

## 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 PONTE BUONAFEDE - CARR. SX Relazione di calcolo delle sottostrutture

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI06STRRE03C			
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI06STRRE03		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	7
1.1.3 Sistema di vincolo	8
<b>1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>9</b>
1.2.1 Calcestruzzo	9
1.2.1.1 Elevazione della spalla .....	9
1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione .....	9
1.2.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	11
<b>1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>11</b>
<b>1.4 SOFTWARE DI CALCOLO</b>	<b>12</b>
<b>1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI</b>	<b>12</b>
<b>2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO</b>	<b>13</b>
<b>2.1 SISTEMA DI VINCOLO</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>20</b>
<b>4.4 EFFETTO DEL SOVRACCARICO STRADALE A TERGO SPALLA</b>	<b>21</b>
<b>4.5 AZIONE SISMICA</b>	<b>22</b>
4.5.1 Inquadramento	22

---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

4.5.2 Azioni sismiche sulle spalla	26
<b>4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO</b>	<b>28</b>
<b>5. COMBINAZIONE DELLE AZIONI</b>	<b>29</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
7.3 RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI	34
7.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE	34
7.4.1 Resistenza laterale	34
7.4.2 Resistenza di base	36
7.4.3 Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici	36
7.4.4 Resistenza di progetto del palo	36
7.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO	37
7.6 VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE	38
<b>8. ANALISI STRUTTURALE E PRINCIPALI RISULTATI</b>	<b>39</b>
8.1 ANALISI DINAMICA	40
8.1.1 Spostamenti dell'impalcato	42
8.2 SOLLECITAZIONI	47
8.2.1 Elevazioni spalle	47
8.2.2 Fondazioni	59
<b>9. VERIFICA GEOTECNICA SPALLE</b>	<b>60</b>
9.1 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE	61
<b>10. VERIFICA STRUTTURALE SPALLA</b>	<b>62</b>
10.1.1 Muro frontale	63

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

10.1.2	Paraghiaia	66
10.1.3	Muro di risvolto	71
10.1.4	Platea di fondazione spalla	98
10.1.5	Baggioli spalla	113
10.1.6	Palo di fondazione	116
<b>11.</b>	<b>APPOGGI E GIUNTI</b>	<b>134</b>
<b>11.1</b>	<b>PORTATE APPOGGI</b>	<b>135</b>
<b>11.2</b>	<b>DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI</b>	<b>136</b>
11.2.1	Spostamenti orizzontali	136
11.2.2	Verifica decompressione	136
11.2.3	Verifica massimi spostamenti sisma SLC	137
11.2.4	Verifica massime rotazioni	137
11.2.5	S.L.E. deformazione sotto azione del vento	139
<b>11.3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI</b>	<b>140</b>
11.3.1	Giunti	140
11.3.2	Varchi	141
<b>12.</b>	<b>ADDENDUM – VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI – VALUTAZIONE COMPORTAMENTO GLOBALE</b>	<b>142</b>
<b>12.1</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>142</b>
<b>12.2</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE</b>	<b>144</b>
12.2.1	Analisi "Upper Bound"	144
12.2.1.1	Periodo di vibrazione.....	144
12.2.1.2	Reazioni orizzontali baggioli (SLC) .....	145
12.2.1.3	Spiccato paramento e fondazione spalla.....	146
12.2.2	Analisi "Lower Bound"	147
12.2.2.1	Periodo di vibrazione.....	147
12.2.2.2	Escursione ai giunti.....	147
<b>12.3</b>	<b>ONCLUSIONI</b>	<b>149</b>

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

12.3.1 Reazioni sui baggioli	149
12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali	149
12.3.3 Spostamenti ai giunti	149
<b>ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI</b>	<b>151</b>
<b>ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE</b>	<b>223</b>
<b>ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI</b>	<b>224</b>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione di spalle, appoggi e giunti del viadotto "Buonafede", carreggiata sinistra, 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 appoggiata e luci pari a 46.5 m per la carreggiata sinistra e 46.53 m per la carreggiata destra. La struttura di spalla è comune ad ambedue le vie di corsa. L'analisi verrà effettuata, pertanto, considerando l'intero elemento strutturale, gravato dalle sollecitazioni dei due impalcati e dai relativi carichi e sovraccarichi.

Considerata l'analogia tra la spalla 1 e la spalla 2, che differiscono in altezza di pochi cm, i calcoli di dettaglio verranno effettuati per la sola spalla 1, di altezza leggermente maggiore.

La figura seguente mostra i prospetti delle due carreggiate.

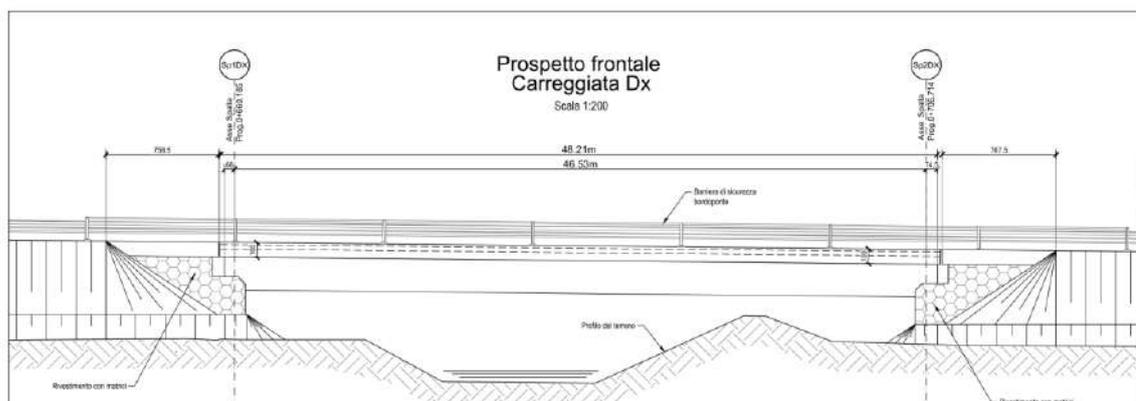


Figura 1.1: Prospetto carreggiata destra RG-CT

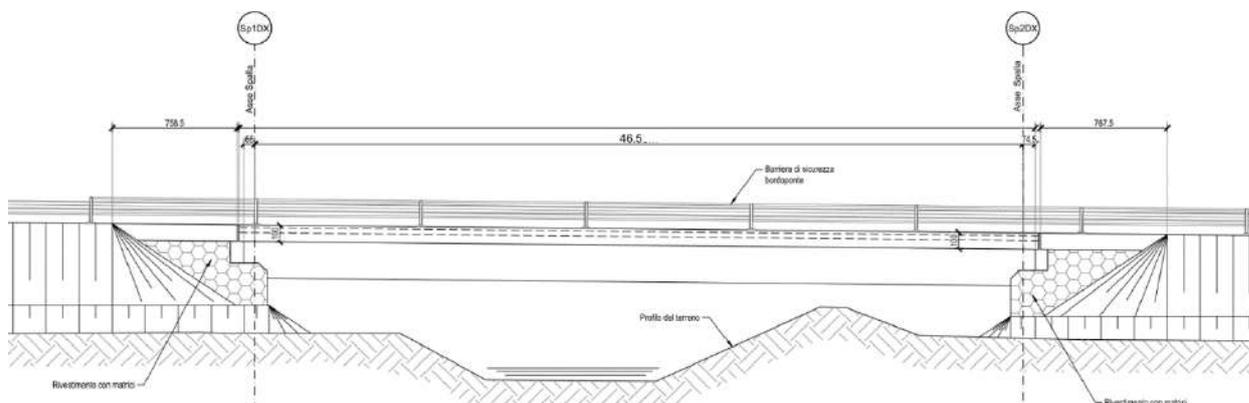


Figura 1.2: Prospetto carreggiata sinistra CT-RG

### 1.1.1 Impalcato

La planimetria è sghemba con un angolo fra asse impalcato e bordo trasversale soletta di circa 70°.

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 2400 mm disposte ad interasse trasversale di 6550 mm costante per le carreggiate destra e sinistra e traversi a trave posti a passo longitudinale di 3875 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. Tutti i traversi sono sghembi rispetto alle travi longitudinali. Lo sviluppo longitudinale delle travi comprende diversi conci la cui anima non è provvista di irrigidimenti longitudinali, mentre gli irrigidimenti verticali sono realizzati in corrispondenza della giunzione coi traversi.

L'impalcato destro ha una larghezza di 11450 mm con cordoli da 750 mm, banchina sul lato sinistro della carreggiata di 700 mm, banchina sul lato destro di 1750 mm e due corsie da 3750 mm. 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. Le predalle sono sghembe rispetto alle travi longitudinali. 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:

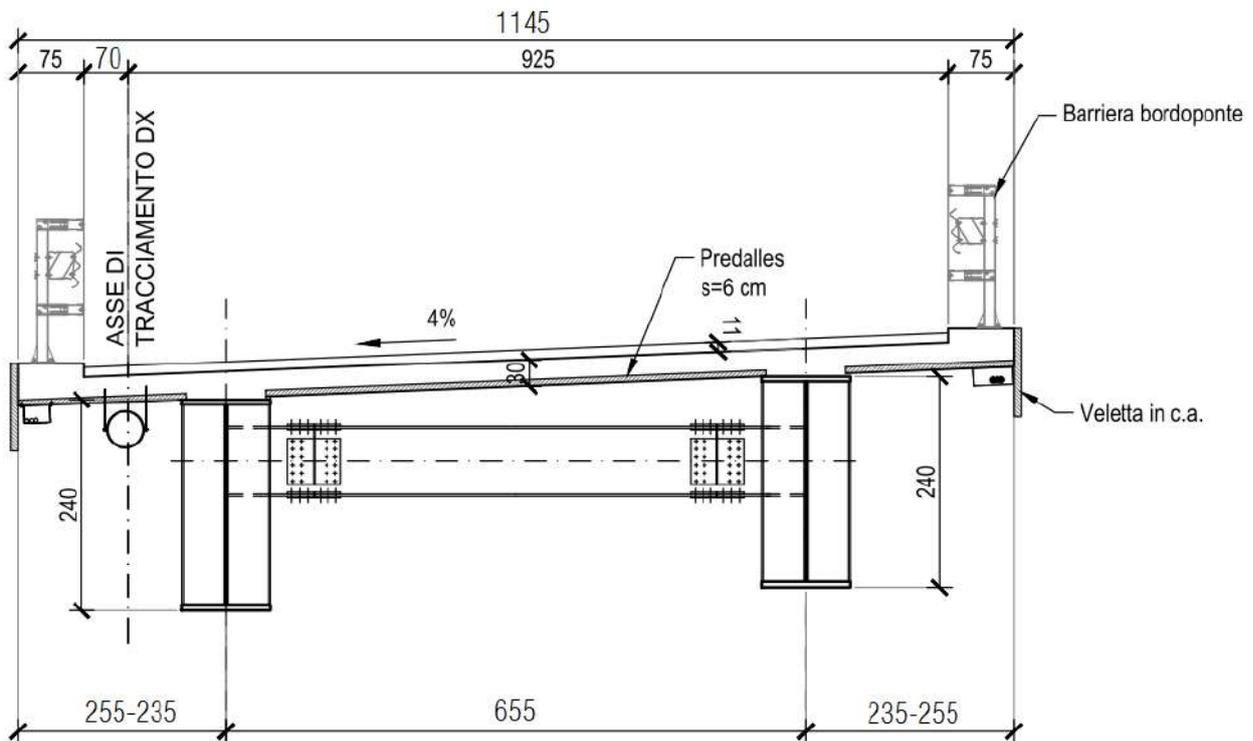


Figura 1.3: Sezione trasversale dell'impalcato carreggiata destra

Gli sbalzi sono di lunghezza variabile in quanto il ponte ha una carreggiata in leggera curva mentre le travi sono rettilinee.

