</sub>: 0.1622 ‰  
d: 664 mm  
x: 232.3 | x/d: 0.3396  
ξ: 0.8645

Verifica: N° iterazioni: 5

$$\sigma_{c,min} = -1.11 \text{ MPa}$$

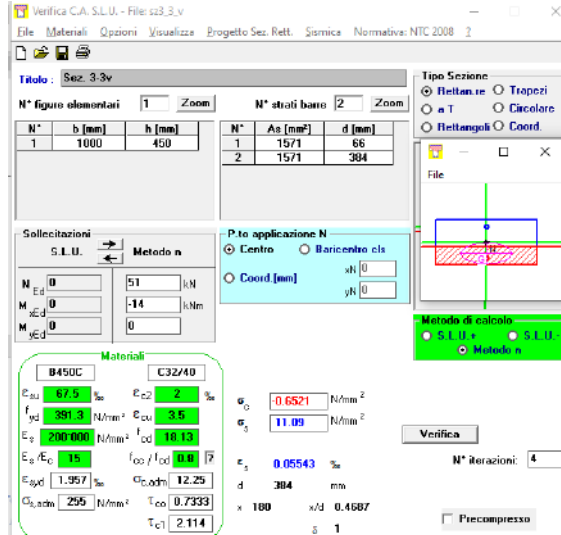
$$\sigma_{s,max} = 32.5 \text{ Mpa}$$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**Sez.3-3**

$M_{x,Ed} = -14 \text{ kNm/m}$

$N_{x,Ed} = -51 \text{ kN/m}$



$\sigma_{c,min} = -0.65 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 11.1 \text{ Mpa}$

Dato il valore limitato delle tensioni rilevato in tutte le sezioni, la verifica dell'ampiezza fessure appare automaticamente soddisfatta.

**Verifica armature orizzontali**

Il grafico seguente riporta il valore del momento flettente orizzontale  $M_y$  rilevato lungo la sezione verticale B-B, prossima all'incastro.

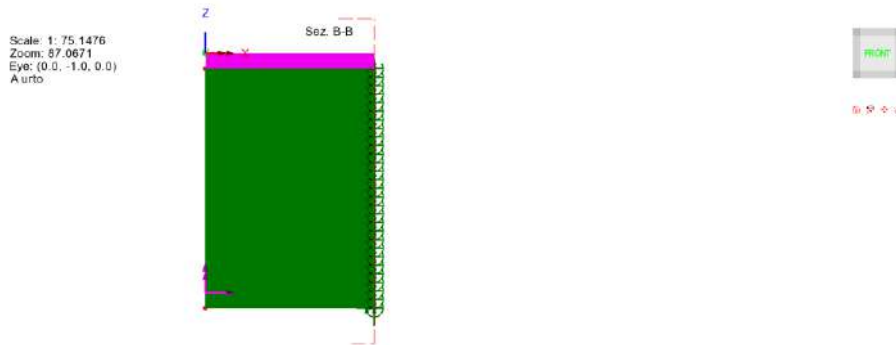
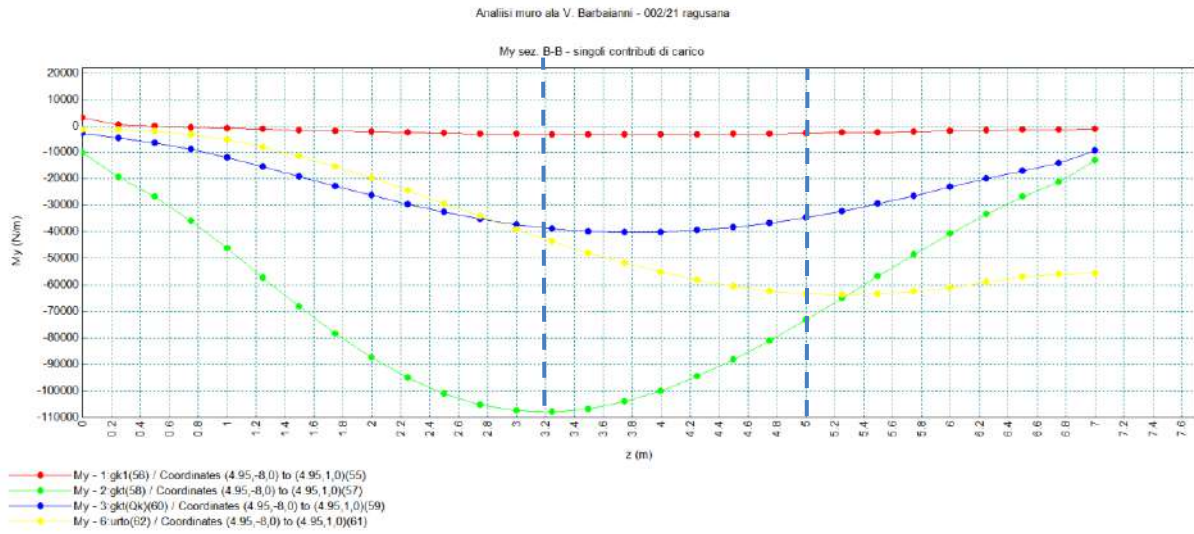


Figura 10.15 Linea di tracciamento andamento  $M_y$



LUSAS 19.0-3e5

April 16, 2021

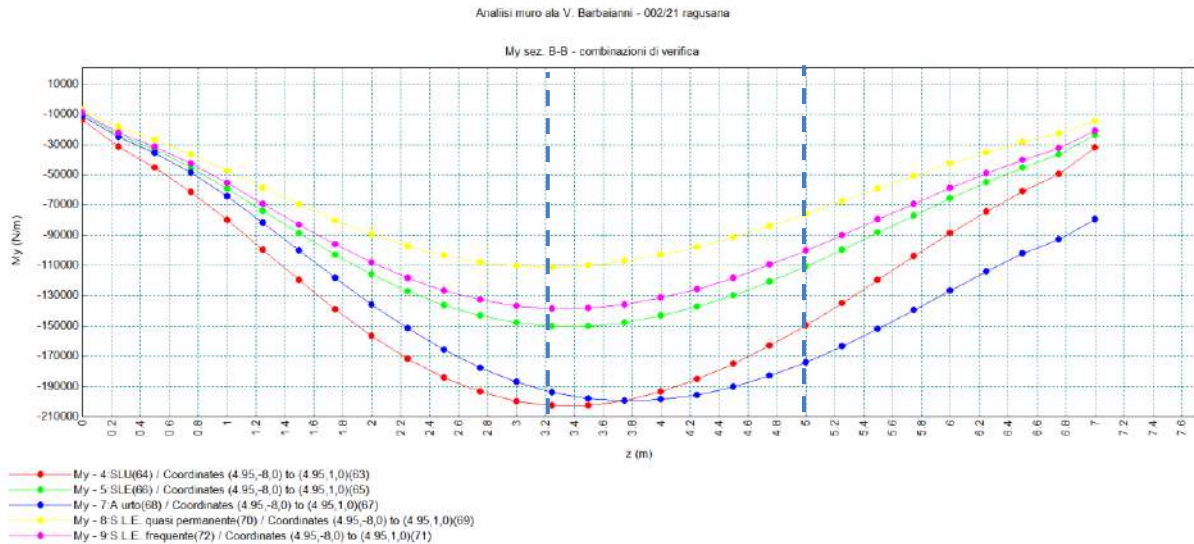


D:\05 lavoro\04 Alhambra\_viadotti: acciaio c/s\02 barbaianni\modell\muro ala barbaianni\_02.mdl

Units: N,m,kg,s,C

LUSAS 19.0-3e5

April 16, 2021



D:\05 lavoro\04 Alhambra\_viadotti: acciaio c/s\02 barbaianni\modell\muro ala barbaianni\_02.mdl

Units: N,m,kg,s,C

Tenuto conto della diminuzione di spessore in direzione verticale, si prendono pertanto in esame le seguenti sezioni di verifica:

sez. 1-1h:	sezione z = 3.20 m zona di massimo momento My	spessore muro	0.68 m
sez. 3-3h:	sezione z = 5.0 m	spessore muro	0.50 m



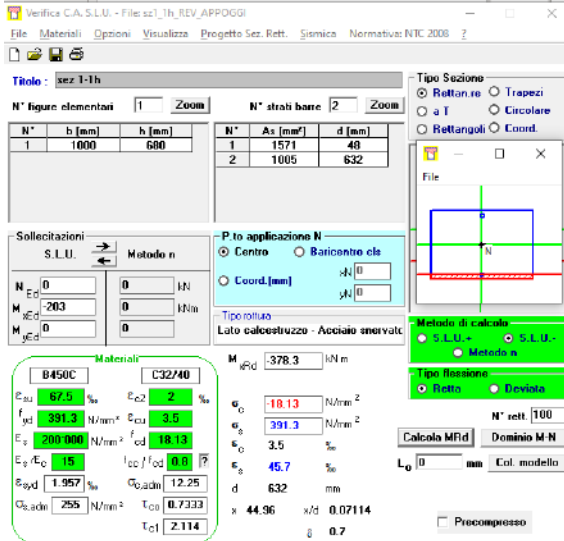
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Le armature di verifica sono costituite da  $\varnothing 20/20$  interni/  $\varnothing 16/20$  esterni

S.L.U. per tensioni normali

Sez. 1-1h (z=3.2 m)

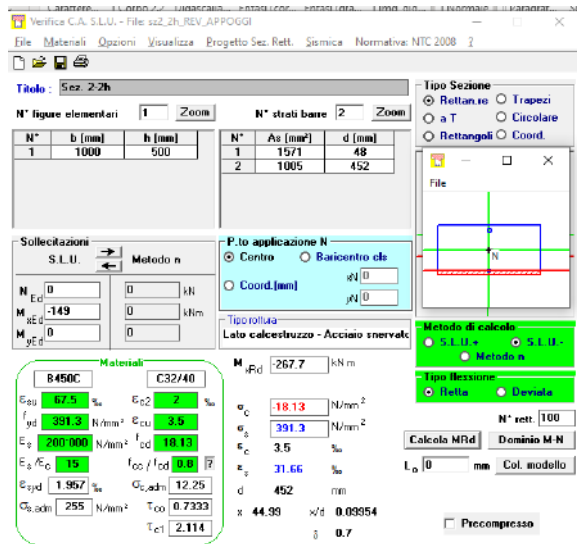
Comb. S.L.U.



$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.54$$

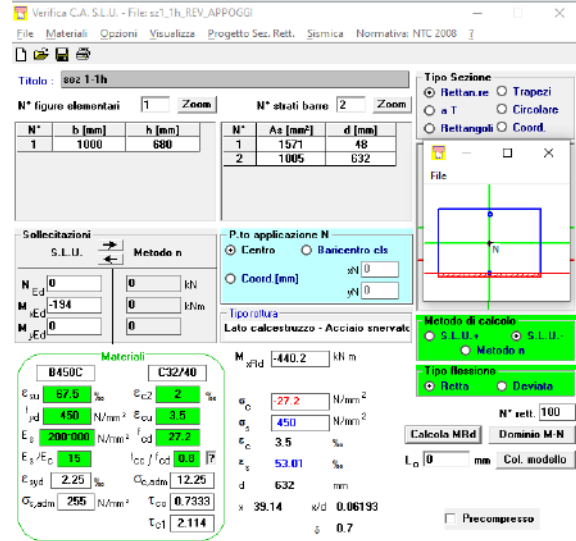
Sez. 2-2h (z=5 m)

Comb. S.L.U.



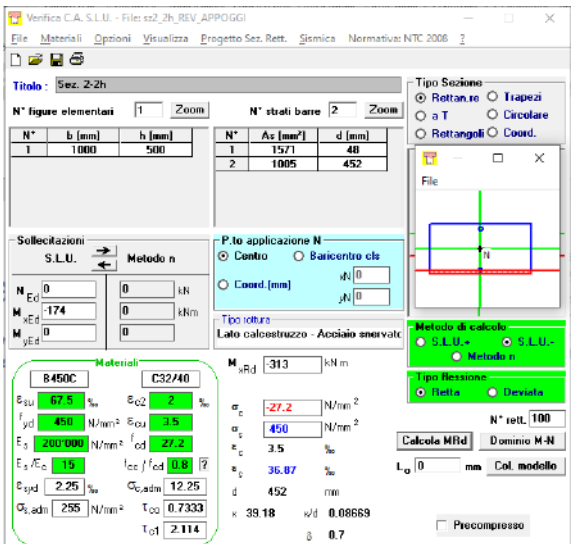
$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.56$$

Comb. A



$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.44$$

Comb. A



$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.56$$

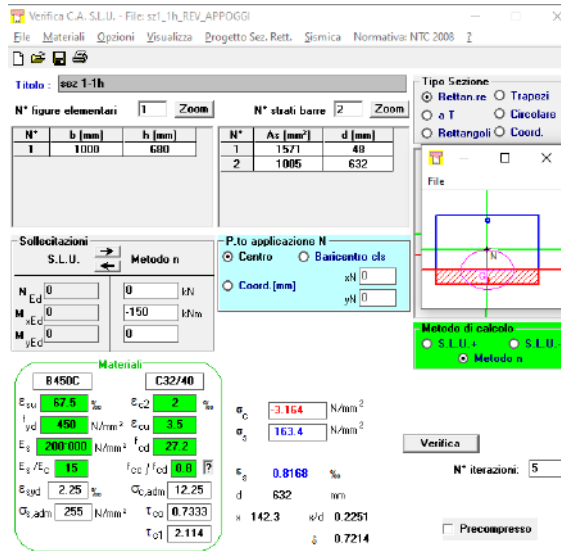
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Le verifiche S.L.U. per tensioni normali hanno dato esito soddisfacente sia per la combinazione di esercizio che per la situazione eccezionale (A).

**S.L.E. per tensioni normali – limitazione tensioni**

Di seguito il calcolo delle tensioni massime e minime rilevate con riferimento alla combinazione S.L.E. caratteristica.

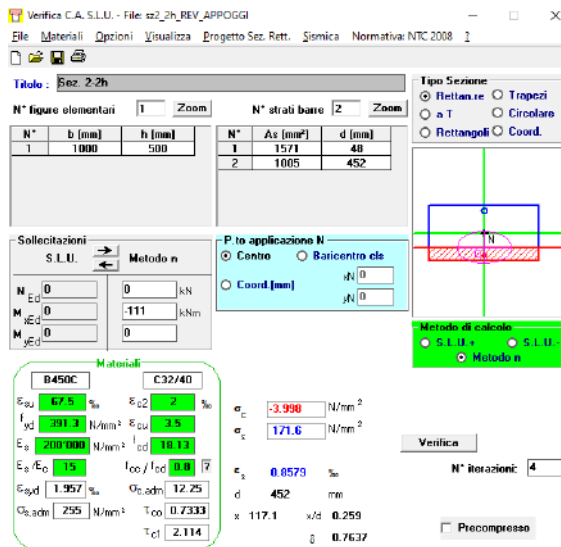
**Sez.1-1h**



$\sigma_{c,min} = -3.16 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 163 \text{ Mpa}$

**Sez.2-2h**



$\sigma_{c,min} = -4.0 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 172 \text{ Mpa}$

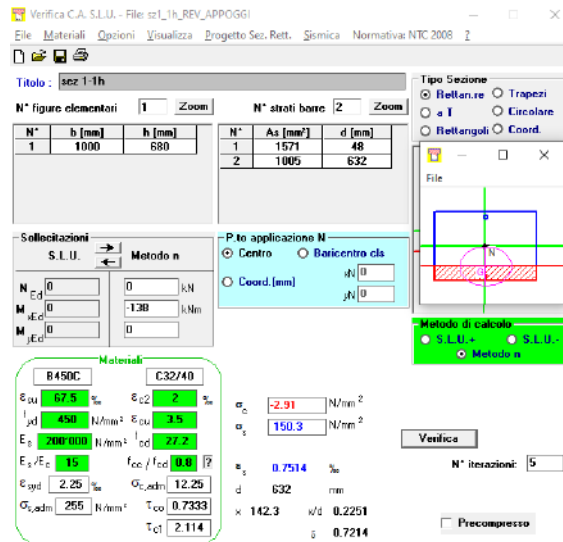
La limitazione delle tensioni appare soddisfatta, risultando ovunque soddisfatta la limitazione ( $|\sigma_{c,min}| < 0.6 f_{ck}$ ,  $\sigma_{s,max} < 0.8 f_{yk}$ ).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**S.L.E. per tensioni normali – fessurazione**

Di seguito il calcolo delle tensioni massime e minime rilevate con riferimento alla combinazione S.L.E. frequente.

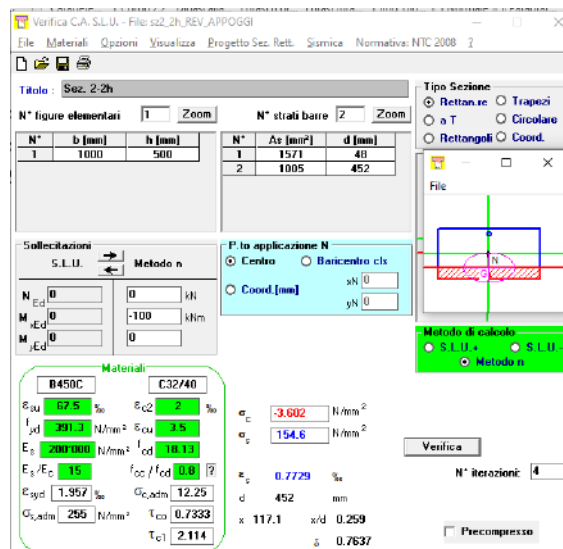
**Sez.1-1h**



$\sigma_{c,min} = -2.91$  MPa

$\sigma_{s,max} = 150$  Mpa

**Sez.2-2h**



$\sigma_{c,min} = -3.6$  MPa

$\sigma_{s,max} = 155$  Mpa

L'esame delle tensioni rilevate mostra la presenza di tensioni di trazione nelle barre d'armatura soddisfacentemente contenute.

L'esame dei prospetti 7.2N e 7.3N di EN 1992-1-1 relativi al controllo dell'ampiezza di fessurazione senza calcolo diretto, mostra per questi livelli tensionali il soddisfacimento del limite (più restrittivo) di 0.2 mm praticamente per tutte le condizioni.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

Diametri massimi delle barre  $\phi^*_s$  per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:  
 $c = 25$  mm;  $f_{ct,eff} = 2,9$  MPa;  $h_{ct} = 0,5$ ;  $(h - d) = 0,1$  h;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_1 = 0,4$  e  $k' = 1,0$ .  
2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Tabella 10.11 EN 1992-1-1 tab. 7.1N

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione<sup>1)</sup>

Tensione nell'acciaio <sup>2)</sup> [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Per le note vedere prospetto 7.2N.

Tabella 10.12 En 1992-1-1 tab. 7.2N

**Verifica cordolo di testa**

Il cordolo di ripartizione, sul quale sono installati gli elementi barriera, è modellato a "beam" e viene verificato con la teoria classica delle travi.

L'elemento, di dimensioni  $b \times h$  750 x 450 mm viene armato mediante totali 10 barre  $\phi$  24, di cui quattro sono disposte rispettivamente al lembo superiore e inferiore.

La staffatura è formata da staffe chiuse  $\phi$  16/20. Si trascura la presenza di ulteriori spilli intermedi.

Le tabelle seguenti riportano i massimi valori di sollecitazione flettente M (Mz), tagliante V (Fy) e torcente T (Mx) rilevati lungo il cordolo.

La selezione delle sezioni di verifica viene effettuata considerando le zone sedi delle maggiori azioni flettenti, taglianti e torcenti rispettivamente.

I valori estremi delle sollecitazioni vengono rilevati in corrispondenza di:

el. 638, nodo 671 (in prossimità dell'incastro paramento)

el. 624, nodo 656 (incastro II paletto barriera)

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni rilevate nelle sezioni di verifica, e lo snapshot allegato mostra la posizione degli elementi e delle sezioni di verifica.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

	Loadcase	Element	Node	X	Y	Z	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
20	4:SLU	638	671	4.95	0.00	-0.45	96.27	-2.59	228.27
40	7:A urto	638	671	4.95	0.00	-0.45	282.70	36.57	571.59
60	5:SLE	638	671	4.95	0.00	-0.45	71.31	-1.92	169.09
100	9:S.L.E. frequente	638	671	4.95	0.00	-0.45	60.99	-1.99	148.88
80	8:S.L.E. quasi permanente	638	671	4.95	0.00	-0.45	36.91	-2.15	101.74

	Loadcase	Element	Node	X	Y	Z	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
1	4:SLU	624	656	1.25	0.00	-0.45	24.68	13.09	-8.06
11	7:A urto	624	656	1.25	0.00	-0.45	182.62	145.26	-38.11
21	5:SLE	624	656	1.25	0.00	-0.45	18.28	9.70	-5.97
41	9:S.L.E. frequente	624	656	1.25	0.00	-0.45	16.27	8.27	-4.93
31	8:S.L.E. quasi permanente	624	656	1.25	0.00	-0.45	11.56	4.95	-2.52

Scale: 1: 75.1476  
Zoom: 218.511  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 1.gk1  
Results file: muro\_ala\_barbaianni-Analysis 1.mys

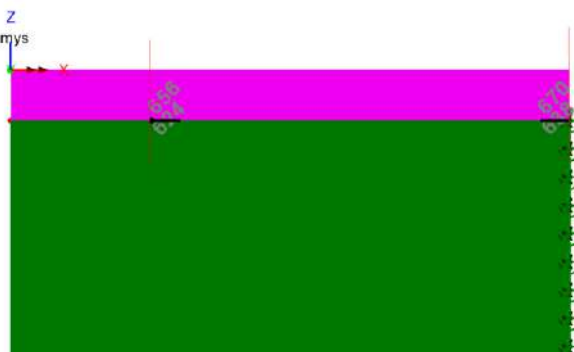


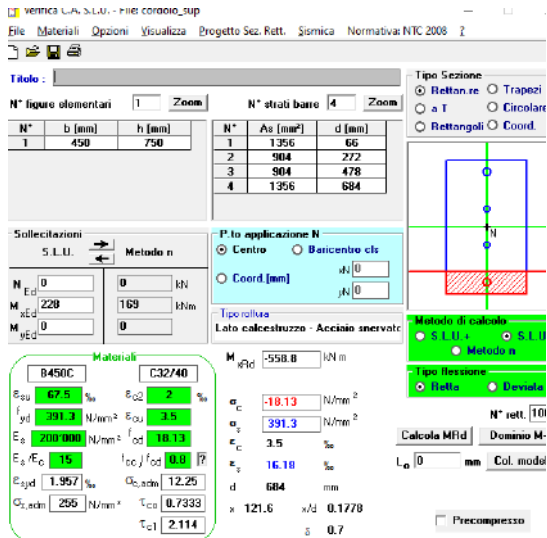
Figura 10.16 Posizione sezioni di verifica cordolo testa

### S.L.U. per tensioni normali

Vista la costanza dell'armatura orizzontale del cordolo, la verifica viene effettuata solamente per la sezione in prossimità dell'incastro (el. 638 nodo 671), sede delle maggiori azioni flettenti trasversali.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

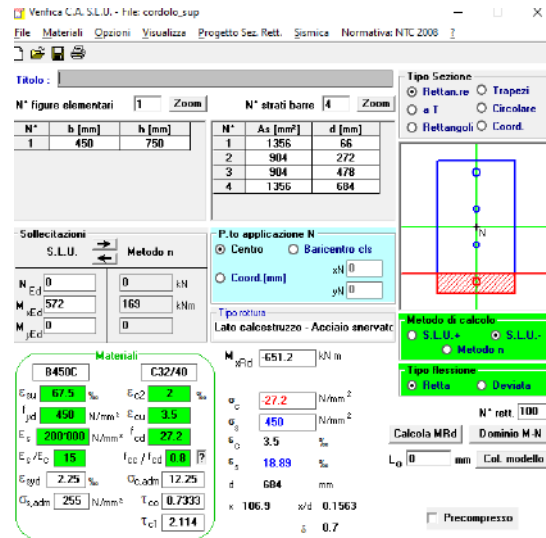
Condizione di esercizio



$$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.41$$

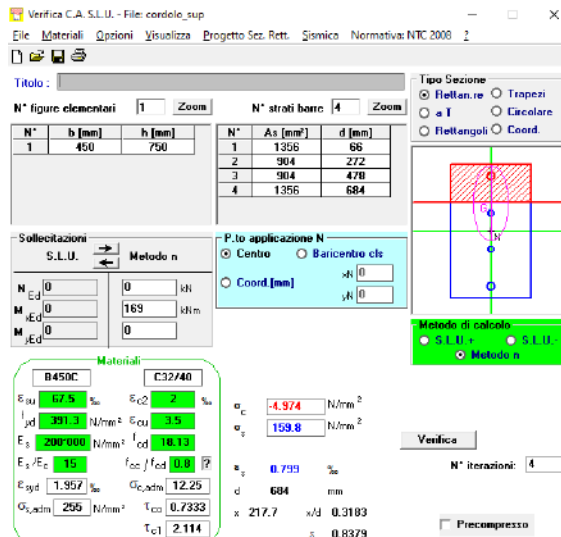
S.L.E. caratteristica (lim. tensioni)

Condizione "A" (eccezionale)



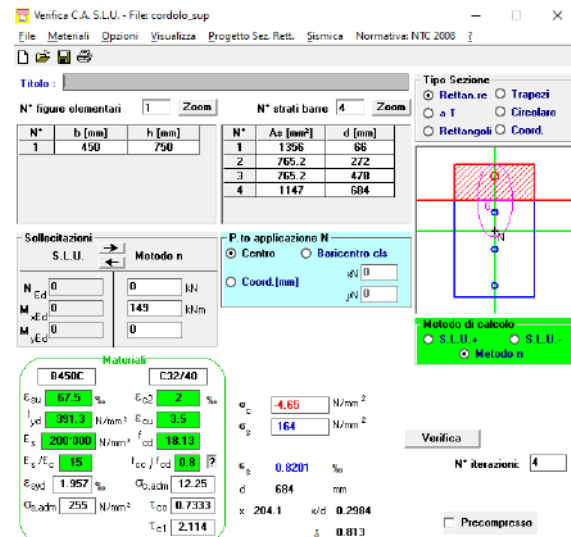
$$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.88$$

S.L.E. frequente (ap. fessure)



$$\sigma_{c,min} = -4.97 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s,max} = 159.8 \text{ Mpa}$$



$$\sigma_{s,max} = -4.65 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s,max} = 164. \text{ Mpa}$$

Le tensioni rilevate in corrispondenza della combinazione "S.L.E. frequente" appaiono soddisfacentemente limitate. La verifica di apertura delle fessure viene ritenuta pertanto automaticamente soddisfatta.

S.L.U. per azioni taglianti

Per la verifica nei confronti dello S.L.U. per azioni taglianti, oltre alla valutazione della resistenza a taglio, vien effettuata anche la valutazione della resistenza a torsione, includendo la valutazione degli effetti combinati.

Tale valutazione viene effettuata a titolo cautelativo, dato che la statica del cordolo di sommità non contempla, a rigore, il comportamento a torsione quale fonte primaria di equilibrio.



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Si prendono in esame le sezioni maggiormente impegnate a taglio e torsione, rispettivamente nella condizione di esercizio (el. 638 – incastro paramento) e di urto (el. 624, in prossimità della piantana guardavia).

**Condizione di esercizio, el. 638**

$$V_{Ed} = 96 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} \cong 0$$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	96 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
$A_c$	3.38E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	1.36E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.405E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$ ; 0.02) 6.2.2(1)
$z_{app}$	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1.5	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	$\gamma_m$ barre
$f_{od}$	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	391.30 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.54	$\min ([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min} =$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	137.48 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

La verifica S.L.U. appare soddisfatta senza dimensionamento di specifiche armature a taglio.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Condizione eccezionale, el. 638**

$V_{Ed} = 283 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 37 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{Ed}$	283 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
$A_c$	3.38E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	1.36E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.405E-03	$\min(A_{sl}/b_w \cdot d); 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{app}$	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1	$\gamma_m$ barre
$f_{ctd}$	27.20 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,0.05}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	450.00 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c} =$	0.18	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.54	$\min([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 4.62 Mpa)
$v_{min} =$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Risultando  $V_{Rd,c} < V_{Ed}$ , si procede tenendo conto dell'armatura a taglio formata da staffe chiuse  $\varnothing 16/20$  (n. 2 braccia/staffa attive).

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{sw,v,min}$	589.81 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima/m
$A_{sw,pres}$	2010.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete prevista/m
$\max A_{sw,v}$	6800.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	132.05 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	964.42 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{cw} =$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
v	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
$v_1$	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max} =$	1631.36 kN	$\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}/(\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3):6.9 crisi lato cls
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
$\Delta F_{td}$	245.09 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
T	37.00 kNm	Az. Torcente di progetto
b	450.00 mm	Larghezza sezione
h	750.00 mm	Altezza sezione
A	337500.00 mm <sup>2</sup>	Area effettiva
2P	2400.00 mm	Perimetro esterno effettivo
phi	24.00 mm	Diam barre longitudinali
c	40.00 mm	Copriferro barre lg
tef,min	104.00 mm	spessore minimo parete equiv (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
tef	140.63 mm	spessore parete equivalente (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
Ak	188525.39 mm <sup>2</sup>	area equivalente
uk	1837.50	perim equivalente
$\tau_t$	0.70 Mpa	tensione tangenziale da torsione
$V_{Ed,T(b)}$	30.36 kN	Taglio equivalente in direzione di b
$V_{Ed,T(h)}$	59.80 kN	Taglio equivalente in direzione di h
$V_{Rd,c}$	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Dimensionamento armatura a torsione		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
cotan $\theta$	1.73	
$A_{s,l min}$	694.03 mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale minima
$A_{s,w,T min}$	124.63 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima a torsione
$T_{Rd,max}$	236.47 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
$A_{s,w(V+T)min}$	419.53 mm <sup>2</sup> /m	
$A_{s,w(V+T)pres}$	1005.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura presente su di una parete
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	0.17	
$T_{Ed}/T_{Rd,max}$	0.16	
Verifica	0.33 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2. (4))

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Condizione eccezionale, el. 624

$V_{Ed} = 183 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 145 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{Ed}$	183 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
$A_c$	3.38E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	1.36E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l$	4.405E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$ ; 0.02) 6.2.2(1)
z <sub>app</sub>	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z <sub>calc</sub>	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1	$\gamma_m$ barre
$f_{cd}$	27.20 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	450.00 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c}$	0.18	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k	1.54	$\min([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp}$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 4.62 Mpa)
$V_{min}$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min}$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c}$	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Si procede a valutare, anche se  $V_{Rd,c} > V_{Ed}$ , il quantitativo di armatura a taglio, da combinare assieme al quantitativo necessario a torsione.

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{swV,min}$	381.40 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima/m
$A_{sw,pres}$	2010.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete prevista/m
max $A_{sw,V}$	6800.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	85.39 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s}$	964.42 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{cw}$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
$\nu$	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
$\nu_1$	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max}$	1631.36 kN	$\alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} (\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3):6.9 crisi lato cls
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
$\Delta F_{td}$	158.48 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
T	145.00 kNm	Az. Torcente di progetto
b	450.00 mm	Larghezza sezione
h	750.00 mm	Altezza sezione
A	337500.00 mm <sup>2</sup>	Area effettiva
2P	2400.00 mm	Perimetro esterno effettivo
phi	24.00 mm	Diam barre longitudinali
c	40.00 mm	Copriferro barre lg
tef,min	104.00 mm	spessore minimo parete equiv (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
tef	140.63 mm	spessore parete equivalente (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
A <sub>k</sub>	188525.39 mm <sup>2</sup>	area equivalente
u <sub>k</sub>	1837.50	perim equivalente
τ <sub>t</sub>	2.73 Mpa	tensione tangenziale da torsione
V <sub>Ed,T(b)</sub>	118.97 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V <sub>Ed,T(h)</sub>	234.34 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V <sub>Rd,c</sub> =	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Dimensionamento armatura a torsione		
θ =	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
cotang θ	1.73	
A <sub>sl,min</sub>	2719.84 mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale minima
A <sub>sw,T,min</sub>	488.41 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima a torsione
T <sub>Rd,max</sub>	236.47 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
A <sub>sw(V+T)min</sub>	679.11 mm <sup>2</sup> /m	
A <sub>sw(V+T)pres</sub>	1005.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura presente su di una parete
V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub>	0.11	
T <sub>Ed</sub> /T <sub>Rd,max</sub>	0.61	
Verifica	0.73 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2. (4))

Come si può notare dai risultati delle tabelle, le verifiche hanno dato esito positivo.

L'armatura longitudinale richiesta per la statica a torsione risulta:

$A_{sl,min} = 2720 \text{ mm}^2$  per la sezione posta in prossimità della seconda piantana del guardavia.

$A_{sl,min} = 694 \text{ mm}^2$  per la sezione posta in prossimità dell'incastro.

L'armatura longitudinale effettivamente presente sul cordolo risulta pari a  $4520 \text{ mm}^2$ .

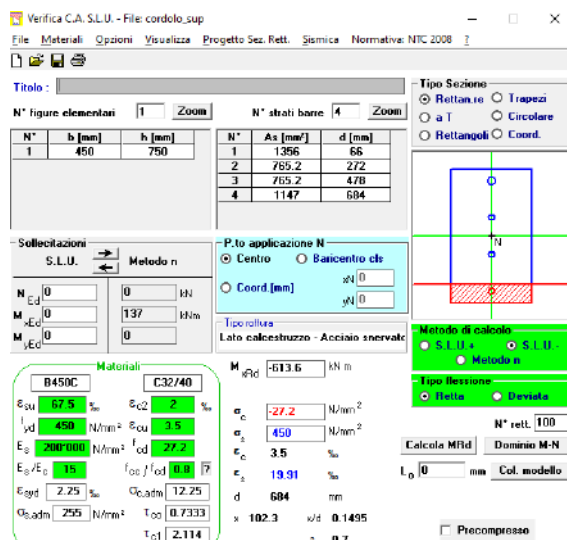
Considerando il quantitativo effettivamente impegnato dalla statica a torsione, l'armatura effettivamente "disponibile" per il soddisfacimento dello S.L.U. per tensioni normali ne risulta penalizzata.

Tale influenza viene valutata per la sezione di incastro nel paramento, maggiormente impegnata a flessione, ripetendo il calcolo di  $M_{Rd}$  nella condizione eccezionale, con riferimento ad un'armatura longitudinale composta da barre di area complessiva pari a  $4520 - 694 = 3826 \text{ mm}^2$  ( $383 \text{ mm}^2/\text{barra}$ ). Tale valutazione non viene eseguita per la sezione caratterizzata da massima torsione di progetto, dato che la sollecitazione di flessione risulta particolarmente bassa.

La penalizzazione viene operata solamente per le barre poste in trazione (EN 1992.1.1 6.3.2.(3))

Il calcolo di  $M_{Rd,u}$  per la situazione eccezionale riporta quanto segue.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**



La verifica appare pertanto soddisfatta anche considerando la mancanza della quota parte riservata alla statica a torsione.

**10.2.4 Platea di fondazione spalla**

Il dimensionamento delle armature della platea di fondazione della spalla viene effettuato con riferimento a schemi di calcolo semplificati, applicati separatamente alla direzione longitudinale e trasversale.

Ai fini del calcolo si fa riferimento alle azioni assiali nei pali, valutate a partire dalle azioni globali di intradosso fondazione con riferimento ad una ripartizione "rigida", applicando le usuali formule di geometria della masse:

Per il generico palo posto a distanza x<sub>pi</sub>, y<sub>pi</sub> rispetto al baricentro fondazione:

$$N_{Ed,pi} = N_{Ed} / n_p + M_x / W_{xx,i} + M_y / W_{yy,i}$$

Essendo:

N<sub>p</sub> = numero totale di pali

$$J_{xx} = \sum (y_{pi}^2) \quad \text{inerzia della palificata attorno asse x}$$

$$J_{yy} = \sum (x_{pi}^2) \quad \text{inerzia della palificata attorno asse y}$$

$$W_{xxi} = J_{yy} / x_i \quad \text{modulo di resistenza palo "i" rispetto asse x}$$

$$W_{yyi} = J_{xx} / y_i \quad \text{modulo di resistenza palo "i" rispetto asse y}$$

La tabella seguente riporta la valutazione delle azioni nei pali.

Per la statica longitudinale, si è fatto riferimento agli allineamenti:

laterale sx: Np1 / Np8 / Np 15

laterale dx: Np7 / Np15 / Np 21



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Sollecitazioni nei pali spalla B**

	Np1	Np8	Np15	Np7	Np14	Np21
SLU STR max N	-1676.39	-1646.12	-1615.84	-1801.71	-1771.44	-1741.16
SLU STR min N	-2876.97	-2859.95	-2842.93	-2759.51	-2742.49	-2725.47
SLU STR max My	-3016.09	-2603.35	-2190.62	-2898.62	-2485.89	-2073.15
SLU STR min My	-1506.50	-1909.76	-2313.01	-1631.82	-2035.08	-2438.33
SLU STR max Mx	-1980.48	-1799.75	-1619.02	-2703.40	-2522.67	-2341.94
SLU STR min Mx	-2485.67	-2653.08	-2820.49	-1777.07	-1944.48	-2111.89
Ed SLV max N	-3157.79	-1925.59	-693.39	-2744.49	-1512.29	-280.09
Ed SLV min N	-1750.16	-1597.69	-1445.23	-2163.46	-2010.99	-1858.52
Ed SLV max My	-3273.03	-1595.01	83.01	-3686.33	-2008.31	-330.29
Ed SLV min My	-1633.71	-1925.59	-2217.47	-1220.41	-1512.29	-1804.17
Ed SLV max Mx	-1261.23	-875.09	-488.96	-3030.97	-2644.84	-2258.71
Ed SLV min Mx	-2579.87	-2648.19	-2716.51	-810.13	-878.45	-946.76
SLE RARA max N	-1578.35	-1681.15	-1783.94	-1662.42	-1765.21	-1868.01
SLE RARA min N	-2232.49	-2113.09	-1993.69	-2154.24	-2034.85	-1915.45
SLE RARA max My	-2231.04	-2109.87	-1988.71	-2152.79	-2031.63	-1910.47
SLE RARA min My	-1559.12	-1690.42	-1821.73	-1643.19	-1774.49	-1905.79
SLE RARA max Mx	-1534.98	-1559.08	-1583.19	-2067.40	-2091.51	-2115.61
SLE RARA min Mx	-2213.53	-2196.92	-2180.31	-1691.72	-1675.11	-1658.50
SLE FREQUENTE max N	-1643.30	-1734.07	-1824.84	-1648.50	-1739.27	-1830.04
SLE FREQUENTE min N	-2059.73	-1996.18	-1932.63	-2062.72	-1999.17	-1935.62
SLE FREQUENTE max My	-2058.52	-1993.50	-1928.48	-2061.50	-1996.48	-1931.47
SLE FREQUENTE min My	-1643.30	-1734.07	-1824.84	-1648.50	-1739.27	-1830.04
SLE FREQUENTE max Mx	-1615.78	-1657.84	-1699.91	-1901.18	-1943.25	-1985.31
SLE FREQUENTE min Mx	-2049.97	-2051.34	-2052.72	-1769.76	-1771.14	-1772.51
SLE Q.PERMANENTE max N	-1664.82	-1747.59	-1830.36	-1664.82	-1747.59	-1830.36
SLE Q.PERMANENTE min N	-1719.05	-1775.69	-1832.33	-1719.05	-1775.69	-1832.33
SLE Q.PERMANENTE max My	-1717.83	-1773.01	-1828.18	-1717.83	-1773.01	-1828.18
SLE Q.PERMANENTE min My	-1664.82	-1747.59	-1830.36	-1664.82	-1747.59	-1830.36
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-1667.53	-1738.62	-1809.71	-1710.22	-1781.31	-1852.41
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-1716.34	-1784.66	-1852.98	-1673.65	-1741.97	-1810.29

Tabella 10.13: Sollecitazioni nei pali – allineamento lg - ipotesi plinto rigido

Si fa riferimento diretto alla spalla "B", caratterizzata da un quadro tensionale più marcato.

**Comportamento in direzione longitudinale**

L'armatura longitudinale della suola è composta da barre  $\varnothing 24/10$ , disposte sia al lembo inferiore, sia al lembo superiore.

Il dimensionamento e verifica in direzione longitudinale viene effettuato con riferimento alle sezioni A-A e B-B, rispettivamente di incastro della suola anteriore e posteriore, prendendo in esame le sollecitazioni degli allineamenti longitudinali di pali posti alle due estremità (allineamenti 1-8-15 e 7-14-21).

Si trascura per semplicità ed a favore di sicurezza, la presenza dei muri andatori, monolitici con il corpo spalla.

Si prende in esame quindi la fascia indicata nello schema planimetrico di figura, staccata dalla sezione 1-1 e caratterizzata da una massima ampiezza di distribuzione, pari a:

$$b_{diff} = 1.10 + 3.6/2 = 2.$$

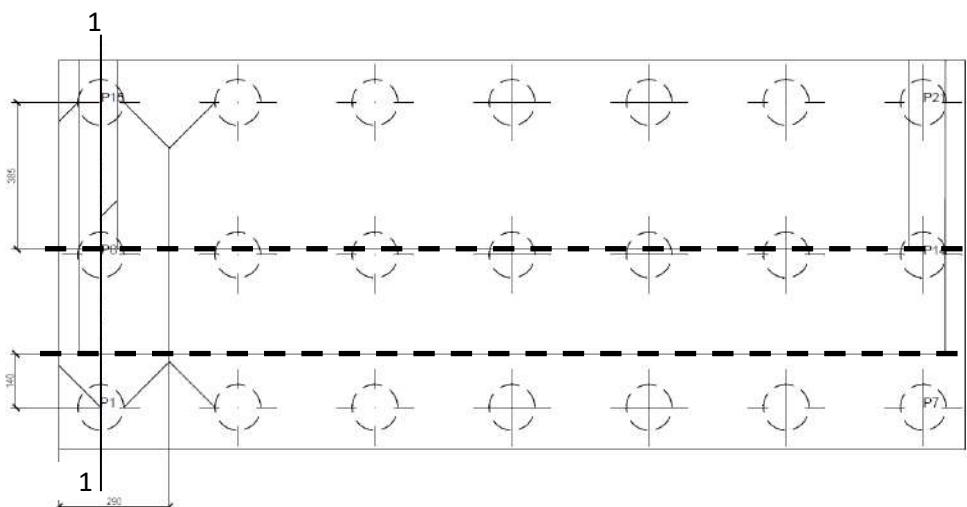


Figura 10.17 Schema planimetrico diff. platea

Per la valutazione del comportamento della suola anteriore, i rapporti geometrici orientano verso l'utilizzo di uno schema "strut and tie" come quello indicato in figura. L'azione del palo viene diffusa verso l'incastro mensola secondo uno schema a 45 ° spiccato a partire dalle estremità palo.

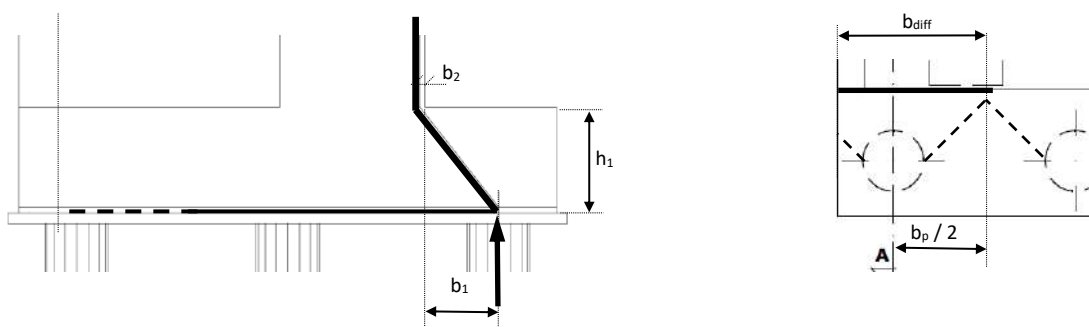


Figura 10.18 Schema strut and tie suola anteriore e schema diffusivo planimetrico

L'armatura inferiore della suola è formata da barre  $\varnothing 24/10$  disposte uniformemente sull'intera larghezza della suola.

Ai fini della verifica delle azioni nel tirante, si trascurano per semplicità, e perché di effetto favorevole, i contributi inerenti flessione e taglio agenti in testa palo, ed il contributo del peso proprio del plinto stesso.

La tabella seguente riassume i semplici calcoli che portano alla valutazione delle tensioni nell'acciaio delle barre longitudinali della platea di fondazione.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Verifica suola anteriore spalla B - sez. A-A				
Caratteristiche geometriche traliccio (m)				
	$h_1$	$b_{1,x}$	$b_{2,x}$	$b_{diff}$
	1.9	1.4	0.4	2.9
Armature presenti in $b_{diff}$				
<b>n</b>	29	num. Barre		
<b>Ø</b>	24 mm	diam. Barre		
$A_{s,pres.}$	13119.29 mm <sup>2</sup>			
Azioni trasmesse dal palo 1/4 (kN)				
	S.L.U.	Gk+Ed	S.L.E.	S.L.E. fr
$N_{Ed}$	-3138.83	-3990.16	-2324.49	-2161.39
$V_{Ed}$	0.00	0.00	0.00	0.00
$M_{Ed}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni nel tirante				
$Z$ (kN)	2973.63	3780.15	2202.15	2047.63
$\sigma_s$ (Mpa)	226.66	288.14	167.86	156.08

Tabella 10.14 Verifica traliccio suola anteriore

Lo schema statico assunto per la suola posteriore è a "mensola", con incastro posizionato nella sezione di spiccato dal paramento, secondo lo schema indicato qui sotto.

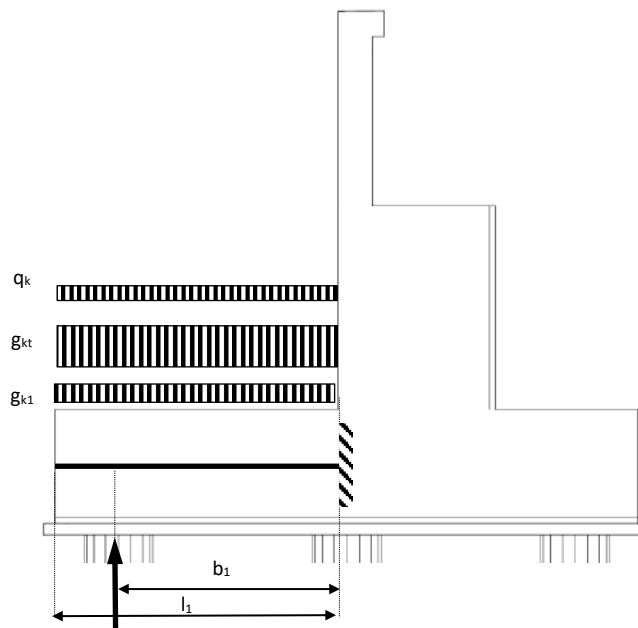


Figura 10.19 schema di calcolo suola posteriore

Il calcolo delle sollecitazioni nella sezione B-B viene effettuato associando all'azione originata dal palo posteriore (involuppo sollecitazioni rilevate rispettivamente su palo 15 e 21), i contributi dovuti ai carichi distribuiti dovuti a peso proprio plinto ( $g_{k1}$ ), peso terreno ( $g_{kt}$ ) e peso sovraccarico ( $q_k$ ).

L'associazione viene effettuata, nell'ambito dei vari S.L., considerando il medesimo fattore di combinazione  $\gamma_{fav/unfav}$  che ha portato alla definizione di  $N_p$ , prescelto nel seguente modo:

S.L.U. :	Gk + Ed (sisma SLV)	S.L.E. car.
$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1 / 1$
$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1 / 1$

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

$$\gamma(qk) = 1.35 / 0$$

$$\gamma(qk) = 1.35 / 0$$

$$\gamma(qk) = 1 / 0$$

Verifica suola posteriore spalla B

Caratteristiche geometriche mensola (m)

$b_1$	3.85 m
$I_1$	4.95 m
$h_m$	2 m
$h_t$	7.1 m
$b_{diff}$	2.9 m

Calcolo effetti sovraccarichi estraso so suola su B-B - valori caratteristici

	$g_k$	$g_{kt}$	$q_k$
$V_{ext,k}$ (kN/m)	247.50	667.76	99.00
$M_{ext,k}$ (kNm/m)	612.56	1652.69	245.03

Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento esterno, pali 1 / 8 / 15

	Contributo az. Pali			Contributo carichi su soola		Sollecitazioni di verifica	
	$N_{p15}$ (kN)	$V_{p15}$ (kN/m)	$M_{p15}$ (kNm/m)	$V_{(g_k, g_{kt}, q_k)}$ (kN)	$M_{(g_k, g_{kt}, q_k)}$ (kNm/m)	$V_{Ed, B-B}$ (kN)	$M_{Ed, B-B}$ (kNm/m)
SLU STR max N	-1745.05	-601.74	-2376.88	775.43	1957.95	173.69	-418.92
SLU STR min N	-2758.75	-951.29	-3757.61	1183.18	2987.52	231.88	-770.08
SLU STR max My	-2106.78	-726.48	-2869.58	863.80	2181.10	137.33	-688.48
SLU STR min My	-2446.43	-843.60	-3332.21	1094.80	2764.38	251.20	-567.84
SLU STR max Mx	-2272.53	-783.63	-3095.34	1046.83	2643.24	263.20	-452.10
SLU STR min Mx	-2218.32	-764.94	-3021.51	1046.83	2643.24	281.89	-378.27
Ed SLV max N	-91.75	-31.64	-124.98	775.43	1957.95	743.79	1832.98
Ed SLV min N	-1825.16	-629.36	-2485.99	876.43	2212.98	247.06	-273.01
Ed SLV max My	-42.38	-14.62	-57.73	775.43	1957.95	760.81	1900.23
Ed SLV min My	-1870.62	-645.04	-2547.91	876.43	2212.98	231.39	-334.93
Ed SLV max Mx	-1982.15	-683.50	-2699.83	775.43	1957.95	91.93	-741.87
Ed SLV min Mx	-1179.96	-406.88	-1607.19	775.43	1957.95	368.54	350.76
SLE RARA max N	-1875.97	-646.89	-2555.21	775.43	1957.95	128.54	-597.25
SLE RARA min N	-1939.29	-668.72	-2641.45	876.43	2212.98	207.71	-428.47
SLE RARA max My	-1934.60	-667.10	-2635.06	775.43	1957.95	108.32	-677.10
SLE RARA min My	-1916.90	-661.00	-2610.95	876.43	2212.98	215.43	-397.97
SLE RARA max Mx	-2068.68	-713.34	-2817.69	775.43	1957.95	62.09	-859.73
SLE RARA min Mx	-1737.14	-599.01	-2366.10	775.43	1957.95	176.41	-408.15
SLE FREQUENTE max N	-1845.62	-636.42	-2513.86	775.43	1957.95	139.01	-555.91
SLE FREQUENTE min N	-1949.82	-672.35	-2655.79	876.43	2212.98	204.08	-442.81
SLE FREQUENTE max My	-1945.91	-671.00	-2650.46	775.43	1957.95	104.42	-692.51
SLE FREQUENTE min My	-1845.62	-636.42	-2513.86	876.43	2212.98	240.01	-300.88
SLE FREQUENTE max Mx	-1966.81	-678.21	-2678.93	775.43	1957.95	97.22	-720.98
SLE FREQUENTE min Mx	-1823.40	-628.76	-2483.59	775.43	1957.95	146.67	-525.64

Tabella 10.15 Sollecitazioni verifica sez. B-B - all. 1-8-15



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

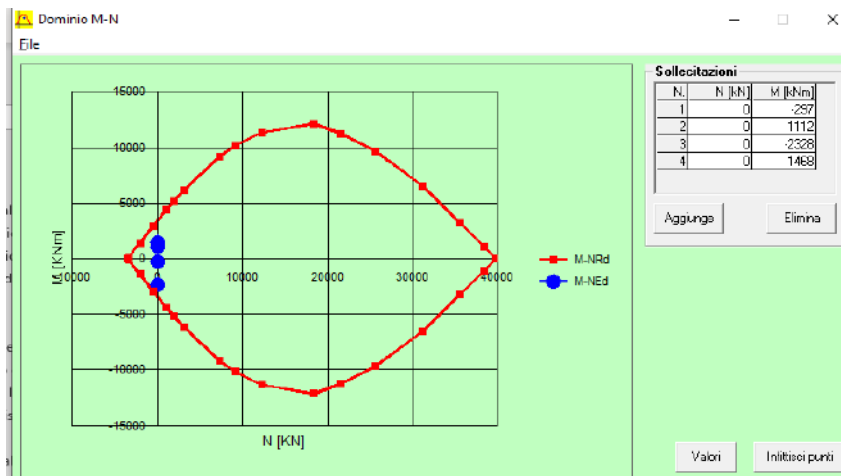


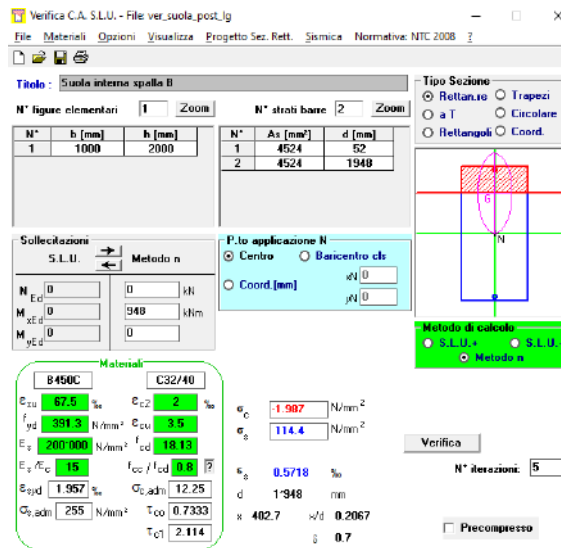
Figura 10.20 Dominio di resistenza sezione B-B

La situazione più sfavorevole si rileva in fase sismica, con un rapporto di sfruttamento massimo pari a:  
 $\eta = 2328/3379 = 0.69$

Lo S.L.U. per tensioni normali appare soddisfatto

**S.L.E. per tensioni normali – limitazione delle tensioni**

Min  $M_{Ed,S.L.E.} = -948 \text{ kNm/m}$



Si rileva:

$$\sigma_{c,min} = -1.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 114 \text{ MPa}$$

Come si evince dall'esame delle tensioni di punta rilevate nel calcestruzzo e nell'acciaio, lo S.L.E. limitazione delle tensioni appare ampiamente verificato.

Per tale motivo, lo S.L.E. inerente l'apertura delle fessure, viene ritenuto automaticamente verificato.



### S.L.U. per azioni taglianti

L'azione tagliante che si sviluppa in prossimità dell'incastro fondazione è diretta dall'alto verso il basso, ed è dovuta all'azione stabilizzante dei carichi posti sulla suola, che contribuiscono a diminuire, fino ad invertirlo, l'effetto dell'azione assiale, generalmente dal basso verso l'alto, esercitata dal palo.

Si considera direttamente la condizione di massima azione tagliante in valore assoluto che, in corrispondenza della sezione B-B risulta:

$$V_{Edmax} = 870 \text{ kN (condizione sisma SLV)}$$

Di seguito il calcolo di  $V_{Rd,c}$

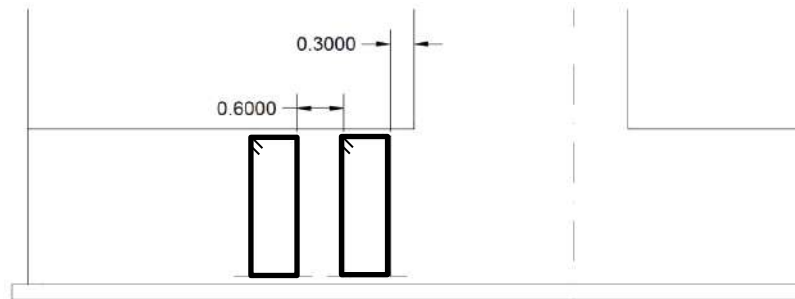
Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	870 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
$A_c$	2.00E+06 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	4.52E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	52 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1948 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l$	2.322E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$ ; 0.02) 6.2.2(1)
$z_{,app}$	1753.2 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{,calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	1753.2 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1.5	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	$\gamma_m$ barre
$f_{cd}$	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	391.30 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c}$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k	1.32	$\min([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp}$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min}$	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min}$	526.68	6.2.2(1):6.2b
$V_{Rd,c}$	602.34 kN	6.2.2(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Tabella 10.17 Verifica a taglio - calcolo di  $V_{Rd,c}$

Si prevede di predisporre un'armatura integrativa a taglio composta da staffe  $\varnothing 20$  a due braccia poste a passo longitudinale 120 mm e trasversale 60 mm.

Lo schema indicativo i posizionamento dell'armatura è riportato nella figura seguente.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**



Tale armatura è intesa "coprire" a taglio una zona di lunghezza pari ad almeno 2.50 m a partire dalla sezione di incastro.

In tale sezione, l'azione tagliante di progetto raggiunge il valore

$$V_{Ed,s2} = 870 - 2.5 \times (25 \times 2 + 19 \times 7.1) = 408 \text{ kN} < V_{Rd,c}$$

La verifica dell'armatura a taglio predisposta, il cui quantitativo a m<sup>2</sup> somma a  $A_{sw} = 314 \times 1.67 \times 1.67 = 872 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  riporta quanto segue.

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{swV,min}$	732.17 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima/m
$A_{sw,pres}$	872.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete prevista/m
$\max A_{sw,V}$	11585.19 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	328.56 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	1036.15 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
$V_{E,d}$	870.00 kN	
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{cw} =$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
$v$	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
$v_1$	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max} =$	6883.03 kN	$\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} (\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3): 6.9 crisi lato cls
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
$\Delta F_{td}$	753.44 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.18 Verifica a taglio – calcolo di  $V_{Rd,s}$  e  $V_{Rd,max}$

**Comportamento in direzione trasversale**

Si fissa l'attenzione essenzialmente sulla suola posteriore.

Il dimensionamento e verifica in direzione trasversale viene effettuato esaminando il comportamento della striscia individuata nella figura seguente, compresa tra il bordo piastra e la mezzeria tra i due allineamenti estremi di pali.

La larghezza della striscia esaminata è pari a:

$$b_s = 1.10 + 4/2 = 3.1 \text{ m}$$

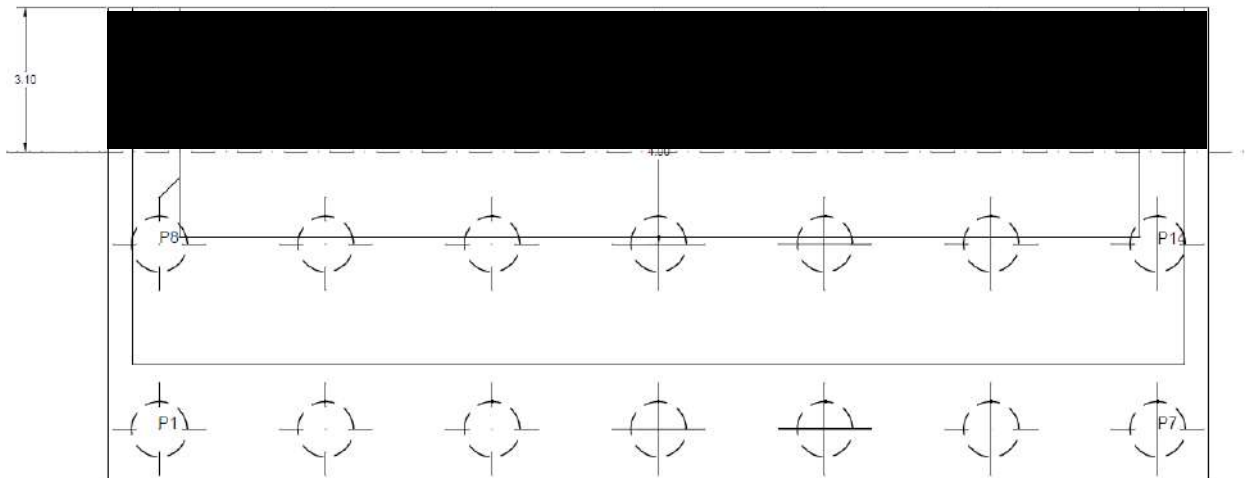


Figura 10.21 Schema planimetrico diff. platea

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, la striscia viene considerata come una trave continua, appoggiata in corrispondenza degli assi palo, caricata dai seguenti contributi:

- Pesi propri suola  $g_k$
- Peso reinterro  $g_{kt}$
- Peso sovraccarico  $Q_k$
- Azioni trasmesse dai muri d'ala

Le azioni trasmesse dai muri d'ala vengono implementate nel modello E.F., come azioni concentrate.

Si tiene conto della traslazione delle sollecitazioni dalla sezione al piede all'asse baricentrico della fondazione (pari a 1 m).

La tabella seguente riepiloga le azioni concentrate trasmesse dai sovraccarichi dei muri d'ala, unitamente alla loro traslazione.

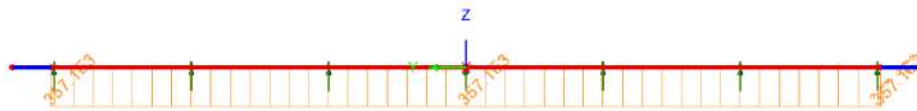
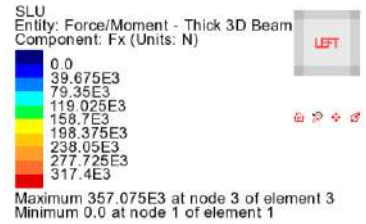
Azioni trasmesse dal muro d'ala				Azioni trasmesse - base muro ala				Azioni trasmesse - linea baricentrica platea			
h	7.1 m	$\gamma_{cls}$	25 $\text{kN/m}^3$	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)	ez	1 m	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
t1	0.3 m	$\gamma_t$	19 $\text{kN/m}^3$	Gk	115.38	0.00	Gk	115.38	0.00	0.00	0.00
t2	1 m	$k_0$	0.426	gk,t	0.00	204.01	gk,t	0.00	204.01	686.83	686.83
		$Q_k$	20 $\text{kN/m}^2$	gk(Qk)	0.00	60.49	gk(Qk)	0.00	60.49	275.24	275.24

Qui di seguito si riportano i diagrammi di N, V ed M per le combinazioni S.L.E. e S.L.U. fondamentali, riferiti alla striscia di ampiezza unitaria, ricavati dalla risoluzione della trave continua, effettuata mediante il sistema E.F. Lusas.

**S.L.U. STR – N (Fx)**

Scale: 1: 765.745  
 Zoom: 751.442  
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
 SLU

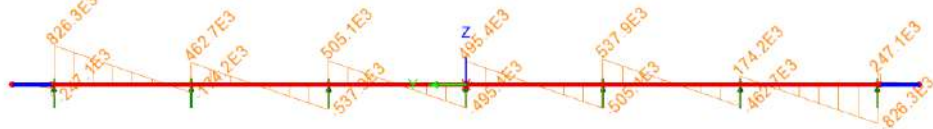
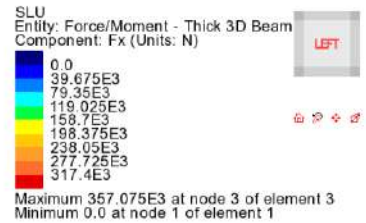
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Diagram component: Fx (Units: N)  
 Diagram maximum 357.075E3 at node 3 of element 3  
 Diagram scale: 1: 28.0053E-6  
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Contour component: Fx (Units: N)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 39.675E3  
 Contour maximum 357.075E3 at node 3 of element 3  
 Contour minimum 0.0 at node 1 of element 1



**S.L.U. STR – V (Fz)**

Scale: 1: 765.745  
 Zoom: 751.442  
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
 SLU

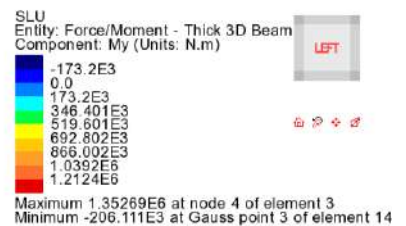
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Diagram component: Fz (Units: N)  
 Diagram maximum 826.304E3 at node 46 of element 45  
 Diagram minimum -826.304E3 at node 4 of element 4  
 Diagram scale: 1: 12.1021E-6  
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Contour component: Fx (Units: N)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 39.675E3  
 Contour maximum 357.075E3 at node 3 of element 3  
 Contour minimum 0.0 at node 1 of element 1



**S.L.U. STR – M (My)**

Scale: 1: 765.745  
 Zoom: 751.442  
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
 SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Diagram component: My (Units: N.m)  
 Diagram maximum 1.35269E6 at node 4 of element 3  
 Diagram minimum -206.111E3 at Gauss point 3 of element 14  
 Diagram scale: 1: 7.39266E-6  
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
 Contour component: My (Units: N.m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 173.2E3  
 Contour maximum 1.35269E6 at node 4 of element 3  
 Contour minimum -206.111E3 at Gauss point 3 of element 14

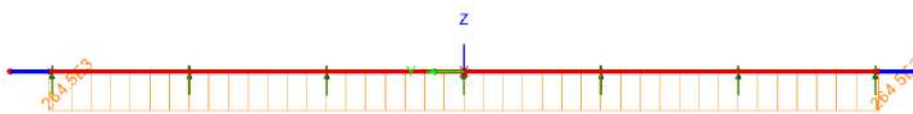
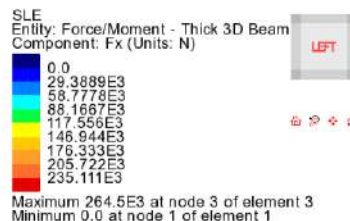


**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**S.L.E.– N (Fx)**

Scale: 1: 765.745  
Zoom: 751.442  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

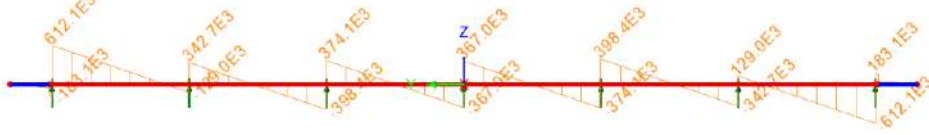
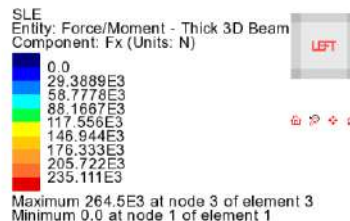
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram maximum 264.5E3 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 37.8072E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 29.3889E3  
Contour maximum 264.5E3 at node 3 of element 3  
Contour minimum 0.0 at node 1 of element 1



**S.L.E.– V (Fz)**

Scale: 1: 765.745  
Zoom: 751.442  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

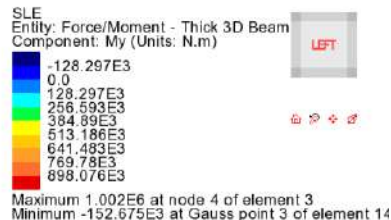
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 612.077E3 at node 46 of element 45  
Diagram minimum -612.077E3 at node 4 of element 4  
Diagram scale: 1: 16.3378E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 29.3889E3  
Contour maximum 264.5E3 at node 3 of element 3  
Contour minimum 0.0 at node 1 of element 1



**S.L.E.– M (My)**

Scale: 1: 765.745  
Zoom: 751.442  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.002E6 at node 4 of element 3  
Diagram minimum -152.675E3 at Gauss point 3 of element 14  
Diagram scale: 1: 9.98009E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 128.297E3  
Contour maximum 1.002E6 at node 4 of element 3  
Contour minimum -152.675E3 at Gauss point 3 of element 14



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**Verifiche per tensioni normali**

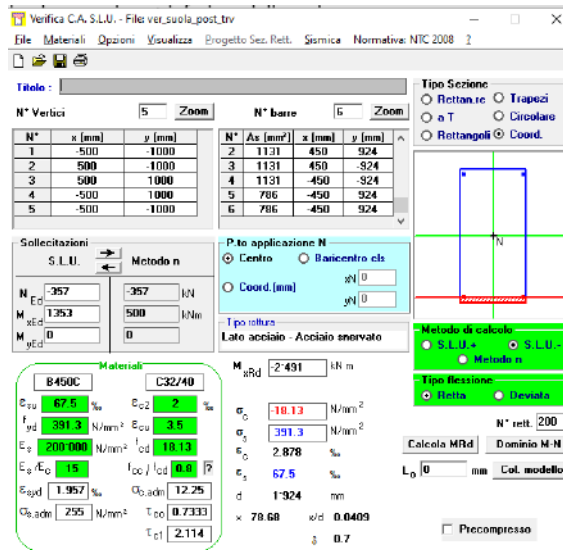
L'armatura è formata da barre  $\varnothing 24/20$  poste al lembo superiore + inferiore della sezione.

In prossimità dell'incastro con il muro d'ala, si predispongono ulteriori barre  $\varnothing 20/20$ , che si intenderanno "attive" fino alla sezione posta a 1 m dall'asse del palo più esterno (ove si assumerà la presenza delle armature correnti).

S.L.U. per tensioni normali – sezione rinforzata

$M_{Ed} = 1353 \text{ kNm/m}$

$N_{Ed} = 357 \text{ kN/m}$



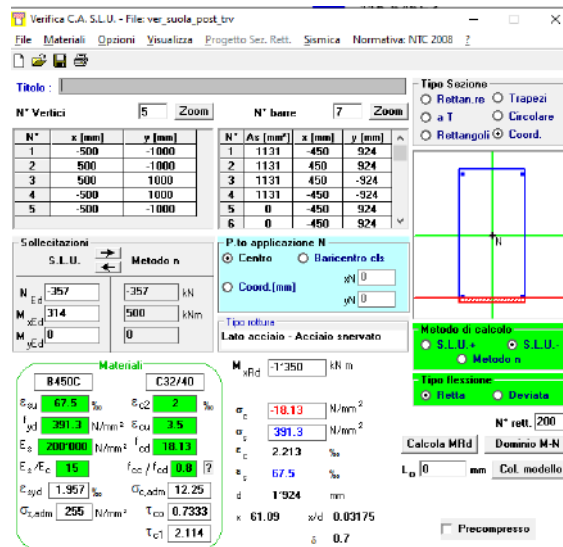
$M_{Rd,u} = 2491 \text{ kNm/m}$  La verifica risulta soddisfatta

S.L.U. per tensioni normali – sezione corrente

$M_{Ed} = -314 \text{ kNm/m}$

cfr. Sezione testa ai pali intermedi

$N_{Ed} = 357 \text{ kN/m}$



$M_{Rd,u} = 1350 \text{ kNm/m}$  La verifica risulta soddisfatta

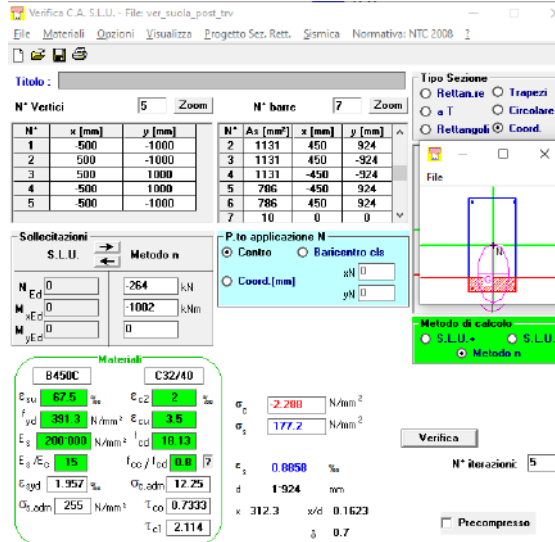


**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

S.L.E. per tensioni normali – sezione rinforzata

$$M_{Ed} = -314 \text{ kNm/m}$$

$$N_{Ed} = 264 \text{ kN/m}$$



$$\sigma_{c,min} = -2.29 \text{ MPa}$$

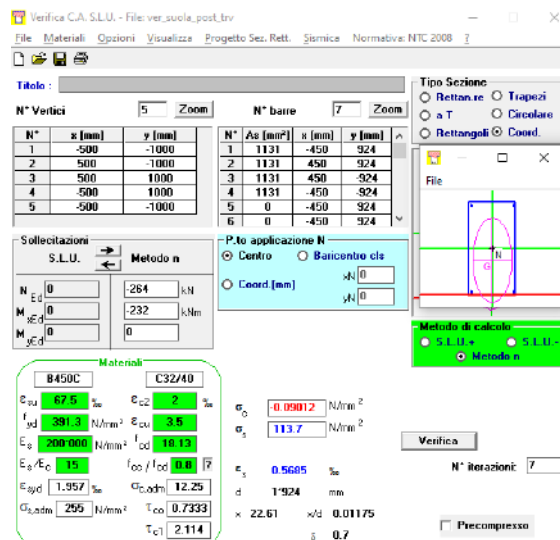
$$\sigma_{s,max} = 177.2 \text{ MPa}$$

S.L.E. per tensioni normali – sezione corrente

$$M_{Ed} = -232 \text{ kNm/m}$$

cfr. Sezione in testa ai pali intermedi

$$N_{Ed} = 264 \text{ kN/m}$$



$$\sigma_{c,min} = -0.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 114 \text{ MPa}$$

Lo S.L.E. per tensioni normali riporta valori ampiamente entro i limiti per ambedue le zone analizzate. Considerate le ipotesi di verifica ampiamente cautelative, si ritiene automaticamente verificata la sicurezza a fessurazione.

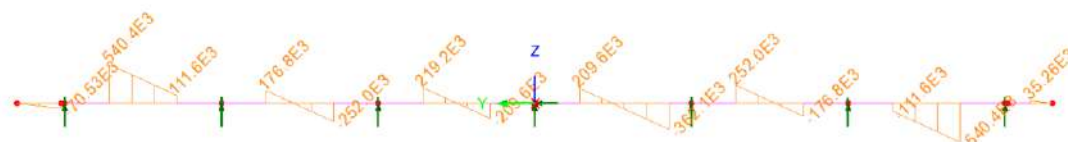
S.L.U. per taglio

La massima azione tagliante si rileva in prossimità dell'appoggio sui pali. Ai fini delle verifiche si ritiene opportuno, e più realistico, per la deduzione delle sollecitazioni di verifica a taglio, escludere dall'output 2+2 elementi finiti ( $b = 0.5 \text{ m}$ ) adiacenti al punto di appoggio del palo. La verifica viene pertanto effettuata con riferimento alla sezione posta a 1 m dall'asse teorico del palo.

Il diagramma di riferimento per lo S.L.U. per taglio è qui di seguito riportato.

Scale: 1: 89,2589  
Zoom: 100.0  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 540.441E3 at node 44 of element 43  
Diagram minimum -540.441E3 at node 6 of element 6  
Diagram scale: 1: 18.5034E-6



La valutazione della sicurezza a taglio viene effettuata in prima battuta con riferimento alle formule valide per sezioni prive di specifica armatura a taglio.

Le azioni di progetto sono pertanto le seguenti:

$V_{Ed} = 541 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 357$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
$N_{ed,conc}$	-353.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	541 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
$A_c$	2.00E+06 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	4.52E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	52 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1948 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	2.322E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$ ; 0.02) 6.2.2(1)
$z_{app}$	1753.2 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	1753.2 mm	Braccio coppia interna di calcolo
<b>Caratteristiche materiali</b>		
$f_{ck}$	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
$f_{yk}$	450 MPa	Snervamento barre
$\alpha_{cc}$	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
$\gamma_c$	1.5	$\gamma_m$ calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	$\gamma_m$ barre
$f_{cd}$	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctd}$	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{yd}$	391.30 MPa	
<b>Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati</b>		
<b>Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2</b>		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.32	$\min ([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	-0.18 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min}$	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	480.26	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	550.77 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Non risulta quindi necessario il dimensionamento di una specifica armatura a taglio.

### 10.2.5 Baggioli spalla

I baggioli in c.a. presentano dimensioni complessive pari a 1.20 x 1.45 m. Essi sono configurati in modo da avere una espansione laterale, atta all'alloggiamento dei martinetti di calaggio/sollevamento dell'impalcato.

La verifica viene effettuata secondo i medesimi criteri visti per i baggioli delle pile, e che qui vengono riproposti per semplicità di lettura.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

Si effettua la verifica nei confronti delle azioni orizzontali trasmesse dal dispositivo di vincolo, valutando il taglio resistente  $V_{Rd}$  sviluppato all'interfaccia baggiolo/testa pila.

Dati i rapporti dimensionali dell'elemento, che presenta altezza molto contenuta in confronto alle dimensioni in pianta, la verifica viene effettuata con riferimento a metodologie basate sui criteri delle mensole "molto tozze" (shear friction), per le quali si ritiene di poter fare utile riferimento al cap. 6.2.5. di EN 1992-1-1.

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ( $c = 0$ )
- Si considerano solamente le barre "passanti" in prossimità dell'area di impronta del dispositivo ( $\min A_{s,pres} = 20 \varnothing 14$ )
- Si considera un'area di impronta "ridotta" del baggiolo, pari approssimativamente all'area delle piastre di contatto del dispositivo.
- Si impone che il contributo resistente delle armature verticali sia pari almeno al 80 % dell'azione orizzontale agente ( $V_{Rd,S} > 0.8 V_{Ed}$ ).

Per le azioni di verifica, si fa riferimento, cautelativamente, alla condizione  $G_k + Ed$  SLC.

Qui di seguito si riportano le sollecitazioni agli appoggi di spalla rilevate per tale combinazione.