L'impalcato sinistro ha una larghezza standard di 11,25 m, con sbalzi variabili da 245 a 225 cm.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**1.1.2 Sottostrutture**

Le spalle 1 e 2 sono quasi identiche e comuni alle due carreggiate, anche esse hanno una planimetria sghemba con angolo leggermente diverso e prossimo a 20°, la struttura è di tipo tradizionale in c.a. ed è costituita da un muro frontale di spessore 2.65 m sia per la carreggiata destra che sinistra. La sezione si mantiene con dimensioni costanti per tutta l'altezza e presenta in sommità un paraghiaia di spessore 0.55 m. Le fondazioni delle pile sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti sghembi di dimensioni circa 10 m x 27,40 m su pali trivellati.

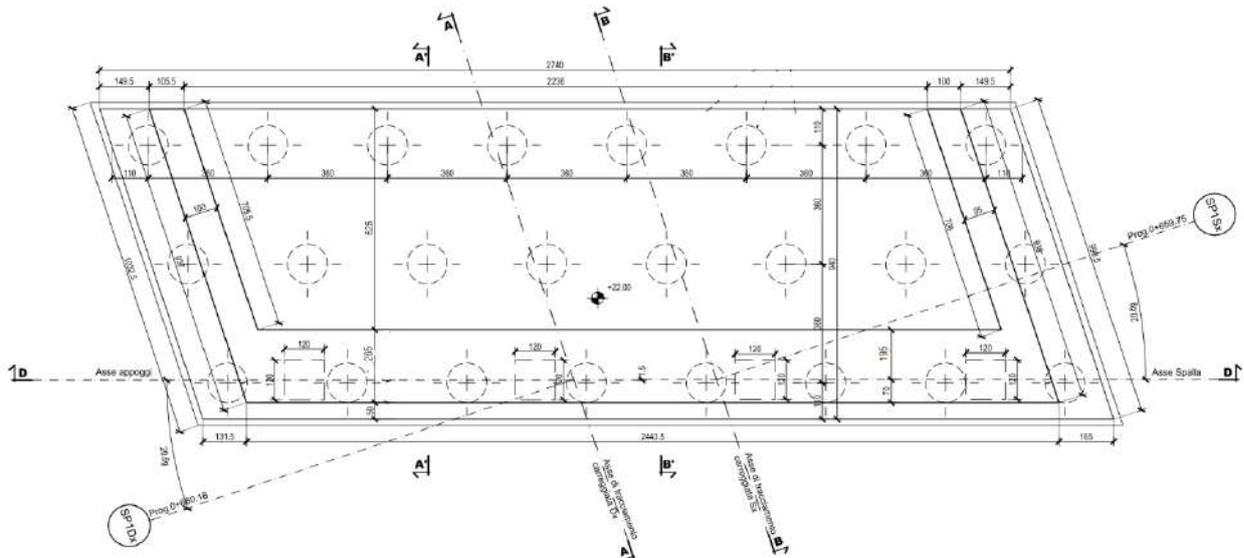


Figura 1.4: Vista planimetrica spalle SP1 ed SP2

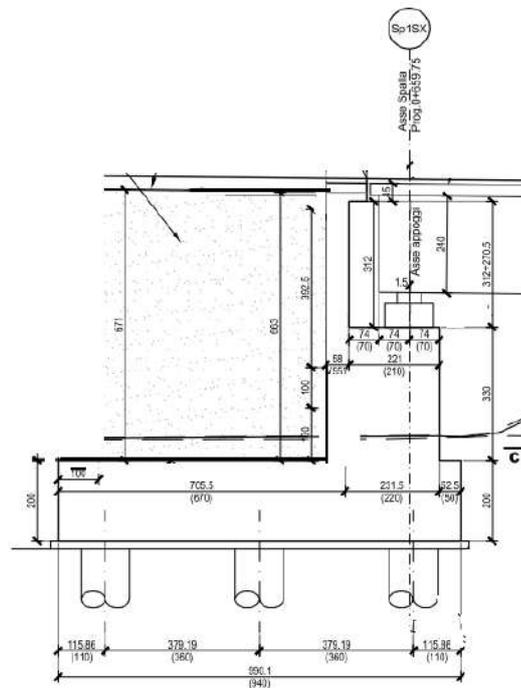


Figura 1.5: Sezione trasversale spalle SP1 ed SP2

Nelle seguente tabella vengono riportati lo spessore della platea di fondazione, nonché il numero, il diametro e la lunghezza dei pali disposti.

VIADOTTO BUONAFEDE - SPALLE				
Spalla	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
Sp1	24	40	1,2	2
Sp2	24	40	1,2	2

Tabella 1.6: Caratteristiche geometriche delle fondazioni delle spalle

L'altezza complessiva media delle due spalle (valutata in asse alle carreggiate) risulta rispettivamente pari 9 e 8.75 m per la spalla 1 e la spalla 2.

Nel prosieguo della presente relazione, data la perfetta analogia dei vari sistemi resistenti, si farà riferimento alla spalla di altezza maggiore.

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

Si sono selezionate le caratteristiche dei dispositivi indicate di seguito.

Dispositivi HDRB – mescola "N":

Diam = 850 mm / H=341 mm per le spalle       $K_e = 2.23 \text{ kN/mm}$

## 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 spalla

C32/40	classe di resistenza
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 = \text{N/mm}^2$	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.

Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XC4+XC1
Dimensione massima aggregati	30 mm
Classe di contenuto in cloruri	0.20
Copriferro	40 mm

#### 1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione

C32/40	classe di resistenza
--------	----------------------

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	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

### 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
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	deformazione ultima caratteristica
$\epsilon_{ud} = 0.9 * \epsilon_{uk} = 0.0675$	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

---

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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 utilizzano alternativamente il software RC-SEC della Geostru o il software VCASLU del Prof. 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

Per il calcolo delle sollecitazioni e deformazioni negli isolatori e per la valutazione delle sollecitazioni sugli elementi della spalla, si impiega un modello numerico derivato direttamente da quello impiegato per l'analisi dell'impalcato.

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 rigidezza 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 rigidezza 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 comprende l'impalcato della via di corsa sinistra e la struttura della spalla di altezza maggiore (spalla 1).

Nel modello ad elementi finiti, la spalla e l'impalcato sono implementati come entità strutturalmente indipendenti.

L'impalcato viene vincolato rigidamente a terra mediante un vincolo "joint" situato in asse agli appoggi da ciascun lato.

Le azioni rilevate per ciascun contributo di carico in corrispondenza di tale vincolo vengono quindi "trasferite" in automatico in corrispondenza del punto dell'asse appoggi di ciascuna delle due via di corsa situato sulla spalla, al fine di valutare correttamente lo scarico di due impalcati per ciascuna combinazione di carico.

La struttura di spalla viene modellata in maniera semplificata, con l'obiettivo di restituire l'andamento delle sollecitazioni lungo le elevazioni ed all'intradosso fondazione, per i vari contributi di carico applicati, ovvero:

- Sollecitazioni trasmesse dalla via di corsa destra e sinistra per tutte le condizioni di carico rilevanti per l'impalcato (statiche e sismiche)
- Azioni di peso proprio dei corpi spalla
- Spinta delle terre (statiche e sismiche) agenti sui paramenti
- Effetti inerziali sismici sui pesi propri strutturali e sul reinterro
- Azione dei sovraccarichi accidentali sul retrospalla

Data la rilevante ampiezza di paramento, per la modellazione dell'elevazione si sono considerati due elementi verticali fittizi, di ampiezza pari alla semilarghezza del paramento reale.

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.

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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 275.914  
Zoom: 153.76  
Eye: (-0.680505, -0.666839, 0.30371)  
Combining on: Mx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: My (Units: N.m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 35.69E6 at node 1331  
Peak/value minimum -120.827E3 at node 1412

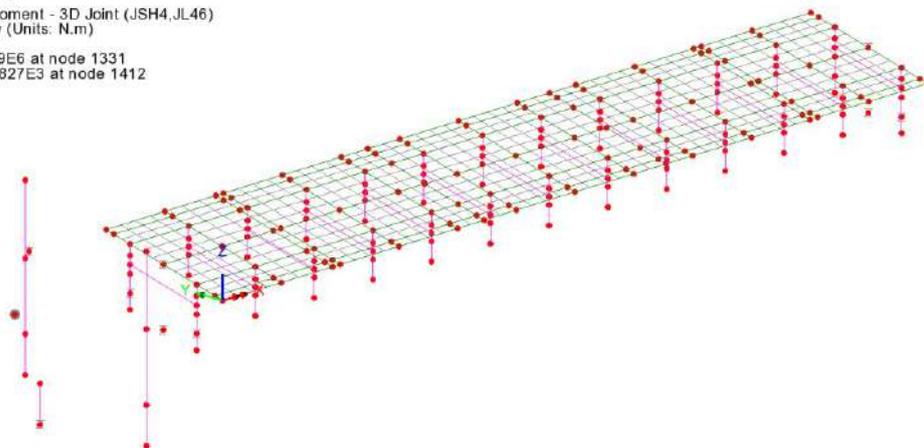


Figura 2.1 - Modello globale principale – layout E.F.