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC	84	1	560	158	582	-510
2 202:Gk + Ed_SLC	84	1	-559	-159	581	-1384
3 201:Gk + Ed_SLC	84	1	157	531	554	-421
4 202:Gk + Ed_SLC	84	1	-156	-532	555	-1474
5 201:Gk + Ed_SLC	84	1	177	530	559	-266
6 202:Gk + Ed_SLC	84	1	-171	-532	558	-1625

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC	86	1	560	160	583	-510
2 202:Gk + Ed_SLC	86	1	-559	-159	581	-1384
3 201:Gk + Ed_SLC	86	1	179	532	562	-284
4 202:Gk + Ed_SLC	86	1	-178	-531	560	-1610
5 201:Gk + Ed_SLC	86	1	177	532	561	-266
6 202:Gk + Ed_SLC	86	1	-171	-531	558	-1625

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC	82	1	560	166	584	-569
2 202:Gk + Ed_SLC	82	1	-559	-165	583	-1422
3 201:Gk + Ed_SLC	82	1	178	551	579	-314
4 202:Gk + Ed_SLC	82	1	-177	-550	578	-1677
5 201:Gk + Ed_SLC	82	1	176	551	578	-296
6 202:Gk + Ed_SLC	82	1	-170	-550	575	-1692

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 201:Gk + Ed_SLC	83	1	560	164	583	-569
2 202:Gk + Ed_SLC	83	1	-559	-165	583	-1422
3 201:Gk + Ed_SLC	83	1	156	550	572	-448
4 202:Gk + Ed_SLC	83	1	-154	-551	572	-1544
5 201:Gk + Ed_SLC	83	1	176	549	576	-296
6 202:Gk + Ed_SLC	83	1	-170	-550	576	-1692

Tabella 10.19 Azioni SLC sui Baggioli Spalla

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

Si assume pertanto

$$V_{Ed,max} = 583 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,conc} = -284 \text{ kN}$$

Valutazione schema resistente tipo "shear friction" (rif. EN 1992-1-1 6.2.5)

Caratteristiche materiali		Caratteristiche superficie	
$\gamma_c$	1.50	$b_{eff}$	750 mm larghezza eff. sezione di contatto
$f_{ck}$	32.00	$l_{eff}$	750 mm lunghezza eff. sezione di contatto
$f_{ctk}$	2.12	tipo sup.	1 tipo superficie: 0=molto liscia/1=liscia/2=scabra/3 = dentata
$f_{cd}$	21.33		
$f_{ctd}$	1.41	$c$	0.00 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 0
$\nu$	0.50	$\mu$	0.60 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 1
$\gamma_s$	1.15	Caratteristiche sez. resistente	
$f_{yk}$	450.00	$A_{s,pres.}$	3388.00 mm <sup>2</sup> Barre vert. Passanti
$f_{yd}$	391.30	$A_{c,eff}$	562500 mm <sup>2</sup> Area cis di riferimento ( $b_{eff} \times l_{eff}$ )
Sollecitazioni e tensioni agenti			
$V_{Ed}$	584 kN	Risultante azione tagliante di progetto	
$N_{Ed,conc}$	266 kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)	
$V_{Ed,i}$	1.04 Mpa	Azione tangenziale di progetto interfaccia (valutata su $A_{eff}$ )	
$\sigma_N$	0.47 Mpa	tens. Compressione su area rif.	
$\sigma_{N,max}$	12.8 Mpa (0.6 fcd)	limite tens. Compressione	
Calcolo contributi resistenti e verifica			
$V_{Rd,s}$	795.44 kN	Risultante contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times \mu \times f_{yd}$	
$V_{Rd,c}$	0.00 kN	Risultante contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times c$	
$V_{Rd,N}$	159.51 kN	Risultante contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Rd,s}, V_{Rd,c}, V_{Rd,N}$	954.96 kN	Risultante azione resistente di interfaccia	
$V_{Rd,i}$	1.70 Mpa	Azione tangenziale resistente(EN1992-1-1 6.2.5.(1 eq. 6.25))	
$V_{Rd,max}$	10.67 Mpa	Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))	
$V_{Ed}/V_{Rd}$	0.61	rapporto di sfruttamento complessivo verificato	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd,s}$	0.73	rapporto di sfruttamento sole armature verificato	

Tabella 10.20 Verifica "shear friction" interfaccia baggioli spalla

Come si evince dalla tabella di verifica, l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante.

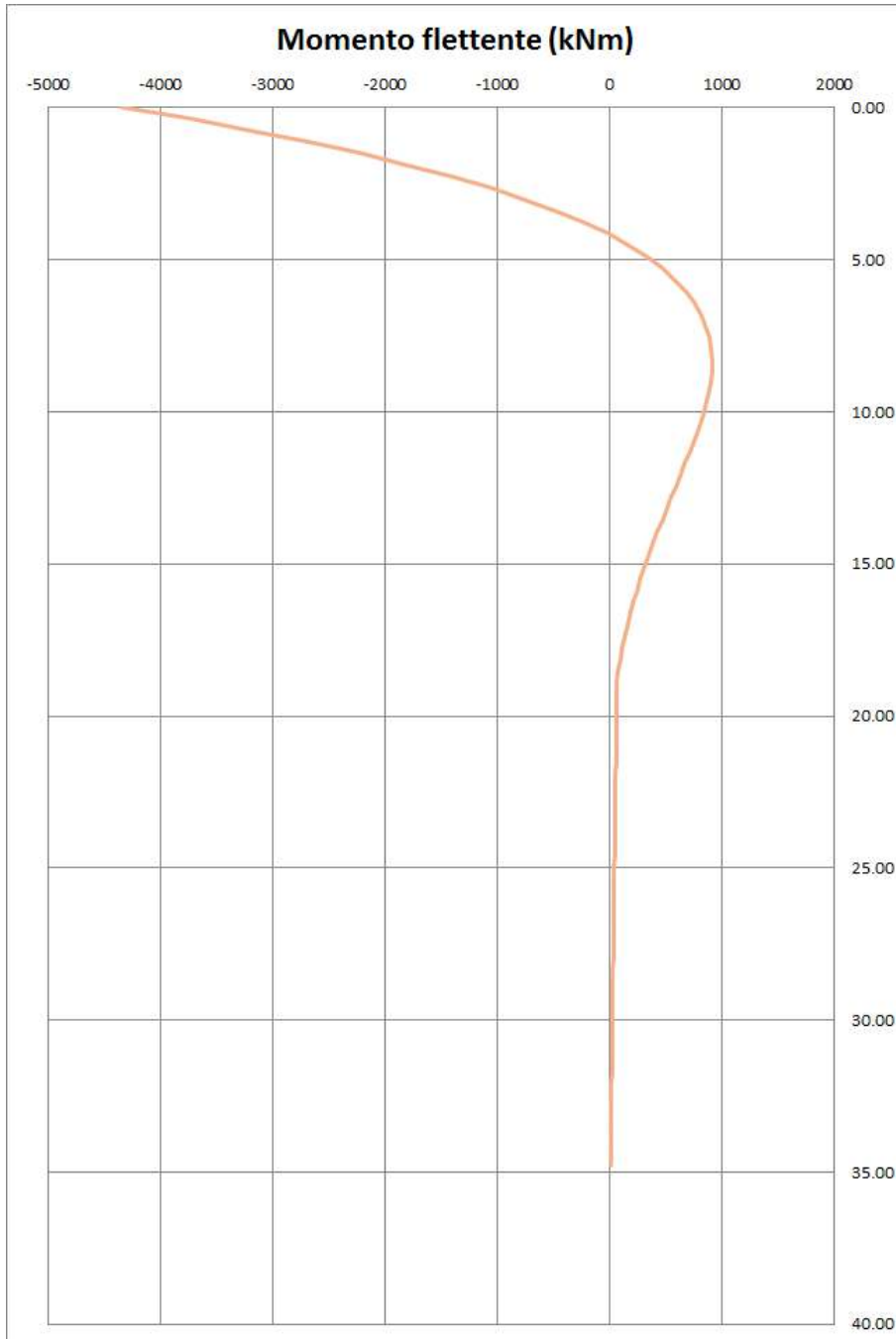
### 10.2.6 Palo di fondazione

L'armatura dei pali di fondazione viene formata da gabbie di lunghezza complessiva pari a 12 m.

L'andamento delle sollecitazioni lungo il fusto palo mostra un significativo impegno a flessione e taglio nella zona sommitale, mentre a quote inferiori, il regime è prevalentemente assiale. I diagrammi seguenti riportano l'andamento dell'azione flettente e tagliante S.L.U. rilevati lungo i pali della spalla maggiormente sollecitata (spalla 2).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Andamento momento per la condizione più gravosa ( $M_{max} = 4338 \text{ kNm}$ )





Andamento taglio per la condizione più gravosa ( $T_{max} = 1628$  kN)

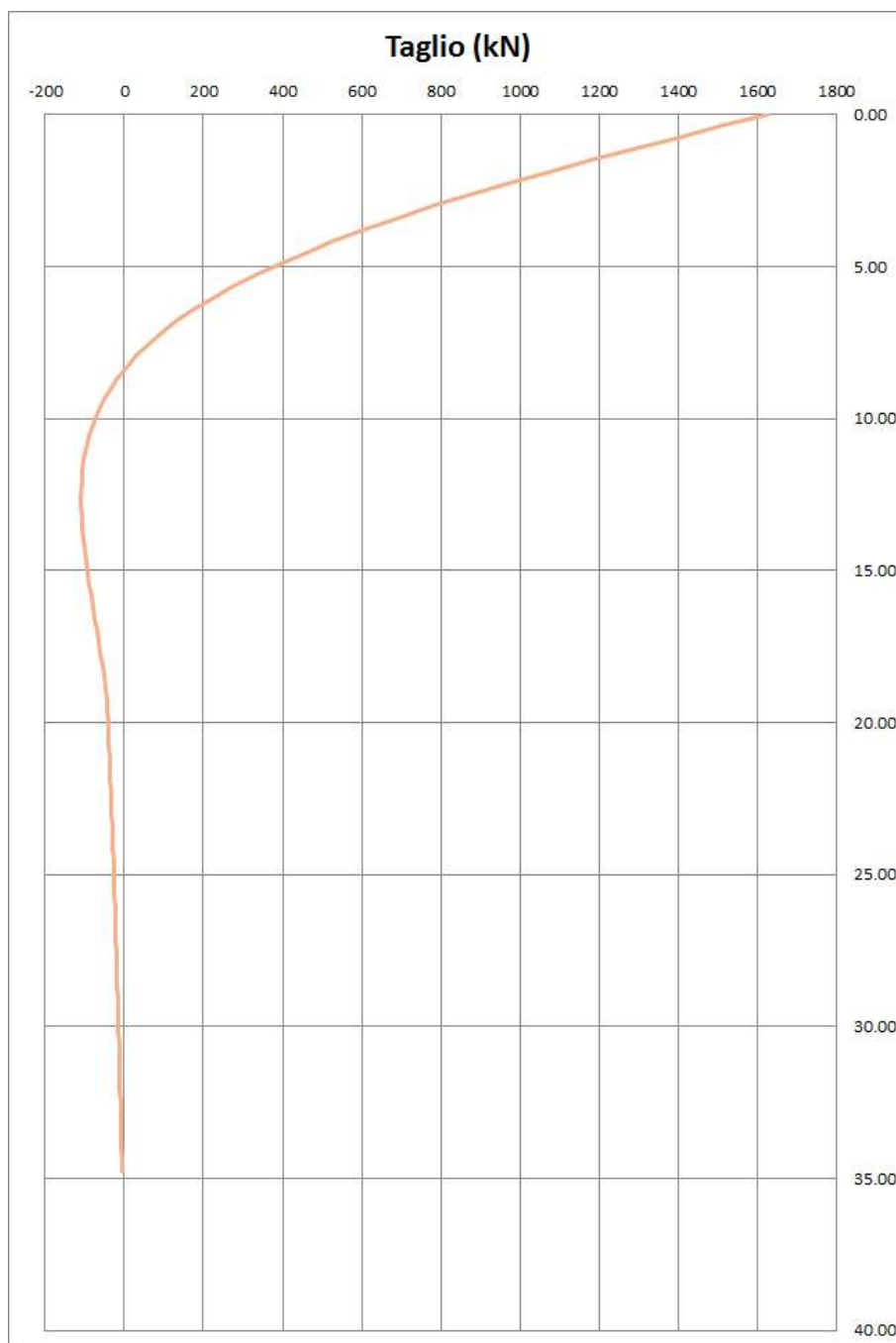


Figura 10.22 Diagramma di flessione e taglio massimi sul palo delle spalle 1 e 2

Come si può notare:

Il diagramma di momento flettente, che assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, si annulla a quota pari a circa 3.80 m dalla sezione di incastro.

L'azione tagliante, che anch'essa assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, si annulla a quota pari a circa 8 m da intradosso plinto. A quota 3 metri da intradosso, il valore S.L.U. si è ridotto a circa il 40 % del valore massimo rilevato all'incastro.

Si prevede pertanto di adottare 2 tipologie di gabbie d'armatura.

#### Gabbia 1

Armatura verticale: n. 22 doppi  $\varnothing 28$   
Staffatura tipo1: staffe  $\varnothing 12/10$  per  $-3.5 \leq z \leq 0$   
Staffatura tipo 2: spirale  $\varnothing 12/15$

#### Gabbia 2-3-4

Armatura verticale: n. 22  $\varnothing 24$   
Staffatura: spirale  $\varnothing 12/20$

Considerando la lunghezza "tipologica" delle gabbie, pari a 12 m, unitamente alle lunghezze di ancoraggio e sovrapposizione, l'armatura di verifica della gabbia 1 verrà assunta "attiva" per tutte le sezioni comprese tra quota 0 e quota -9.60 m da intradosso plinto.

Per le verifiche a quota  $z \leq 9.60$ , ci si riferirà all'armatura resistente delle gabbie 2-3-4.

Ai fini delle verifiche, assumendo identico comportamento per tutti i pali della palificata, si considereranno rispettivamente il palo con la massima e minima azione di compressione, che risulta, nell'ambito della palificata:

$$N_{Edmin,conc} = -3990 \text{ kN}$$

$$N_{Edmax,conc} = 272 \text{ kN}$$

Ai fini delle verifiche, si considerano:

sez 1-1:	$z = 0$ (incastro palo)	armatura di verifica gabbia 1 con staffatura p 100 mm
sez 2-2:	$z = -3.5$ m	armatura di verifica gabbia 1 con spirallatura p 150 mm
sez 3-3:	$z = -9.6$ m	armatura di verifica gabbia 2 con spirallatura p 200 mm

Nelle verifiche strutturali di sezioni armate con barre accoppiate, la considerazione per ciascuna coppia di una barra di area equivalente, è influente solo nelle verifiche a fessurazione e nella determinazione dell'interfero netto minimo fra i gruppi di barre. Nel caso con 2 barre diametro 28 mm il diametro equivalente è pari a  $28 \cdot 1.41 = 40$  mm e la spaziatura fra le barre è sempre superiore a 100 mm, quindi l'interfero minimo netto maggiore del diametro della barra è garantito, relativamente alla verifica a fessurazione questa non è stata condotta in quanto le tensioni massime dell'acciaio in condizione rara sono inferiori a 100 MPa.

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di verifica.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

<b>Verifica sez. 1-1 - gabbia 1</b>			
	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
S.L.U. min N	-3990.00	1628.00	4338.00
S.L.U. max N	272.00	1628.00	4338.00
S.L.E. min N	-2324.00		1202.00
S.L.E. max N	-1664.00		1202.00
<b>Verifica sez. 2-2 - gabbia 1 (z = -3.5 m)</b>			
	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
S.L.U. min N	-4088.96	700.00	950.00
S.L.U. max N	173.04	700.00	950.00
S.L.E. min N	-2422.96		263.23
S.L.E. max N	-1762.96		263.23
<b>Verifica sez. 3-3 - gabbia 2 (z = -9.60 m)</b>			
	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
S.L.U. min N	-4261.43	100.00	900.00
S.L.U. max N	0.57	100.00	900.00
S.L.E. min N	-2595.43		249.38
S.L.E. max N	-1935.43		249.38

Tabella 10.21 Riepilogo sollecitazioni di verifica pali spalla

Di seguito si riporta l'esito delle verifiche per tensioni normali e taglienti (S.L.U. ) e la verifica S.L.E. limitazione delle tensioni.

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Spalla\_Seiz1\_rev1**

(Percorso File: \L4\_VI01\_02\_Barbaiani\modell\ sottostrutture\Pali\_rev1\Spalla\_Seiz1\_rev1.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	EC2/EC8
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:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta $v1*fcd$ :	9.405 MPa cfr.(6.9)EC2
	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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	48.5	-35.3
2	35.3	-48.5
3	18.5	-57.1
4	0.0	-60.0
5	-18.5	-57.1
6	-35.3	-48.5
7	-48.5	-35.3
8	-57.1	-18.5
9	-60.0	0.0
10	-57.1	18.5
11	-48.5	35.3
12	-35.3	48.5
13	-18.5	57.1
14	0.0	60.0
15	18.5	57.1
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.0	0.0	28
2	48.3	-12.9	28
3	43.3	-25.0	28
4	35.4	-35.4	28
5	25.0	-43.3	28
6	12.9	-48.3	28
7	0.0	-50.0	28
8	-12.9	-48.3	28
9	-25.0	-43.3	28
10	-35.4	-35.4	28
11	-43.3	-25.0	28
12	-48.3	-12.9	28
13	-50.0	0.0	28
14	-48.3	12.9	28

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

15	-43.3	25.0	28
16	-35.4	35.4	28
17	-25.0	43.3	28
18	-12.9	48.3	28
19	0.0	50.0	28
20	12.9	48.3	28
21	25.0	43.3	28
22	35.4	35.4	28
23	43.3	25.0	28
24	48.3	12.9	28
25	50.0	-2.0	28
26	47.7	-14.9	28
27	42.3	-26.7	28
28	33.9	-36.7	28
29	23.3	-44.3	28
30	11.0	-48.8	28
31	-2.0	-50.0	28
32	-14.9	-47.7	28
33	-26.7	-42.3	28
34	-36.7	-33.9	28
35	-44.3	-23.3	28
36	-48.8	-11.0	28
37	-50.0	2.0	28
38	-47.7	14.9	28
39	-42.3	26.7	28
40	-33.9	36.7	28
41	-23.3	44.3	28
42	-11.0	48.8	28
43	2.0	50.0	28
44	14.9	47.7	28
45	26.7	42.3	28
46	36.7	33.9	28
47	44.3	23.3	28
48	48.8	11.0	28

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3990.00	-4338.00	0.00	1628.00	0.00
2	-272.00	-4338.00	0.00	1628.00	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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

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	2324.00	-1202.00	0.00
2	1664.00	-1202.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.7 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1,000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	3990.00	-4338.00	0.00	3990.08	-5491.97	6.39	1.27	295.6(33.4)
2	S	-272.00	-4338.00	0.00	-272.30	-4617.30	-0.54	1.06	295.6(33.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Ys 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	0.0	-60.0	0.00277	0.0	-50.0	-0.00450	0.0	50.0
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00250	0.0	-50.0	-0.00752	0.0	50.0

**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	-0.000072735	-0.000864070	----	----
2	0.000000000	-0.000100184	-0.002511053	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Diam. Staffe: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]  
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  $D_{med}$ .  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direzione del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1628.00	2901.53	1810.60	97.4  81.8	109.3	2.500	1.000	20.3	22.6(0.0)
2	S	1628.00	3000.68	1955.77	99.2  88.4	104.7	2.500	1.000	18.8	22.6(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.06	0.0	-60.0	-65.5	0.0	50.0	976	55.4
2	S	6.90	0.0	-60.0	-84.6	0.0	50.0	1188	61.6

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Spalla\_Sez2\_rev1**

(Percorso File: \L4\_VI01\_02\_Barbaiani\modelli\l4\_sottostrutture\Pali\_rev1\Spalla\_Sez2\_rev1.sez)

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: EC2/EC8  
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: C32/40  
Resis. compr. di progetto fcd: 18.810 MPa  
Resis. compr. ridotta  $v_1 \cdot f_{cd}$ : 9.405 MPa cfr.(6.9)EC2  
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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	48.5	-35.3
2	35.3	-48.5
3	18.5	-57.1
4	0.0	-60.0
5	-18.5	-57.1
6	-35.3	-48.5
7	-48.5	-35.3
8	-57.1	-18.5
9	-60.0	0.0
10	-57.1	18.5
11	-48.5	35.3
12	-35.3	48.5
13	-18.5	57.1
14	0.0	60.0
15	18.5	57.1
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.0	0.0	28
2	48.3	-12.9	28
3	43.3	-25.0	28
4	35.4	-35.4	28
5	25.0	-43.3	28
6	12.9	-48.3	28
7	0.0	-50.0	28
8	-12.9	-48.3	28
9	-25.0	-43.3	28
10	-35.4	-35.4	28
11	-43.3	-25.0	28
12	-48.3	-12.9	28
13	-50.0	0.0	28

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani

14	-48.3	12.9	28
15	-43.3	25.0	28
16	-35.4	35.4	28
17	-25.0	43.3	28
18	-12.9	48.3	28
19	0.0	50.0	28
20	12.9	48.3	28
21	25.0	43.3	28
22	35.4	35.4	28
23	43.3	25.0	28
24	48.3	12.9	28
25	50.0	-2.0	28
26	47.7	-14.9	28
27	42.3	-26.7	28
28	33.9	-36.7	28
29	23.3	-44.3	28
30	11.0	-48.8	28
31	-2.0	-50.0	28
32	-14.9	-47.7	28
33	-26.7	-42.3	28
34	-36.7	-33.9	28
35	-44.3	-23.3	28
36	-48.8	-11.0	28
37	-50.0	2.0	28
38	-47.7	14.9	28
39	-42.3	26.7	28
40	-33.9	36.7	28
41	-23.3	44.3	28
42	-11.0	48.8	28
43	2.0	50.0	28
44	14.9	47.7	28
45	26.7	42.3	28
46	36.7	33.9	28
47	44.3	23.3	28
48	48.8	11.0	28

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4088.96	-950.00	0.00	700.00	0.00
2	-173.04	-950.00	0.00	700.00	0.00

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

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	2422.96	-263.23	0.00
2	1762.96	-263.23	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.7 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4088.96	-950.00	0.00	4088.98	-5504.40	5.90	5.79	295.6(33.4)
2	S	-173.04	-950.00	0.00	-172.84	-4644.73	-1.33	4.89	295.6(33.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Xc max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Xs min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Xs max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Ys 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	0.0	-60.0	0.00278	0.0	-50.0	-0.00445	0.0	50.0
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00251	0.0	-50.0	-0.00742	0.0	50.0

**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	-0.000072307	-0.000838398	----	----
2	0.000000000	-0.000099314	-0.002458862	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.0 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 compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	700.00	2897.24	1205.49	97.4  81.7	109.3	2.500	1.000	8.8	15.1(0.0)
2	S	700.00	2996.39	1302.10	99.2  88.3	104.7	2.500	1.000	8.1	15.1(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.58	0.0	-60.0	10.5	0.0	50.0	----	----
2	S	2.16	0.0	-60.0	4.2	0.0	50.0	----	----

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Spalla\_Se3\_rev1**

(Percorso File: \L4\_VI01\_02\_Barbaiani\modelli\l4\_sottostrutture\Pali\_rev1\Spalla\_Se3\_rev1.sez)

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro  
Normativa di riferimento: EC2/EC8  
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: C32/40  
Resis. compr. di progetto fcd: 18.810 MPa  
Resis. compr. ridotta v1\*fcd: 9.405 MPa cfr.(6.9)EC2  
Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

	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
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
<b>ACCIAIO -</b>	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	48.5	-35.3
2	35.3	-48.5
3	18.5	-57.1
4	0.0	-60.0
5	-18.5	-57.1
6	-35.3	-48.5
7	-48.5	-35.3
8	-57.1	-18.5
9	-60.0	0.0
10	-57.1	18.5
11	-48.5	35.3
12	-35.3	48.5
13	-18.5	57.1
14	0.0	60.0
15	18.5	57.1
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.1	0.0	24
2	48.4	-13.0	24
3	43.4	-25.1	24
4	35.4	-35.4	24
5	25.1	-43.4	24
6	13.0	-48.4	24
7	0.0	-50.1	24
8	-13.0	-48.4	24
9	-25.1	-43.4	24
10	-35.4	-35.4	24



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

11	-43.4	-25.1	24
12	-48.4	-13.0	24
13	-50.1	0.0	24
14	-48.4	13.0	24
15	-43.4	25.1	24
16	-35.4	35.4	24
17	-25.1	43.4	24
18	-13.0	48.4	24
19	0.0	50.1	24
20	13.0	48.4	24
21	25.1	43.4	24
22	35.4	35.4	24
23	43.4	25.1	24
24	48.4	13.0	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	20.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

**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	4261.43	-900.00	0.00	100.00	0.00
2	-0.57	-900.00	0.00	100.00	0.00

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

	N	Mx	My
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	2595.43	-249.38	0.00
2	1935.43	-249.38	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.8	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)

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4261.43	-900.00	0.00	4261.41	-3190.84	0.00	3.55	108.6(33.4)
2	S	-0.57	-900.00	0.00	-0.80	-1951.89	0.00	2.17	108.6(33.4)

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

ec max	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	0.0	-60.0	0.00271	0.0	-50.1	-0.00526	0.0	50.1
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00208	0.0	-50.1	-0.01227	0.0	50.1

**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	-0.000079589	-0.001275333	----	----
2	0.000000000	-0.000143277	-0.005096599	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	100.00	2945.97	926.30	97.8   83.7	108.5	2.500	1.000	1.2	11.3(0.0)
2	N	100.00	2918.58	1051.71	102.2   95.1	94.7	2.500	1.000	1.1	11.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.29	0.0	-60.0	14.8	0.0	50.1	----	----
2	S	2.78	0.0	-60.0	7.0	0.0	50.1	----	----

## 11. APPOGGI E GIUNTI

La strategia di isolamento del manufatto è basata sull'utilizzo di isolatori in neoprene armato ad alto smorzamento.

Il predimensionamento dei dispositivi è stato effettuato con riferimento alle portate stimate in fase di esercizio e sismica, ed alla rigidezza complessiva del sistema, tarata in modo da conferire un adeguato grado di disaccoppiamento.

Le caratteristiche effettive dei dispositivi vengono ricavate dalla produzione in serie di uno dei maggiori produttori nazionali.

Si adottano dispositivi di differenti caratteristiche per le spalle e per la pila centrale.

La tabella seguente riepiloga le proprietà dei singoli dispositivi, e le proprietà complessive del sistema isolato.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Parametri di base (dispositivi HDRB - mescola "N")				
M	1.23E+06	kg		
Tobiiettivo	2			
keff	12.16			
$\xi_{esi}$	15	%		
ag(SLV)	0.235	(g)		
d2esi	234.03	mm		
	spalla	pila		
num.	4	2		
keq	1.71	2.23	kN/mm	rigidezza elastica
$\xi_{eff,i}$	15	15	%	
Proprietà del sistema				
kesi	11.30	kN/mm	= $\Sigma$ keff	
$\xi_{esi}$	15.00	%		
T (keff)	2.07	s		
ag (SLV)	0.227	(g)	ag (SLC)	0.300
d2esi	242.80	mm	d2esi	321.25 mm
F2esi(2)	2743.66	kN	F2esi(2)	3630.14 kN

Tabella 11.1 Caratteristiche isolatori

Qui di seguito la pianta appoggi del manufatto

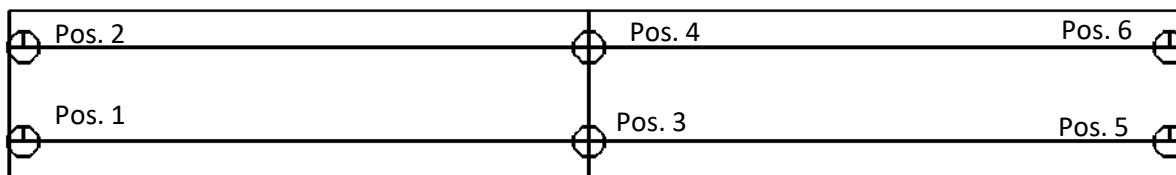


Figura 11.1 Pianta appoggi

Al fine di evitare deformazioni parassite sui dispositivi di vincolo, il calaggio del manufatto sugli appoggi definitivi, ed il relativo inghisaggio, verranno effettuati solamente al termine della posa dei sovraccarichi permanenti.

L'analisi FEM rispecchia questa effettiva fasizzazione, analizzando le fasi 1 e 2a adottando rigidzze orizzontali nulle per tutti i dispositivi.

## 11.1 PORTATE APPOGGI

Le sollecitazioni insistenti sulle apparecchiature di vincolo vengono direttamente dedotte dall'analisi E.F., nelle combinazioni di carico pertinenti, ovvero:

- S.L.U.
- S.L.E. caratteristica
- S.L.E. frequente
- S.L.E. quasi permanente
- Sisma SLD
- Sisma SLV

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

**Sisma SLC**

Di seguito, raccolte in tabelle separate rispettivamente per la fase di esercizio e sismica, si riportano i valori di sollecitazione dedotte rispettivamente max/min  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  dal modello FEM in corrispondenza degli elementi indicati.

Vista la tipologia delle apparecchiature, le sollecitazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicata con  $F_h$ .

**Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase esercizio**

posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	Max $F_h$	Max $F_z$	Max $F_h$	Max $F_z$	Max $F_h$	Max $F_z$	Max $F_h$	Max $F_z$
1	218.04	3420.22	145.81	2522.49	32.00	1886.76	11.84	1030.07
2	218.04	3420.43	145.81	2522.63	32.00	1886.76	11.84	1030.07
3	290.75	9174.94	194.04	6837.22	39.23	5555.48	0.72	4278.63
4	290.76	9174.54	194.05	6836.95	39.23	5555.48	0.72	4278.63
5	221.84	3518.72	148.38	2594.84	32.68	1940.94	11.83	1076.65
6	221.84	3518.92	148.38	2594.97	32.68	1940.94	11.83	1076.65

**Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica**

posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max $F_h$	$F_z$	Max $F_h$	$F_z$	Max $F_h$	$F_z$
1	128.21	1127.08	442.55	1445.31	582.38	1624.97
2	128.72	1127.08	443.10	1445.31	582.93	1624.97
3	153.62	4406.55	565.98	4919.86	748.84	5261.86
4	153.77	4406.55	566.13	4919.86	748.99	5261.86
5	128.96	1180.57	443.96	1510.95	584.07	1691.58
6	128.30	1180.57	443.26	1510.95	583.36	1691.58

Tabella 11.2 Massime sollecitazioni orizzontali e verticali su ciascun appoggio

Ai fini del dimensionamento, nell'intento di uniformare le caratteristiche, si farà riferimento ai seguenti dati prestazionali di "portata".

**Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase esercizio**

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		max $F_h$	max $F_z$	max $F_h$	max $F_z$	max $F_h$	max $F_z$	max $F_h$	max $F_z$
Sp A-B	1-2-5-6	300.00	3600.00	200.00	2600.00	100.00	2000.00	100.00	1100.00
Pila P1	3-4	300.00	9200.00	200.00	6900.00	100.00	5600.00	100.00	4300.00

**Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase sismica**

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max $F_h$	max $F_z$	max $F_h$	max $F_z$	max $F_h$	max $F_z$
Sp A-B	1-2-5-6	200.00	1200.00	500.00	1600.00	600.00	1700.00
Pila P1	3-4	200.00	4500.00	600.00	5000.00	800.00	5300.00

Tabella 11.3 Massime portate per ciascuna tipologia di dispositivo nei vari S.L.

## 11.2 DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI

### 11.2.1 Spostamenti orizzontali

Di seguito si riportano gli spostamenti massimi rilevati in corrispondenza dispositivi, per i vari involuppi.

**Deformazioni massime dispositivi elastomerici (mm) - fase di esercizio e sismica**

posiz.	S.L.U. max $\delta_h$	S.L.E. max $\delta_h$	S.L.E. fr max $\delta_h$	S.L.E. q.p. max $\delta_h$	Sisma SLD max $\delta_h$	Sisma SLV max $\delta_h$	Sisma SLC max $\delta_h$
1	127.51	85.27	18.72	6.92	74.97	258.80	340.57
2	127.51	85.27	18.72	6.92	75.27	259.12	340.90
3	130.38	87.01	17.59	0.32	68.89	253.80	335.80
4	130.39	87.02	17.59	0.32	68.96	253.87	335.87
5	129.73	86.77	19.11	6.92	75.41	259.63	341.56
6	129.73	86.77	19.11	6.92	75.03	259.21	341.15

Tabella 11.4 Massime deformazioni su ciascun dispositivo

Ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ai seguenti valori.

**Deformazioni di progetto dispositivi elastomerici (mm) +/-**

sostegno	posiz.	S.L.U. max $\delta_h$	S.L.E. max $\delta_h$	S.L.E. fr max $\delta_h$	S.L.E. q.p. max $\delta_h$	Sisma SLD max $\delta_h$	Sisma SLV max $\delta_h$	Sisma SLC max $\delta_h$
Sp A-B	1-2-5-6	130.00	87.00	20.00	7.00	76.00	260.00	342.00
Pila P1	3-4	131.00	88.00	18.00	1.00	69.00	254.00	336.00

N.B.: le escursioni indicate si intendono agire per ciascun verso pos / neg

Tabella 11.5 Massime deformazioni di progetto per ciascuna tipologia di dispositivo nei vari S.L.

### 11.2.2 Verifica decompressione

La verifica viene effettuata con diretto riferimento agli involuppi:

S.L.U. STR – max Fz

Gk + Ed - Sisma SLV – max Fz

S.L.E. – max Fz

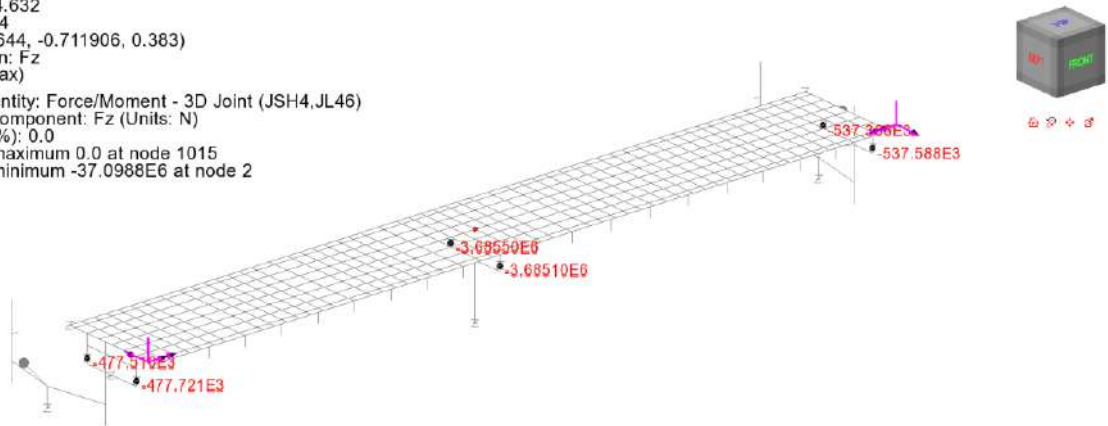
Il valore delle massime reazioni rilevate (minimo valore di compressione) viene riportato direttamente sul modello per tutti i dispositivi. (NB nei diagrammi, le compressioni presentano valore negativo – Fz < 0).



**S.L.U. STR**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 125.44  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fz  
SLU STR (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)  
Peak/value component: Fz (Units: N)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0 at node 1015  
Peak/value minimum -37.0988E6 at node 2

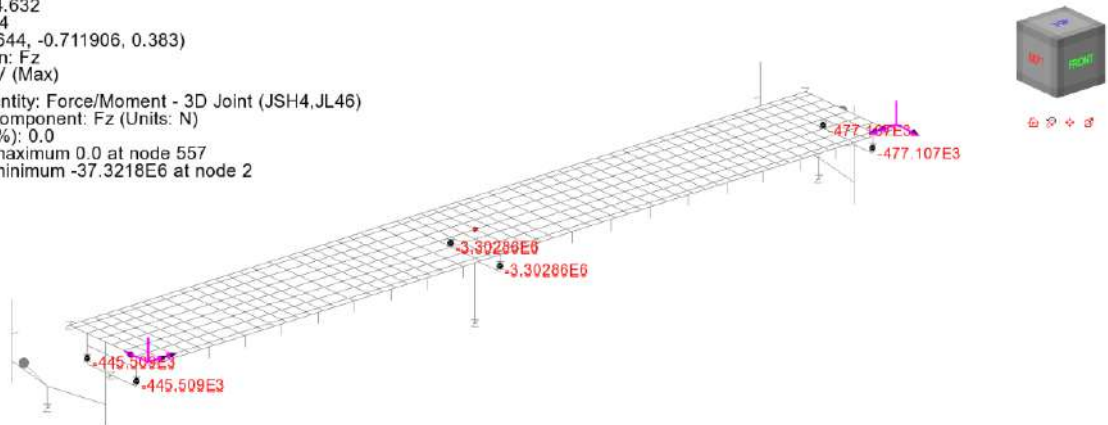


Max N = -478 kN

**Gk + Ed SLV**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 125.44  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)  
Peak/value component: Fz (Units: N)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0 at node 557  
Peak/value minimum -37.3218E6 at node 2

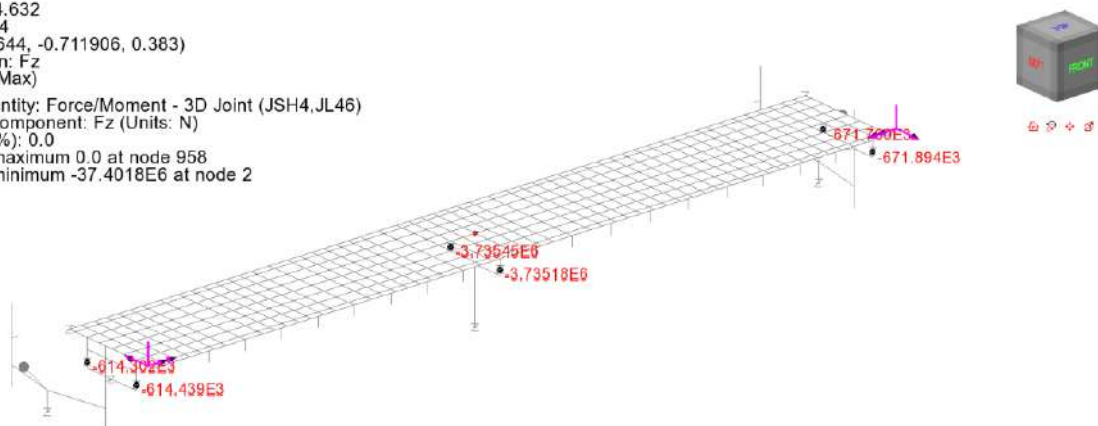


Max N = -446 kN

### S.L.E. caratteristica

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 125.44  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fz  
SLE RARA (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)  
Peak/value component: Fz (Units: N)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0 at node 958  
Peak/value minimum -37.4018E6 at node 2



Max N = -614 kN

I dispositivi di vincolo mostrano la permanenza di un buon grado di compressione in tutti gli S.L. considerati.

#### 11.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC

Le apparecchiature prescelte da catalogo presentano uno spostamento massimo ammissibile pari a 350 mm.

Il confronto di tale valore con il massimo valore SLC rilevato, riporta un soddisfacente rapporto di sfruttamento:

$$\delta_{SLC}/\delta u = 342/350 = 0.98$$

#### 11.2.4 Verifica massime rotazioni

Le massime rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti, tratti direttamente dal modello FEM.

Il numero in rosso evidenzia la massima rotazione positiva, mentre il numero in blu la minima rotazione negativa ricavata dagli involuipi.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

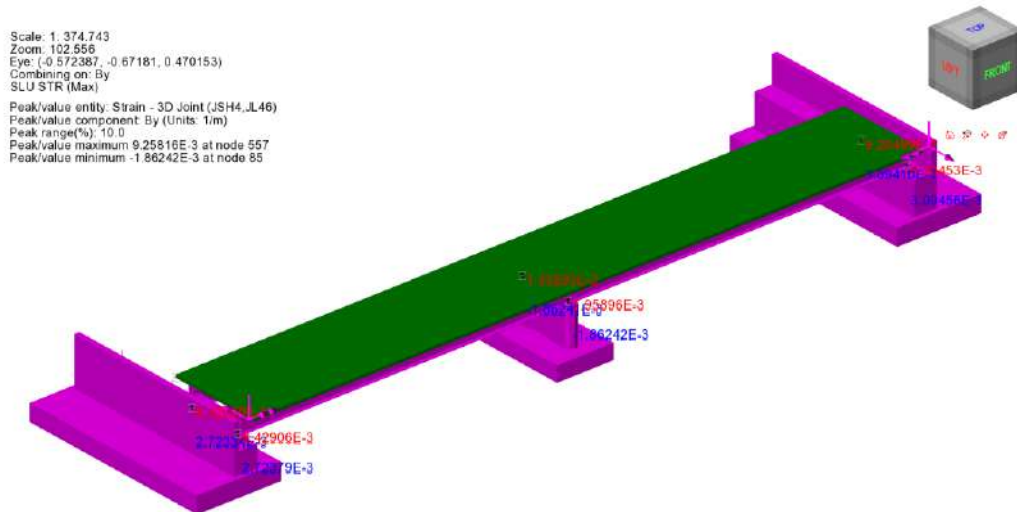


Figura 11.2 Massime Rotazioni By, SLU

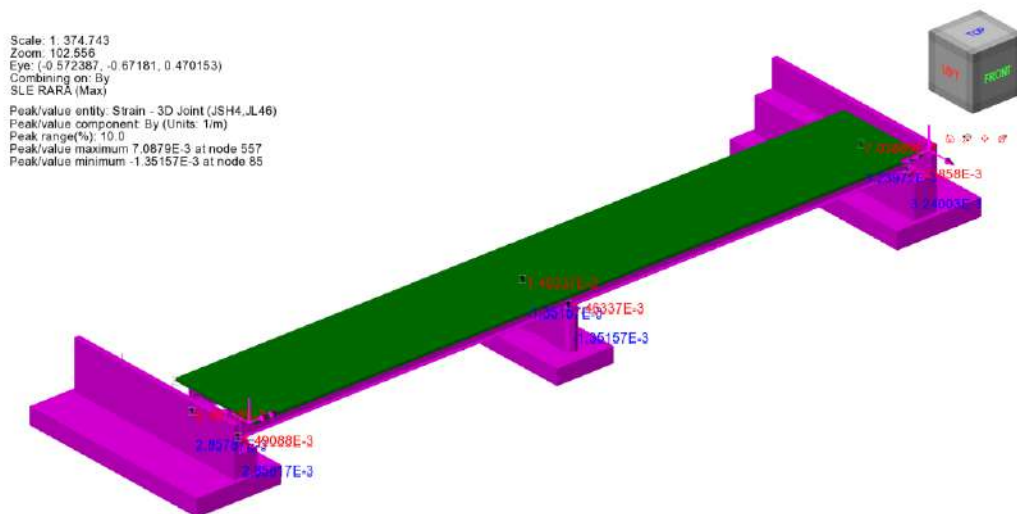


Figura 11.3 Massime Rotazioni By, SLE

I valori di punti vengono rilevati in corrispondenza delle spalle:

S.L.U. : 0.0093 rad

S.L.E.: 0.0071 rad

Tali valori sono al lordo della rotazione iniziale imposta dal precamber delle travi. I valori effettivi delle rotazioni risultano perciò molto minori.