Scale: 1: 275.914  
Zoom: 153.76  
Eye: (-0.680505, -0.666839, 0.30371)  
Combining on: Mx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: My (Units: N.m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 35.69E6 at node 1331  
Peak/value minimum -120.827E3 at node 1412

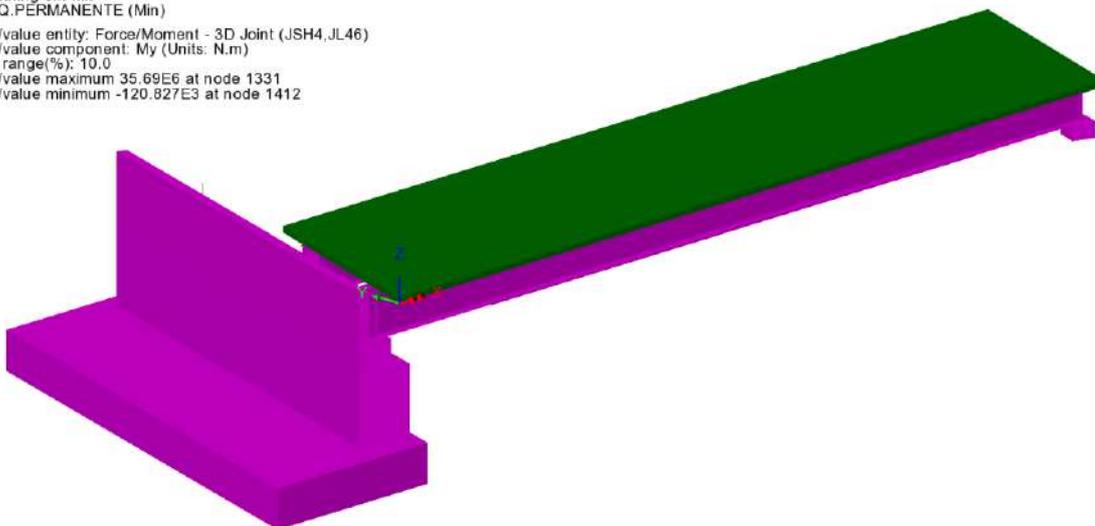


Figura 2.2 - Modello globale principale - Rendering

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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 275.914  
Zoom: 153.76  
Eye: (-0.574681, -0.759936, 0.30371)  
Combining on: Mx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

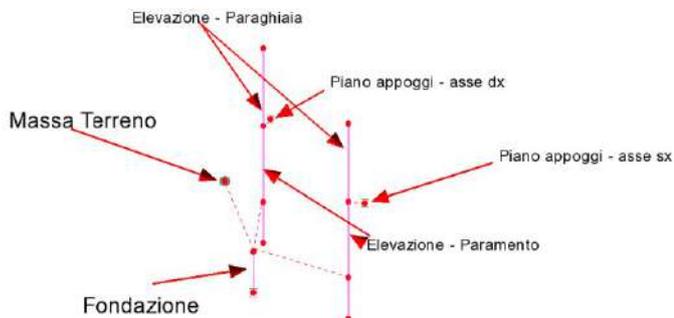


Figura 2.3 Modellazione spalla - layout E.F.

Scale: 1: 275.914  
Zoom: 153.76  
Eye: (-0.574681, -0.759936, 0.30371)  
Combining on: Mx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

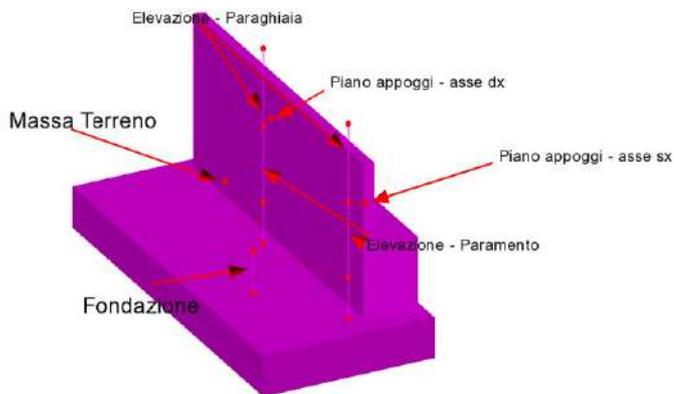


Figura 2.4 Modellazione spalla - Rendering

Si anticipa che le spinte tutti i contributi di spinta orizzontale (spinta delle terre, sovraspinte sismiche del terreno ed effetti inerziali) vengono considerati nella direzione dell'asse del rilevato. Per questo motivo, per la valutazione delle spinte longitudinali del terreno (e delle sovraspinte sismiche) si considererà, quale superficie di prospetto per l'applicazione della spinta, la larghezza lorda del paramento proiettata sull'ortogonale all'asse spalla.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

La pianta mostrata qui di seguito riporta le coordinate dei vari elementi della spalla, valutati con riferimento all'origine, posta convenzionalmente in corrispondenza dello spigolo destro della soletta dell'impalcato destro, unitamente all'ipotesi assunta per la valutazione delle spinte orizzontali.

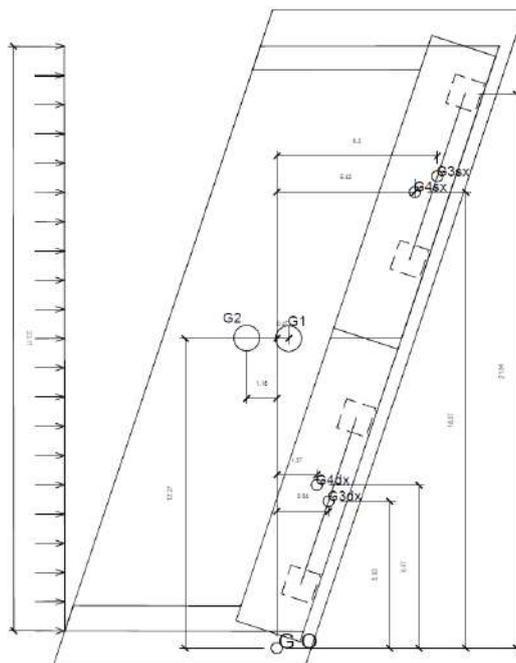


Figura 2.5 posizione elementi spalla

Si è indicato con:

G1: baricentro plinto fondazione

G2: baricentro massa terreno

G3\_sx: baricentro asse appoggi impalcato sinistro

G4\_sx baricentro paramento (1/2 sinistro)

G3\_dx: baricentro asse appoggi impalcato destro

G4\_dx baricentro paramento (1/2 sinistro)

Per comodità di lettura, le coordinate spaziali di questi punti, riferiti all'origine convenzionale, posta a quota estradosso trave metallica, è riepilogata in tabella.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**Posizione dei punti notevoli del corpo spalla risetto origine lusas**

		x (m)	y (m)	z (m)
G3_dx	Punto scarico impalcato dx	2.04	5.83	-3.2
G3_sx	Punto scarico impalcato sx	6.31	18.69	-3.2
G2	Bar. Massa terreno	-1.19	12.26	-3.15
G1_intrad.	Spiccato plinto	0.47	12.27	-8.9
G1_estrاد.	Estradosso plinto	0.47	12.27	-6.9
G4_dx (intr.)	Spiccato param dx	1.58	6.47	-6.9
G4_dx (estr.)	Estradosso param dx	1.58	6.47	-3.2
G4_sx (intr.)	Spiccato param sx	5.42	18.07	-6.9
G4_sx (estr.)	Estradosso param sx	5.42	18.07	-3.2
G5_dx (intr.)	Spiccato paraghiaia dx	1.57	6.47	-3.2
G5_dx (estr.)	Estradosso paraghiaia dx	1.57	6.47	0.6
G5_sx (intr.)	Spiccato paraghiaia sx	5.42	18.07	-3.2
G5_sx (estr.)	Estradosso paraghiaia Sx	5.42	18.07	0.6

NOTA: Origine posizionata spigolo dx soletta lato spalla A, quota estradosso trave acciaio

Tabella 2.1 Posizione punti notevoli spalla

Le geometrie della spalla sono state valutate considerando, a favore di sicurezza l'altezza massima del paraghiaia.

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
01 - Fase1	gk1 - Pesì propri struttura in acciaio gk1 - Peso proprio getto soletta gk1 - Pesì propri el. Sottostrutture (baggioli)	acciaio travi (nfase 0)
02 - Fase2a	gk2 - Sovraccarichi permanenti su impalcato	acciaio + cis (nfase 2a, long term)
03 - Fase 2b	gsh - Ritiro soletta in c.a.	acciaio + cis (nfase 2b, long term)
04 Fase 3	qT - Azioni termiche (iniformi e lineari) Fw - Vento QJ - Frenatura	acciaio + cis (nfase 3, short term)
06 Modale	Masse impalcato, pile e permanenti	acciaio + cis (nfase 3, short term)
VLO	Q - Carichi mobili	acciaio + cis (nfase 3, short term)
07 - spalle	gk1 - Pesì propri spalla gk,t,v - Pesì propri reinterro gkt,hSpinte del terreno (statiche) Qv - Sovraccarichi sul reinterro Ed, x/y Azioni inerziali sismiche (long e trasv) gkt,Ed - Sovrappinte sismiche longitudinali	acciaio + cis (nfase 3, short term)

Tabella 2.2 Sintesi analisi modello principale

## 2.1 Sistema di vincolo

I vincoli esterni del modello E.F. sono degli "incastrì" posti in corrispondenza del vincolo centrale degli impalcato in asse appoggi ed in corrispondenza dell'intradosso fondazione.

I dispositivi di vincolo effettivi del solo impalcato, rappresentati dagli isolatori elastomerici, sono modellati con molle di rigidità orizzontale  $k_y=k_x=2230$  kN/m, e verticale  $k_z=2186000$  kN/m.

Scale: 1: 157.415  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.750542, -0.637815, 0.172855)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 04 - Fase3  
Loadcase: 6 Fw  
Results file: Buonafeda\_sottostr\_r02~04 - Fase3.mys

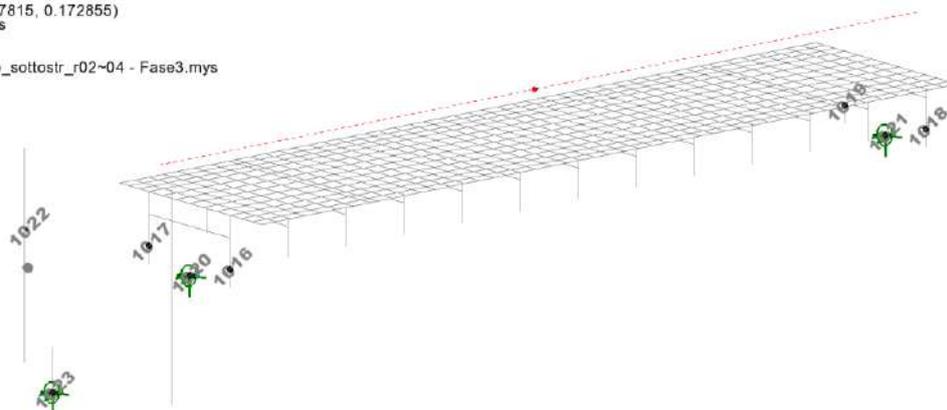


Figura 2.6: Vincoli esterni e numerazione degli elementi di molla concentrata presenti nel modello

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 isolamento praticamente nulle.

### 3. Inquadramento geotecnico

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

#### 3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

Secondo quanto riportato negli elaborati geotecnici, le stratigrafie assunte per i calcoli delle opere fondazionali delle spalle sono illustrate nella tabella seguente:

Buonafede	Sp1	Sp2
Altezza terreno sopra testa pali (m)	3.5	3
Profondità falda rispetto testa pali (m)	1	1.5
	Spessore litotipi da testa pali (m)	
a_fine (coesivo)	3.8	
a_gross (incoerente)	4.9	
Qa	>25	

Tabella 3.1 : Stratigrafia di calcolo

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Nei calcoli, in favore di sicurezza è stata portata la quota della falda fino a quella della testa dei pali che coincide con il fondo del canale ed è stato considerato solo 1 m di altezza del terreno sopra la testa dei pali.

### 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		$\gamma$	$c'$	$\varphi'$	$z$	$c_u$	$E'$	OCR	$k_d(*)$
				[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[m da p.c.]	[kPa]	[MPa]	[-]	[-]
Qcs	Sabbie con lenti ghiaiose e argille salmastre	Qcs	Sabbia limosa	19±21	0	38±42	0±10	-	50	-	0.33±0.38
							10±40		70±120		
							>40		150		
Qc(a)	Calcareniti, sabbie e argille siltoso-marnose	Qc(a)	Sabbia/ Calcareniti	17,5±18,5	0	38±42	0±10	-	50	-	0.33±0.33
							10±25		80±100		
							>25		300		
Ar	Terrazzi fluviali	ar	Sabbie	18	0	40	-	-	40±50	-	0.36
a	Alluvioni fluviali	a_fine	Alluvioni (grana fine)	17±19	5±15	23±28	0±5	100	10	≥10	1.68±1.93
		a_gross	Alluvioni (grana grossa)	19±21	0	38±42	>5		20	≥5	1.19±1.36
Qa	Argille siltoso marnose	Qa	Argille	17±19	10±20	20±25	0±5	150	10±20	10±20	1.83±2.08
							5±10			2±10	0.82±0.93
							10±15			2±5	1.83±2.08
							15±30		20±60	0.82±0.93	
							>30		200	40±100	2
											0.82±0.93

Tabella 3.2 : Parametri geotecnici di calcolo

## 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;

## RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

- 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 dagli impalcati della via di corsa sinistra e destra (statiche e sismiche).

### 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 del muro 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  $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$ .

Nel contributo del peso proprio di terreno, si include anche quello dovuto ai due muri d'ala.

Le dimensioni complessive del blocco, risultano come segue:

$b_t = 24.41 \text{ m}$  larghezza totale

$h_t = 7.50 \text{ m}$  altezza complessiva (h paramento + hmax paraghiaia)

$l_t = 6.25 \text{ m}$  lunghezza valutata in ortogonale al paramento

Si considera inoltre:

$b_m = 0.68 \text{ m}$  spessore medio muri d'ala (t medio, valutato in obliquo)

Il peso complessivo del blocco a tergo spalla risulta quindi:

$$G_{sp,max} = [19 \times 24.41 + (25-19) \times 1.36] \times 6.25 \times 7.5 = 22125.3 \text{ kN}$$

### 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:

$$K_0 = 1 - \text{sen}\varphi$$

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:

$$g_{kt,h} = 19 \times 0.426 \times z = 8.094 \times z \text{ kN/m}^2$$

La spinta del terreno viene assunta agire parallelamente all'asse del rilevato, e pertanto la risultante orizzontale verrà ricavata moltiplicando l'intensità unitaria per la larghezza del paramento proiettata in tale direzione  $b_{p,tot} = 23.17 \text{ m}$ .

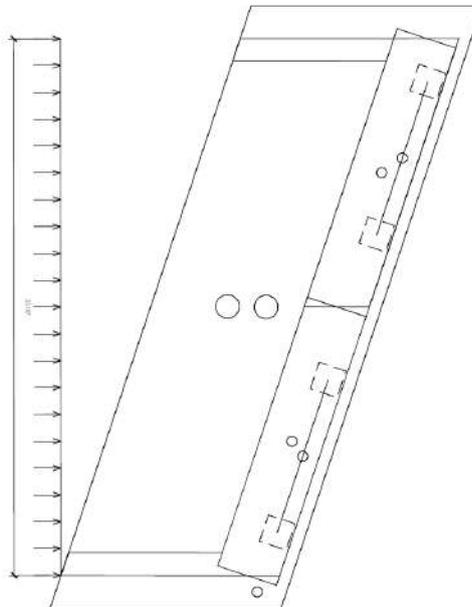


Figura 4.1 Modalità applicazione spinte terreno

Tale spinta viene implementata tramite una apposita "variation" lineare per tenere conto della variazione con la profondità.

#### 4.4 EFFETTO 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 e all'estremità superiore del paraghiaia.

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

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

Per l'applicazione di tale spinta, si tiene conto delle medesime considerazioni effettuate per la spinta delle terre, viste poco sopra.

La risultante orizzontale verrà pertanto moltiplicata per la larghezza proiettata sull'ortogonale all'asse tracciato.

Il sovraccarico verticale insistente sul terrapieno a tergo spalla verrà applicato nel modello FEM come azione concentrata insistente sulla massa puntuale del terreno, e risulta:

$$g_{kt,v}(Q) = 20 \times 24.41 \times 6.25 = 3051.25 \text{ kN}$$

In questo caso, l'eccentricità rispetto all'asse longitudinale è implicitamente conteggiata dalla posizione eccentrica del punto di applicazione della forza.

Il contributo insistente in sommità al paraghiaia viene implementato come azione concentrata in corrispondenza dei due elementi in elevazione rappresentanti i paraghiaia. La forza è di entità pari a:

$$Q_v = 20 \times 24.41 \times 0.55 / 2 = 134.26 \text{ kN}$$

## 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  $C_u = 2$ .

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.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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: 37.28150

Longitudine: 14.97390

Stato limite	$V_N$ (anni)	$C_U$	$V_R$ (anni)	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*c$	$a_g(m/s^2)$	$F_v$
SLO	50	2	100	60	0.076	2.502	0.274	0.746	0.931
SLD	50	2	100	101	0.106	2.362	0.308	1.040	1.038
SLV	50	2	100	949	0.375	2.343	0.469	3.679	1.937
SLC	50	2	100	1950	0.531	2.340	0.529	5.209	2.302

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,  $V_R=C_U \cdot V_N$ ;  $T_R$  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 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.

La struttura è dotata di sistema di isolamento.

Gli spettri di progetto verranno desunti con riferimento ad un fattore di struttura  $q = 1$ , fattore impiegato per le verifiche sismiche di tutti gli elementi strutturali.

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

**Parametri per la definizione dello spettro orizzontale**

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	1.610	0.147	0.441	1.904
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.549	0.159	0.477	2.024
SLV	C	T1	1.17	1.00	1.17	1.348	0.211	0.632	3.100
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.296	0.228	0.685	3.724

Tabella 4.2: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

In quest'ultima la tipologia di suolo presente in corrispondenza dell'opera, tipologia "C", determina i valori di  $S_s$  ed  $S_T$ , rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione  $S=S_s \cdot S_T$ ;  $T_B$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale;  $C_c$  è il coefficiente che modifica il valore del periodo  $T_c^*$ ,  $T_c = C_c \cdot T_c^*$  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.

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_c$$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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

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

Lo spettro di progetto verrà generato tenendo conto dello smorzamento introdotto dagli isolatori, combinando gli spettri di progetto valutati rispettivamente con riferimento ad un smorzamento viscoso equivalente del 5 % e del 15 %.

Essendo quindi (cfr. NTC):

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

Si porrà:

$$\eta = 1 \quad \text{per } 0 \leq T \leq 0,8 T_{is}$$

$$\eta = 0,71 \quad \text{per } T > T_{is}$$

Essendo  $T_{is}$  il periodo fondamentale della struttura isolata.

Periodo dell'isolatore	
Isolato	true
Tisol	1.803 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.71

Tabella 4.3: parametri inerenti il sistema di isolamento

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

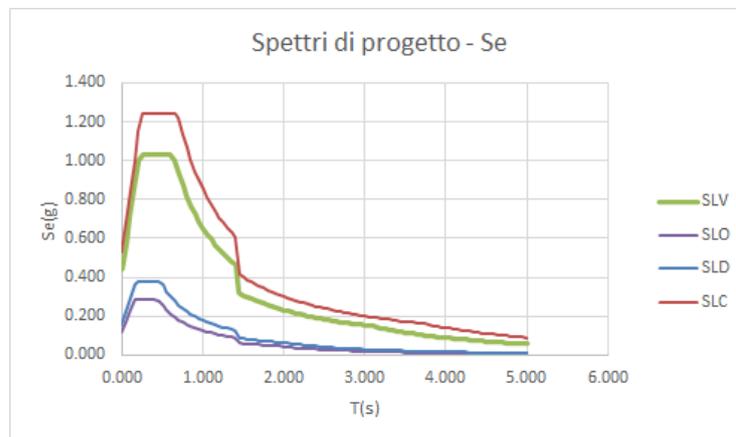


Figura 4.2: Spettro elastico per la componente orizzontale

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Parametri per la definizione dello spettro verticale

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	1.610	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.549	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.348	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.296	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.3: Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima la tipologia di suolo presente in corrispondenza dell'opera, tipologia "C", determina i valori di S<sub>S</sub> ed S<sub>T</sub>, rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S=S<sub>S</sub>\*S<sub>T</sub>; T<sub>B</sub> è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; C<sub>C</sub> è il coefficiente che modifica il valore del periodo T<sub>C</sub>\*, T<sub>C</sub> = C<sub>C</sub>\*T<sub>C</sub>\* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale; 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.

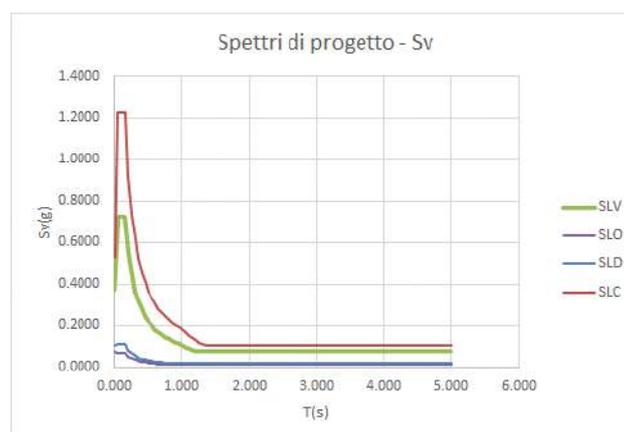


Figura 4.4: Spettro elastico per la componente verticale

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.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

	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 4.4 : Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Nel caso specifico delle spalle da ponte, per le quali non vengono ammessi spostamenti significativi in fase sismica, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Con riferimento a questa ipotesi, la valutazione delle spinte sismiche verrà effettuata calcolando preventivamente la risultante sismica con la formula di Mononobe-Okabe. A favore di sicurezza, verrà quindi individuata la sovraspinta sismica, calcolata come differenza tra la spinta sismica totale e la spinta "statica" valutata in condizioni attive.