Riferendosi pertanto al limite di 0.01 rad, le rotazioni di progetto dei dispositivi possono essere giudicate pienamente ammissibili.

### 11.2.5 S.L.E. deformazione sotto azione del vento

Le azioni trasversali sono essenzialmente dominate dal quadro deformativo instaurato dall'azione del vento.

Le figure seguenti riportano le massime deformazioni orizzontali rilevate agli appoggi del manufatto in corrispondenza delle combinazioni d'esercizio S.L.E. rara e frequente con vento dominante.

#### S.L.E. rara vento dominante

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 125.44  
Eye: (-0,588644, -0,711906, 0,383)  
Combining on: Ey  
SLE RARA - Vento dom (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ey (Units: m)  
Peak range(%): 0,0  
Peak/value maximum 0,0883856 at node 1015  
Peak/value minimum 0,0 at node 60

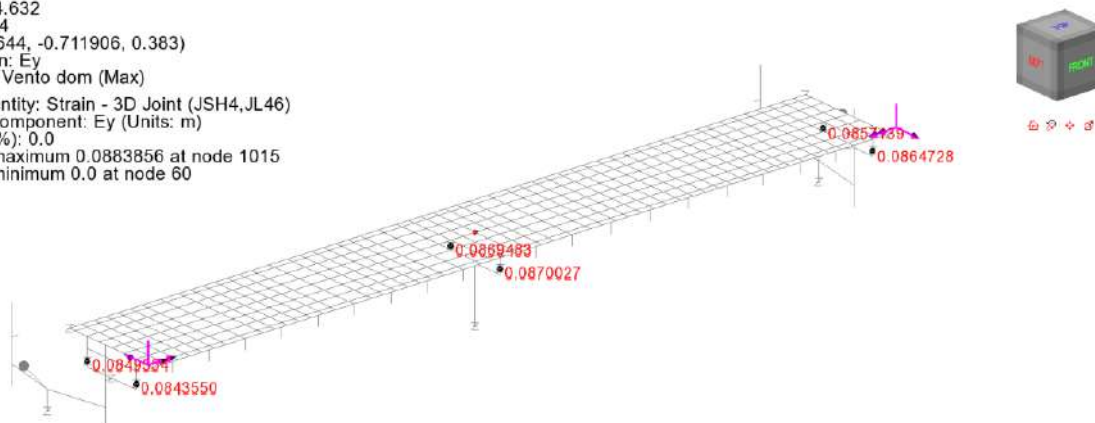


Figura 11.4 Massimo spostamento trasversale Ey, SLE rara

#### S.L.E. frequente – vento dominante

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 125.44  
Eye: (-0,588644, -0,711906, 0,383)  
Combining on: Ey  
SLE FREQ - Vento dom (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ey (Units: m)  
Peak range(%): 0,0  
Peak/value maximum 0,0193461 at node 1015  
Peak/value minimum 0,0 at node 60

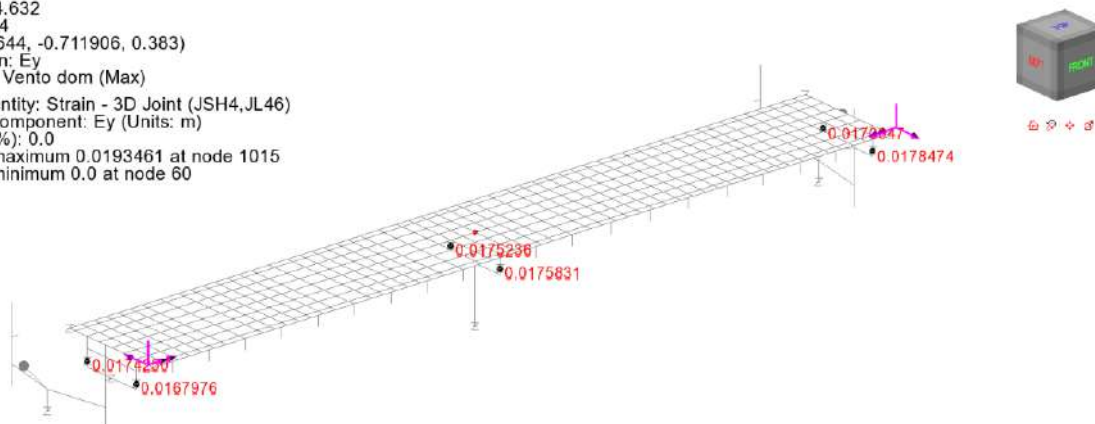


Figura 11.5 Massimo spostamento trasversale Ey, SLE frequente

Come si può notare, il massimo spostamento orizzontale rilevato agli appoggi è risultato:

S.L.E. rara: 88 mm

S.L.E. frequente: 19 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Si evidenzia che i valori rilevati rappresentano un limite superiore degli effettivi spostamenti rilevabili sul manufatto. Infatti, la rigidità dei dispositivi di vincolo ad alta dissipazione presenta, per piccoli spostamenti, un valore generalmente più elevato secondo un rapporto intorno a 1.5/2, maggiore rigidità che contribuisce in pari misura a ridurre le deformazioni orizzontali rilevate per effetto del vento, le quali si ritengono ammissibili.

### 11.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI

#### 11.3.1 Giunti

Le deformazioni massime /minime dei dispositivi di giunto vengono rilevate da specifici elementi "joint" posizionati nel modello FEM in corrispondenza degli angoli della soletta (elementi n. 524, 1086, 525, 1087).

Le tabelle seguenti riportano, per tutti gli S.L. il valore delle escursioni longitudinali in apertura/chiusura.

**Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura)**

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	7	89.19	-72.96	67.30	-53.59	15.22	-1.36	14.25	0.32
SpB	8	90.61	-71.79	68.40	-52.52	16.37	-0.49	15.38	1.22

Tabella 11.6 Corse longitudinali giunti - esercizio

**Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura) - sismica**

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	7	80.11	-65.53	256.70	-242.12	335.13	-320.56
SpB	8	81.16	-64.56	257.54	-240.94	335.88	-319.28

Tabella 11.7 Corse longitudinali giunti - sismica

Le tabelle seguenti riportano i valori di escursione complessiva nelle due direzioni di corsa, così calcolate:

- Escursione longitudinale:  $\max |g + | \min |g |$
- Escursione trasversale:  $\max |tr + | \min |tr |$

**Escursione complessiva giunti (mm) - fase di esercizio**

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		tot $\delta x$	tot $\delta y$	tot $\delta x$	tot $\delta y$	tot $\delta x$	tot $\delta y$	tot $\delta x$	tot $\delta y$
Sp A	7	162.15	256.64	120.89	171.48	16.59	35.56	13.93	1.75
SpB	8	162.40	260.92	120.92	174.33	16.87	16.87	14.17	1.75

Tabella 11.8 Corse lg/trv giunti - esercizio

**Escursione complessiva giunti (mm) - fase sismica**

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max $\delta x$	max $\delta y$	max $\delta x$	max $\delta y$	max $\delta x$	max $\delta y$
Sp A	7	145.64	129.33	498.82	473.20	655.69	625.67
SpB	8	145.72	133.92	498.48	490.16	655.16	648.10

Tabella 11.9 Corse lg/trv giunti - sismica

Il dimensionamento della corsa complessiva dei giunti viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.  
S.L.E. caratteristico

Sisma SLD

La tabella seguente riporta quindi il valore di dimensionamento assegnato alle apparecchiature; si  
riporta anche il valore SLV, per il quale è ammesso il locale danneggiamento del dispositivo di giunto.

Escursione giunti (mm)

sostegno	posiz.	S.L.E. car.				Sisma SLD				Sisma SLV (*)			
		$\delta x$ pos	$\delta x$ neg	tot $\delta x$	tot $\delta y$	$\delta x$ pos	$\delta x$ neg	tot $\delta x$	tot $\delta y$	$\delta x$ pos	$\delta x$ neg	tot $\delta x$	tot $\delta y$
Sp A	7	70.00	-60.00	130.00	180.00	90.00	-70.00	150.00	130.00	260.00	-250.00	500.00	480.00
Sp B	8	70.00	-60.00	130.00	180.00	90.00	-70.00	150.00	140.00	260.00	-250.00	500.00	500.00

(\*) tollerato danneggiamento locale del dispositivo in fase sismica SLV  
N.B.: POS = APERTURA / NEG = CHIUSURA

Tabella 11.10 Dimensionamento escursioni giunti

Si sottolinea che il valore "complessivo" indicato, sottintende la necessità di procedere alla  
prerogolazione del dispositivo, prima della sua posa in opera.

Qualora non si intendesse procedere alla prerogolazione, si dovrà dimensionare il giunto per una corsa  
complessiva pari al doppio del massimo valore assoluto rispettivamente in chiusura/apertura.

Tale operazione dovrà avvenire sotto controllo della temperatura ambientale. I valori indicati sono  
riferiti ad una temperatura media di posa pari a 15°C.

### 11.3.2 Varchi

Il dimensionamento del varco giunti viene effettuato con riferimento alla massima escursione "in  
chiusura" rilevata in corrispondenza del più sfavorevole tra i seguenti S.L.:

- S.L.U. max esc. "chiusura" = 73 mm
- Gk + Ed S.L.C. max esc. "chiusura" = 320.5 mm

Il minimo varco strettamente necessario risulta pertanto pari a:

$$\Delta = 320.5 \text{ mm}$$

Le carpenterie verranno predisposte considerando un varco effettivo ragionevolmente più ampio, pari  
a 330 mm.

## 12. VALUTAZIONI PER VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI

### 12.1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

Il comportamento globale della struttura è fortemente influenzato dalla presenza degli dispositivi di  
vincolo ad alta dissipazione che, ai fini delle analisi e delle conseguenti verifiche, sono stati implementati  
attraverso le opportune caratteristiche equivalenti "nominali".

Nello spirito di quanto indicato da NTC2008, obiettivo del presente capitolo è la valutazione delle  
ripercussioni sulla struttura di eventuali variazioni delle predette caratteristiche che, come previsto dalle  
pertinenti norme di prodotto, possono variare entro prefissati "range" in conseguenza ai seguenti effetti:

- Tolleranza di produzione



- Invecchiamento
- Temperatura di esercizio

Per la tipologia di dispositivi previsti, si valutano quindi gli effetti di una variazione complessiva delle rigidità equivalenti per i suddetti effetti, determinando per tale parametro un valore "Upper Bound" ed un "Lower Bound"

Non essendo, allo stato attuale del progetto, in possesso dei certificati di prova e/o qualificazione delle apparecchiature effettivamente in via di installazione, per i suddetti parametri si fa preliminare riferimento a quanto previsto da NTC2018, cap. 11, che fissa, in termini generali, le seguenti tolleranze:

- Produzione: +/- 20 %
- Temperatura: +/- 20 %(\*)
- Invecchiamento: +/- 20 % (\*)

Per gli effetti di temperatura ed invecchiamento, come tra l'altro confermato da EN 1998-2, è possibile riferirsi solamente a variazioni di segno "positivo", dato che gli effetti di temperatura ed invecchiamento tendono in generale a fornire solo un incremento di rigidità.

La valutazione dei "bound" upper e lower è stata quindi effettuata combinando le varie tolleranze, seguendo le regole indicate in EN 15129, che prevedono (cfr. 8.2.1.1.) una riduzione al 70 % dei valori inerenti fornitura e temperatura, quando poste in combinazione assieme ai rimanenti effetti (invecchiamento).

Tale regola di combinazione è intesa a tenere conto della scarsa probabilità di sovrapposizione di tutti i valori lower o upper per tutte le apparecchiature installate.

A valle della combinazione, si è quindi valutato il rapporto tra il valore di Upper Bound e Lower Bound, che, come previsto da EN 15129 8.2.1.1. viene limitato al valore massimo 1.8.

Pertanto, con riferimento ai valori di tolleranza indicati poco sopra, i valori del "Design Parameter" della rigidità presenteranno i seguenti "Bounds" (Lower/Upper):

$$UBDP = [1+(0.2 \times 0.7)] \times [1+(0.2 \times 0.7)] \times [1 + 0.2] = 1.56 \text{ DP}$$

$$LBDP = [1-(0.2)] = 0.8 \text{ DP}$$

Dove con DP si è indicato, genericamente, il "Design Parameter" di riferimento, che in questo caso è rappresentato dalla rigidità.

Il rapporto tra massima e minima variazione restituisce  $1.56/0.8 = 1.95$ .

In accordo con EN 15198, si tiene conto della limitazione a 1.8 di tale valore, riducendo il termine maggiormente "disperso", ovvero l'Upper Bound, ottenendo quindi:

$$UBDP = 1.44 \text{ DP}$$

$$LBDP = 0.8 \times \text{DP}$$

Limitando lo studio al comportamento sismico-dinamico della struttura, si effettueranno pertanto due ulteriori analisi considerando le indicate variazioni di rigidità.

Tenendo conto del fatto che, in linea generale, un incremento di rigidità dei dispositivi opera "sfavorevolmente" sul quadro delle sollecitazioni, mentre, inversamente, un suo decremento, opera "sfavorevolmente" sul quadro deformativo si procederà pertanto alle seguenti verifiche:

- Per l'analisi "Upper Bound"

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

- Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda sulle sottostrutture (elevazioni e fondazioni)
  - Confronto con le sollecitazioni di progetto ottenute attraverso l'utilizzo dei valori nominali, valutazione dei nuovi rapporti di sfruttamento ed (eventuale) incremento delle capacità maggiormente influenzate. Verranno prese in esame le seguenti grandezze:
    - Periodo di Vibrazione
    - Sollecitazioni ai baggioli
    - Sollecitazioni al piede sostegni (pile e spalle)
    - Sollecitazioni intradosso fondazione
  - Per l'analisi "Lower Bound"
    - Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda in spostamento
    - Confronto ed eventuale aggiornamento delle capacità in spostamento progettate con riferimento ai valori nominali. Verranno prese in esame le seguenti grandezze:
      - Massima escursione di "Chiusura" in corrispondenza del giunto di dilatazione.
- In sostanza, l'analisi lower bound verrà impiegata per la valutazione della capacità dei varchi giunti.

## 12.2 ANALISI STRUTTURALE

Si richiamano di seguito i valori nominali impiegati nella progettazione:

Dispositivi HDRB – mescola "N":

D=750 mm    H= 341 mm    per le pile     $K_e = 2.23 \text{ kN/mm}$ ,

D=600 mm    H= 337 mm    per le spalle     $K_e = 1.71 \text{ kN/mm}$ ,

Pertanto, si considererà:

Per le pile:

$$K_{e,UB} = 1.44 \times 2.23 = 3.21 \text{ kN/mm}$$

$$K_{e,LB} = 0.8 \times 2.23 = 1.78 \text{ kN/mm}$$

Per le spalle:

$$K_{e,UB} = 1.44 \times 1.71 = 2.46 \text{ kN/mm}$$

$$K_{e,LB} = 0.8 \times 1.71 = 1.37 \text{ kN/mm}$$

### 12.2.1 Analisi "Upper Bound"

#### 12.2.1.1 Periodo di vibrazione

Di seguito il primo modo di vibrare valutato con riferimento ai DP "Upper Bound".

$$T_{UB} = 1.733 \text{ s}$$

$$T_{UB}/T_{Nom} = 1.733 / 2.075 = 0.835$$

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 113.301  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 04 - Fase3  
Loadcase: 9:Vento  
Results file: Barbaianni\_v191\_2\_vl\_orig\_UB-04 - Fase3.mys  
Maximum displacement 0.0609556 at node 532  
Deformation exaggeration: 38.8445

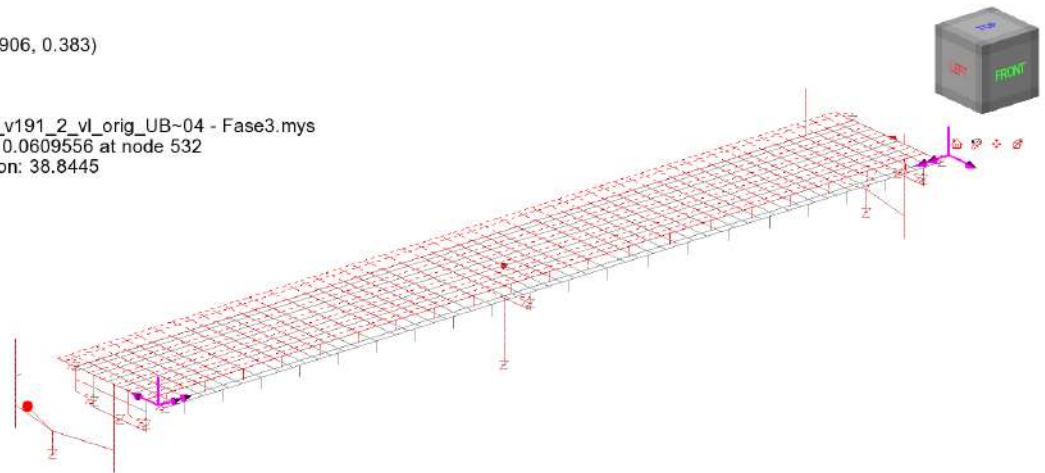


Figura 12.1 Periodo UBDP Analysis

### 12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 113.301  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fh  
Gk + Ed\_SLC (solo per appoggi) (Max)  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Fh  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 7.64582E6 at Gauss point 1 of element 1  
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 524

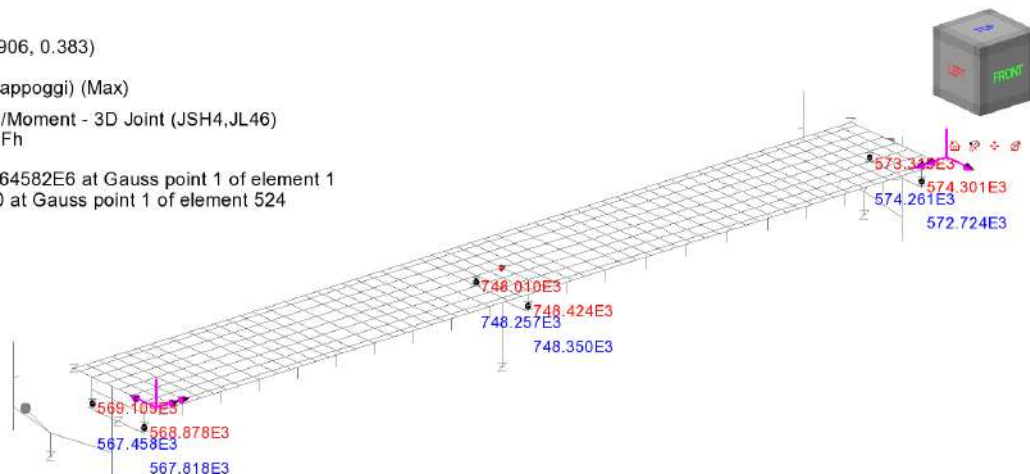


Figura 12.2 Reazioni orizzontali SLC - NomDP Analysis

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 113.301  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fh  
Gk + Ed\_SLC (solo per appoggi) (Max)  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Fh  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 7.64902E6 at Gauss point 1 of element 1  
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 524

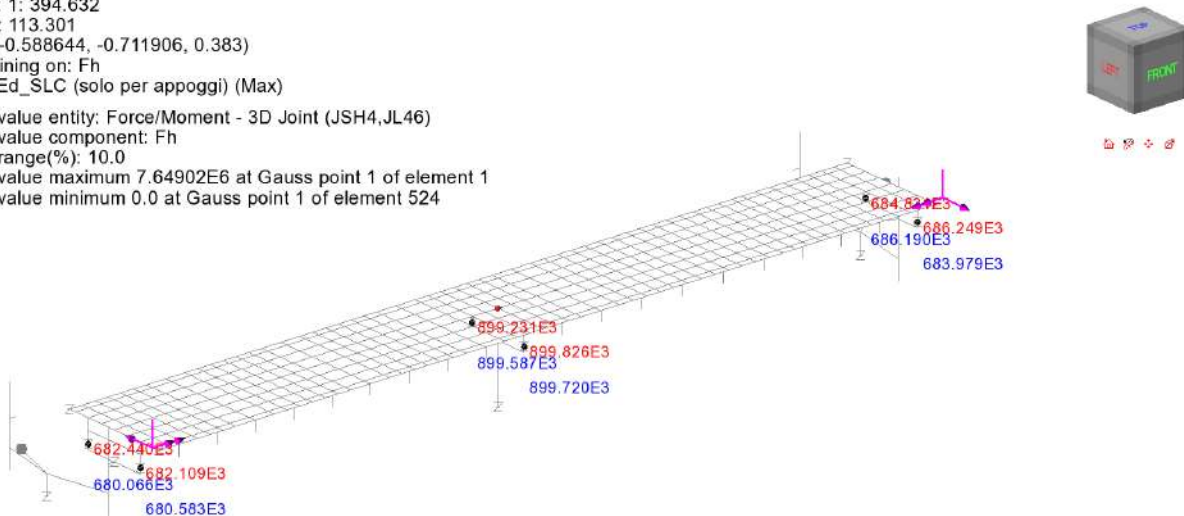


Figura 12.3 Reazioni ai baggioli - UBDP Analysis

Si rileva un incremento dell'azione orizzontale agli appoggi pari a:

$$\eta = 901/749 = 1.20 \quad \text{per i baggioli sulle pile}$$

$$\eta = 704/584 = 1.20 \quad \text{per i baggioli sulle spalle}$$

### 12.2.1.3 Spiccato pila e fondazione pila

In figura si riportano le sollecitazioni rappresentative, per sisma SLV (massimo / minimo momento flettente longitudinale  $M_y$  e trasversale  $M_z$ ) rilevate alla base del fusto pila (elemento 23) ed alla base della fondazione (elemento 7).

Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.

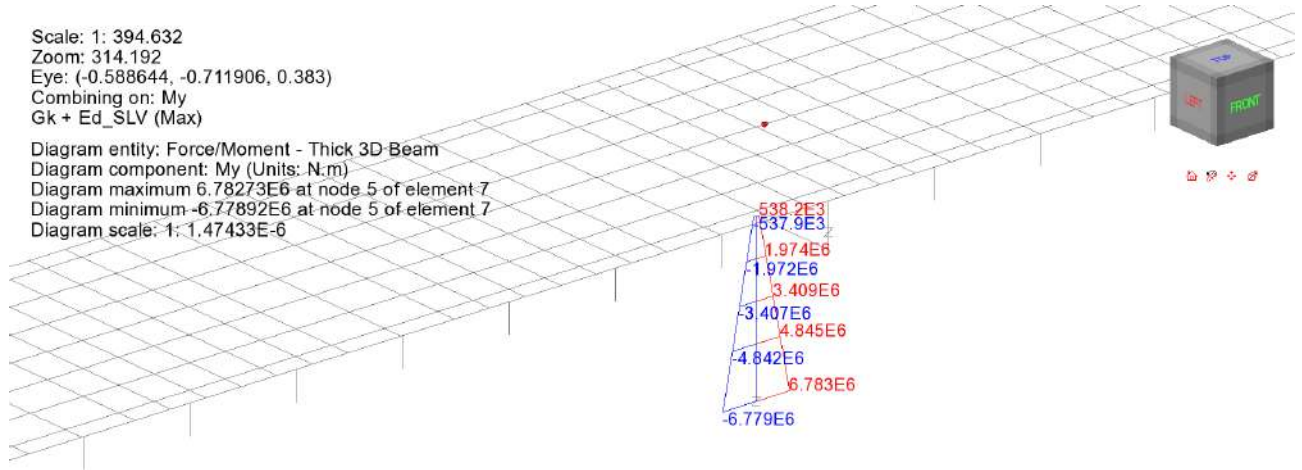


Figura 12.4 My SLV pila - NomDP analysis

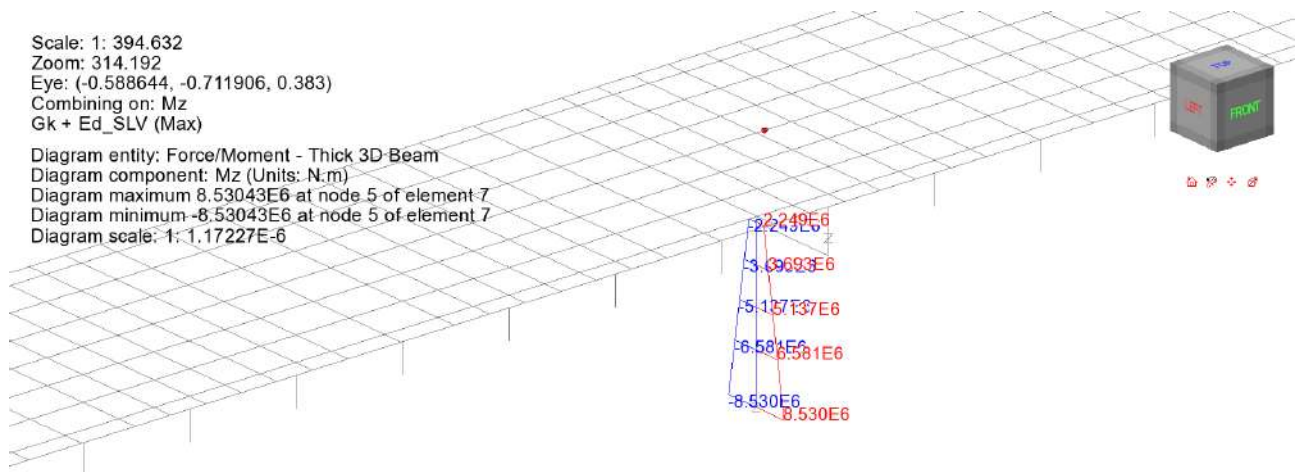


Figura 12.5 Mz SLV pila - NomDP analysis



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

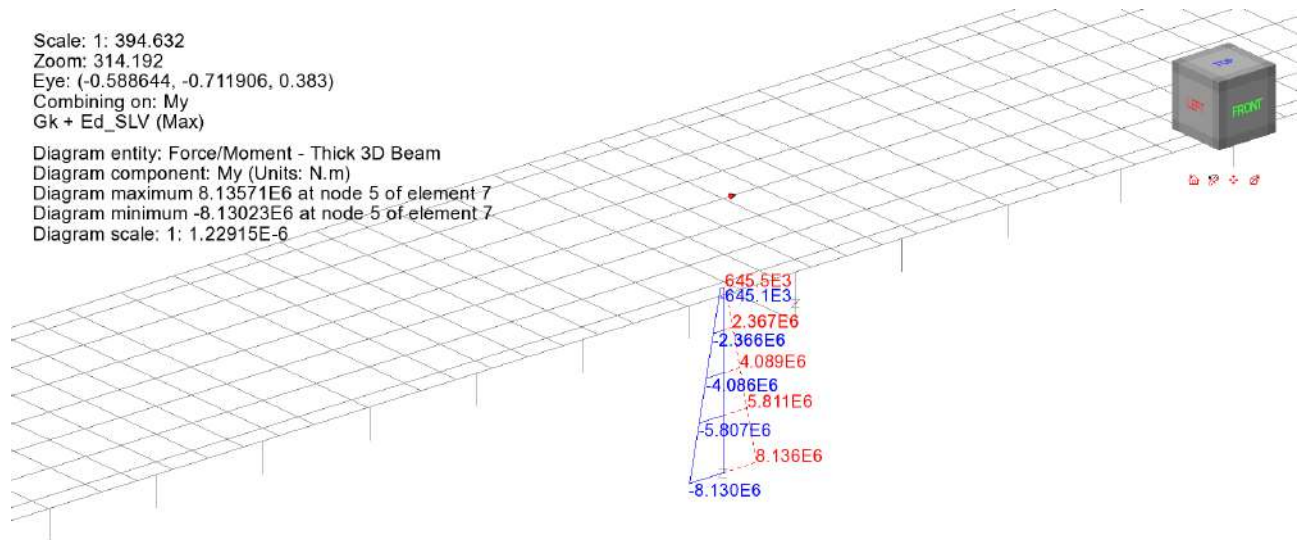


Figura 12.6 My SLV pila - UBDP analysis

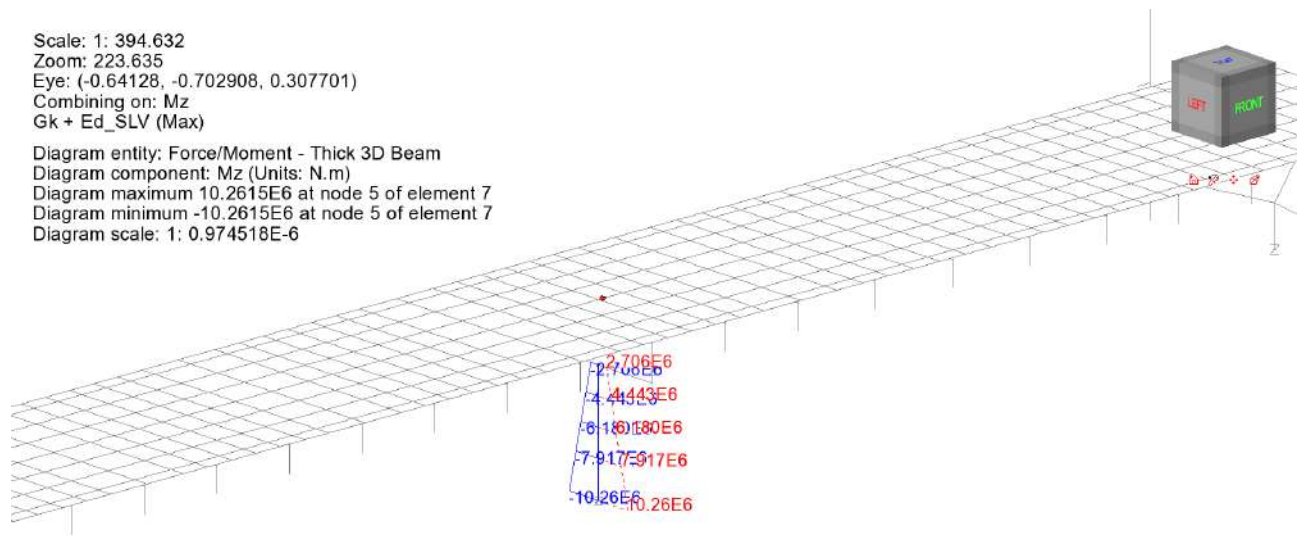


Figura 12.7 Mz SLV pila - UBDP analysis

**12.2.1.4 Spiccato paramento e fondazione spalla**

In figura si riportano le sollecitazioni rappresentative, per sisma SLV (massimo momento longitudinale My) in corrispondenza della spalla 2, che risulta essere quella maggiormente sollecitata.

Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 351.895  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -110.538E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 90.4668E-9

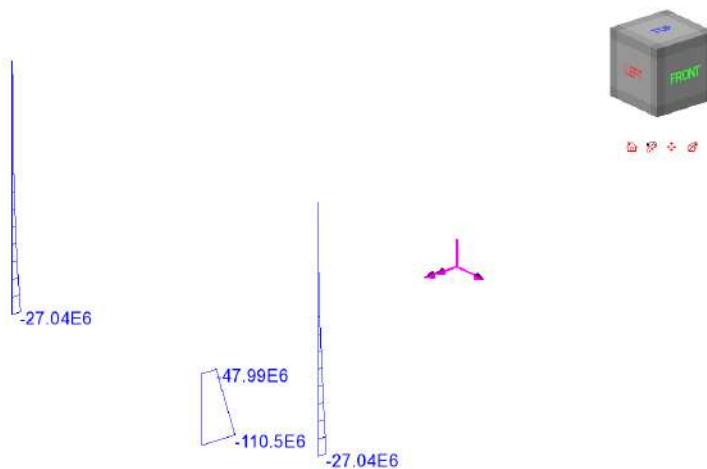


Figura 12.8 My SLV Spalla – NomDP Analysis

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 314.192  
Eye: (-0.761527, -0.635392, 0.12788)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -112.824E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 88.634E-9

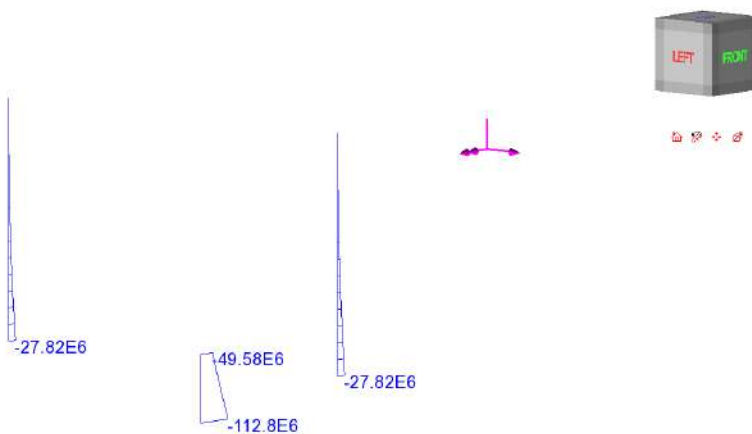


Figura 12.9 My SLV Spalla – UB DP Analysis

**12.2.2 Analisi "Lower Bound"**

**12.2.2.1 Periodo di vibrazione**

Di seguito il primo modo di vibrare valutato con riferimento ai DP "Lower Bound" (LB DP Analysis).

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 126.897  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 06 - modale  
Loadcase: 15: da trasformare in massa, 15: Mode 1 Frequency = 0.431478  
Results file: Barbaiani\_v191\_2\_vl\_orig\_LB-06 - modale.mys  
Eigenvalue: 7.34983  
Natural frequency: 0.431478  
Error norm: 0.324966E-6  
Maximum displacement 0.9159E-3 at node 91  
Deformation exaggeration: 2.58521E3

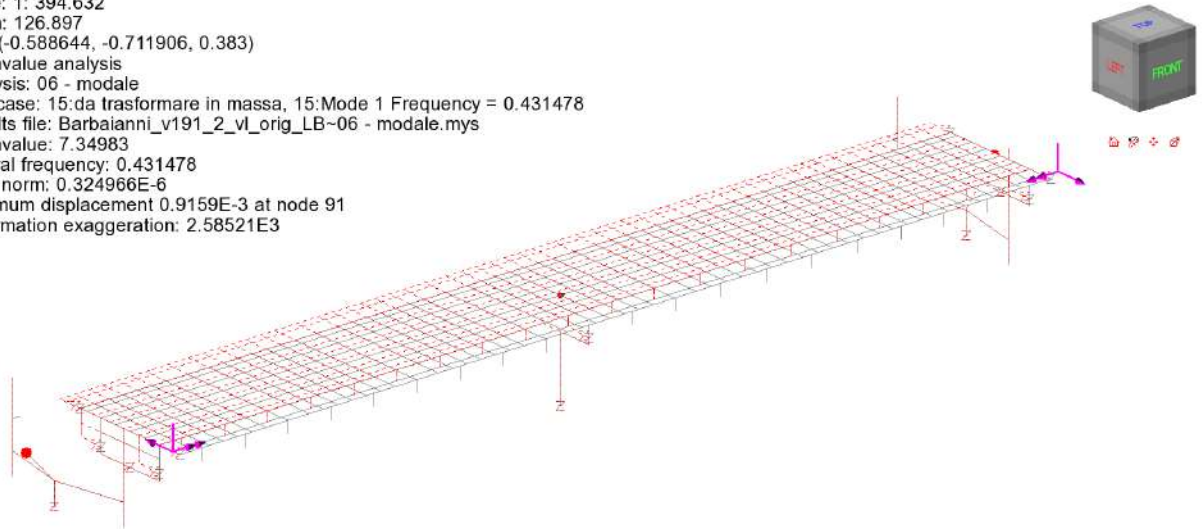


Figura 12.10 Periodo LB

$$T_{LB} = 2.32 \text{ s}$$

$$T_{LB}/T_{Nom} = 2.32 / 2.07 = 1.12$$

### 12.2.2.2 Escursione ai giunti

Di seguito si richiama il valore di massima "chiusura" rilevato al giunto spalla con i DPNominali, ed il valore valutato con riferimento ai DP "Lower Bound".

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 142.124  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

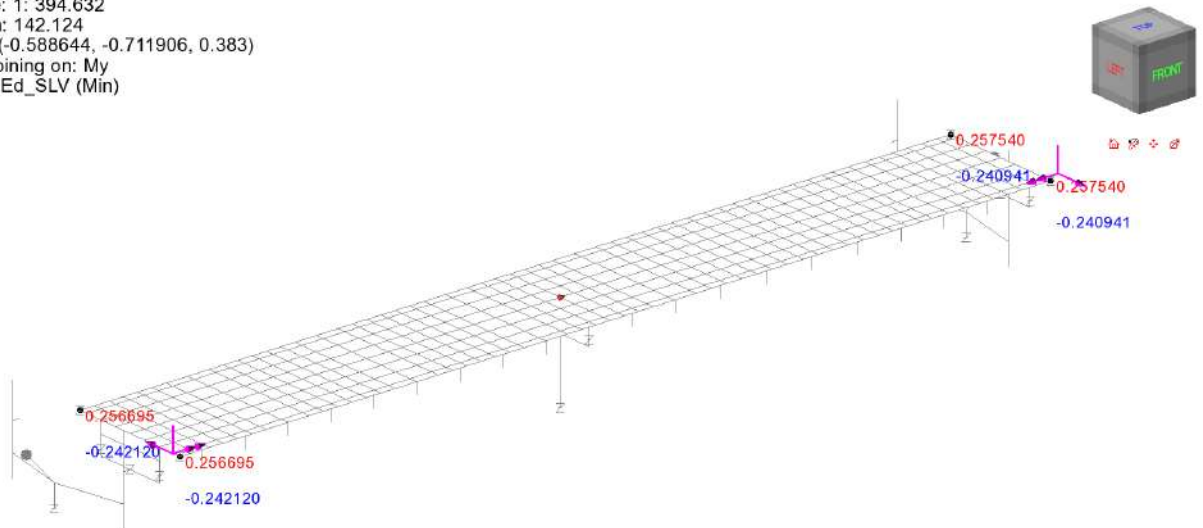


Figura 12.11 Escursione I<sub>g</sub> giunti SLV – NomDP analysis

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

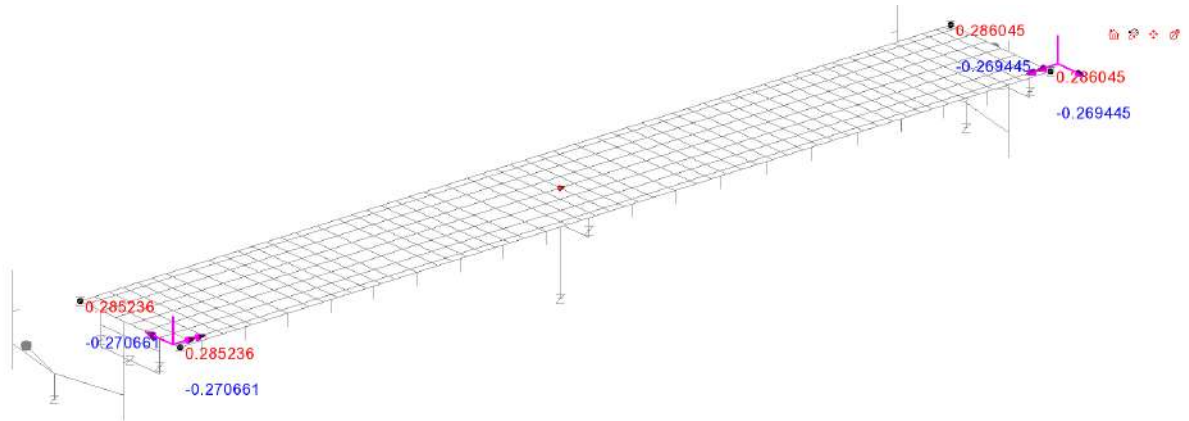


Figura 12.12 Escursione Ig giunti SLV – LBDP analysis

(i valori in rosso in figura indicano la apertura, quelli in blu la chiusura)

Il rapporto dei valori inerenti la "chiusura" rilevata con riferimento ai valori LB rispetto ai valori nominali restituisce:

$$\eta = 271/242 = 1.12$$

### 12.3 CONCLUSIONI

Si è effettuato il confronto delle grandezze maggiormente rappresentative, influenzate dalla potenziale variazione delle caratteristiche di rigidità degli isolatori.