La sovraspinta verrà quindi applicata, conformemente ai criteri di normativa per elementi a capacità di spostamento nulla, a metà altezza dell'elemento considerato.

Per semplicità, ed a favore di sicurezza, il calcolo della sovraspinta verrà effettuato con riferimento alla massima altezza della spalla (distanza sommità / intradosso fondazione).

Analogamente a quanto visto per la spinta del terreno in condizioni statiche, la direzione della spinta del terreno verrà assunta agire parallelamente all'asse del rilevato, considerando pertanto, ai fini della valutazione delle spinte orizzontali sulla spalla, la componente nella direzione dell'asse spalla (cfr. schema).

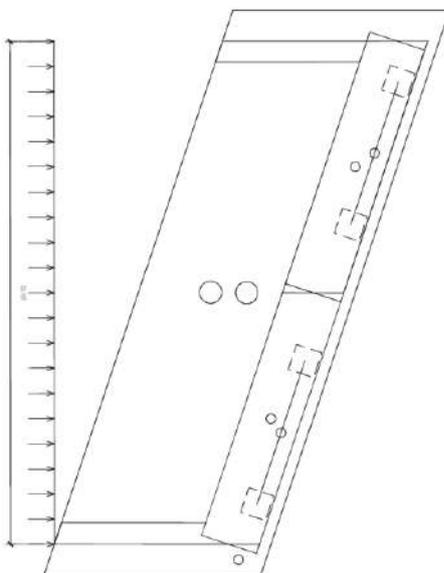


Figura 4.5 Direzione spinte del terreno

**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<sub>max</sub>" alle masse di competenza, rispettivamente in direzione

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

longitudinale e trasversale, assumendo come direzione "longitudinale" quella coincidente con l'asse tracciato.

La tabella seguente riepiloga l'inquadramento 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]	$\theta_A$	0.5134
ag	<b>0.375</b>	$\phi_{\text{rilevato}} (M1)$	35.0	0.6109	$\theta_B$	0.3460
F0	<b>2.343</b>	$\delta$ Attrito terra-muro	17.5	0.3054	$k_{a,\text{statico}} (M1)$	0.4264
Ss	1.173	$\phi_{\text{rilevato}} (M2)$	29.3	0.5106	$k_{a,\text{statico}} (M1)$	0.2461
St	1.000	$\delta$ Attrito terra-muro	14.6	0.2553	$k_{a,\text{din.1}} (M1)$	0.9323
S	1.17	$\psi$ Incl. Paramento	90.0	1.5708	$k_{a,\text{din.2}} (M1)$	0.5454
$a_{\text{max}}$	0.440	$\beta$ Incl. scarpata	0.0	0.0000		
$\beta_m$	1.000					
$k_h$	0.44	$\gamma_{\text{cis}}$	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 4.5 Parametri spinte terreno

Ai fini delle verifiche locali dei muri d'ala, non verranno considerate le sovraspinte sismiche.

#### 4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO

Per i dettagli circa i carichi applicati sull'impalcato relativi a:

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

Si rimanda alla relativa relazione.

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.

Per quanto riguarda la massimizzazione delle azioni da traffico sulle spalle, si segnala che, per semplicità ed a favore di sicurezza, si considererà, per le verifiche della spalla, la somma dei carichi mobili agenti rispettivamente sulla via di corsa destra e sinistra, indipendentemente dal fatto che le due strutture di impalcato facciano capo ad una sottostruttura di spalla comune.

## 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

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

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

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

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

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

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
- $\gamma_{Q1}$  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 inquadriati 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.
- $\gamma_{Q1} 1.15 - 0$  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

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

### S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

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

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

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

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

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

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

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

Si considera la seguente combinazione.

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

### 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:

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

$E_d$  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  $Q_k$  dominante /  $F_w$  dominante /  $T_k$  dominante.

## 6. VERIFICHE STRUTTURALI (GENERALITÀ)

Per gli elementi strutturali del corpo spalla, si eseguono le seguenti verifiche:

- 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:

- $w_k \leq 0.3$  mm      comb. S.L.E. frequente
- $w_k \leq 0.2$  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 (Generalità)

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 ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$  ed  $M_y$ ) 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:

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

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

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

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 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.

### 7.4 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE

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

#### 7.4.1 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

---

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

25÷50	0.8
50÷75	0.6
≥ 75	0.4

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

#### 7.4.2 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.

#### 7.4.3 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;

#### 7.4.4 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 Buonafede**

- $\xi$  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:  $\xi_3 = 1.60$  e  $\xi_4 = 1.48$  avendo a disposizione tre verticali 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).

	Pali trivellati
Resistenza	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  $E_d < R_{td}$

## 7.5 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 impedita 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 immorsati 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:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

- $\delta_h = \left( \frac{V_p \cdot T^3}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_y + \left( \frac{M_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_y$  spostamento orizzontale
- $\vartheta = \left( \frac{V_p \cdot T^2}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot A_s + \left( \frac{M_p \cdot T}{E_p \cdot I_p} \right) \cdot B_s$  rotazione
- $M = (V_p \cdot T) \cdot A_m + M_p \cdot B_m$  momento flettente
- $V = V_p \cdot A_v + \frac{M_p}{T} \cdot B_v$  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;
- $E_p$  = modulo di Young del palo;
- $R_0$  = raggio del palo;

- $G_{terr}$  = 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  $R_s = n \cdot R_g$  dove:

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

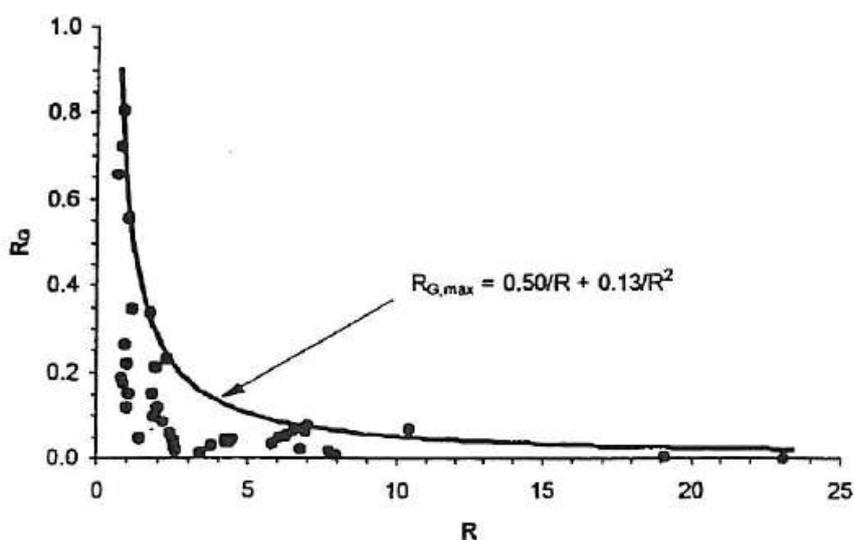


Figura 7.1 Coefficiente  $R_g$  (Mandolini et al., 1997).

## 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 1.8 s.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**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 nell'analisi statica, effettuata separatamente).

La tabella seguente riporta i dati identificativi dei modi estratti.

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	-25.00	0.8507E-03	0.8507E-03	843.0	0.9677	0.9677	0.1788E-01	0.4354E-09	0.4354E-09
2	-843.1	0.9678	0.9686	-25.00	0.8508E-03	0.9685	0.2605E-01	0.9242E-09	0.1360E-08
3	-2.743	0.1025E-04	0.9686	0.9188	0.1150E-05	0.9685	-6.767	0.6236E-04	0.6236E-04
4	0.7872E-01	0.8439E-08	0.9686	5.060	0.3487E-04	0.9685	625.4	0.5326	0.5327
5	-0.1211	0.1997E-07	0.9686	-7.208	0.7074E-04	0.9686	438.0	0.2612	0.7939
6	-0.2381	0.7720E-07	0.9686	0.1290	0.2266E-07	0.9686	9.459	0.1218E-03	0.7940
7	1.352	0.2490E-05	0.9686	-0.8633	0.1015E-05	0.9686	2.267	0.6995E-05	0.7940
8	0.2090E-02	0.5950E-11	0.9686	-0.7769E-01	0.8218E-08	0.9686	-3.251	0.1439E-04	0.7940
9	0.2175	0.6444E-07	0.9686	-0.4314	0.2534E-06	0.9686	6.415	0.5602E-04	0.7941
10	0.7440E-01	0.7538E-08	0.9686	0.6497	0.5748E-06	0.9686	-54.17	0.3995E-02	0.7981
11	-0.2287E-03	0.7121E-13	0.9686	0.5238E-02	0.3735E-10	0.9686	1.365	0.2537E-05	0.7981
12	0.1179E-01	0.1893E-09	0.9686	0.9241E-02	0.1163E-09	0.9686	-1.512	0.3113E-05	0.7981
13	-0.3109E-03	0.1316E-12	0.9686	0.4132E-02	0.2325E-10	0.9686	0.1250	0.2127E-07	0.7981
14	0.4584E-01	0.2861E-08	0.9686	-0.6345E-03	0.5482E-12	0.9686	-0.5005	0.3411E-06	0.7981
15	-0.3336E-02	0.1515E-10	0.9686	0.1120E-02	0.1708E-11	0.9686	-0.2655	0.9599E-07	0.7981
16	-0.1871E-01	0.4766E-09	0.9686	-0.4405E-03	0.2643E-12	0.9686	-0.3675	0.1839E-06	0.7981
17	-0.5274E-02	0.3787E-10	0.9686	-0.1542E-02	0.3237E-11	0.9686	-0.1292	0.2274E-07	0.7981
18	-0.5151E-02	0.3612E-10	0.9686	0.7480E-03	0.7618E-12	0.9686	-0.7067E-01	0.6801E-08	0.7981
19	-0.2026E-01	0.5589E-09	0.9686	0.3040E-03	0.1259E-12	0.9686	3.637	0.1801E-04	0.7981
20	0.1302E-01	0.2307E-09	0.9686	-0.9208E-02	0.1155E-09	0.9686	0.5368	0.3923E-06	0.7981
21	-0.6268E-02	0.5349E-10	0.9686	0.2687E-01	0.9834E-09	0.9686	-2.708	0.9983E-05	0.7981
22	0.5554E-01	0.4201E-08	0.9686	0.8940	0.1088E-05	0.9686	15.64	0.3331E-03	0.7985
23	-0.2241E-01	0.6841E-09	0.9686	-0.6276E-01	0.5364E-08	0.9686	-10.96	0.1637E-03	0.7986
24	-0.5583E-01	0.4245E-08	0.9686	0.1039	0.1470E-07	0.9686	-0.5711	0.4441E-06	0.7986
25	-0.4665E-02	0.2963E-10	0.9686	0.8951E-03	0.1091E-11	0.9686	2.207	0.6631E-05	0.7986
26	-0.2561E-02	0.8928E-11	0.9686	0.1394E-01	0.2647E-09	0.9686	0.9329E-01	0.1185E-07	0.7986
27	-0.6168E-04	0.5180E-14	0.9686	0.1483E-01	0.2993E-09	0.9686	-1.114	0.1691E-05	0.7986
28	0.8728E-03	0.1037E-11	0.9686	0.7985E-02	0.8681E-10	0.9686	-0.4061	0.2245E-06	0.7986
29	0.2576E-03	0.9034E-13	0.9686	-0.5521E-02	0.4150E-10	0.9686	-0.1008	0.1384E-07	0.7986
30	0.1726E-02	0.4058E-11	0.9686	0.3241E-02	0.1430E-10	0.9686	0.1105	0.1662E-07	0.7986
31	0.1589E-03	0.3438E-13	0.9686	-0.4609E-03	0.2893E-12	0.9686	-0.1065E-01	0.1543E-09	0.7986
32	-0.1031E-02	0.1447E-11	0.9686	0.4687E-02	0.2992E-10	0.9686	4.810	0.3150E-04	0.7987
33	0.2497	0.8487E-07	0.9686	-0.1169	0.1861E-07	0.9686	1.488	0.3015E-05	0.7987
34	-0.1138E-01	0.1763E-09	0.9686	-0.2915	0.1157E-06	0.9686	-22.08	0.6636E-03	0.7993
35	-0.9867E-02	0.1326E-09	0.9686	-0.1851	0.4663E-07	0.9686	101.6	0.1405E-01	0.8134
36	0.3570E-02	0.1736E-10	0.9686	-0.3414E-01	0.1587E-08	0.9686	-5.957	0.4832E-04	0.8134
37	0.1163E-01	0.1843E-09	0.9686	-0.6341E-01	0.5475E-08	0.9686	-0.6908	0.6498E-06	0.8134
38	-0.3348E-01	0.1526E-08	0.9686	0.4101	0.2290E-06	0.9686	211.5	0.6089E-01	0.8743
39	-0.6069E-01	0.5015E-08	0.9686	0.6624	0.5974E-06	0.9686	-119.8	0.1955E-01	0.8939
40	-0.4223E-02	0.2428E-10	0.9686	1.875	0.4785E-05	0.9686	5.297	0.3821E-04	0.8939

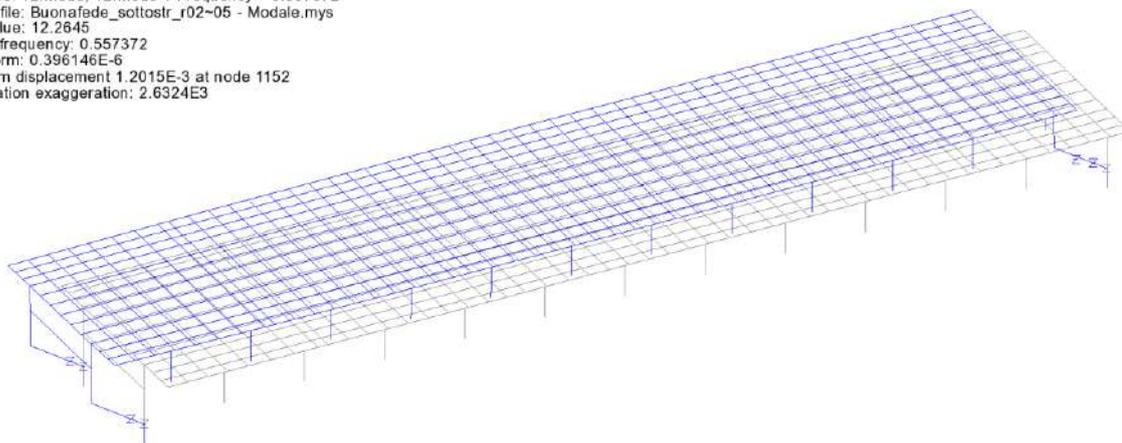
Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica – modi 1-40

La massa "attiva" del sistema è rappresentata dal solo impalcato, e viene attivata nelle due direzioni orizzontali con i primi due modi pressochè al 100 %.

Qui di seguito si riportano le deformate dei due modi rappresentativi orizzontali e del primo modo verticale.

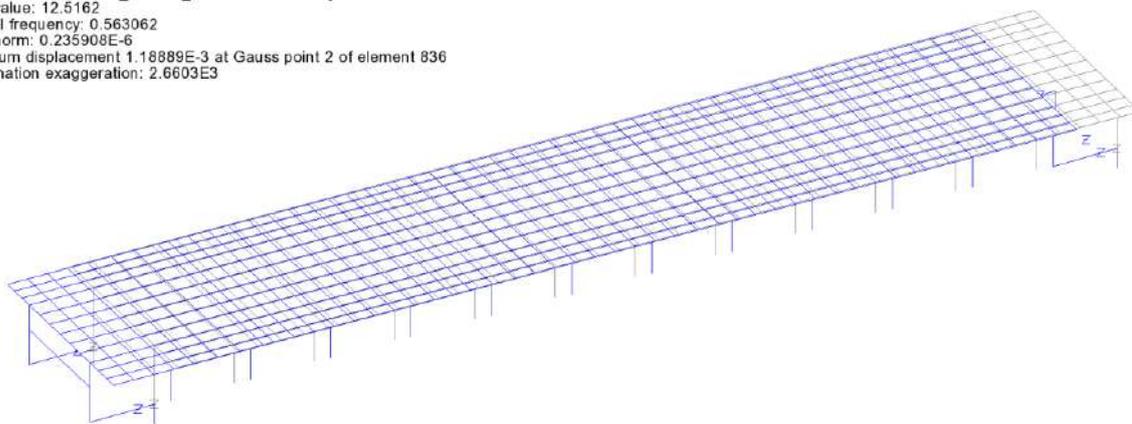
### Modo 1 longitudinale (f = 0.557 Hz, T = 1.8 s)

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 05 - Modale  
Loadcase: 12:Mode, 12:Mode 1 Frequency = 0.557372  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02-05 - Modale.mys  
Eigenvalue: 12.2645  
Natural frequency: 0.557372  
Error norm: 0.396146E-6  
Maximum displacement 1.2015E-3 at node 1152  
Deformation exaggeration: 2.6324E3



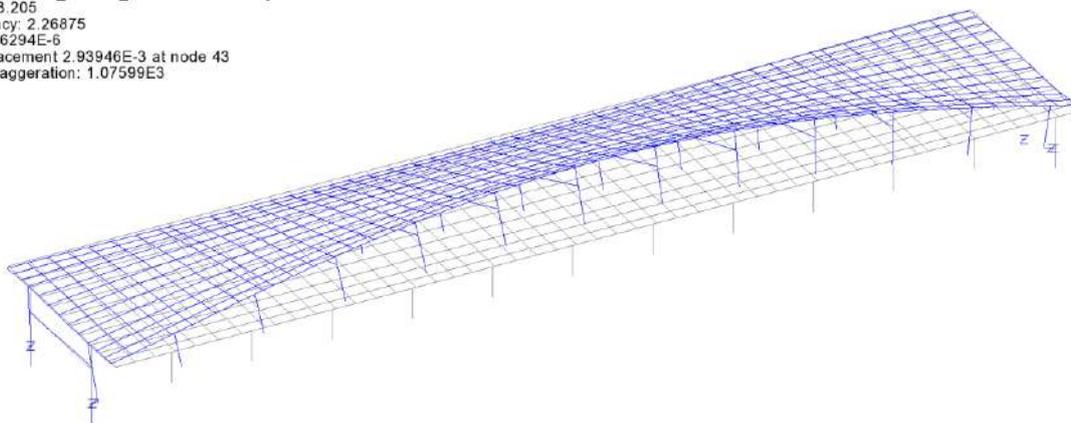
### Modo 2 trasversale (f = 0.563 Hz, T = 1.78 s)

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 05 - Modale  
Loadcase: 12:Mode, 12:Mode 2 Frequency = 0.563062  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02-05 - Modale.mys  
Eigenvalue: 12.5162  
Natural frequency: 0.563062  
Error norm: 0.235908E-6  
Maximum displacement 1.18889E-3 at Gauss point 2 of element 836  
Deformation exaggeration: 2.6603E3



**Modo 4 (f = 2.27 Hz, T = 0.44 s)**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 05 - Modale  
Loadcase: 12: Mode, 12: Mode 4 Frequency = 2.26875  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02-05 - Modale.mys  
Eigenvalue: 203.205  
Natural frequency: 2.26875  
Error norm: 23.6294E-6  
Maximum displacement 2.93946E-3 at node 43  
Deformation exaggeration: 1.07599E3