Di seguito la sintesi dei controlli.

#### 12.3.1 Reazioni sui baggioli

Si rileva un incremento della massima reazione SLC all'appoggio del 21 %.

L'influenza di tale variazione è stata valutata sull'esito delle verifiche dei meccanismi resistenti dei baggioli, confermando, nel complesso, l'esito delle verifiche.

In particolare, considerando anche il contributo resistente indotto dalla minima componente verticale concomitante, la variazione del rapporto di sfruttamento risulta come segue:

##### Baggioli pile

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 749 / 2572 = 0.29 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 901 / 2529 = 0.36 \quad \text{analisi UBDP}$$

##### Baggioli spalle

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 584 / 955 = 0.61 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 704 / 911 = 0.77 \quad \text{analisi UBDP}$$

### 12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali

Le sollecitazioni lungo la spalla (spiccato paramento e fondazione) risultano dominate dalle azioni originate sulla spalla stessa, dovuta alle spinte ed alle masse in gioco, risultando le azioni trasmesse dall'impalcato di minore rilievo.

Per questo motivo, l'incremento di sollecitazione trasmesse dall'impalcato induce sul comportamento flessionale longitudinale della spalla variazioni molto limitate.

Il rapporto tra le sollecitazioni "Upper Bound" e quelle ricavate sulla base dei valori nominali risulta:

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 27.8/27 = 1.03 \quad \text{per lo spiccato paramento}$$

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 112.8/110.5 = 1.02 \quad \text{per l'intradosso fondazione}$$

In ambedue i casi, si tratta pertanto di variazioni particolarmente limitate, e non in grado di influenzare i rapporti di sfruttamento ricavati in fase di verifica, rispettivamente per gli elementi strutturali di elevazione e fondazione e, rispettivamente, per le sottofondazioni.

### 12.3.3 Sollecitazioni pila

#### 12.3.3.1 Fusto pila

Le sollecitazioni sulla pila 1 rilevano, come prevedibile, un incremento delle sollecitazioni sismiche paragonabile percentualmente a quello rilevato in corrispondenza degli appoggi, data la limitata snellezza della pila.

Per lo spiccato fusto, il rapporto tra i valori flettenti rilevati nell'analisi UB e quelli rilevati dall'analisi con valori nominali risulta:

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 5807 / 4842 = 1.20$$

$$M_{z,UB} / M_{z,NOM} = 7917 / 6581 = 1.20$$

Esaminando i risultati delle verifiche riportati in 10.1.1., con particolare riferimento ai risultati contenuti nei tabulati di RC-Sec inerenti le verifiche per tensioni normali in fase sismica (n. comb. da 7 a 12), si rileva la presenza di un coefficiente di sicurezza minimo pari a 2.26, in grado di soddisfare ampiamente la maggiore "domanda" indotta da un incremento della rigidità degli isolatori.

Il valore di  $V_{Rc,d}$  risulta anch'esso ampiamente in grado di sopperire all'incremento delle azioni taglianti.

#### 12.3.3.2 Platea

Le verifiche sugli elementi della platea sono condizionate dalle azioni assiali S.L.U. non sismiche nei pali, che risultano in questo caso dimensionanti, e scarsamente sensibili alla variazione di rigidità degli isolatori.

#### 12.3.3.3 Pali

Qui di seguito si riportano, limitatamente alla condizione sismica, i valori degli sforzi assiali nei pali, al netto dell'incremento per considerare la presenza del rinterro al di sopra della platea di fondazione, rispettivamente per l'analisi con valori nominali (per la quale si richiamano i valori tabellari riportati in relazione) e per l'analisi "upper bound".

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	Np5	Np6	
Ed SLV max N	-2585.77	-2443.59	-2301.42	-1581.81	-1439.64	-1297.47	
Ed SLV min N	-1663.78	-1805.95	-1948.13	-2668.22	-2810.39	-2952.57	
Ed SLV max My	-2620.10	-2477.93	-2335.76	-1615.82	-1473.65	-1331.47	
Ed SLV min My	-1627.19	-1769.36	-1911.54	-2632.04	-2774.21	-2916.39	
Ed SLV max Mx	-2660.39	-2186.47	-1712.56	-2359.26	-1885.34	-1411.43	-1297.47
Ed SLV min Mx	-1589.16	-2063.07	-2536.98	-1890.78	-2364.69	-2838.60	-2952.57

Tabella 12.1 Sforzi normali nei pali - sisma SLV - NomDP

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	Np5	Np6	
Ed SLV max N	-2714.36	-2543.34	-2372.31	-1510.36	-1339.33	-1168.31	
Ed SLV min N	-1535.17	-1706.20	-1877.22	-2739.88	-2910.90	-3081.93	
Ed SLV max My	-2748.96	-2577.94	-2406.91	-1544.49	-1373.46	-1202.44	
Ed SLV min My	-1498.21	-1669.24	-1840.26	-2703.50	-2874.53	-3045.55	
Ed SLV max Mx	-2786.63	-2216.54	-1646.46	-2425.51	-1855.42	-1285.34	-1168.31
Ed SLV min Mx	-1472.22	-2042.31	-2612.39	-1834.24	-2404.33	-2974.41	-3081.93

Tabella 12.2 Sforzi normali nei pali - sisma SLV - UBDP

Come si può notare dall'esame dei risultati, l'incremento di sollecitazione indotto sul fusto pila, si riflette in un incremento sulle azioni nei pali piuttosto limitato.

Confrontando i valori massimi di azione assiale in fase sismica, si rileva:

$$N_{\max,UB} / N_{\max,NomDP} = 3082 / 2953 = 1.04$$

Tale incremento, molto limitato non è significativo ai sensi della misura della sicurezza, in quanto le azioni dimensionanti risultano afferire alla combinazione S.L.U. non sismica, non sensibile alle variazioni di rigidità dei dispositivi.

### 12.3.4 Spostamenti ai giunti

Si rileva un incremento del quadro deformativo sotto sisma di circa il 12 %, con un valore massimo in "chiusura" del varco giunti pari a 270 mm.

Si evidenzia che gli spostamenti rilevati in condizioni LB per sisma SLV risultano comunque pienamente compatibili con il varco prescelto, che risulta essere di 310 mm.

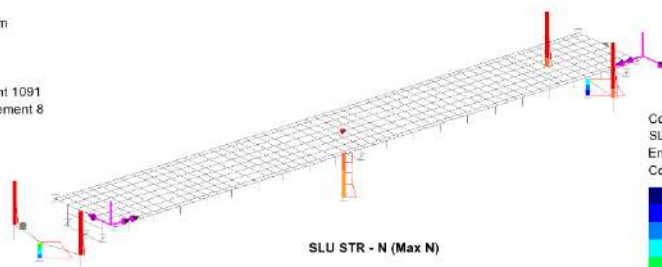
Per quanto riguarda il dimensionamento del giunto, nell'ipotesi di ammettere il danneggiamento locale dell'apparecchiatura in fase sismica, l'incremento risulta ininfluente.

## ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI

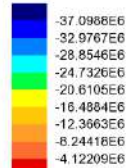
### Sollecitazioni in elevazione

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0,588644, -0,711906, 0,383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37,0988E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0,26955E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.12209E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37,0988E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

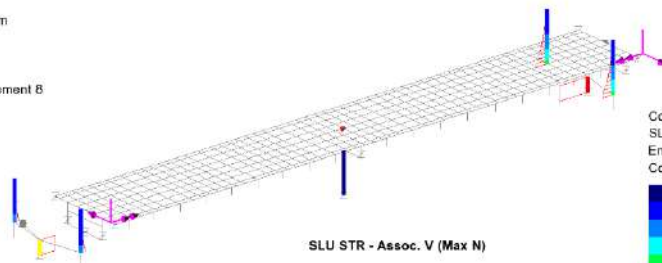


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37,0988E6 at node 3 of element 8

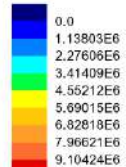


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0,588644, -0,711906, 0,383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10,2417E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0,976396E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1,13803E6  
Contour maximum 10,2417E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 10,2417E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7





**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.532585E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.30236E6  
Contour maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20



SLU STR - Assoc. My (Max N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

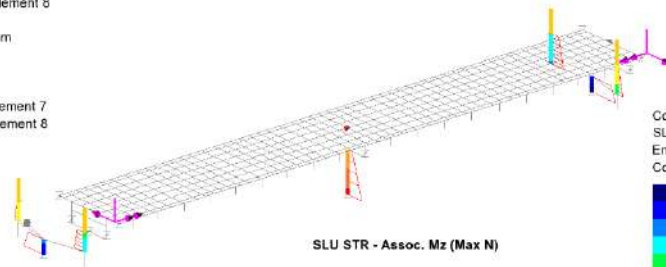


Maximum 18.7764E6 at node 33 of element 22  
Minimum -10.9449E6 at node 20 of element 20



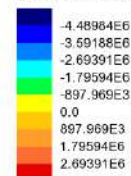
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.95966E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 897.969E3  
Contour maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



SLU STR - Assoc. Mz (Max N)

Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



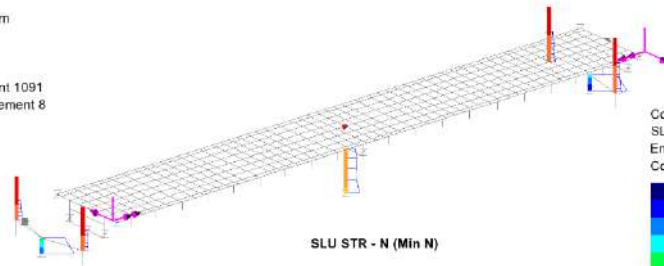
Maximum 2.97878E6 at node 5 of element 7  
Minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



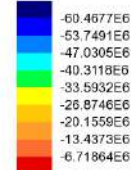
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.165377E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 6.71864E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8



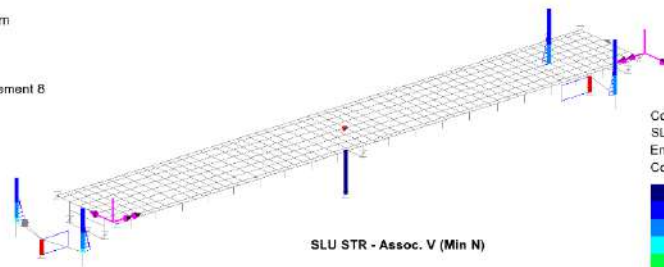
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



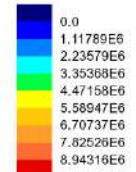
Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -60.4677E6 at node 3 of element 8

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.994003E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.11789E6  
Contour maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

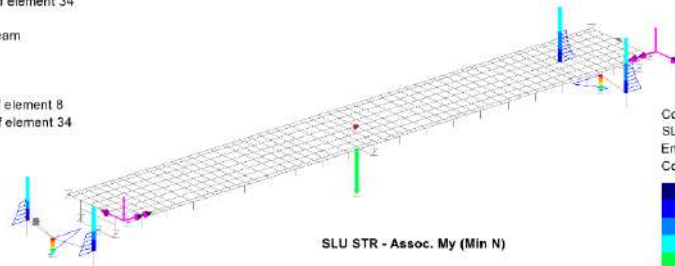


Maximum 10.0603E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34  
Diagram scale: 1: 0.622353E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.76178E6  
Contour maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34



Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

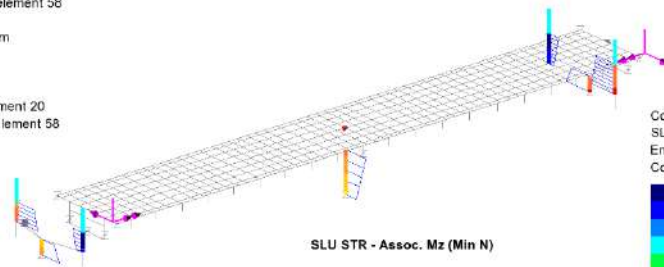


Maximum 16.0681E6 at node 21 of element 8  
Minimum -8.78799E6 at node 32 of element 34



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.0379E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 780.649E3  
Contour maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



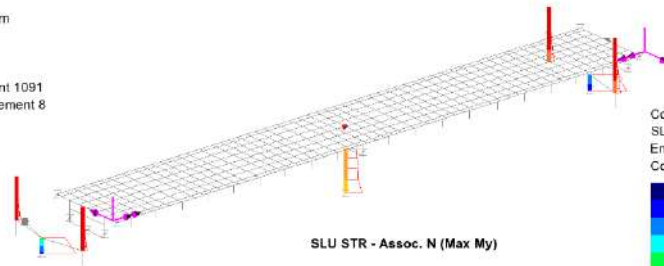
Maximum 4.907E6 at node 20 of element 20  
Minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



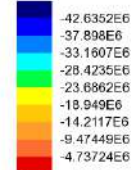
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.234548E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.73724E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

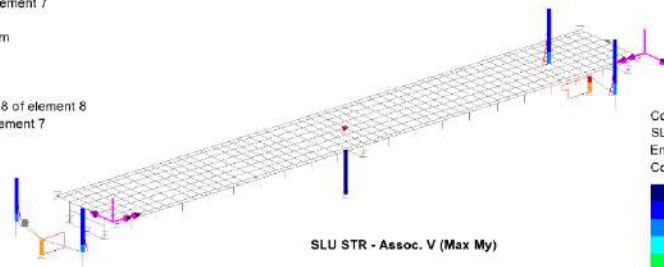


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -42.6352E6 at node 3 of element 8

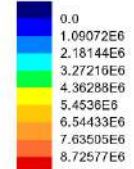


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Diagram minimum -316.813E3 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 1.05267E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.09072E6  
Contour maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Contour minimum -316.813E3 at node 5 of element 7



Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



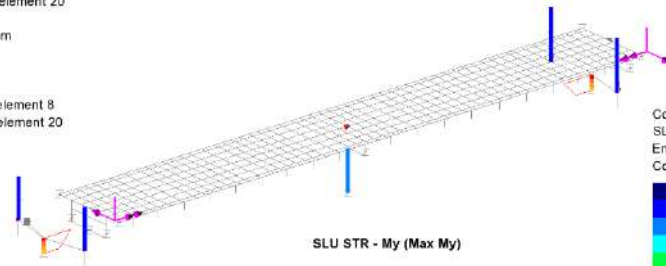
Maximum 9.49967E6 at Gauss point 8 of element 8  
Minimum -316.813E3 at node 5 of element 7



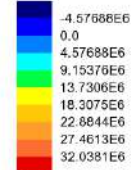
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.273191E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.57688E6  
Contour maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20



Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

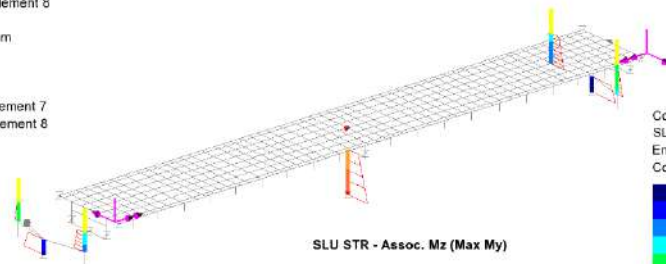


Maximum 36.6045E6 at node 21 of element 8  
Minimum -4.58744E6 at node 20 of element 20

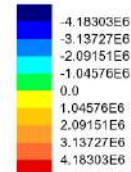


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.95966E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04576E6  
Contour maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 4.30888E6 at node 5 of element 7  
Minimum -5.10294E6 at node 3 of element 8

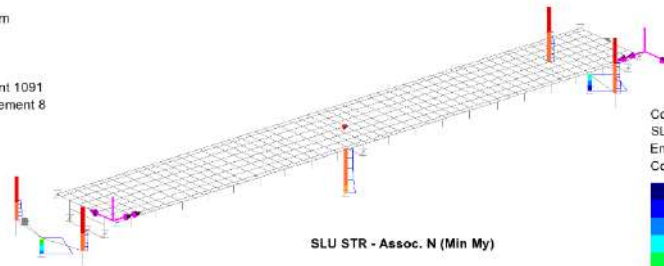




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

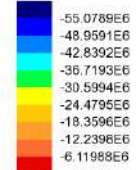
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.181558E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 6.11988E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8



SLU STR - Assoc. N (Min My)

Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

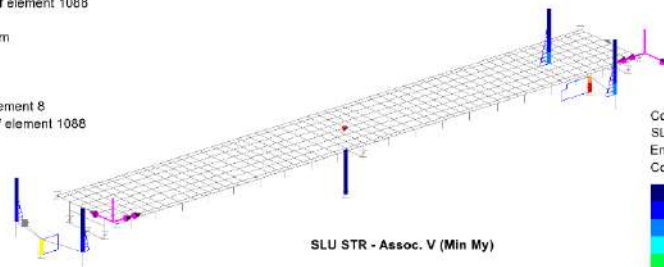


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -55.0789E6 at node 3 of element 8



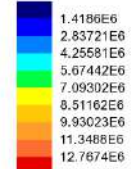
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088  
Diagram scale: 1: 0.762881E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.4186E6  
Contour maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088



SLU STR - Assoc. V (Min My)

Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 12.7733E6 at node 3 of element 8  
Minimum 5.90348E3 at node 1017 of element 1088



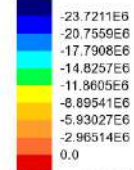


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.381787E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.96514E6  
Contour maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Contour minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

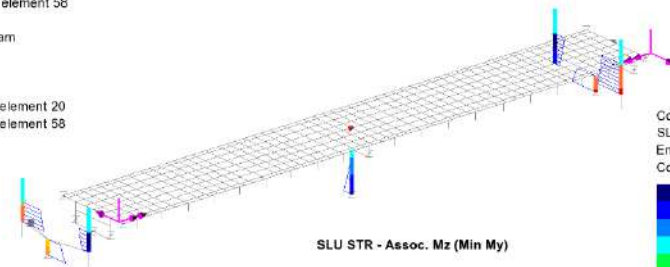


Maximum 493.635E3 at node 33 of element 22  
Minimum -26.1926E6 at node 3 of element 8

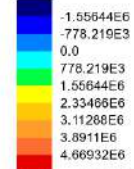


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.04703E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 778.219E3  
Contour maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



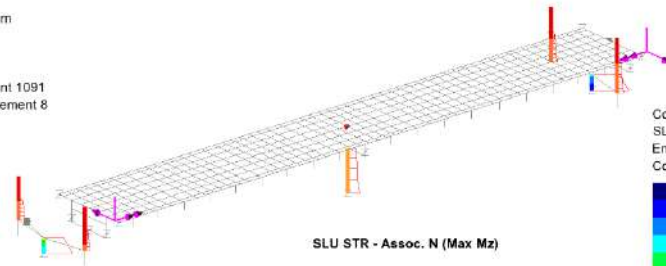
Maximum 4.88514E6 at node 20 of element 20  
Minimum -2.11884E6 at node 73 of element 58



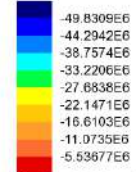
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.200679E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 5.53677E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

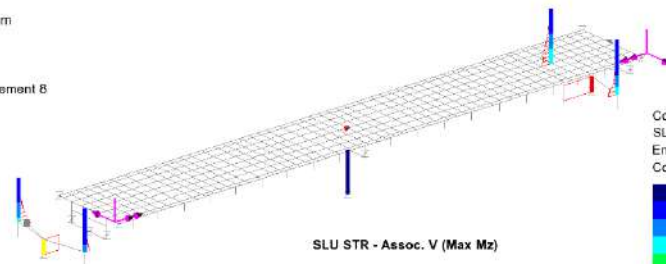


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -49.8309E6 at node 3 of element 8

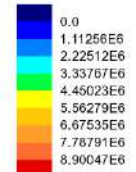


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.996759E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.11256E6  
Contour maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



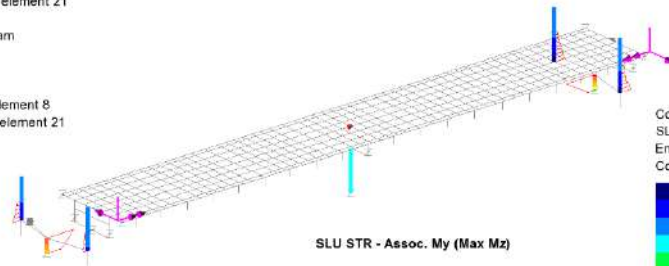
Maximum 10.0123E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.377943E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.10833E6  
Contour maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

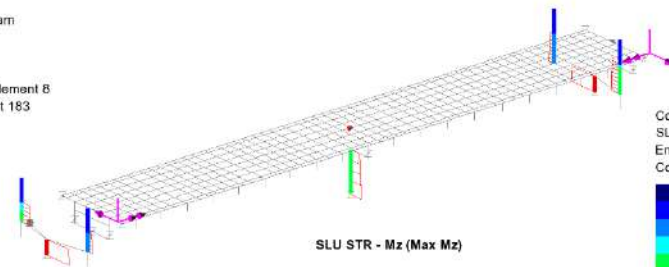
8.21665E6
4.10833E6
0.0
4.10833E6
8.21665E6
12.325E6
16.4333E6
20.5416E6
24.65E6

Maximum 26.459E6 at node 21 of element 8  
Minimum -10.5159E6 at node 22 of element 21



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.36614E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.01817E6  
Contour maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 176 of element 183



Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

0.0
3.01817E6
6.03634E6
9.05452E6
12.0727E6
15.0909E6
18.109E6
21.1272E6
24.1454E6

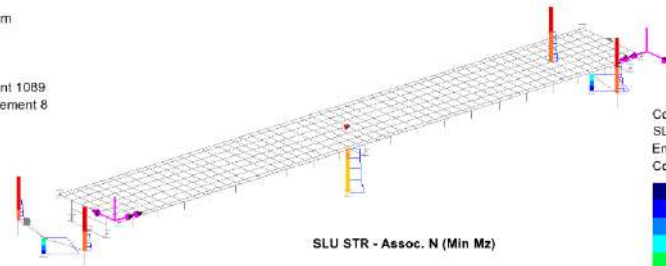
Maximum 27.1636E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 176 of element 183



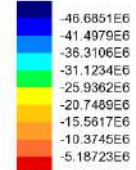
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.214201E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 5.18723E6  
Contour maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Contour minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

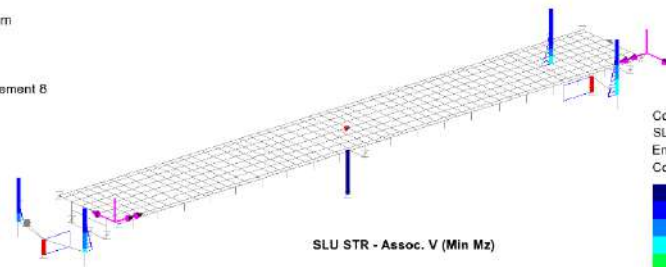


Maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Minimum -46.6851E6 at node 3 of element 8

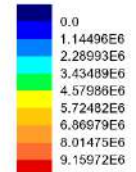


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.970508E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.14496E6  
Contour maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



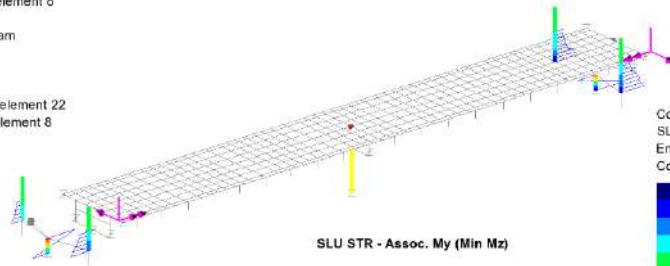
Maximum 10.3039E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.792159E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.74189E6  
Contour maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

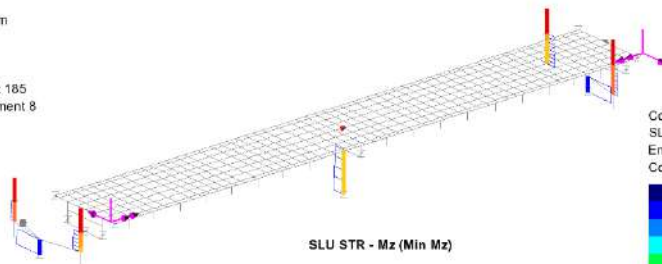


Maximum 12.0533E6 at node 33 of element 22  
Minimum -12.6237E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram minimum -27.705E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.360946E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.07833E6  
Contour maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Contour minimum -27.705E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Minimum -27.705E6 at node 3 of element 8

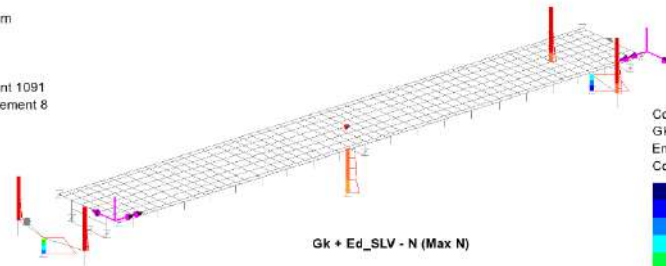




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

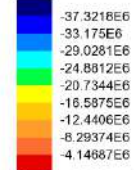
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.26794E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.14687E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8



Gk + Ed\_SLV - N (Max N)

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

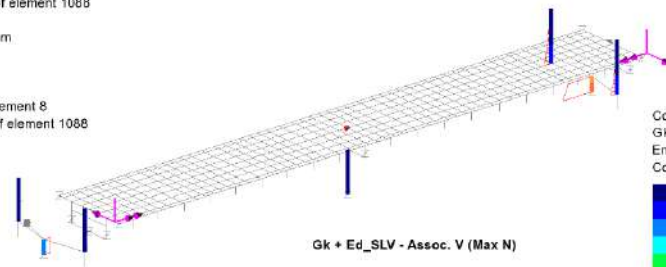


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 30.5602E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088  
Diagram scale: 1: 0.327223E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.39509E6  
Contour maximum 30.5602E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088



Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max N)

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



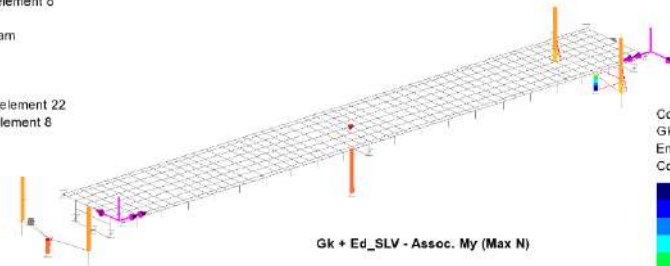
Maximum 30.5602E6 at node 3 of element 8  
Minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088





Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 13.4988E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -85.5895E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.116837E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 11.0098E6  
Contour maximum 13.4988E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -85.5895E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

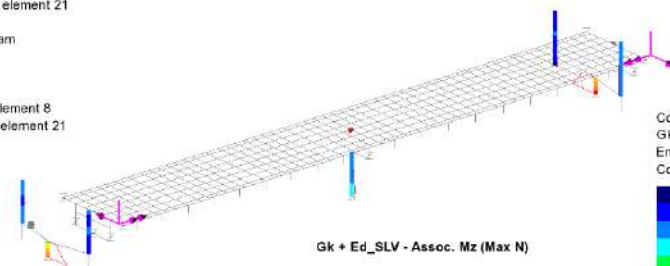


Maximum 13.4988E6 at node 33 of element 22  
Minimum -85.5895E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -2.26581E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.631518E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.01119E6  
Contour maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -2.26581E6 at node 22 of element 21



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



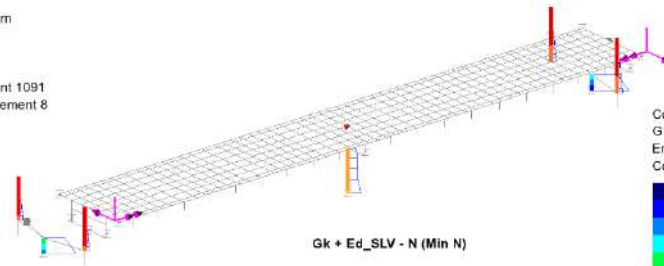
Maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Minimum -2.26581E6 at node 22 of element 21



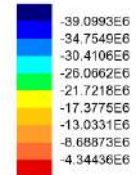
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -39.0993E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.255759E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.34436E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -39.0993E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

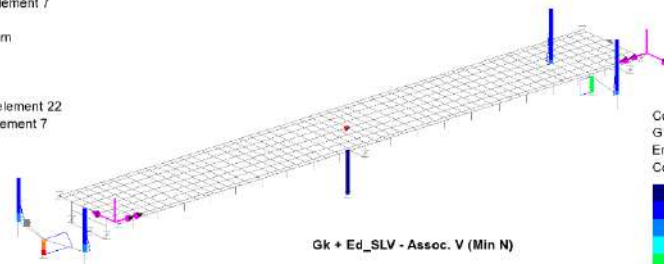


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -39.0993E6 at node 3 of element 8

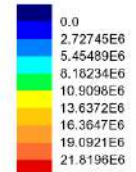


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 23.4708E6 at node 12 of element 22  
Diagram minimum -1.07624E6 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 0.426062E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.72745E6  
Contour maximum 23.4708E6 at node 12 of element 22  
Contour minimum -1.07624E6 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



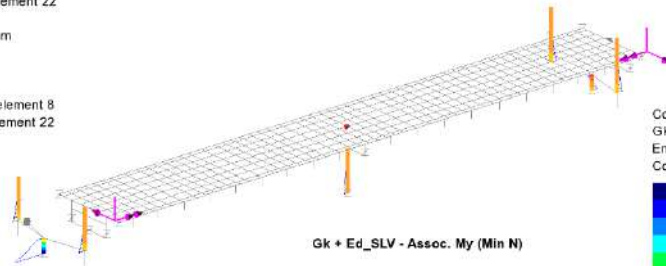
Maximum 23.4708E6 at node 12 of element 22  
Minimum -1.07624E6 at node 5 of element 7



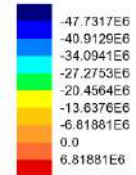
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 7.75827E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -53.611E6 at node 12 of element 22  
Diagram scale: 1: 0.186529E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 6.81881E6  
Contour maximum 7.75827E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -53.611E6 at node 12 of element 22



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

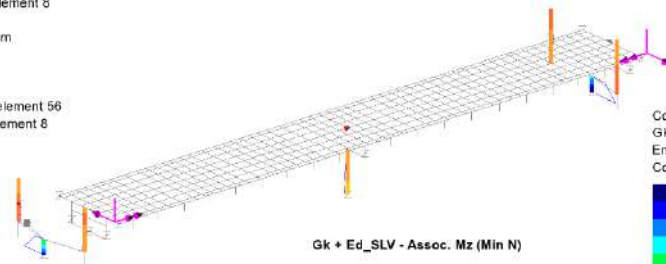


Maximum 7.75827E6 at node 21 of element 8  
Minimum -53.611E6 at node 12 of element 22

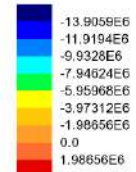


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 2.04418E6 at node 70 of element 56  
Diagram minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.631518E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.98656E6  
Contour maximum 2.04418E6 at node 70 of element 56  
Contour minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



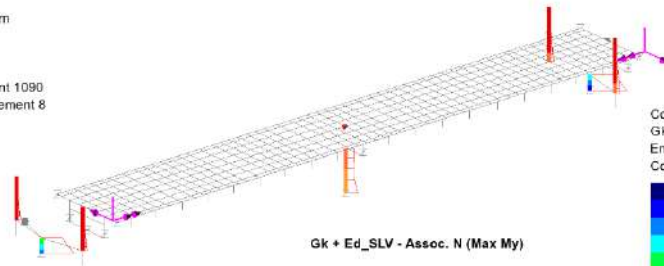
Maximum 2.04418E6 at node 70 of element 56  
Minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

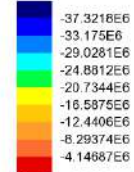
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.26794E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.14687E6  
Contour maximum 0.0 at node 1019 of element 1090  
Contour minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8



Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Max My)

Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

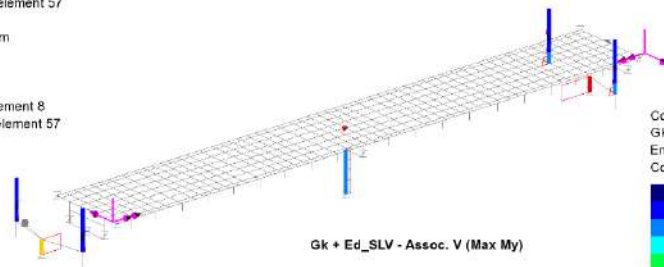


Maximum 0.0 at node 1019 of element 1090  
Minimum -37.3218E6 at node 3 of element 8



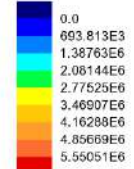
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 5.94585E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -298.465E3 at node 52 of element 57  
Diagram scale: 1: 1.08184E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 693.813E3  
Contour maximum 5.94585E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -298.465E3 at node 52 of element 57



Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max My)

Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

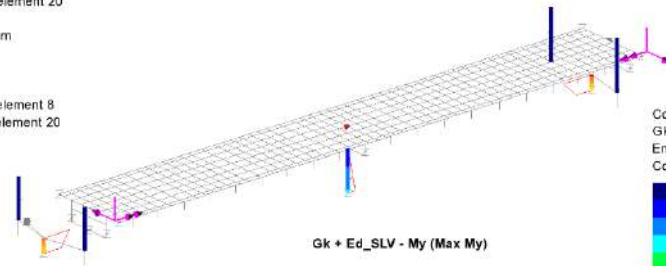


Maximum 5.94585E6 at node 3 of element 8  
Minimum -298.465E3 at node 52 of element 57

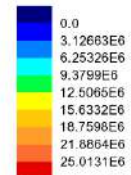


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 25.9186E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -2.22111E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.385824E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.12663E6  
Contour maximum 25.9186E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -2.22111E6 at node 20 of element 20



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

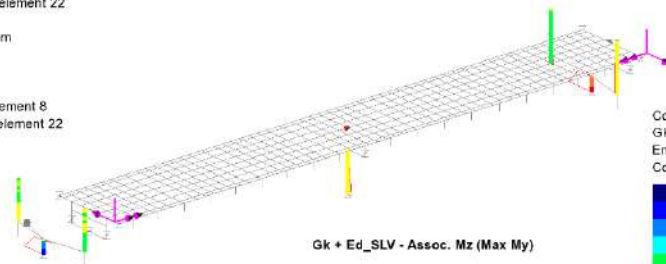


Maximum 25.9186E6 at node 21 of element 8  
Minimum -2.22111E6 at node 20 of element 20

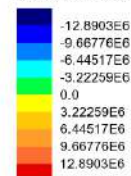


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -13.1684E6 at node 12 of element 22  
Diagram scale: 1: 0.631518E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.22259E6  
Contour maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -13.1684E6 at node 12 of element 22



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 15.8349E6 at node 3 of element 8  
Minimum -13.1684E6 at node 12 of element 22

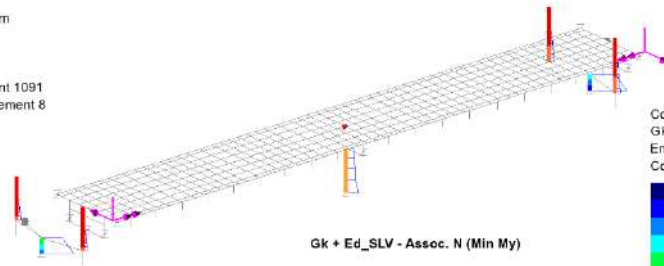




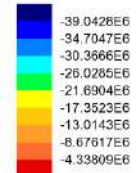
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -39.0428E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.256129E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.33809E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -39.0428E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

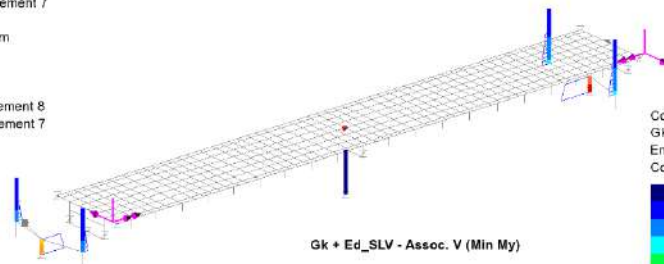


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -39.0428E6 at node 3 of element 8

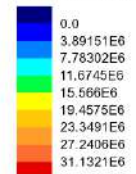


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 33.9475E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -1.07613E6 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 0.294573E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.89151E6  
Contour maximum 33.9475E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -1.07613E6 at node 5 of element 7



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 33.9475E6 at node 3 of element 8  
Minimum -1.07613E6 at node 5 of element 7

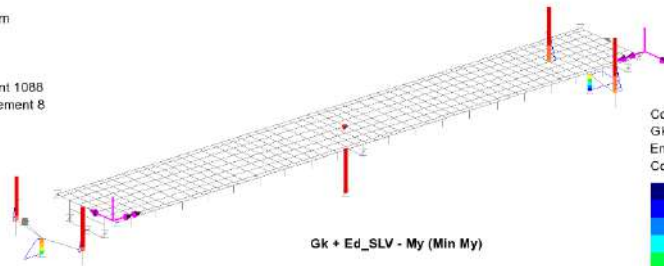




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -110.538E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 90.4668E-9  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 12.282E6  
Contour maximum 0.0 at node 1017 of element 1088  
Contour minimum -110.538E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

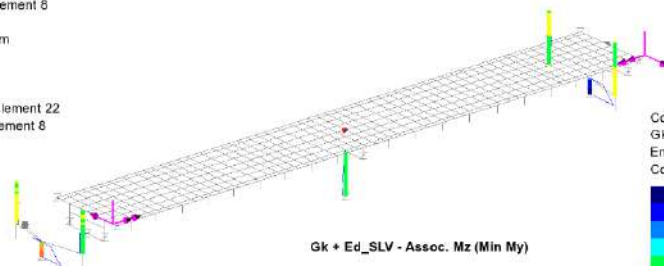


Maximum 0.0 at node 1017 of element 1088  
Minimum -110.538E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 12.8388E6 at node 12 of element 22  
Diagram minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.631518E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.18596E6  
Contour maximum 12.8388E6 at node 12 of element 22  
Contour minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



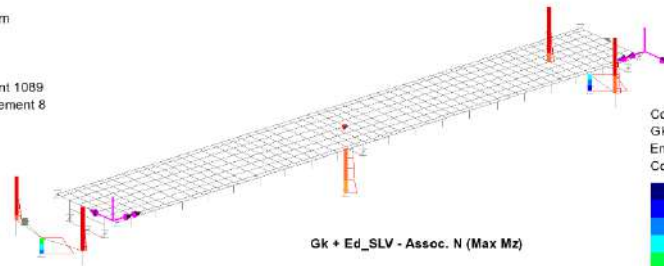
Maximum 12.8388E6 at node 12 of element 22  
Minimum -15.8349E6 at node 3 of element 8



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.261949E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.2417E6  
Contour maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Contour minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8



Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Max Mz)

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

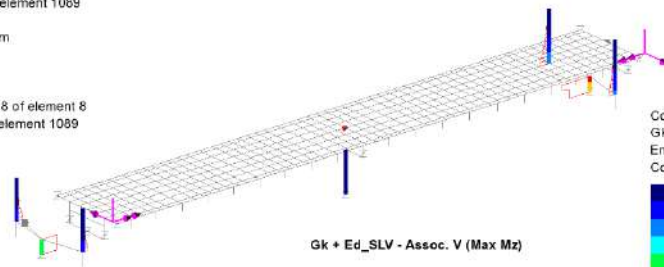
-38.1753E6  
-33.9336E6  
-29.6919E6  
-25.4502E6  
-21.2085E6  
-16.9668E6  
-12.7251E6  
-8.48341E6  
-4.2417E6

Maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.3884E6 at Gauss point 8 of element 8  
Diagram minimum 4.37295E3 at node 497 of element 1089  
Diagram scale: 1: 0.962610E-5  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.15378E6  
Contour maximum 10.3884E6 at Gauss point 8 of element 8  
Contour minimum 4.37295E3 at node 497 of element 1089



Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max Mz)

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

1.15378E6  
2.30755E6  
3.46133E6  
4.61511E6  
5.76888E6  
6.92266E6  
8.07643E6  
9.23021E6  
10.384E6

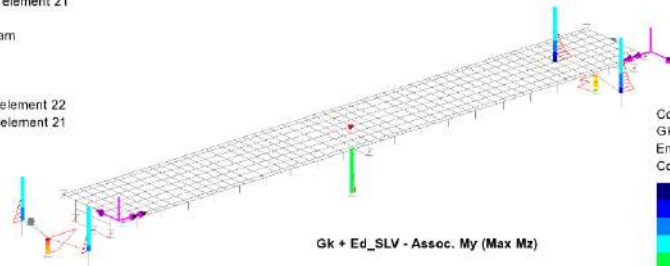
Maximum 10.3884E6 at Gauss point 8 of element 8  
Minimum 4.37295E3 at node 497 of element 1089



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.8076E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -9.83378E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.59497E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.96015E6  
Contour maximum 16.8076E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -9.83378E6 at node 22 of element 21



Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

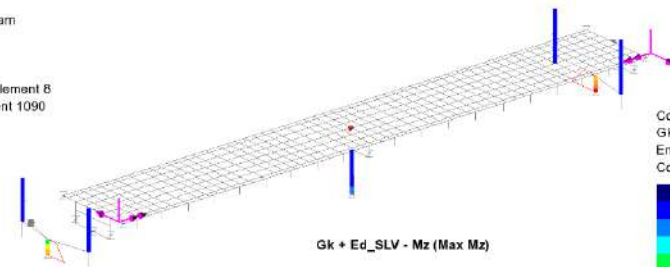


Maximum 16.8076E6 at node 33 of element 22  
Minimum -9.83378E6 at node 22 of element 21

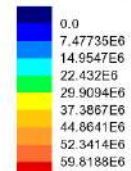


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 67.2961E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.146597E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 7.47735E6  
Contour maximum 67.2961E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 1019 of element 1090



Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

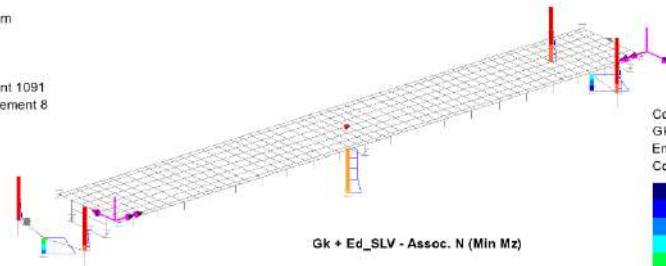


Maximum 67.2961E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 1019 of element 1090

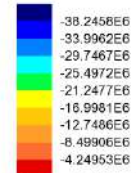


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.261467E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.24953E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

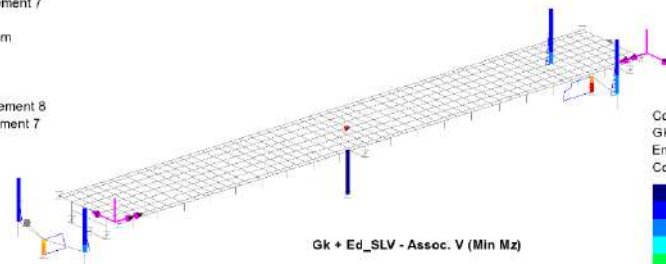


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8

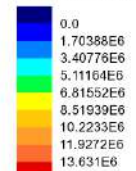


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 15.0116E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -323.28E3 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 0.66615E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.70388E6  
Contour maximum 15.0116E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -323.28E3 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

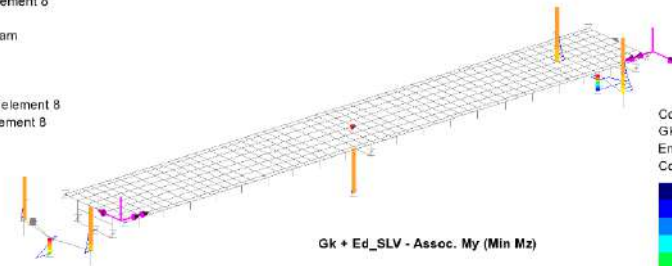


Maximum 15.0116E6 at node 3 of element 8  
Minimum -323.28E3 at node 5 of element 7



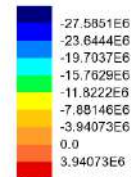
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 7.09162E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -28.375E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.352423E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.94073E6  
Contour maximum 7.09162E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -28.375E6 at node 3 of element 8



Gk + Ed\_SLV - Assoc. My (Min My)

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

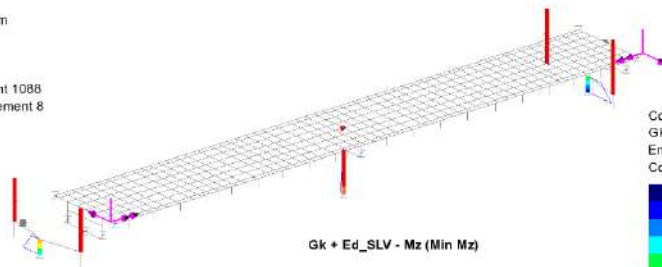


Maximum 7.09162E6 at node 21 of element 8  
Minimum -28.375E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram minimum -67.2961E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.146597E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 7.47735E6  
Contour maximum 0.0 at node 1017 of element 1088  
Contour minimum -67.2961E6 at node 3 of element 8



Gk + Ed\_SLV - Mz (Min Mz)

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1017 of element 1088  
Minimum -67.2961E6 at node 3 of element 8

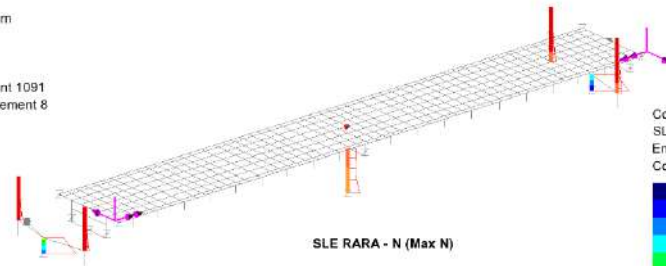




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.4018E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.267357E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.15575E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.4018E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

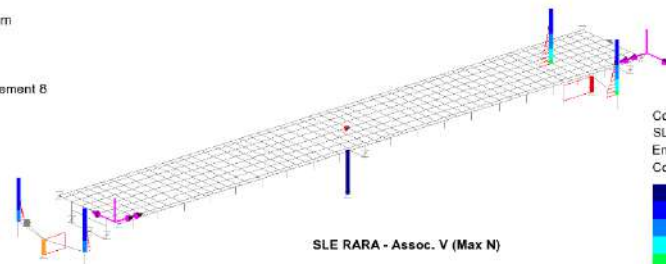
-37.4018E6  
-33.246E6  
-29.0903E6  
-24.9345E6  
-20.7788E6  
-16.623E6  
-12.4073E6  
-8.3115E6  
-4.15575E6

Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.4018E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.58013E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31924E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 842.284E3  
Contour maximum 7.58013E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

0.0  
842.284E3  
1.68457E6  
2.52685E6  
3.36914E6  
4.21142E6  
5.0537E6  
5.89599E6  
6.73827E6

Maximum 7.58013E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7





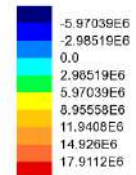
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 18.5759E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -8.2908E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.538331E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.98519E6  
Contour maximum 18.5759E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -8.2908E6 at node 20 of element 20



Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

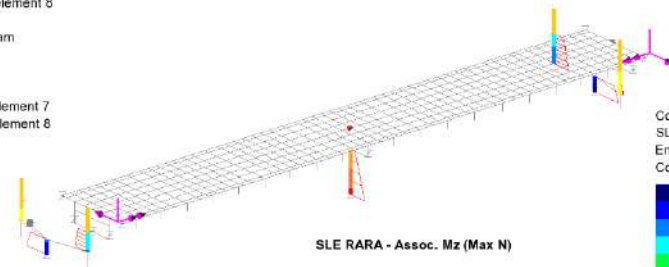


Maximum 18.5759E6 at node 21 of element 8  
Minimum -8.2908E6 at node 20 of element 20

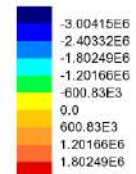


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.98586E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 2.9228E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 600.83E3  
Contour maximum 1.98586E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



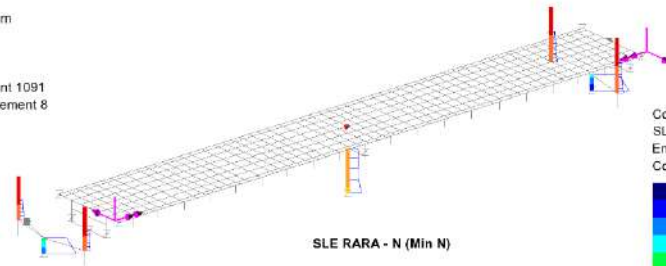
Maximum 1.98586E6 at node 5 of element 7  
Minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8



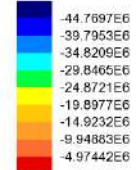
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -44.7697E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.223365E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.97442E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -44.7697E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

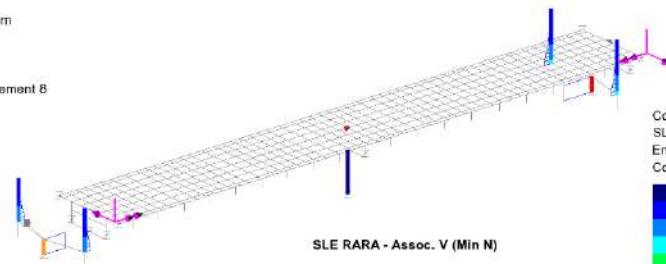


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -44.7697E6 at node 3 of element 8

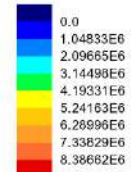


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.43439E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.05995E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04633E6  
Contour maximum 9.43439E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



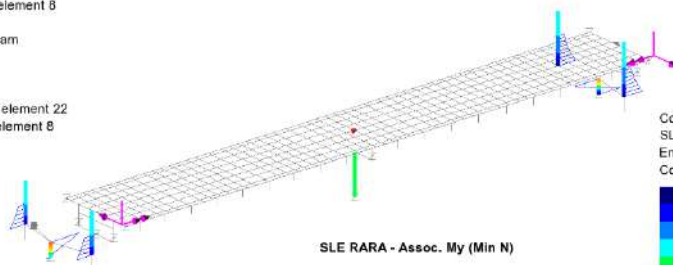
Maximum 9.43439E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



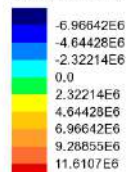
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.9181E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -8.98117E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.839051E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.32214E6  
Contour maximum 11.9181E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -8.98117E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 11.9181E6 at node 33 of element 22  
Minimum -8.98117E6 at node 3 of element 8

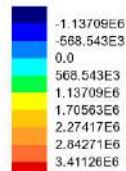


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 3.48896E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.96618E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 568.543E3  
Contour maximum 3.48896E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58



Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 3.48896E6 at node 20 of element 20  
Minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58



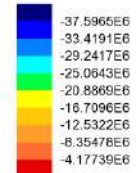
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.5965E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.265982E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.17739E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.5965E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

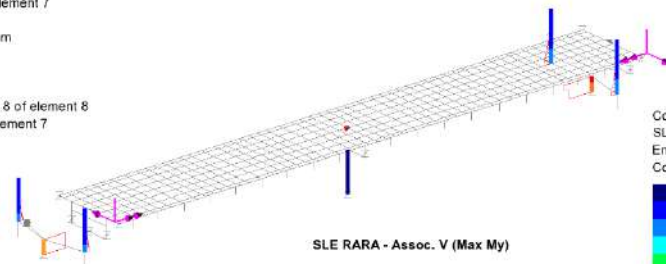


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.5965E6 at node 3 of element 8

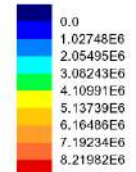


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.01255E6 at Gauss point 8 of element 8  
Diagram minimum -234.746E3 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 1.10956E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.02748E6  
Contour maximum 9.01255E6 at Gauss point 8 of element 8  
Contour minimum -234.746E3 at node 5 of element 7



Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 9.01255E6 at Gauss point 8 of element 8  
Minimum -234.746E3 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

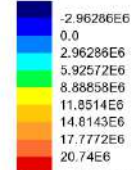
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 21.493E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -5.17279E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.465268E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.96286E6  
Contour maximum 21.493E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -5.17279E6 at node 20 of element 20



**SLE RARA - My (Max My)**

Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

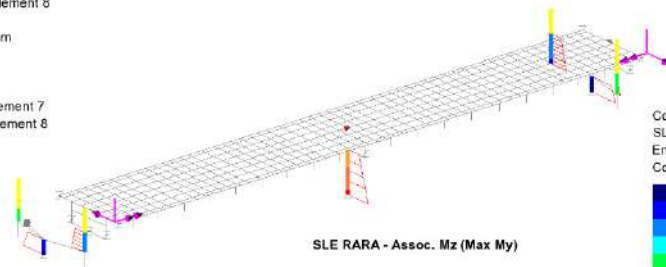


Maximum 21.493E6 at node 33 of element 22  
Minimum -5.17279E6 at node 20 of element 20



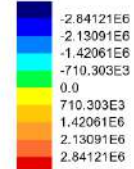
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 2.97111E6 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 2.9226E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 710.303E3  
Contour maximum 2.97111E6 at node 5 of element 7  
Contour minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8



**SLE RARA - Assoc. Mz (Max My)**

Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 2.97111E6 at node 5 of element 7  
Minimum -3.42161E6 at node 3 of element 8

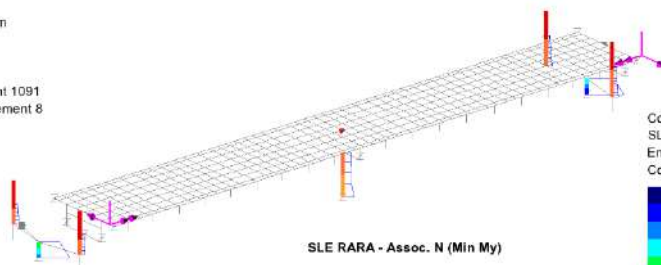




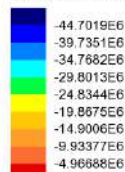
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -44.7019E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.223704E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.96688E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -44.7019E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

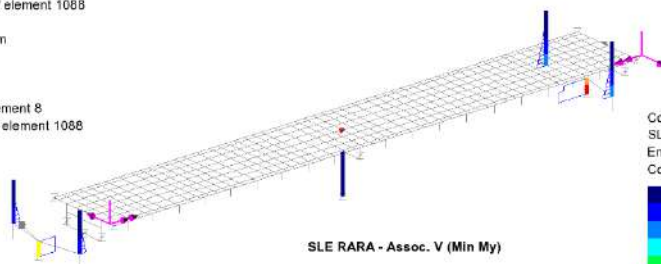


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -44.7019E6 at node 3 of element 8

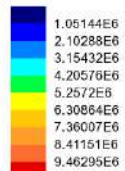


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.46733E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088  
Diagram scale: 1: 1.05626E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.05144E6  
Contour maximum 9.46733E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088



Combining on: My  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 9.46733E6 at node 3 of element 8  
Minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088





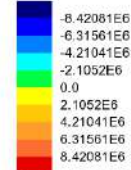
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 8.68893E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -10.2579E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.974858E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.1052E6  
Contour maximum 8.68893E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -10.2579E6 at node 20 of element 20



Combining on: My  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

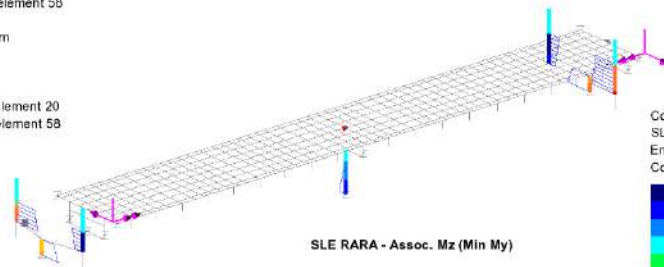


Maximum 8.68893E6 at node 33 of element 22  
Minimum -10.2579E6 at node 20 of element 20

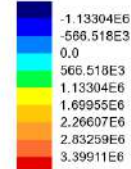


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 3.47074E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58  
Diagram scale: 1: 2.98123E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 566.518E3  
Contour maximum 3.47074E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58



Combining on: My  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 3.47074E6 at node 20 of element 20  
Minimum -1.62792E6 at node 73 of element 58



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -41.8014E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.239226E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.6446E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -41.8014E6 at node 3 of element 8



**SLE RARA - Assoc. N (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

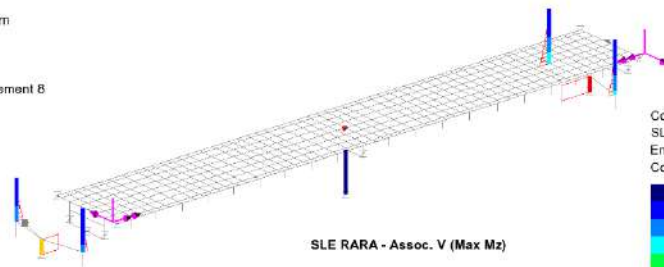
-41.8014E6  
-37.1568E6  
-32.5122E6  
-27.8676E6  
-23.223E6  
-18.5784E6  
-13.9338E6  
-9.2892E6  
-4.6446E6

Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -41.8014E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.39539E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.06435E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04399E6  
Contour maximum 9.39539E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



**SLE RARA - Assoc. V (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

0.0  
1.04399E6  
2.08798E6  
3.13198E6  
4.17597E6  
5.21996E6  
6.26395E6  
7.30794E6  
8.35194E6

Maximum 9.39539E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 15.6991E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -9.56424E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.636981E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.80703E6  
Contour maximum 15.6991E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -9.56424E6 at node 22 of element 21



**SLE RARA - Assoc. My (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

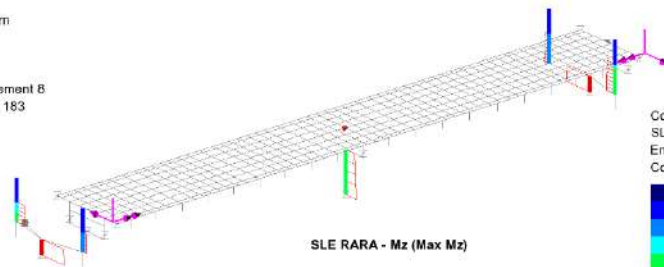


Maximum 15.6991E6 at node 21 of element 8  
Minimum -9.56424E6 at node 22 of element 21



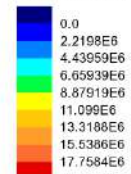
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 19.9782E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.500546E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.2198E6  
Contour maximum 19.9782E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 176 of element 183



**SLE RARA - Mz (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 19.9782E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 176 of element 183



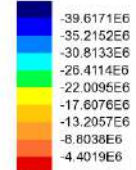
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -39.6171E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.252416E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.4019E6  
Contour maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Contour minimum -39.6171E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

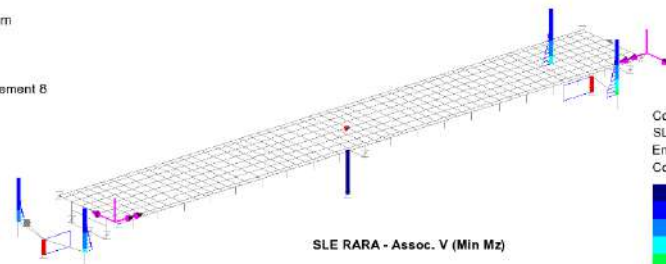


Maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Minimum -39.6171E6 at node 3 of element 8

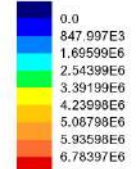


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.63134E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31039E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 847.997E3  
Contour maximum 7.63134E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 7.63134E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.3184E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -9.564E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.57742E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.98694E6  
Contour maximum 17.3184E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -9.564E6 at node 20 of element 20



Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 17.3184E6 at node 33 of element 22  
Minimum -9.564E6 at node 20 of element 20

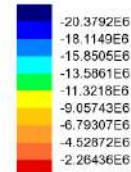


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram minimum -20.3792E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.490696E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.26436E6  
Contour maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Contour minimum -20.3792E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Minimum -20.3792E6 at node 3 of element 8

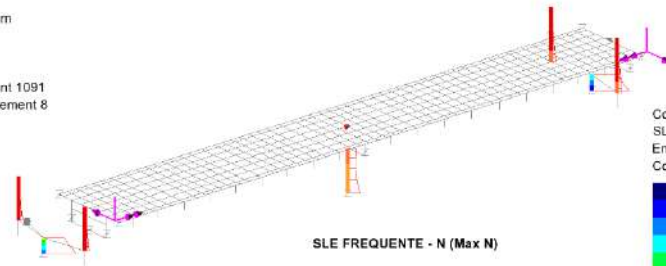




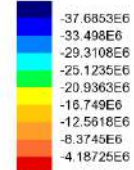
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.265356E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.18725E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

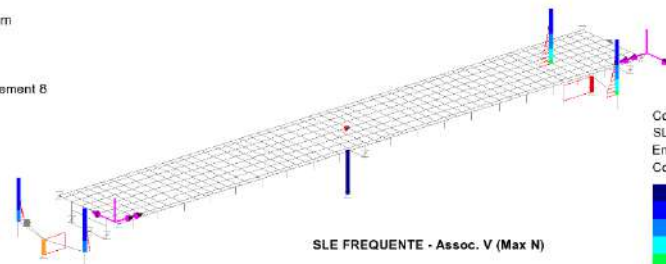


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8

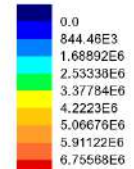


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.59975E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31583E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 844.46E3  
Contour maximum 7.59975E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 7.59975E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7

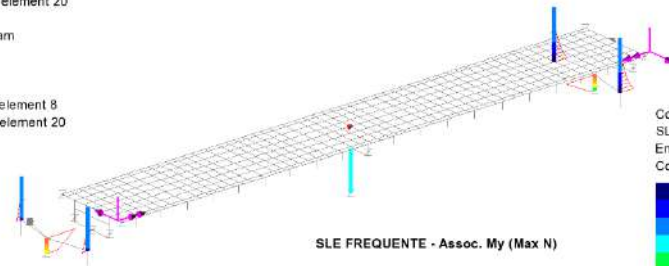




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

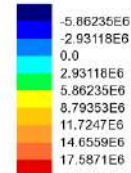
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.9509E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -8.42966E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.557074E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.93118E6  
Contour maximum 17.9509E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -8.42966E6 at node 20 of element 20



SLE FREQUENTE - Assoc. My (Max N)

Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

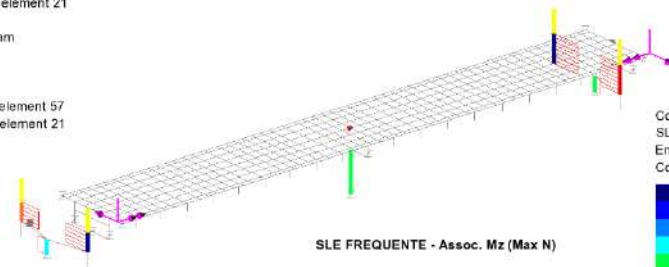


Maximum 17.9509E6 at node 21 of element 8  
Minimum -8.42966E6 at node 20 of element 20



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 821.151E3 at Gauss point 5 of element 57  
Diagram minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 9.84555E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 204.102E3  
Contour maximum 821.229E3 at node 66 of element 57  
Contour minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21



SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Max N)

Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



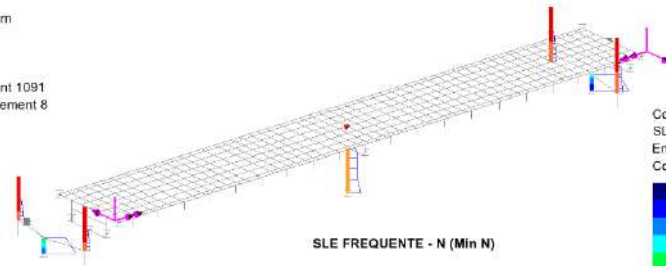
Maximum 821.229E3 at node 66 of element 57  
Minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21



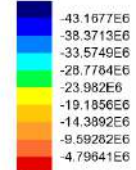
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -43.1677E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.231655E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.79641E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -43.1677E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

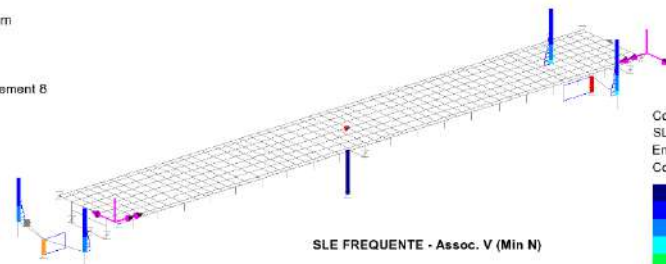


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -43.1677E6 at node 3 of element 8

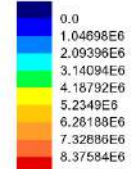


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.42253E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.06129E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04698E6  
Contour maximum 9.42253E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



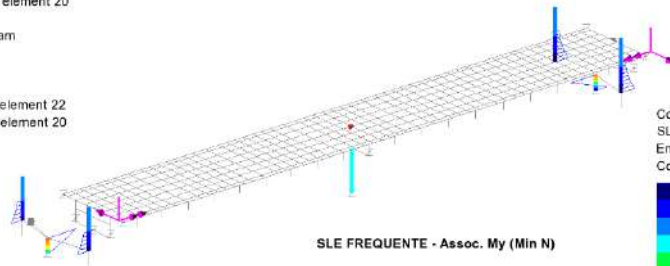
Maximum 9.42253E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



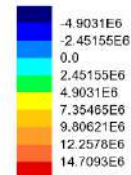
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 14.8697E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -7.19423E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.672507E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.45155E6  
Contour maximum 14.8697E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -7.19423E6 at node 20 of element 20



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

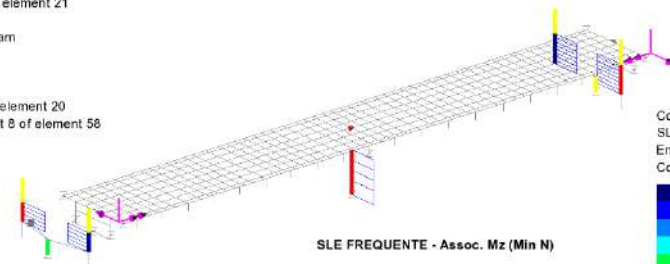


Maximum 14.8697E6 at node 33 of element 22  
Minimum -7.19423E6 at node 20 of element 20

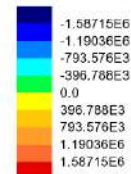


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.84185E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -1.72918E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 5.42933E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 396.788E3  
Contour maximum 1.84185E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -1.72925E6 at Gauss point 8 of element 5



Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

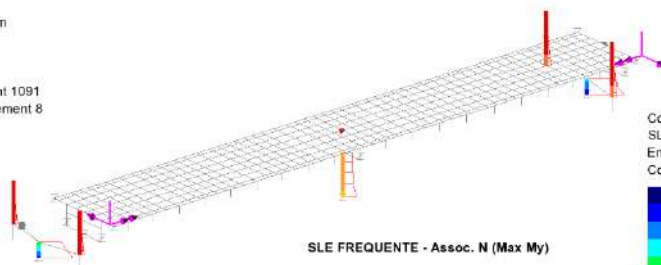


Maximum 1.84185E6 at node 20 of element 20  
Minimum -1.72925E6 at Gauss point 8 of element 5



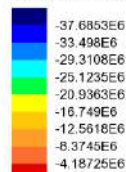
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.265356E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.18725E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Max My)**

Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

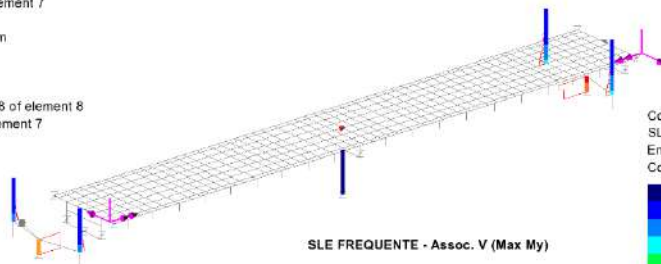


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.6853E6 at node 3 of element 8



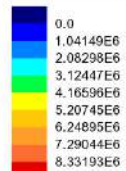
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.36691E6 at Gauss point 8 of element 8  
Diagram minimum -6.50902E3 at node 5 of element 7  
Diagram scale: 1: 1.06759E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04149E6  
Contour maximum 9.36691E6 at Gauss point 8 of element 8  
Contour minimum -6.50902E3 at node 5 of element 7



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max My)**

Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



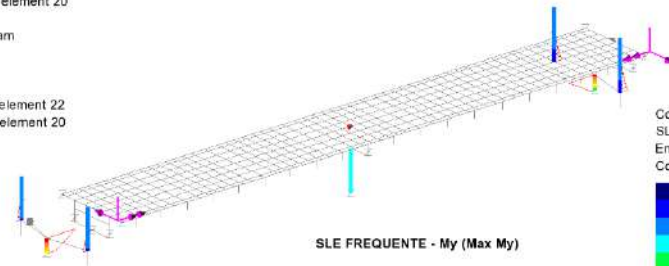
Maximum 9.36691E6 at Gauss point 8 of element 8  
Minimum -6.50902E3 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 20.9348E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -5.98234E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.477673E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.9908E6  
Contour maximum 20.9348E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -5.98234E6 at node 20 of element 20



SLE FREQUENTE - My (Max My)

Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

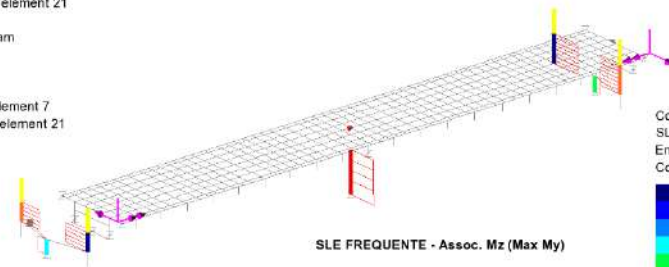
-5.98159E6  
-2.9908E6  
0.0  
2.9908E6  
5.98159E6  
8.97239E6  
11.9632E6  
14.954E6  
17.9448E6

Maximum 20.9348E6 at node 33 of element 22  
Minimum -5.98234E6 at node 20 of element 20



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 985.255E3 at node 5 of element 7  
Diagram minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 9.84655E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 222.327E3  
Contour maximum 985.255E3 at node 5 of element 7  
Contour minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21



SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Max My)

Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

-889.308E3  
-666.981E3  
-444.654E3  
-222.327E3  
0.0  
222.327E3  
444.654E3  
666.981E3  
889.308E3

Maximum 985.255E3 at node 5 of element 7  
Minimum -1.01569E6 at node 22 of element 21

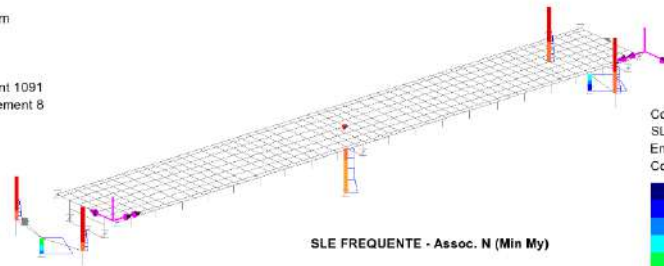




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -43.1112E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.231958E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.79013E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -43.1112E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

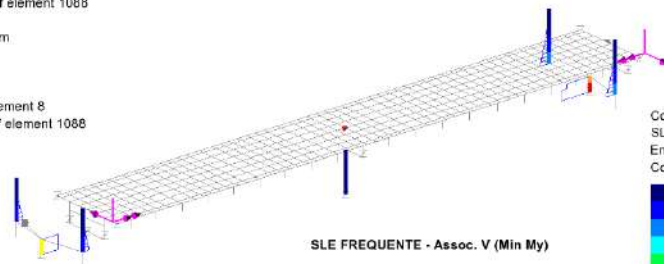


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -43.1112E6 at node 3 of element 8

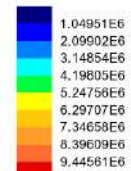


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.44998E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088  
Diagram scale: 1: 1.0562E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04951E6  
Contour maximum 9.44998E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088



Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 9.44998E6 at node 3 of element 8  
Minimum 4.37295E3 at node 1017 of element 1088

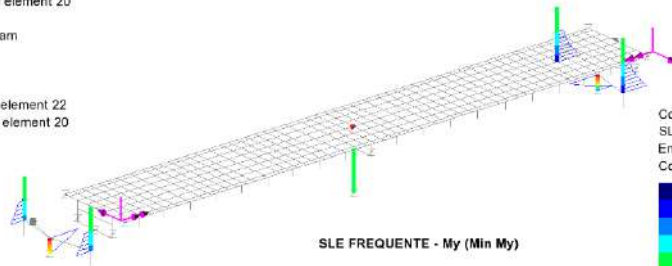




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.6536E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -9.68286E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.858104E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.37072E6  
Contour maximum 11.6536E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -9.68286E6 at node 20 of element 20



Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

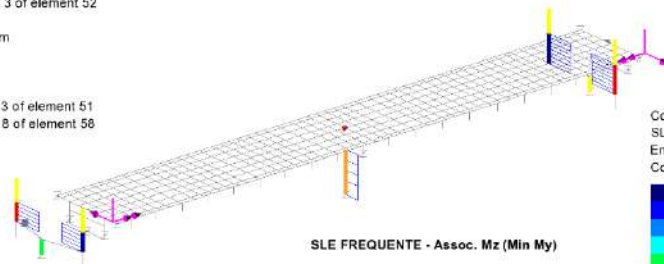


Maximum 11.6536E6 at node 33 of element 22  
Minimum -9.68286E6 at node 20 of element 20



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.84179E6 at Gauss point 3 of element 51  
Diagram minimum -1.72923E6 at Gauss point 3 of element 52  
Diagram scale: 1: 5.42949E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 396.782E3  
Contour maximum 1.84179E6 at Gauss point 3 of element 51  
Contour minimum -1.72925E6 at Gauss point 8 of element 5



Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



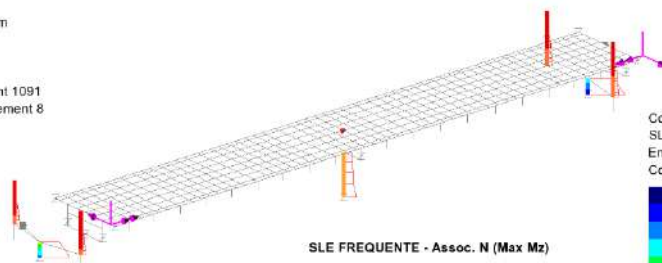
Maximum 1.84179E6 at Gauss point 3 of element 51  
Minimum -1.72925E6 at Gauss point 8 of element 5



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -41.2815E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.242239E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.58683E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -41.2815E6 at node 3 of element 8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-41.2815E6  
-36.6947E6  
-32.1078E6  
-27.521E6  
-22.9342E6  
-18.3473E6  
-13.7605E6  
-9.17366E6  
-4.58683E6

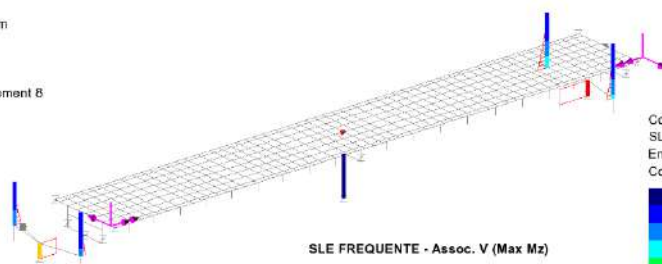
Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -41.2815E6 at node 3 of element 8



Navigation icons: Home, Rotate, Zoom, Pan.

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.39255E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.06467E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.04365E6  
Contour maximum 9.39255E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

0.0  
1.04365E6  
2.0873E6  
3.13096E6  
4.17461E6  
5.21826E6  
6.26191E6  
7.30557E6  
8.34922E6

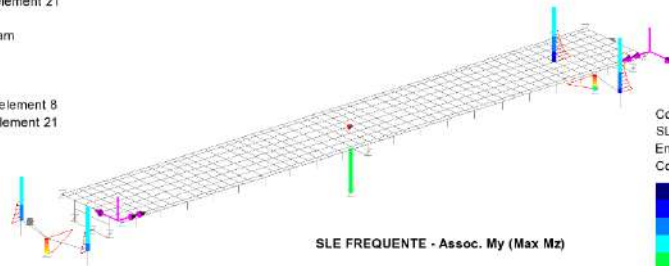
Maximum 9.39255E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



Navigation icons: Home, Rotate, Zoom, Pan.