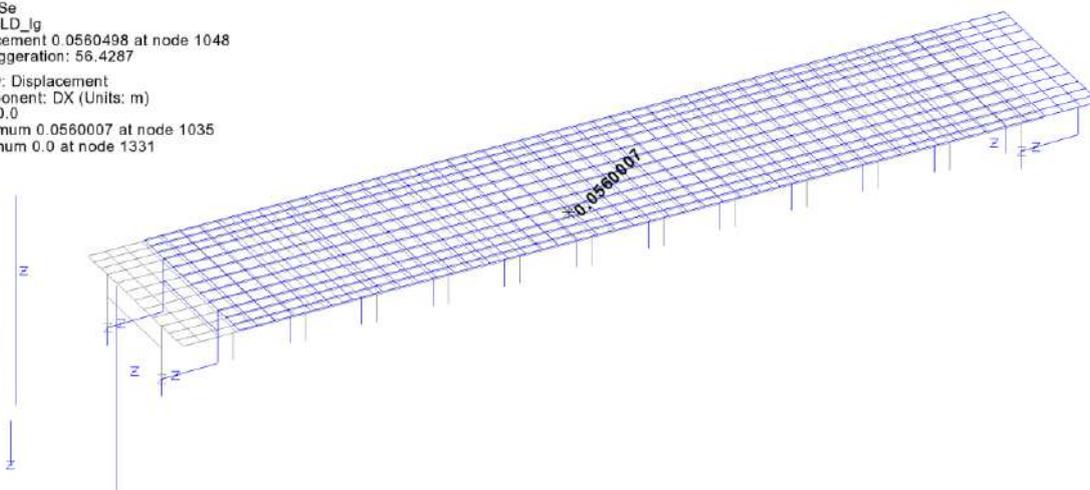


**8.1.1 Spostamenti dell'impalcato**

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 – Ig**

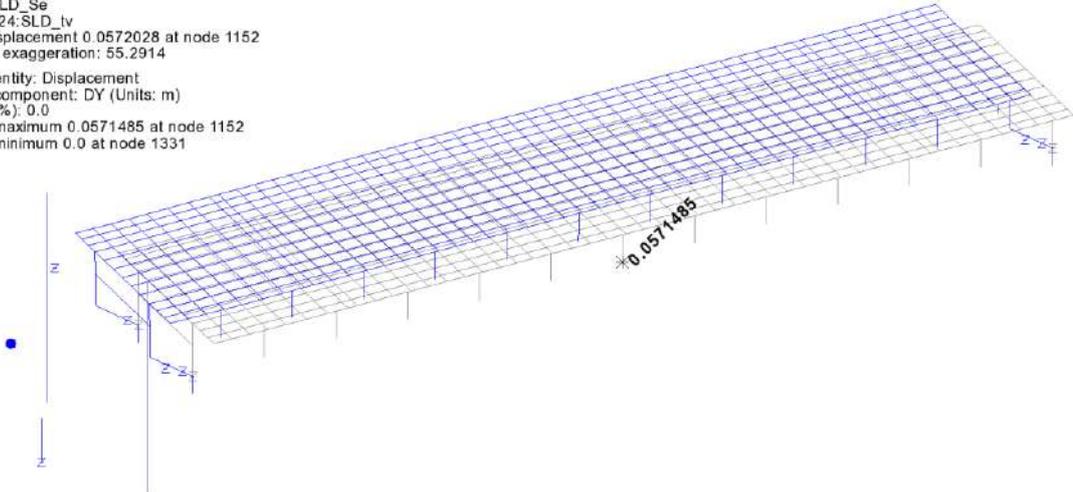
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Se  
Loadcase: 123: SLD\_Ig  
Maximum displacement 0.0560498 at node 1048  
Deformation exaggeration: 56.4287  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0560007 at node 1035  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**SLD – tv**

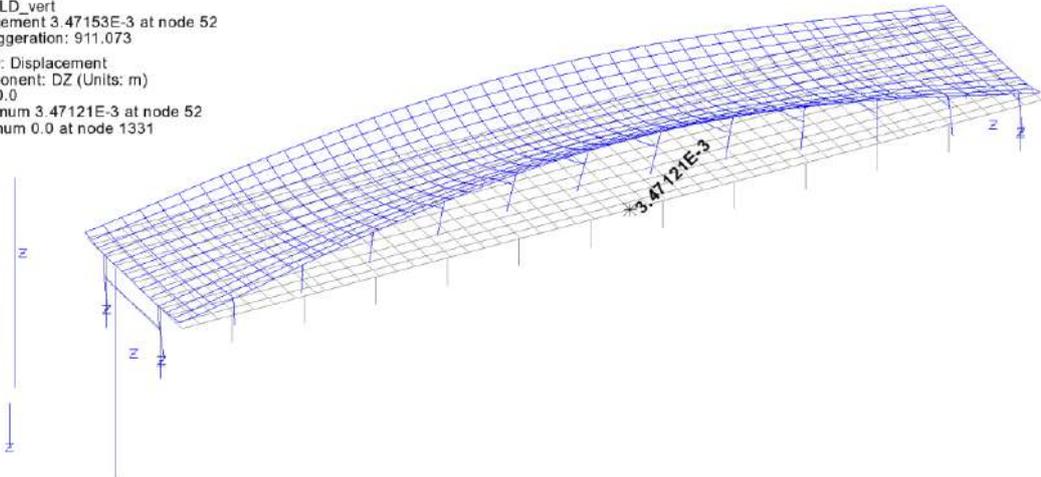
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Se  
Loadcase: 124:SLD\_tv  
Maximum displacement 0.0572028 at node 1152  
Deformation exaggeration: 55.2914  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0571485 at node 1152  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

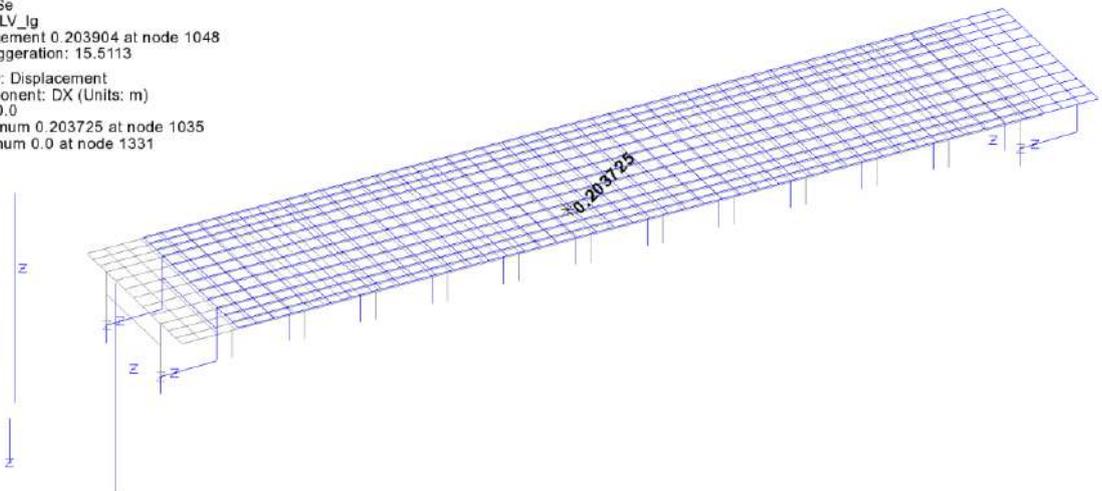
**SLD – vert**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLD\_Sv  
Loadcase: 125:SLD\_vert  
Maximum displacement 3.47153E-3 at node 52  
Deformation exaggeration: 911.073  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 3.47121E-3 at node 52  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**SLV – lg**

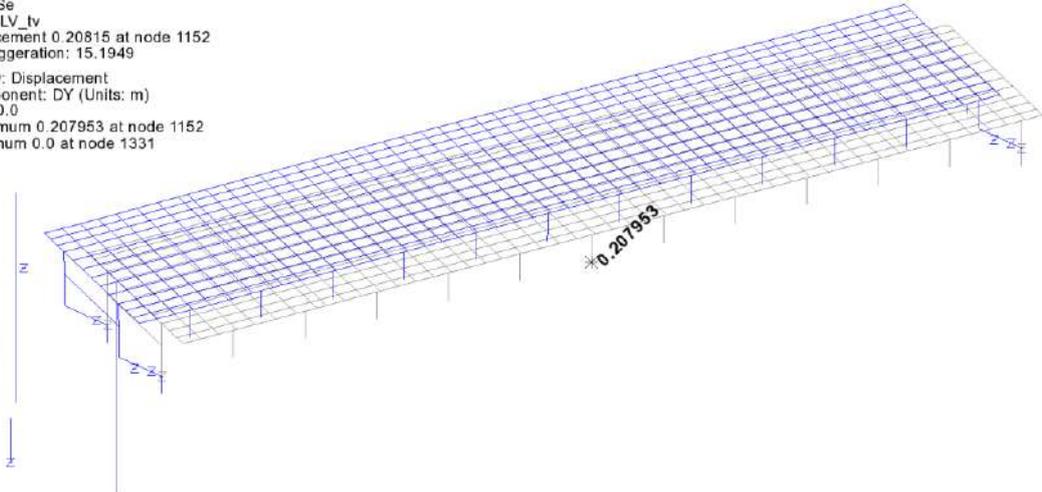
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Se  
Loadcase: 120:SLV\_lg  
Maximum displacement 0.203904 at node 1048  
Deformation exaggeration: 15.5113  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.203725 at node 1035  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

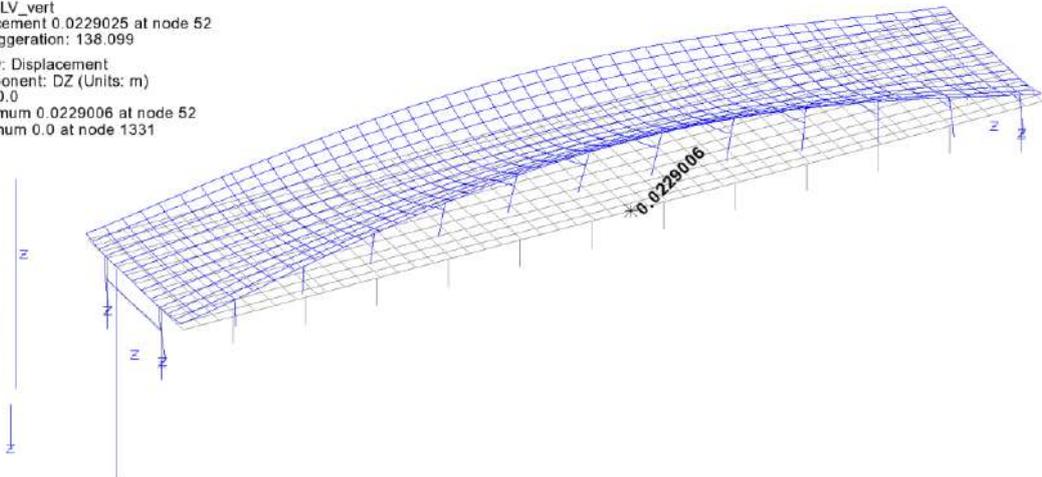
**SLV – tv**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Se  
Loadcase: 121:SLV\_tv  
Maximum displacement 0.20815 at node 1152  
Deformation exaggeration: 15.1949  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.207953 at node 1152  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**SLV – vert**

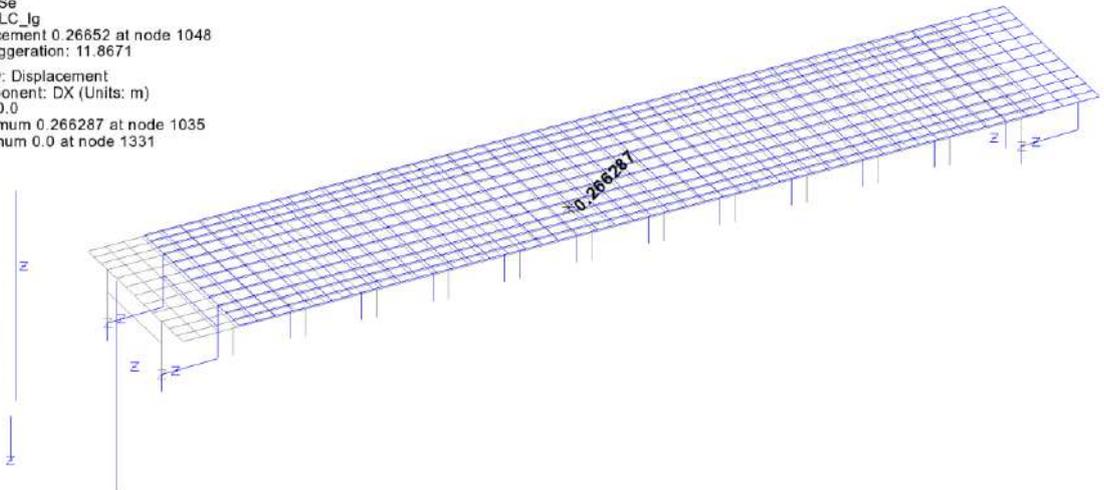
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLV\_Sv  
Loadcase: 122:SLV\_vert  
Maximum displacement 0.0229025 at node 52  
Deformation exaggeration: 138.099  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0229006 at node 52  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