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.6994E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -9.1705E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.598823E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.87444E6  
Contour maximum 16.6994E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -9.1705E6 at node 22 of element 21



SLE FREQUENTE - Assoc. My (Max Mz)

Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

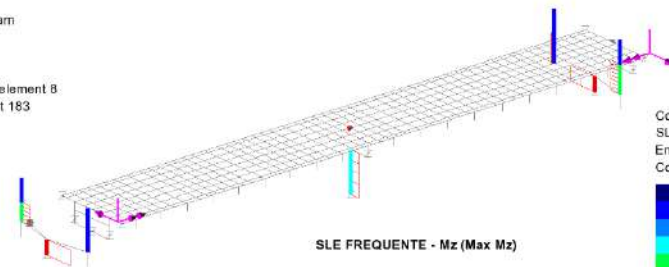


Maximum 16.6994E6 at node 21 of element 8  
Minimum -9.1705E6 at node 22 of element 21



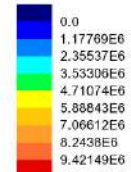
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 10.5983E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.943546E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.17769E6  
Contour maximum 10.5992E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 176 of element 183



SLE FREQUENTE - Mz (Max Mz)

Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



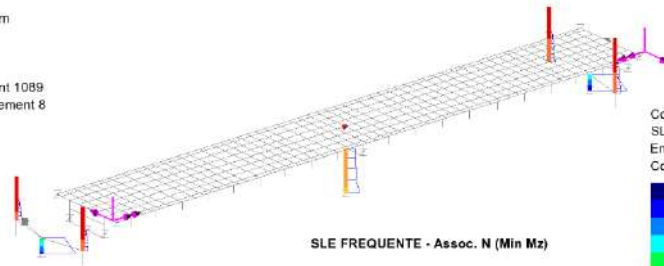
Maximum 10.5992E6 at node 21 of element 8  
Minimum 0.0 at node 176 of element 183



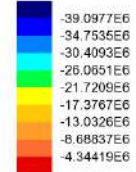
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -39.0977E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.25577E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.34419E6  
Contour maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Contour minimum -39.0977E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

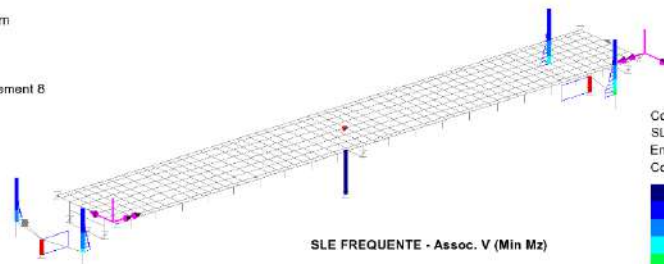


Maximum 0.0 at node 1018 of element 1089  
Minimum -39.0977E6 at node 3 of element 8

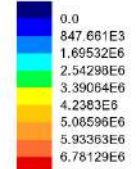


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.62853E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31087E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 847.661E3  
Contour maximum 7.62853E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



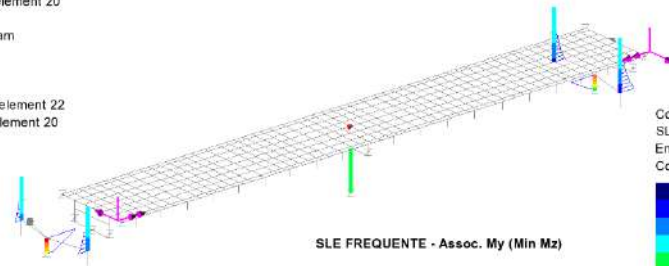
Maximum 7.62853E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 18.2537E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -9.1705E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.547834E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 3.04713E6  
Contour maximum 18.2537E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -9.1705E6 at node 20 of element 20



Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

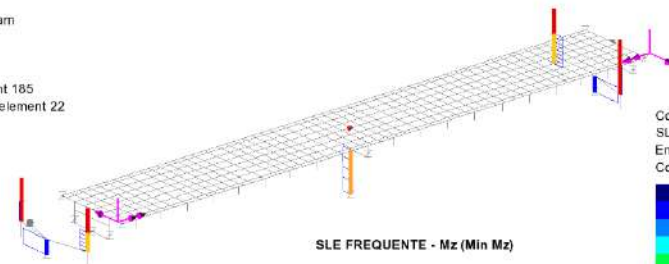


Maximum 18.2537E6 at node 33 of element 22  
Minimum -9.1705E6 at node 20 of element 20

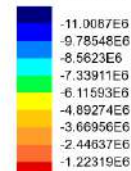


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram minimum -11.0087E6 at node 12 of element 22  
Diagram scale: 1: 0.906375E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 1.22319E6  
Contour maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Contour minimum -11.0087E6 at node 12 of element 22



Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 178 of element 185  
Minimum -11.0087E6 at node 12 of element 22

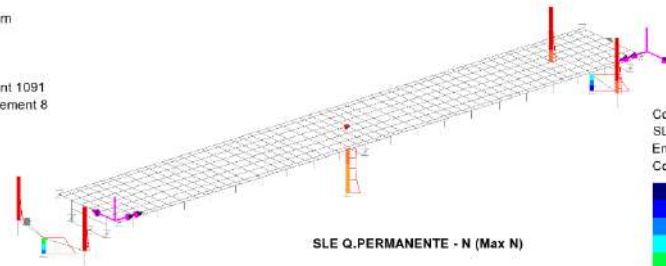




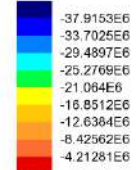
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.263746E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.21281E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

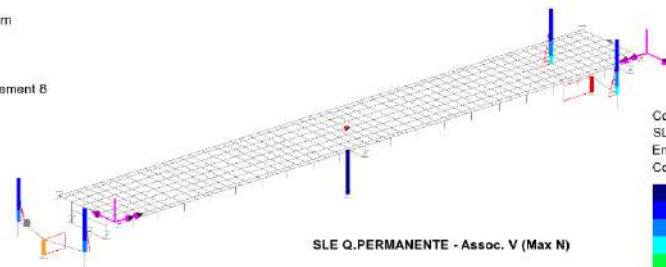


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8

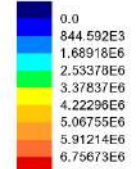


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31563E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 844.592E3  
Contour maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7

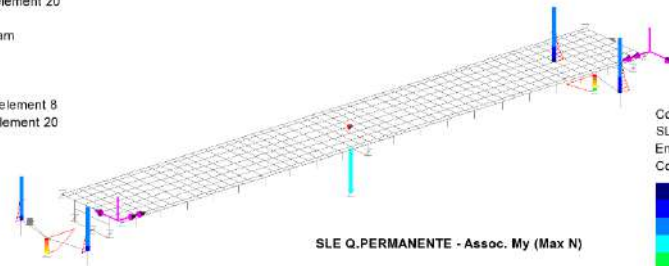




**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

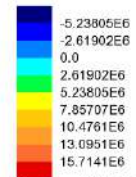
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.5086E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.571147E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.61902E6  
Contour maximum 17.5086E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Max N)

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

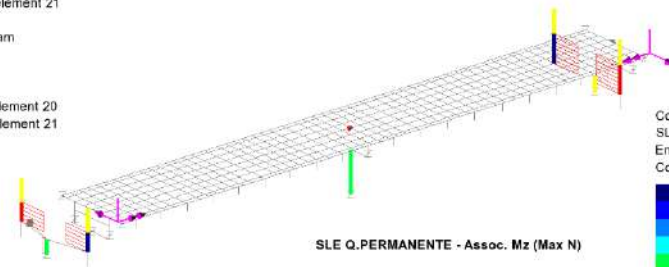


Maximum 17.5086E6 at node 21 of element 8  
Minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20



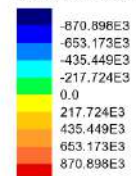
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -979.76E3 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 10.2066E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 217.724E3  
Contour maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Contour minimum -979.76E3 at node 22 of element 21



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Max N)

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

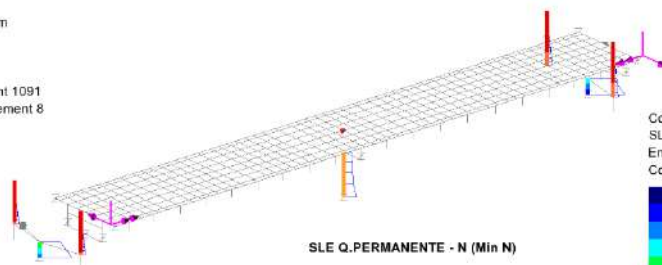


Maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Minimum -979.76E3 at node 22 of element 21



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.5058E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.259701E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.27843E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -38.5058E6 at node 3 of element 8



Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

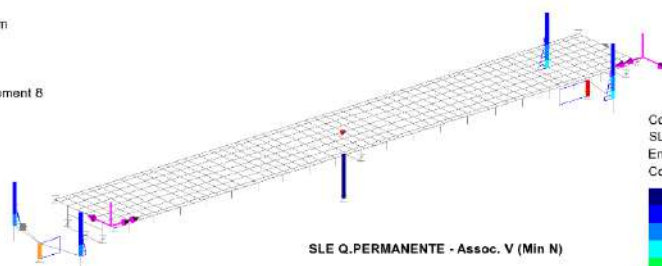


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -38.5058E6 at node 3 of element 8

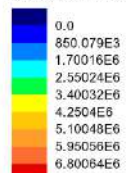


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.65057E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.30709E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 850.079E3  
Contour maximum 7.65057E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



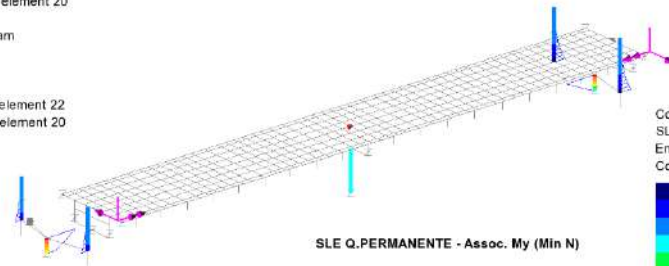
Maximum 7.65057E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

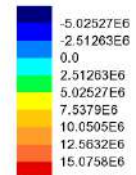
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.2426E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.615664E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.51263E6  
Contour maximum 16.2426E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min N)

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

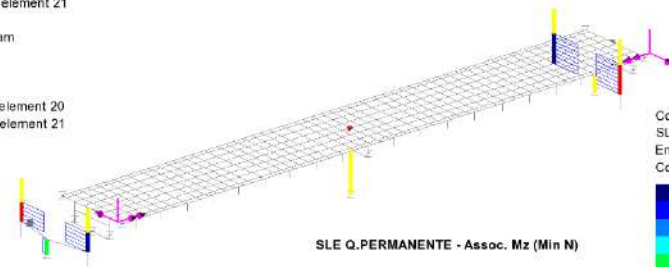


Maximum 16.2426E6 at node 33 of element 22  
Minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20



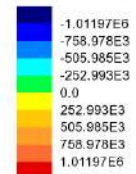
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.13847E6 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -1.13847E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.70375E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 252.993E3  
Contour maximum 1.13847E6 at node 20 of element 20  
Contour minimum -1.13847E6 at node 22 of element 21



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Min N)

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 1.13847E6 at node 20 of element 20  
Minimum -1.13847E6 at node 22 of element 21



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.263746E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.21281E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Max My)**

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

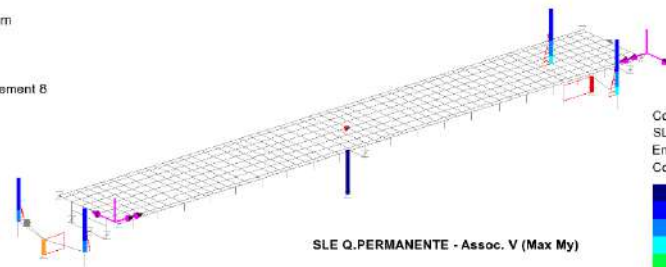
-37.9153E6  
-33.7025E6  
-29.4897E6  
-25.2769E6  
-21.064E6  
-16.8512E6  
-12.6384E6  
-8.42562E6  
-4.21281E6

Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -37.9153E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31563E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 844.613E3  
Contour maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Max My)**

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

0.0  
844.613E3  
1.68923E6  
2.53384E6  
3.37845E6  
4.22307E6  
5.06768E6  
5.91229E6  
6.75691E6

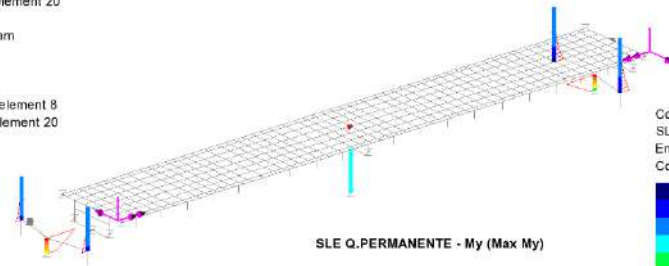
Maximum 7.60094E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

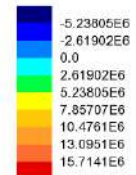
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.5088E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.571147E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.61902E6  
Contour maximum 17.5088E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20



**SLE Q.PERMANENTE - My (Max My)**

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

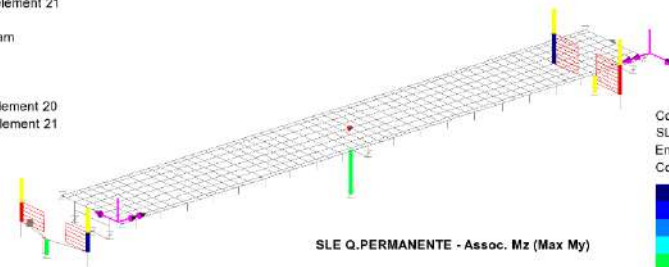


Maximum 17.5088E6 at node 21 of element 8  
Minimum -6.0626E6 at node 20 of element 20



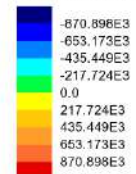
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -979.76E3 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 10.2066E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 217.724E3  
Contour maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Contour minimum -979.76E3 at node 22 of element 21



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Max My)**

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Minimum -979.76E3 at node 22 of element 21





**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.4493E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.260083E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.27215E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -38.4493E6 at node 3 of element 8



Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

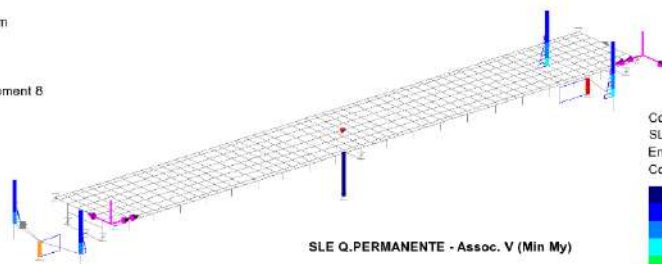


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -38.4493E6 at node 3 of element 8

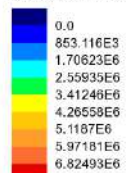


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.67802E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.30242E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 853.116E3  
Contour maximum 7.67802E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 7.67802E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7

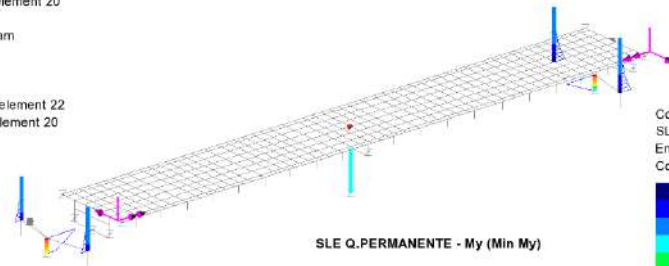




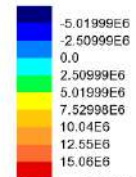
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.1775E6 at node 33 of element 22  
Diagram minimum -6.4124E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.618141E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.50999E6  
Contour maximum 16.1775E6 at node 33 of element 22  
Contour minimum -6.4124E6 at node 20 of element 20



Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

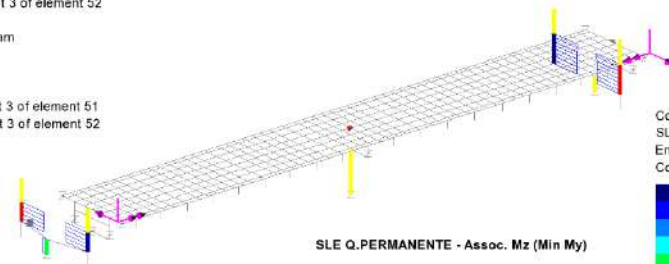


Maximum 16.1775E6 at node 33 of element 22  
Minimum -6.4124E6 at node 20 of element 20

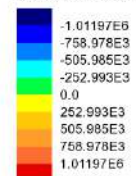


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.13847E6 at Gauss point 3 of element 51  
Diagram minimum -1.13847E6 at Gauss point 3 of element 52  
Diagram scale: 1: 0.70375E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 252.993E3  
Contour maximum 1.13847E6 at Gauss point 3 of element 51  
Contour minimum -1.13847E6 at Gauss point 3 of element 52



Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 1.13847E6 at Gauss point 3 of element 51  
Minimum -1.13847E6 at Gauss point 3 of element 52



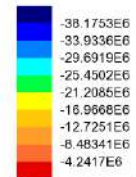
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.261949E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.2417E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8



Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

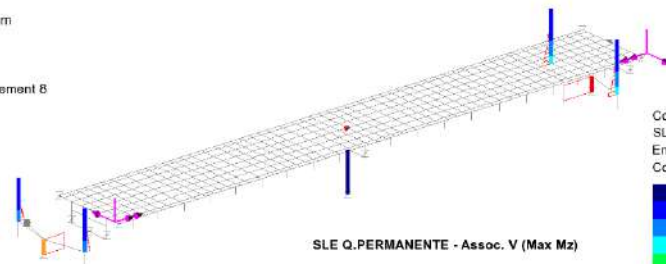


Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -38.1753E6 at node 3 of element 8

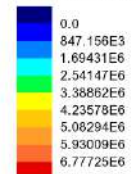


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.62419E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31161E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 847.156E3  
Contour maximum 7.62419E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



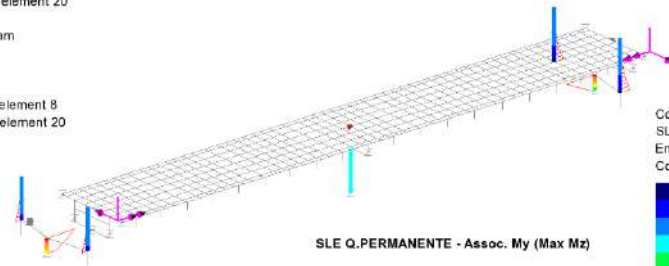
Maximum 7.62419E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



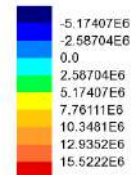
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.9122E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20  
Diagram scale: 1: 0.591288E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.58704E6  
Contour maximum 16.9122E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20



Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

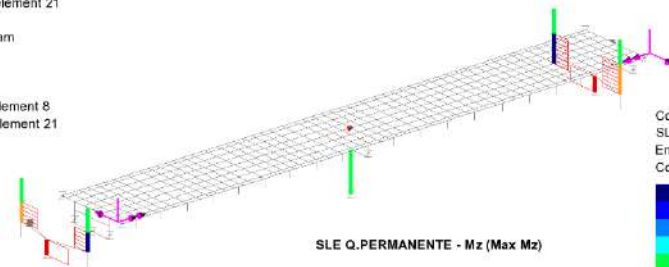


Maximum 16.9122E6 at node 21 of element 8  
Minimum -6.37109E6 at node 20 of element 20

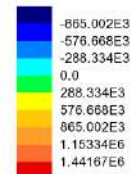


Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 1.61525E6 at node 3 of element 8  
Diagram minimum -979.76E3 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.191E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 288.334E3  
Contour maximum 1.61525E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum -979.76E3 at node 22 of element 21



Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



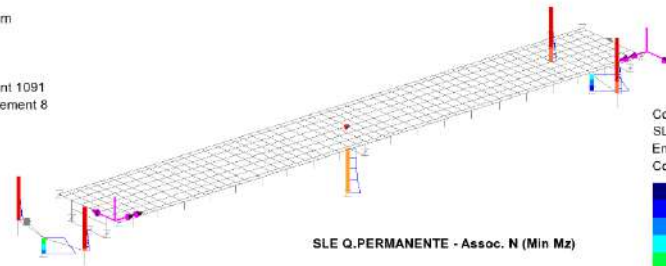
Maximum 1.61525E6 at node 3 of element 8  
Minimum -979.76E3 at node 22 of element 21



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 0.261467E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 4.24953E6  
Contour maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Contour minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Min Mz)

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

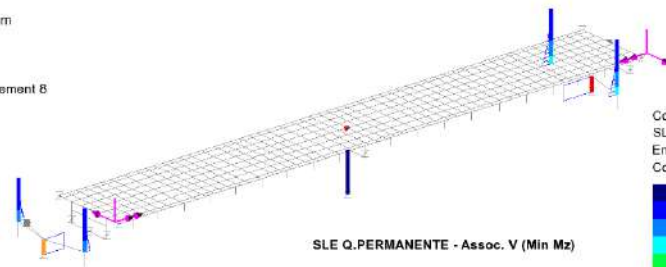
-38.2458E6  
-33.9962E6  
-29.7467E6  
-25.4972E6  
-21.2477E6  
-16.9981E6  
-12.7486E6  
-8.49906E6  
-4.24953E6

Maximum 0.0 at node 1020 of element 1091  
Minimum -38.2458E6 at node 3 of element 8



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.62733E6 at node 3 of element 8  
Diagram scale: 1: 1.31106E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 847.515E3  
Contour maximum 7.62733E6 at node 3 of element 8  
Contour minimum 0.0 at node 5 of element 7



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Min Mz)

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

0.0  
847.515E3  
1.69503E6  
2.54255E6  
3.39006E6  
4.23758E6  
5.08509E6  
5.93261E6  
6.78012E6

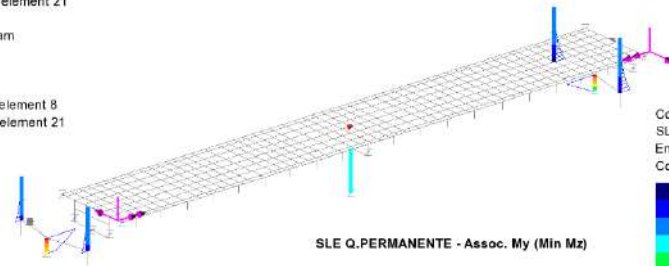
Maximum 7.62733E6 at node 3 of element 8  
Minimum 0.0 at node 5 of element 7



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

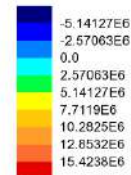
Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 16.7646E6 at node 21 of element 8  
Diagram minimum -6.37109E6 at node 22 of element 21  
Diagram scale: 1: 0.596494E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 2.57063E6  
Contour maximum 16.7646E6 at node 21 of element 8  
Contour minimum -6.37109E6 at node 22 of element 21



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min Mz)**

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

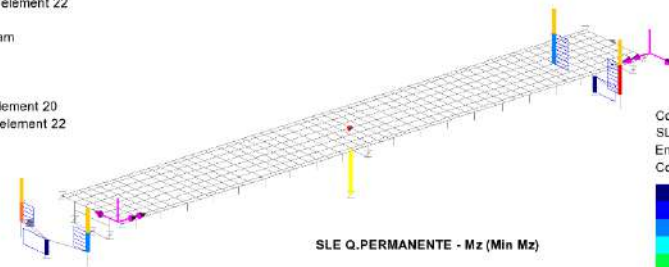


Maximum 16.7646E6 at node 21 of element 8  
Minimum -6.37109E6 at node 22 of element 21



Scale: 1: 394.632  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.588644, -0.711906, 0.383)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Diagram minimum -1.81969E6 at node 12 of element 22  
Diagram scale: 1: 5.49546E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 311.049E3  
Contour maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Contour minimum -1.81969E6 at node 12 of element 22



**SLE Q.PERMANENTE - Mz (Min Mz)**

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)



Maximum 979.76E3 at node 20 of element 20  
Minimum -1.81969E6 at node 12 of element 22



**Sollecitazioni pali pila 1**

**Geometria palificata**

n°pali = 6 (-)  
n° combo = 36 (m)

Palo	x (m)	y (m)
1	-2.25	4.50
2	2.25	4.50
3	-2.25	0.00
4	2.25	0.00
5	-2.25	-4.50
6	2.25	-4.50

n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σxi^2	Σyi^2	xi/Σxi^2	yi/Σyi^2
1	-2.25	4.50	5.06	20.25	30.38	81.00	-0.07407	0.055556
2	2.25	4.50	5.06	20.25			0.074074	0.055556
3	-2.25	0.00	5.06	0.00			-0.07407	0
4	2.25	0.00	5.06	0.00			0.074074	0
5	-2.25	-4.50	5.06	20.25			-0.07407	-0.055556
6	2.25	-4.50	5.06	20.25			0.074074	-0.055556



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Azioni assiali testa palo**

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	2192	3818	2117	3526	2850	3372		
2	2192	3817	2411	3231	2850	3371		
3	2027	3696	2210	3287	3524	2698		
4	2027	3695	2504	2991	3524	2697		
5	1862	3574	2302	3048	4199	2024	max	min
6	1861	3573	2597	2752	4198	2023	4199	1861

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx		
1	2149	2958	2091	2710	2134	3162		
2	2148	2957	2342	2458	2133	3161		
3	2005	2856	2173	2504	2710	2585		
4	2005	2856	2424	2252	2710	2585		
5	1862	2754	2254	2298	3287	2009	max	min
6	1862	2754	2505	2046	3286	2008	3287	1862

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx		
1	1297	2953	1331	2916	1411	2839		
2	2301	1948	2336	1912	1713	2537		
3	1440	2810	1474	2774	1885	2365		
4	2444	1806	2478	1769	2186	2063		
5	1582	2668	1616	2632	2359	1891	max	min
6	2586	1664	2620	1627	2660	1589	2953	1297

Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	2140	2857	2116	2612	2138	3019		
2	2139	2856	2334	2393	2138	3018		
3	2029	2754	2172	2447	2625	2532		
4	2029	2754	2390	2228	2625	2531		
5	1919	2652	2229	2282	3112	2045	max	min
6	1919	2651	2447	2063	3112	2044	3112	1919

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	2061	2573	2339	2388	2210	2519		
2	2061	2573	2344	2382	2209	2519		
3	2061	2476	2285	2333	2402	2326		
4	2061	2476	2290	2327	2402	2326		
5	2061	2379	2231	2279	2595	2134	max	min
6	2061	2379	2236	2273	2594	2133	2595	2061

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	2069	2181	2103	2145	2163	2087		
2	2069	2181	2103	2144	2163	2087		
3	2069	2181	2103	2145	2163	2087		
4	2069	2181	2103	2144	2163	2087		
5	2069	2181	2103	2145	2163	2087	max	min
6	2069	2181	2103	2144	2163	2087	2181	2069



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Azioni di taglio testa palo

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx
1	59	58	79	79	59	59
2	59	58	79	79	59	59
3	59	58	79	79	59	59
4	59	58	79	79	59	59
5	59	58	79	79	59	59
6	59	58	79	79	59	59

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx
1	51	50	68	68	51	51
2	51	50	68	68	51	51
3	51	50	68	68	51	51
4	51	50	68	68	51	51
5	51	50	68	68	51	51
6	51	50	68	68	51	51

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx
1	187	187	187	187	188	188
2	187	187	187	187	188	188
3	187	187	187	187	188	188
4	187	187	187	187	188	188
5	187	187	187	187	188	188
6	187	187	187	187	188	188

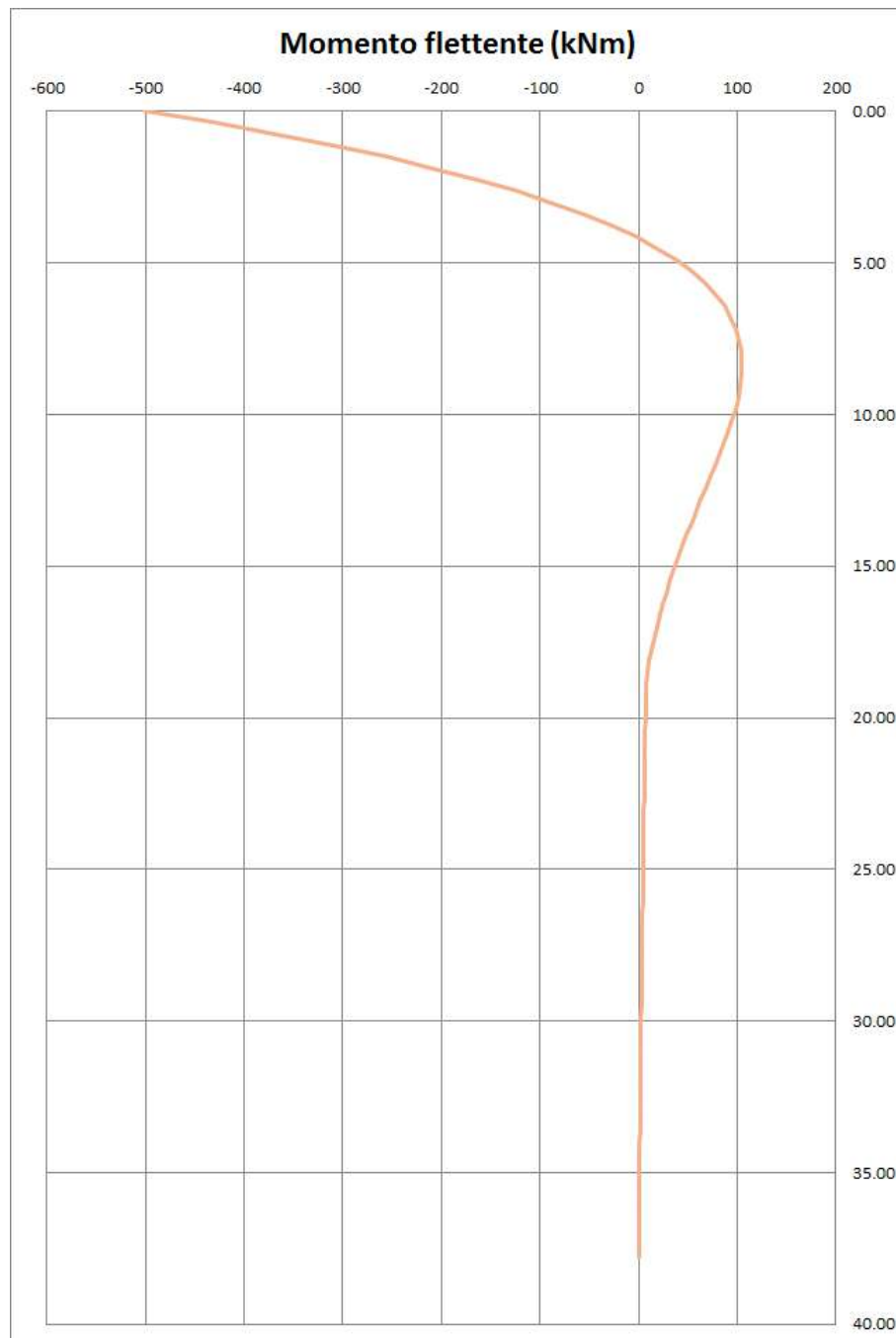
Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx
1	39	39	55	55	39	39
2	39	39	55	55	39	39
3	39	39	55	55	39	39
4	39	39	55	55	39	39
5	39	39	55	55	39	39
6	39	39	55	55	39	39

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx
1	0	0	1	1	0	0
2	0	0	1	1	0	0
3	0	0	1	1	0	0
4	0	0	1	1	0	0
5	0	0	1	1	0	0
6	0	0	1	1	0	0

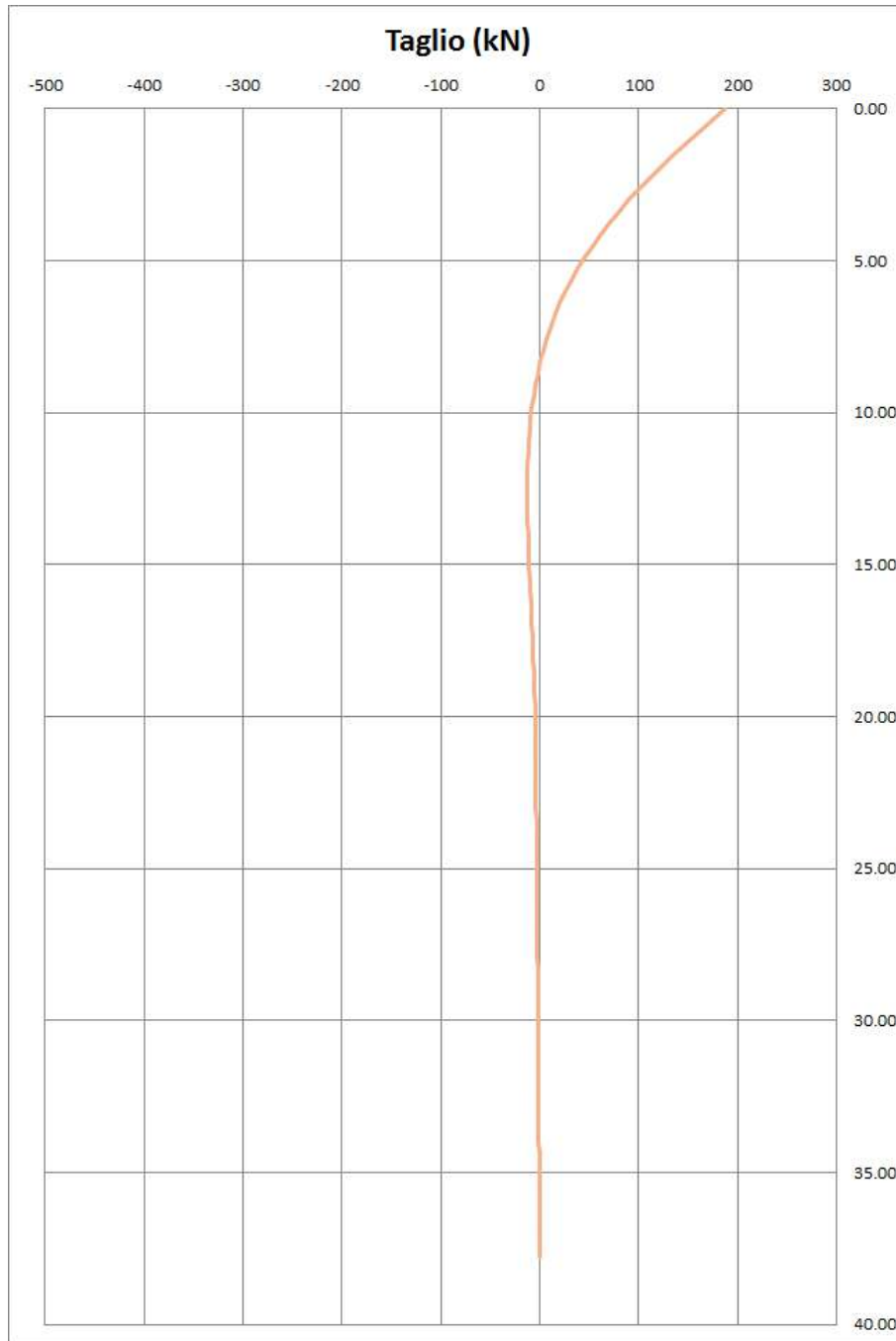
Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 501 kNm)



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

**Sollecitazioni Spalla Sp1**

Geometria palificata

n°pali =	21	(-)	Palo	x	y	n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
n° combo =	36	(m)		(m)	(m)									
			1	-4.00	-10.80	1	-4.00	-10.80	16.00	116.64	224.00	1088.64	-0.01786	-0.00992
			2	-4.00	-7.20	2	-4.00	-7.20	16.00	51.84			-0.01786	-0.00661
			3	-4.00	-7.20	3	-4.00	-3.60	16.00	12.96			-0.01786	-0.00331
			4	-4.00	-3.60	4	-4.00	0.00	16.00	0.00			-0.01786	0
			5	-4.00	0.00	5	-4.00	3.60	16.00	12.96			-0.01786	0.003307
			6	-4.00	3.60	6	-4.00	7.20	16.00	51.84			-0.01786	0.006614
			7	-4.00	7.20	7	-4.00	10.80	16.00	116.64			-0.01786	0.009921
			8	-4.00	10.80	8	0.00	-10.80	0.00	116.64			0	-0.00992
			9	0.00	-10.80	9	0.00	-7.20	0	51.84			0	-0.00661
			10	0.00	-7.20	10	0.00	-3.60	0	12.96			0	-0.00331
			11	0.00	-3.60	11	0.00	0.00	0	0			0	0
			12	0.00	0.00	12	0.00	3.60	0	12.96			0	0.003307
			13	0.00	3.60	13	0.00	7.20	0	51.84			0	0.006614
			14	0.00	7.20	14	0.00	10.80	0	116.64			0	0.009921
			15	0.00	10.80	15	4.00	-10.80	16	116.64			0.017857	-0.00992
			16	4.00	-10.80	16	4.00	-7.20	16	51.84			0.017857	-0.00661
			17	4.00	-7.20	17	4.00	-3.60	16	12.96			0.017857	-0.00331
			18	4.00	-3.60	18	4.00	0.00	16	0			0.017857	0
			19	4.00	0.00	19	4.00	3.60	16	12.96			0.017857	0.003307
			20	4.00	3.60	20	4.00	7.20	16	51.84			0.017857	0.006614
			21	4.00	7.20	21	4.00	10.80	16	116.64			0.017857	0.009921
			21	4.00	10.80									

Azioni assiali testa palo

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	1689	2446	1892	2255	2291	1834		
2	1675	2458	1904	2241	2202	1920		
3	1660	2470	1916	2226	2113	2006		
4	1646	2483	1928	2212	2023	2092		
5	1631	2495	1940	2197	1934	2178		
6	1617	2507	1952	2183	1845	2264		
7	1602	2519	1964	2168	1755	2350		
8	1552	2495	2147	1908	2412	1587		
9	1537	2507	2159	1894	2323	1673		
10	1523	2519	2171	1879	2234	1759		
11	1508	2531	2183	1865	2144	1845		
12	1494	2543	2195	1850	2055	1931		
13	1479	2555	2207	1836	1965	2016		
14	1465	2567	2219	1822	1876	2102		
15	1414	2543	2402	1561	2533	1340		
16	1400	2555	2414	1547	2444	1425		
17	1385	2567	2426	1532	2354	1511		
18	1371	2579	2438	1518	2265	1597		
19	1356	2591	2450	1504	2176	1683		
20	1342	2603	2462	1489	2086	1769	max	min
21	1328	2616	2474	1475	1997	1855	2616	1328

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx		
1	1685	1834	1704	1827	2050	1462		
2	1672	1844	1714	1815	1972	1537		
3	1660	1855	1725	1802	1893	1612		
4	1647	1866	1736	1790	1815	1687		
5	1635	1876	1746	1777	1737	1763		
6	1622	1887	1757	1764	1659	1838		
7	1610	1897	1767	1752	1581	1913		
8	1551	1890	1767	1684	1995	1409		
9	1538	1901	1777	1671	1917	1484		
10	1526	1911	1788	1659	1839	1559		
11	1513	1922	1798	1646	1761	1634		
12	1501	1932	1809	1634	1683	1709		
13	1488	1943	1819	1621	1605	1784		
14	1476	1954	1830	1608	1527	1860		
15	1417	1947	1829	1540	1941	1356		
16	1404	1957	1840	1528	1863	1431		
17	1392	1968	1851	1515	1785	1506		
18	1379	1978	1861	1503	1707	1581		
19	1367	1989	1872	1490	1629	1656		
20	1354	1999	1882	1478	1551	1731	max	min
21	1342	2010	1893	1465	1472	1806	2050	1342

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx		
1	1376	782	223	1939	1796	1187		
2	1419	738	266	1895	1635	1347		
3	1461	695	308	1852	1475	1506		
4	1504	651	350	1808	1314	1666		
5	1546	608	393	1765	1153	1826		
6	1589	564	435	1721	992	1986		
7	1631	520	478	1678	831	2145		
8	1391	1739	1469	1665	2048	1083		
9	1433	1696	1511	1622	1887	1242		
10	1476	1652	1554	1578	1726	1402		
11	1518	1609	1596	1535	1565	1562		
12	1561	1565	1638	1491	1404	1722		
13	1604	1521	1681	1447	1244	1881		
14	1646	1478	1723	1404	1083	2041		
15	1406	2697	2714	1391	2299	978		
16	1448	2653	2757	1348	2138	1138		
17	1491	2609	2799	1304	1977	1298		
18	1533	2566	2841	1261	1817	1457		
19	1576	2522	2884	1217	1656	1617		
20	1618	2479	2926	1174	1495	1777	max	min
21	1661	2435	2969	1130	1334	1937	2969	223

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	1681	1815	1702	1803	1994	1495		
2	1671	1823	1710	1793	1928	1558		
3	1661	1831	1718	1783	1862	1621		
4	1651	1839	1726	1773	1796	1685		
5	1641	1847	1734	1764	1730	1748		
6	1631	1855	1742	1754	1664	1811		
7	1622	1863	1750	1744	1598	1874		
8	1553	1850	1742	1668	1934	1435		
9	1543	1858	1750	1658	1868	1499		
10	1533	1866	1758	1648	1802	1562		
11	1523	1874	1766	1638	1736	1625		
12	1513	1882	1774	1628	1670	1688		
13	1504	1890	1782	1618	1604	1752		
14	1494	1898	1790	1608	1538	1815		
15	1425	1885	1783	1532	1873	1376		
16	1415	1893	1791	1522	1807	1439		
17	1405	1901	1799	1512	1742	1502		
18	1396	1909	1806	1502	1676	1566		
19	1386	1917	1814	1493	1610	1629		
20	1376	1925	1822	1483	1544	1692	max	min
21	1366	1933	1830	1473	1478	1755	1994	1366

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	1661	1817	1705	1777	1898	1574		
2	1659	1817	1705	1776	1862	1609		
3	1658	1817	1704	1774	1825	1643		
4	1657	1816	1704	1773	1789	1678		
5	1656	1816	1704	1772	1753	1712		
6	1654	1816	1703	1771	1716	1747		
7	1653	1815	1703	1769	1680	1781		
8	1541	1800	1692	1652	1821	1498		
9	1540	1800	1692	1651	1785	1532		
10	1538	1799	1692	1649	1749	1567		
11	1537	1799	1692	1648	1712	1601		
12	1536	1799	1691	1647	1676	1636		
13	1535	1798	1691	1646	1639	1670		
14	1534	1798	1691	1644	1603	1705		
15	1421	1783	1680	1527	1745	1422		
16	1420	1782	1680	1526	1708	1456		
17	1419	1782	1679	1524	1672	1491		
18	1417	1782	1679	1523	1635	1525		
19	1416	1781	1679	1522	1599	1560		
20	1415	1781	1678	1521	1563	1594	max	min
21	1414	1781	1678	1520	1526	1629	1898	1414



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1662	1675	1673	1668	1685	1651		
2	1661	1674	1672	1667	1679	1656		
3	1661	1674	1672	1667	1673	1661		
4	1660	1673	1671	1666	1667	1666		
5	1660	1672	1670	1666	1661	1671		
6	1659	1672	1670	1665	1655	1676		
7	1659	1671	1669	1665	1649	1681		
8	1551	1580	1580	1554	1583	1547		
9	1550	1579	1579	1554	1577	1552		
10	1550	1578	1578	1553	1571	1557		
11	1549	1578	1578	1553	1565	1562		
12	1549	1577	1577	1552	1559	1567		
13	1548	1577	1577	1552	1553	1572		
14	1548	1576	1576	1551	1547	1577		
15	1439	1484	1486	1441	1481	1443		
16	1439	1484	1486	1440	1475	1448		
17	1438	1483	1485	1440	1469	1453		
18	1438	1483	1485	1439	1463	1457		
19	1437	1482	1484	1439	1457	1462		
20	1437	1482	1484	1438	1451	1467	max	min
21	1436	1481	1483	1438	1445	1472	1685	1436

**Azioni di taglio testa palo**

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	265	447	352	354	449	262		
2	265	447	352	354	449	262		
3	265	447	352	354	449	262		
4	265	447	352	354	449	262		
5	265	447	352	354	449	262		
6	265	447	352	354	449	262		
7	265	447	352	354	449	262		
8	265	447	352	354	449	262		
9	265	447	352	354	449	262		
10	265	447	352	354	449	262		
11	265	447	352	354	449	262		
12	265	447	352	354	449	262		
13	265	447	352	354	449	262		
14	265	447	352	354	449	262		
15	265	447	352	354	449	262		
16	265	447	352	354	449	262		
17	265	447	352	354	449	262		
18	265	447	352	354	449	262		
19	265	447	352	354	449	262		
20	265	447	352	354	449	262	max	min
21	265	447	352	354	449	262	449	262

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx		
1	265	341	261	339	343	262		
2	265	341	261	339	343	262		
3	265	341	261	339	343	262		
4	265	341	261	339	343	262		
5	265	341	261	339	343	262		
6	265	341	261	339	343	262		
7	265	341	261	339	343	262		
8	265	341	261	339	343	262		
9	265	341	261	339	343	262		
10	265	341	261	339	343	262		
11	265	341	261	339	343	262		
12	265	341	261	339	343	262		
13	265	341	261	339	343	262		
14	265	341	261	339	343	262		
15	265	341	261	339	343	262		
16	265	341	261	339	343	262		
17	265	341	261	339	343	262		
18	265	341	261	339	343	262		
19	265	341	261	339	343	262		
20	265	341	261	339	343	262	max	min
21	265	341	261	339	343	262	343	261

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx		
1	400	1137	1293	277	884	746		
2	400	1137	1293	277	884	746		
3	400	1137	1293	277	884	746		
4	400	1137	1293	277	884	746		
5	400	1137	1293	277	884	746		
6	400	1137	1293	277	884	746		
7	400	1137	1293	277	884	746		
8	400	1137	1293	277	884	746		
9	400	1137	1293	277	884	746		
10	400	1137	1293	277	884	746		
11	400	1137	1293	277	884	746		
12	400	1137	1293	277	884	746		
13	400	1137	1293	277	884	746		
14	400	1137	1293	277	884	746		
15	400	1137	1293	277	884	746		
16	400	1137	1293	277	884	746		
17	400	1137	1293	277	884	746		
18	400	1137	1293	277	884	746		
19	400	1137	1293	277	884	746		
20	400	1137	1293	277	884	746	max	min
21	400	1137	1293	277	884	746	1293	277

Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	264	331	261	329	332	261		
2	264	331	261	329	332	261		
3	264	331	261	329	332	261		
4	264	331	261	329	332	261		
5	264	331	261	329	332	261		
6	264	331	261	329	332	261		
7	264	331	261	329	332	261		
8	264	331	261	329	332	261		
9	264	331	261	329	332	261		
10	264	331	261	329	332	261		
11	264	331	261	329	332	261		
12	264	331	261	329	332	261		
13	264	331	261	329	332	261		
14	264	331	261	329	332	261		
15	264	331	261	329	332	261		
16	264	331	261	329	332	261		
17	264	331	261	329	332	261		
18	264	331	261	329	332	261		
19	264	331	261	329	332	261		
20	264	331	261	329	332	261	max	min
21	264	331	261	329	332	261	332	261

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	262	331	261	331	332	261		
2	262	331	261	331	332	261		
3	262	331	261	331	332	261		
4	262	331	261	331	332	261		
5	262	331	261	331	332	261		
6	262	331	261	331	332	261		
7	262	331	261	331	332	261		
8	262	331	261	331	332	261		
9	262	331	261	331	332	261		
10	262	331	261	331	332	261		
11	262	331	261	331	332	261		
12	262	331	261	331	332	261		
13	262	331	261	331	332	261		
14	262	331	261	331	332	261		
15	262	331	261	331	332	261		
16	262	331	261	331	332	261		
17	262	331	261	331	332	261		
18	262	331	261	331	332	261		
19	262	331	261	331	332	261		
20	262	331	261	331	332	261	max	min
21	262	331	261	331	332	261	332	261

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	262	260	261	260	261	261		
2	262	260	261	260	261	261		
3	262	260	261	260	261	261		
4	262	260	261	260	261	261		
5	262	260	261	260	261	261		
6	262	260	261	260	261	261		
7	262	260	261	260	261	261		
8	262	260	261	260	261	261		
9	262	260	261	260	261	261		
10	262	260	261	260	261	261		
11	262	260	261	260	261	261		
12	262	260	261	260	261	261		
13	262	260	261	260	261	261		
14	262	260	261	260	261	261		
15	262	260	261	260	261	261		
16	262	260	261	260	261	261		
17	262	260	261	260	261	261		
18	262	260	261	260	261	261		
19	262	260	261	260	261	261		
20	262	260	261	260	261	261	max	min
21	262	260	261	260	261	261	262	260

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni

Sollecitazioni Spalla Sp2

Geometria palificata

n°pali =	21	(-)	Palo	x	y	n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
n° combo =	36	(m)		(m)	(m)									
			1	-4.00	-10.80	1	-4.00	-10.80	16.00	116.64	224.00	1088.64	-0.01786	-0.00992
			2	-4.00	-7.20	2	-4.00	-7.20	16.00	51.84			-0.01786	-0.00661
			3	-4.00	-7.20	3	-4.00	-3.60	16.00	12.96			-0.01786	-0.00331
			4	-4.00	-3.60	4	-4.00	0.00	16.00	0.00			-0.01786	0
			5	-4.00	0.00	5	-4.00	3.60	16.00	12.96			-0.01786	0.003307
			6	-4.00	3.60	6	-4.00	7.20	16.00	51.84			-0.01786	0.006614
			7	-4.00	7.20	7	-4.00	10.80	16.00	116.64			-0.01786	0.009921
			8	-4.00	10.80	8	0.00	-10.80	0.00	116.64			0	-0.00992
			9	0.00	-10.80	9	0.00	-7.20	0	51.84			0	-0.00661
			10	0.00	-7.20	10	0.00	-3.60	0	12.96			0	-0.00331
			11	0.00	-3.60	11	0.00	0.00	0	0			0	0
			12	0.00	0.00	12	0.00	3.60	0	12.96			0	0.003307
			13	0.00	3.60	13	0.00	7.20	0	51.84			0	0.006614
			14	0.00	7.20	14	0.00	10.80	0	116.64			0	0.009921
			15	0.00	10.80	15	4.00	-10.80	16	116.64			0.017857	-0.00992
			16	4.00	-10.80	16	4.00	-7.20	16	51.84			0.017857	-0.00661
			17	4.00	-7.20	17	4.00	-3.60	16	12.96			0.017857	-0.00331
			18	4.00	-3.60	18	4.00	0.00	16	0			0.017857	0
			19	4.00	0.00	19	4.00	3.60	16	12.96			0.017857	0.003307
			20	4.00	3.60	20	4.00	7.20	16	51.84			0.017857	0.006614
			21	4.00	7.20	21	4.00	10.80	16	116.64			0.017857	0.009921
			21	4.00	10.80									

Azioni assiali testa palo

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	1745	2759	2107	2446	2273	2218		
2	1728	2775	2123	2430	2181	2308		
3	1711	2791	2139	2413	2089	2398		
4	1694	2807	2155	2396	1998	2488		
5	1678	2823	2171	2379	1906	2578		
6	1661	2839	2187	2362	1814	2667		
7	1644	2855	2203	2345	1723	2757		
8	1817	2831	2575	2081	2498	2103		
9	1800	2847	2591	2064	2406	2193		
10	1783	2863	2607	2047	2315	2283		
11	1767	2879	2623	2030	2223	2373		
12	1750	2896	2639	2013	2131	2463		
13	1733	2912	2655	1996	2040	2553		
14	1716	2928	2671	1980	1948	2642		
15	1889	2903	3042	1715	2723	1989		
16	1873	2920	3058	1698	2632	2078		
17	1856	2936	3074	1682	2540	2168		
18	1839	2952	3091	1665	2449	2258		
19	1822	2968	3107	1648	2357	2348		
20	1805	2984	3123	1631	2265	2438	max	min
21	1788	3000	3139	1614	2174	2527	3139	1614

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx		
1	1884	1948	1942	1932	2109	1713		
2	1870	1962	1956	1917	2029	1791		
3	1855	1976	1970	1902	1949	1870		
4	1841	1990	1984	1888	1869	1948		
5	1826	2004	1998	1873	1789	2027		
6	1811	2018	2012	1859	1709	2105		
7	1797	2032	2026	1844	1629	2184		
8	1815	2139	2134	1827	2136	1780		
9	1801	2152	2148	1813	2056	1859		
10	1786	2166	2162	1798	1976	1938		
11	1771	2180	2176	1784	1896	2016		
12	1757	2194	2190	1769	1816	2095		
13	1742	2208	2204	1754	1736	2173		
14	1727	2222	2218	1740	1656	2252		
15	1746	2329	2327	1723	2163	1848		
16	1731	2343	2341	1709	2083	1927		
17	1717	2357	2355	1694	2003	2005		
18	1702	2371	2368	1679	1923	2084		
19	1687	2385	2382	1665	1843	2162		
20	1673	2399	2396	1650	1763	2241	max	min
21	1658	2413	2410	1635	1683	2320	2413	1629

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx		
1	92	1825	42	1871	1982	1180		
2	144	1773	-10	1923	1760	1403		
3	196	1720	-62	1975	1537	1625		
4	249	1668	-115	2028	1315	1848		
5	301	1616	-167	2080	1092	2070		
6	354	1563	-219	2132	869	2293		
7	406	1511	-272	2185	647	2515		
8	1620	2019	2016	1620	2489	1150		
9	1673	1967	1964	1673	2266	1373		
10	1725	1914	1912	1725	2044	1595		
11	1777	1862	1859	1777	1821	1818		
12	1830	1810	1807	1830	1599	2040		
13	1882	1757	1754	1882	1376	2263		
14	1934	1705	1702	1934	1154	2485		
15	3149	2213	3990	1370	2996	1121		
16	3201	2160	3938	1422	2773	1343		
17	3253	2108	3885	1474	2550	1566		
18	3306	2056	3833	1527	2328	1788		
19	3358	2003	3781	1579	2105	2011		
20	3410	1951	3728	1631	1883	2233	max	min
21	3463	1899	3676	1684	1660	2456	3990	-272

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaiani**

Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	1876	1939	1935	1917	2069	1737		
2	1865	1950	1945	1906	2001	1803		
3	1853	1961	1956	1894	1934	1869		
4	1842	1972	1967	1883	1867	1935		
5	1831	1982	1978	1872	1799	2001		
6	1819	1993	1988	1860	1732	2067		
7	1808	2004	1999	1849	1664	2134		
8	1815	2100	2096	1824	2089	1792		
9	1804	2110	2107	1813	2021	1858		
10	1792	2121	2118	1802	1954	1924		
11	1781	2132	2129	1790	1887	1991		
12	1770	2143	2139	1779	1819	2057		
13	1758	2153	2150	1768	1752	2123		
14	1747	2164	2161	1756	1684	2189		
15	1754	2260	2258	1732	2109	1848		
16	1743	2271	2269	1720	2041	1914		
17	1731	2282	2280	1709	1974	1980		
18	1720	2292	2291	1698	1907	2046		
19	1709	2303	2301	1686	1839	2112		
20	1697	2314	2312	1675	1772	2178	max	min
21	1686	2324	2323	1664	1704	2244	2324	1664

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	1846	1950	1946	1846	1967	1823		
2	1845	1950	1946	1845	1931	1858		
3	1844	1951	1947	1844	1895	1893		
4	1844	1951	1947	1844	1860	1929		
5	1843	1951	1947	1843	1824	1964		
6	1842	1952	1948	1842	1788	1999		
7	1842	1952	1948	1842	1753	2034		
8	1796	2054	2052	1796	1969	1861		
9	1796	2055	2052	1796	1933	1896		
10	1795	2055	2053	1795	1897	1931		
11	1795	2056	2053	1795	1862	1966		
12	1794	2056	2053	1794	1826	2001		
13	1793	2056	2054	1793	1790	2036		
14	1793	2057	2054	1793	1755	2071		
15	1747	2159	2158	1747	1971	1898		
16	1747	2160	2158	1747	1935	1933		
17	1746	2160	2158	1746	1900	1968		
18	1745	2160	2159	1745	1864	2003		
19	1745	2161	2159	1745	1828	2038		
20	1744	2161	2160	1744	1792	2073	max	min
21	1743	2161	2160	1743	1757	2108	2161	1743



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1847	1849	1845	1847	1864	1832		
2	1847	1849	1845	1847	1859	1837		
3	1847	1849	1845	1847	1854	1842		
4	1847	1849	1845	1847	1848	1848		
5	1847	1849	1845	1847	1843	1853		
6	1847	1849	1845	1847	1838	1858		
7	1847	1849	1845	1847	1832	1864		
8	1805	1834	1831	1805	1837	1802		
9	1805	1834	1831	1805	1832	1807		
10	1805	1834	1831	1805	1827	1813		
11	1805	1834	1831	1805	1821	1818		
12	1805	1834	1831	1805	1816	1823		
13	1805	1834	1831	1805	1811	1829		
14	1805	1834	1831	1805	1805	1834		
15	1764	1818	1817	1764	1810	1772		
16	1764	1818	1817	1764	1805	1777		
17	1764	1818	1817	1764	1800	1783		
18	1764	1818	1817	1764	1794	1788		
19	1764	1818	1817	1764	1789	1794		
20	1764	1818	1817	1764	1784	1799	max	min
21	1764	1818	1817	1764	1778	1804	1864	1764

**Azioni di taglio testa palo**

Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	488	480	609	340	491	477		
2	488	480	609	340	491	477		
3	488	480	609	340	491	477		
4	488	480	609	340	491	477		
5	488	480	609	340	491	477		
6	488	480	609	340	491	477		
7	488	480	609	340	491	477		
8	488	480	609	340	491	477		
9	488	480	609	340	491	477		
10	488	480	609	340	491	477		
11	488	480	609	340	491	477		
12	488	480	609	340	491	477		
13	488	480	609	340	491	477		
14	488	480	609	340	491	477		
15	488	480	609	340	491	477		
16	488	480	609	340	491	477		
17	488	480	609	340	491	477		
18	488	480	609	340	491	477		
19	488	480	609	340	491	477		
20	488	480	609	340	491	477	max	min
21	488	480	609	340	491	477	609	340

Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx	SLU GEO min Mx		
1	361	463	465	343	364	461		
2	361	463	465	343	364	461		
3	361	463	465	343	364	461		
4	361	463	465	343	364	461		
5	361	463	465	343	364	461		
6	361	463	465	343	364	461		
7	361	463	465	343	364	461		
8	361	463	465	343	364	461		
9	361	463	465	343	364	461		
10	361	463	465	343	364	461		
11	361	463	465	343	364	461		
12	361	463	465	343	364	461		
13	361	463	465	343	364	461		
14	361	463	465	343	364	461		
15	361	463	465	343	364	461		
16	361	463	465	343	364	461		
17	361	463	465	343	364	461		
18	361	463	465	343	364	461		
19	361	463	465	343	364	461		
20	361	463	465	343	364	461	max	min
21	361	463	465	343	364	461	465	343

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx	ED SLV min Mx		
1	1468	485	1628	345	1082	890		
2	1468	485	1628	345	1082	890		
3	1468	485	1628	345	1082	890		
4	1468	485	1628	345	1082	890		
5	1468	485	1628	345	1082	890		
6	1468	485	1628	345	1082	890		
7	1468	485	1628	345	1082	890		
8	1468	485	1628	345	1082	890		
9	1468	485	1628	345	1082	890		
10	1468	485	1628	345	1082	890		
11	1468	485	1628	345	1082	890		
12	1468	485	1628	345	1082	890		
13	1468	485	1628	345	1082	890		
14	1468	485	1628	345	1082	890		
15	1468	485	1628	345	1082	890		
16	1468	485	1628	345	1082	890		
17	1468	485	1628	345	1082	890		
18	1468	485	1628	345	1082	890		
19	1468	485	1628	345	1082	890		
20	1468	485	1628	345	1082	890	max	min
21	1468	485	1628	345	1082	890	1628	345

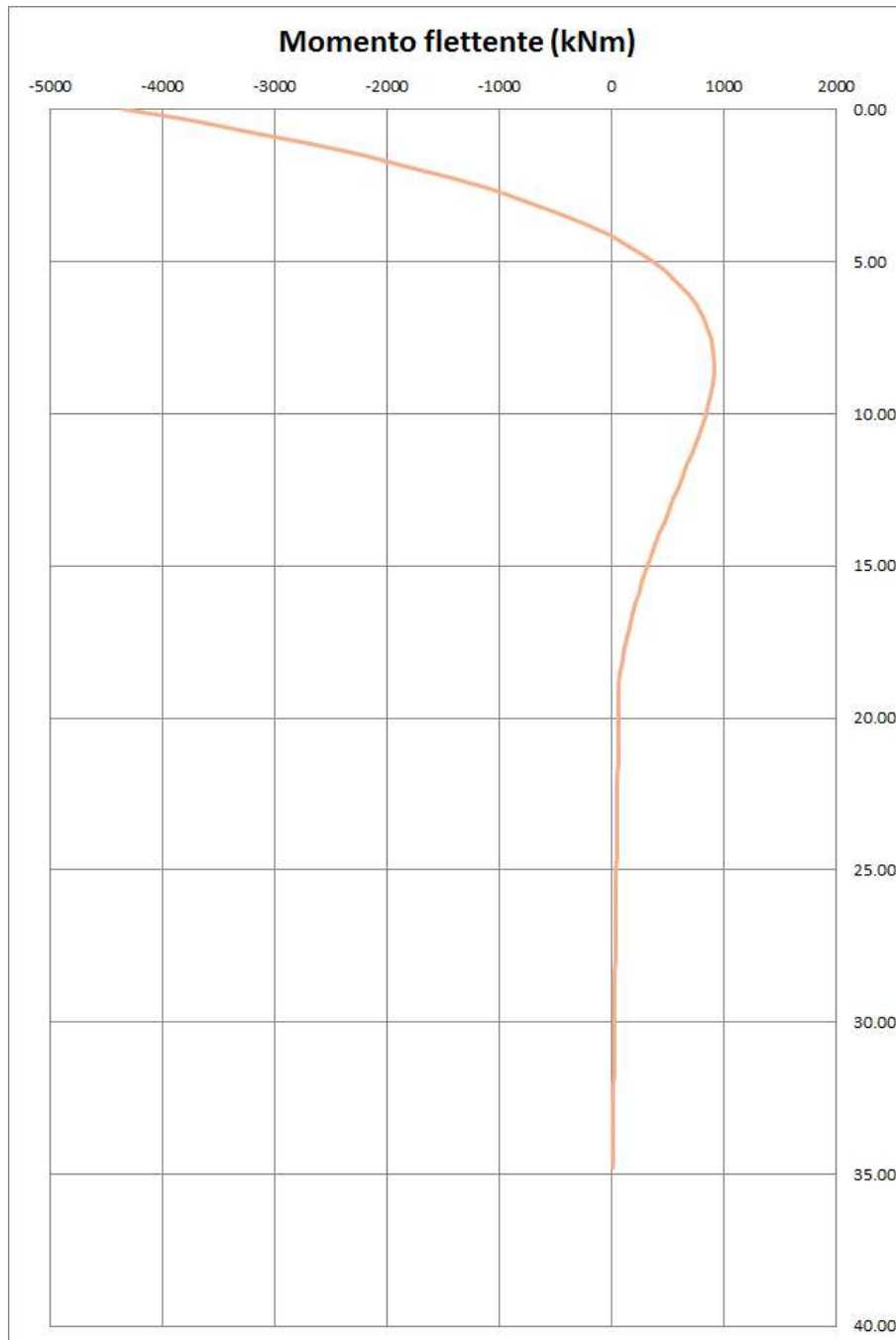
Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	361	450	451	345	364	448		
2	361	450	451	345	364	448		
3	361	450	451	345	364	448		
4	361	450	451	345	364	448		
5	361	450	451	345	364	448		
6	361	450	451	345	364	448		
7	361	450	451	345	364	448		
8	361	450	451	345	364	448		
9	361	450	451	345	364	448		
10	361	450	451	345	364	448		
11	361	450	451	345	364	448		
12	361	450	451	345	364	448		
13	361	450	451	345	364	448		
14	361	450	451	345	364	448		
15	361	450	451	345	364	448		
16	361	450	451	345	364	448		
17	361	450	451	345	364	448		
18	361	450	451	345	364	448		
19	361	450	451	345	364	448		
20	361	450	451	345	364	448	max	min
21	361	450	451	345	364	448	451	345

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	362	449	450	362	363	447		
2	362	449	450	362	363	447		
3	362	449	450	362	363	447		
4	362	449	450	362	363	447		
5	362	449	450	362	363	447		
6	362	449	450	362	363	447		
7	362	449	450	362	363	447		
8	362	449	450	362	363	447		
9	362	449	450	362	363	447		
10	362	449	450	362	363	447		
11	362	449	450	362	363	447		
12	362	449	450	362	363	447		
13	362	449	450	362	363	447		
14	362	449	450	362	363	447		
15	362	449	450	362	363	447		
16	362	449	450	362	363	447		
17	362	449	450	362	363	447		
18	362	449	450	362	363	447		
19	362	449	450	362	363	447		
20	362	449	450	362	363	447	max	min
21	362	449	450	362	363	447	450	362

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

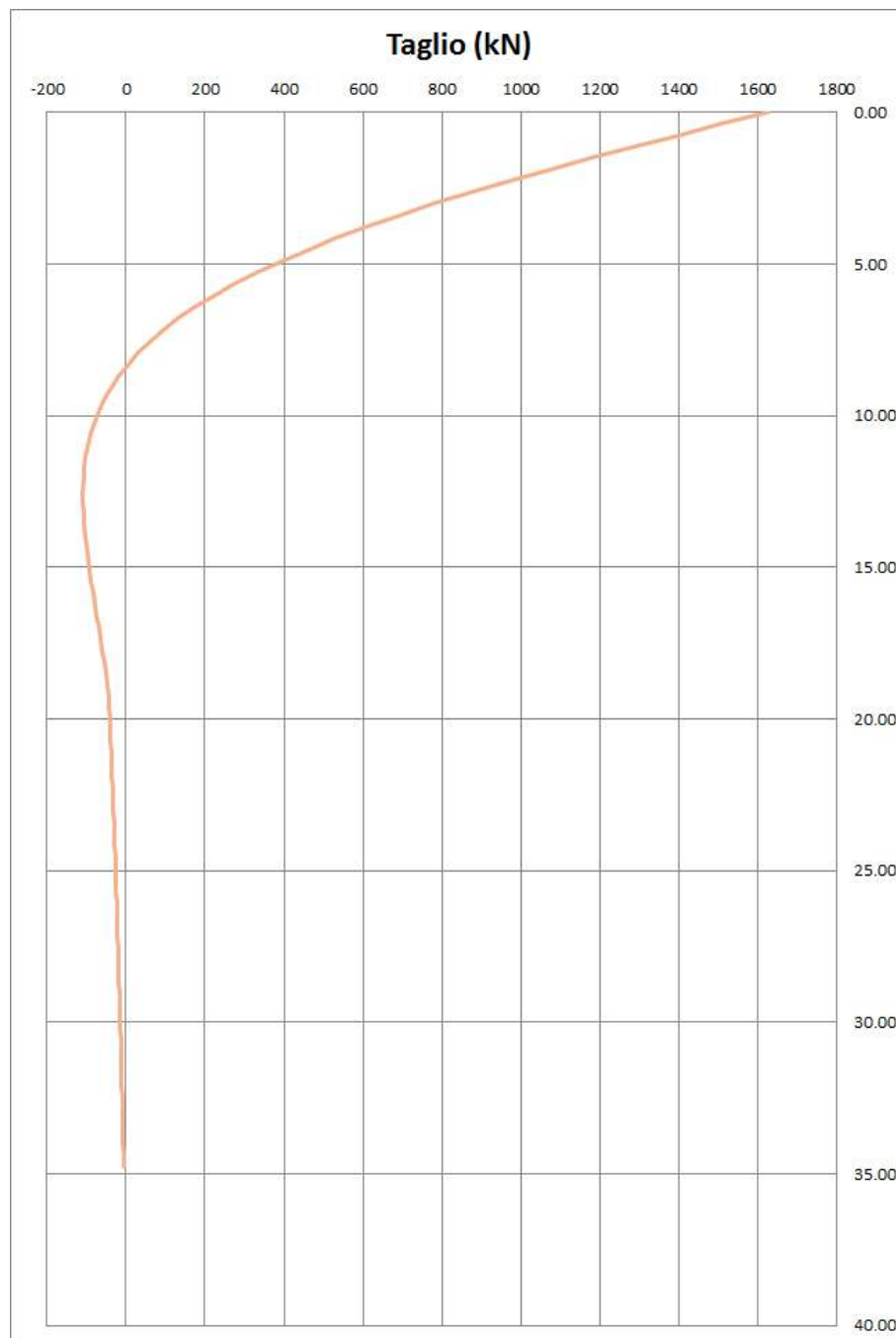
Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	362	364	366	362	363	363		
2	362	364	366	362	363	363		
3	362	364	366	362	363	363		
4	362	364	366	362	363	363		
5	362	364	366	362	363	363		
6	362	364	366	362	363	363		
7	362	364	366	362	363	363		
8	362	364	366	362	363	363		
9	362	364	366	362	363	363		
10	362	364	366	362	363	363		
11	362	364	366	362	363	363		
12	362	364	366	362	363	363		
13	362	364	366	362	363	363		
14	362	364	366	362	363	363		
15	362	364	366	362	363	363		
16	362	364	366	362	363	363		
17	362	364	366	362	363	363		
18	362	364	366	362	363	363		
19	362	364	366	362	363	363		
20	362	364	366	362	363	363	max	min
21	362	364	366	362	363	363	366	362

Andamento momento per la condizione più gravosa ( $M_{max} = 4338 \text{ kNm}$ )

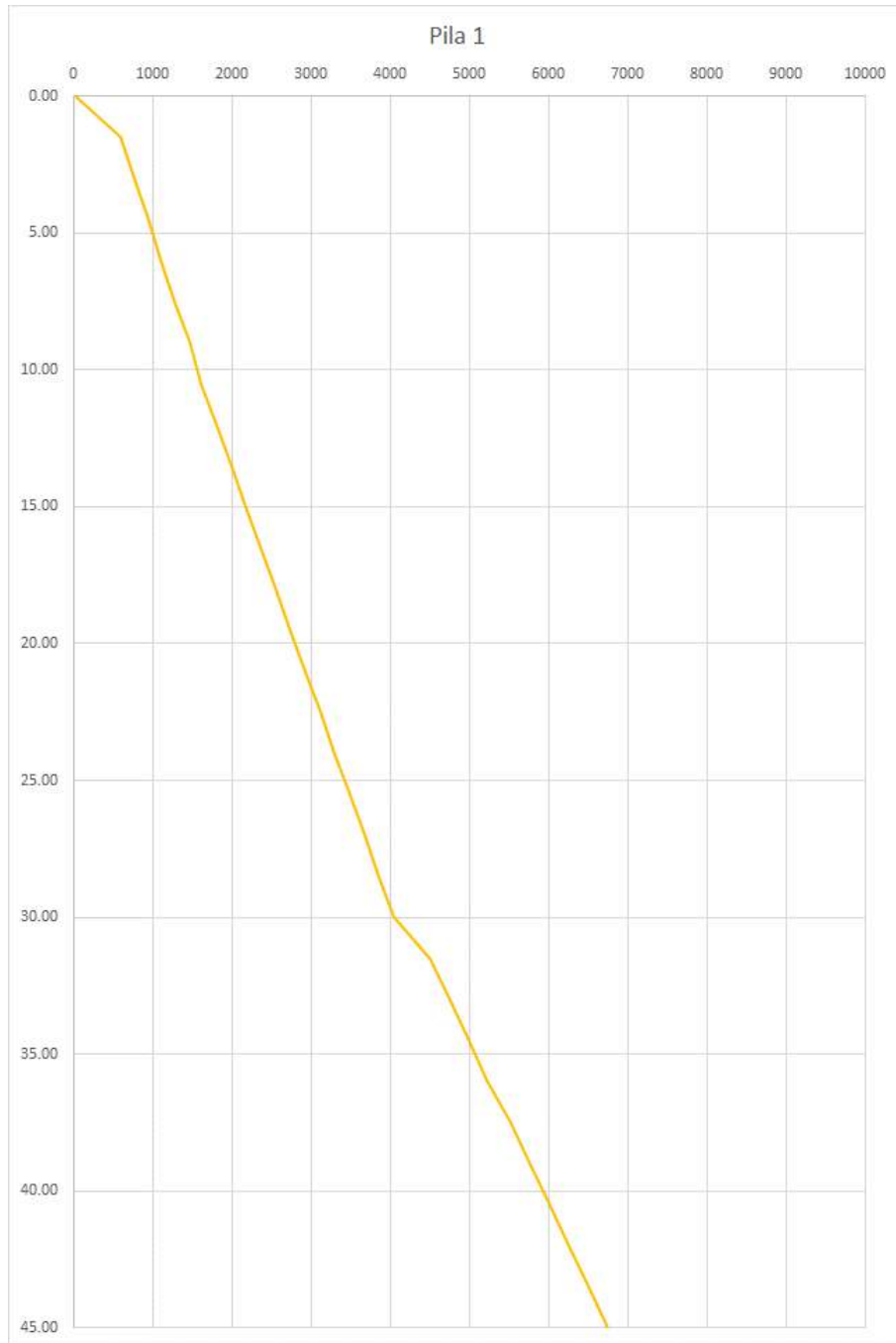


**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**

Andamento taglio per la condizione più gravosa (Tmax = 1628 kN)

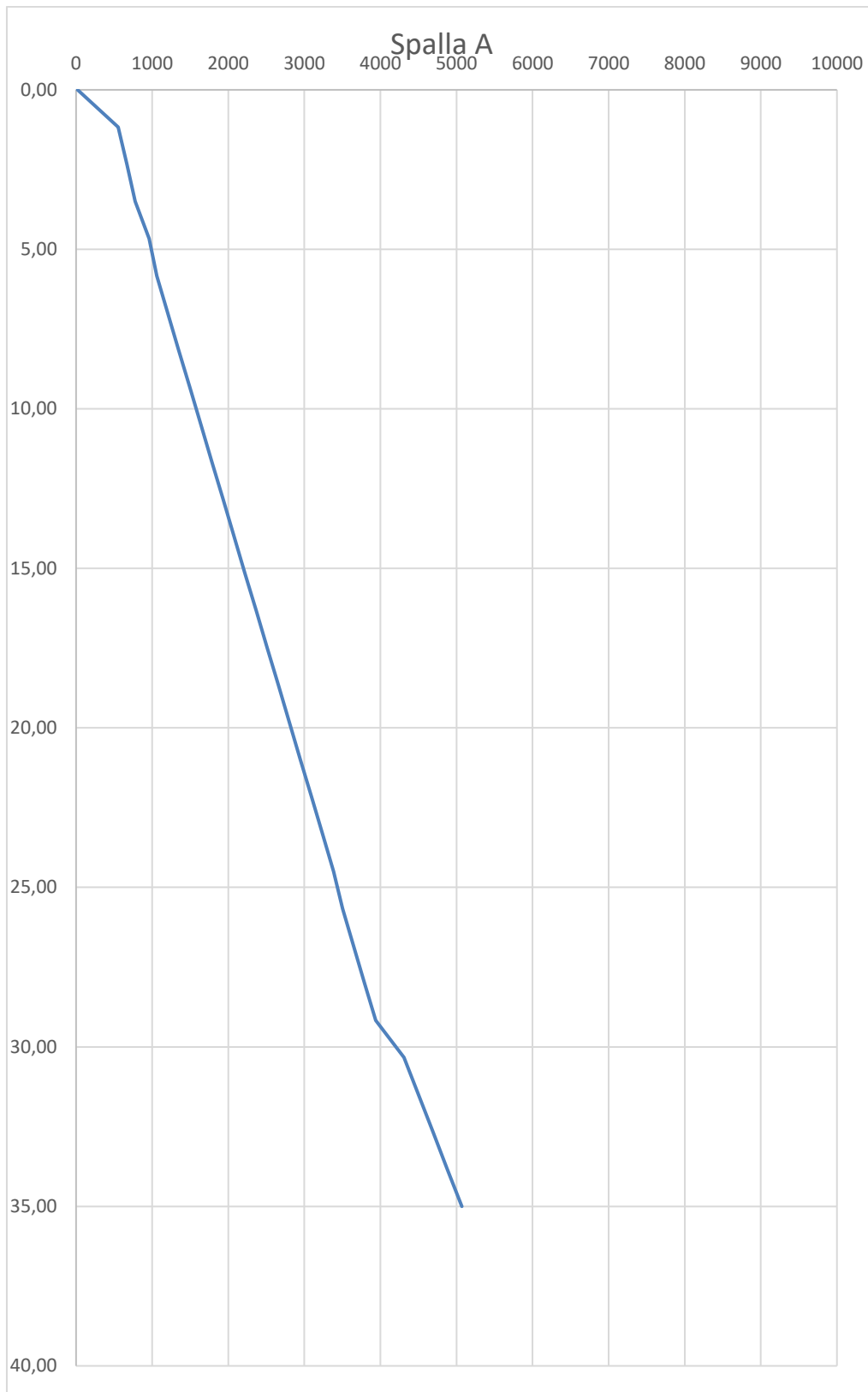


**ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE**





**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Barbaianni**



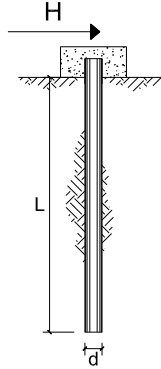
**ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI**

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

OPERA: V.to Barbaiani - PILE

TEORIA DI BASE:  
(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_G$	variabili $\gamma_Q$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
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	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_s$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_t$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo L = 38.00 (m)  
 Diametro del palo d = 1.20 (m)  
 Momento di plasticizzazione della sezione  $M_y = 2151.00$  (kN m)  
 Coesione non drenata  $c_{u, med} = 175.00$  (kPa)  $c_{u, min} = 175.00$  (kPa)  
 Coesione non drenata di progetto  $c_{u, med, d} = 175.00$  (kPa)  $c_{u, min, d} = 175.00$  (kPa)  
 Carico Assiale Permanente (G): G = (kN)  
 Carico Assiale variabile (Q): Q = 188 (kN)

Palo corto:  
 $H1_{med} = 68418.00$  (kN)  $H1_{min} = 68418.00$  (kN)

Palo intermedio:  
 $H2_{med} = 26540.63$  (kN)  $H2_{min} = 26540.63$  (kN)

Palo lungo:  
 $H3_{med} = 1873.90$  (kN)  $H3_{min} = 1873.90$  (kN)

$H_{med} = 1873.90$  (kN) palo lungo  $H_{min} = 1873.90$  (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_s ; R_{min}/\xi_t) = 1102.30$  (kN)

$H_d = H_k / \gamma_T = 847.92$  (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 188.00$  (kN)

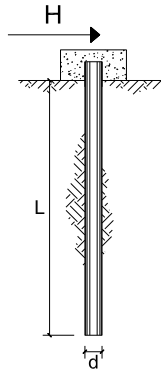
$FS = H_d / F_d = 4.51$

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

**OPERA:** V.tto Barbaiani - SPALLE

**TEORIA DI BASE:**  
(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	$\gamma_{cu}$	$\gamma_T$
		$\gamma_G$	$\gamma_Q$		
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		1.30	1.50	1.40	1.00



n	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo	L =	35.00	(m)			
Diametro del palo	d =	1.20	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	5055.00	(kN m)			
Coesione non drenata	$c_{u, med} =$	175.00	(kPa)	$c_{u, min} =$	175.00	(kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d} =$	175.00	(kPa)	$c_{u, min, d} =$	175.00	(kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =		(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	1628	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 62748.00$  (kN)       $H1_{min} = 62748.00$  (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 24325.62$  (kN)       $H2_{min} = 24325.62$  (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 3654.16$  (kN)       $H3_{min} = 3654.16$  (kN)

$H_{med} = 3654.16$  (kN)      palo lungo       $H_{min} = 3654.16$  (kN)      palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 2149.51$  (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 1653.47$  (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1628.00$  (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.02$