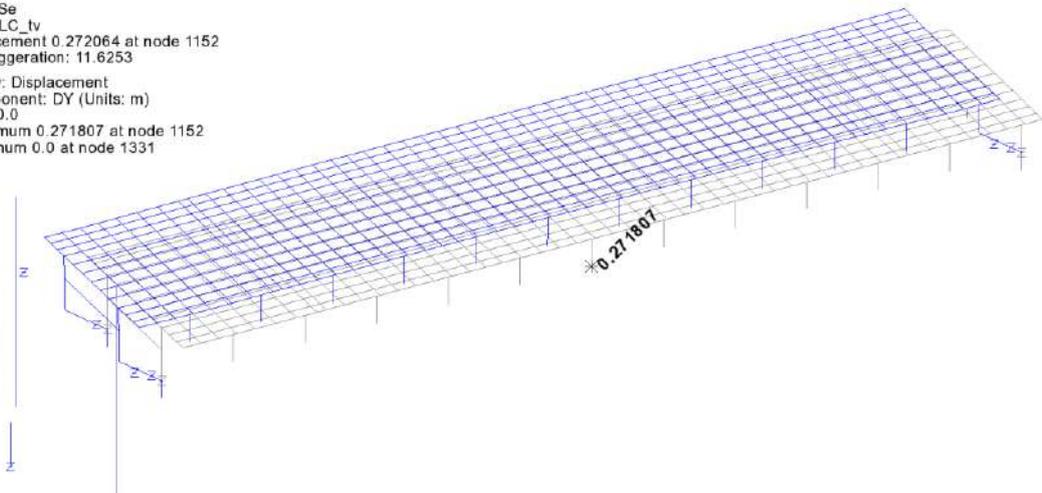
**SLC – Ig**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Se  
Loadcase: 117: SLC\_Ig  
Maximum displacement 0.26652 at node 1048  
Deformation exaggeration: 11.8671  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DX (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.266287 at node 1035  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



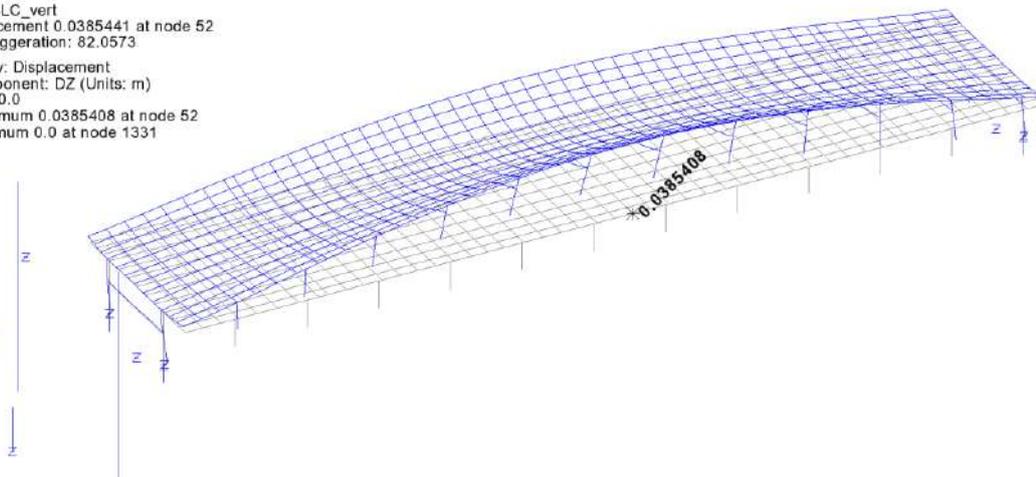
**SLC – tv**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Se  
Loadcase: 118: SLC\_tv  
Maximum displacement 0.272064 at node 1152  
Deformation exaggeration: 11.6253  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DY (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.271807 at node 1152  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



## SLC – vert

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.587733, -0.736319, 0.335268)  
Spectral response analysis  
CQC combination  
Spectrum: SLC\_Sv  
Loadcase: 119: SLC\_vert  
Maximum displacement 0.0385441 at node 52  
Deformation exaggeration: 82.0573  
Peak/value entity: Displacement  
Peak/value component: DZ (Units: m)  
Peak range(%): 0.0  
Peak/value maximum 0.0385408 at node 52  
Peak/value minimum 0.0 at node 1331



## 8.2 SOLLECITAZIONI

### 8.2.1 Elevazioni spalle

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) agenti sulla spalla oggetto dell'analisi.

L'elaborazione è effettuata con riferimento agli involucri 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 per max/min  $F_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , rimandando all'allegato nel presente documento per la serie completa di diagrammi, ed ai singoli capitoli di verifica per i valori numerici di dettaglio delle sollecitazioni.

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

N.B.:

Si tenga conto che le sollecitazioni sono espresse in termini di azioni "di trave". Per le elevazioni dei sostegni, questo, conformemente alle convenzioni usate, corrisponde a:

$F_x$  = azione assiale

$F_y$  = azione tagliante agente in direzione trasversale all'asse del ponte

$F_z$  = azione tagliante agente in direzione parallela all'asse del ponte

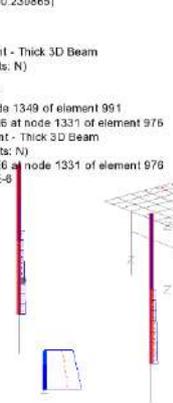
$M_y$  = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse trasversale al ponte

$M_z$  = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse longitudinale al ponte

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

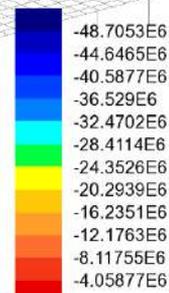
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.05877E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7053E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -78.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.131214E-6



SLU STR - N (Max N)

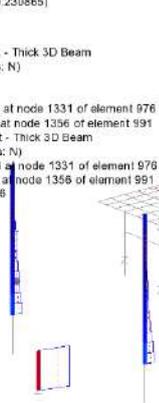
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7053E6 at node 1331 of element 976

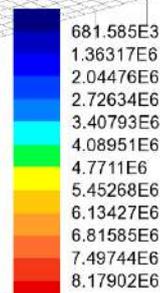
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 681.585E3  
Contour maximum 8.18235E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.771346E-6



SLU STR - Assoc. V (Max N)

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



Maximum 8.18235E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

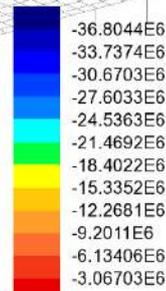
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.06703E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -36.8044E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136017E-8



SLU STR - Assoc. My (Max N)

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



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -36.8044E6 at node 1331 of element 976

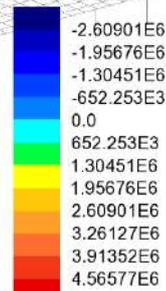
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 652.253E3  
Contour maximum 4.69061E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -3.13643E6 at node 1340 of element 981  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.413881E-8



SLU STR - Assoc. Mz (Max N)

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

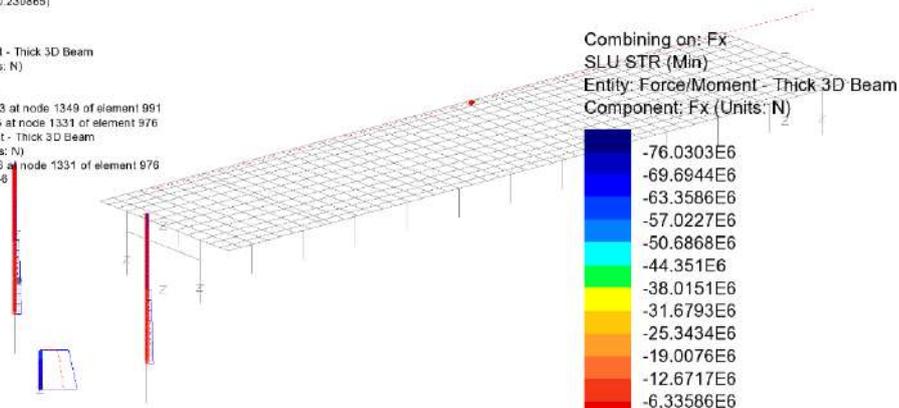


Maximum 4.69061E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -3.13643E6 at node 1340 of element 981

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.33586E6  
Contour maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.131214E-8



SLU STR - N (Min N)

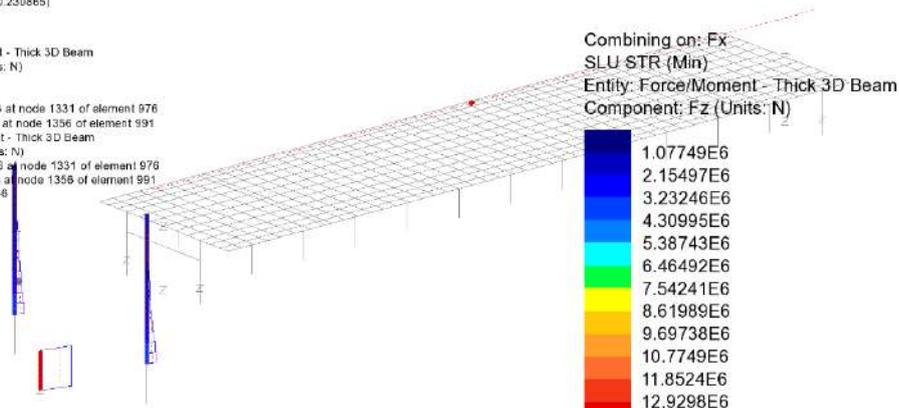
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-76.0303E6  
-69.6944E6  
-63.3586E6  
-57.0227E6  
-50.6868E6  
-44.351E6  
-38.0151E6  
-31.6793E6  
-25.3434E6  
-19.0076E6  
-12.6717E6  
-6.33586E6

Maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.07749E6  
Contour maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 34.5058E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.771346E-8



SLU STR - Assoc. V (Min N)

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

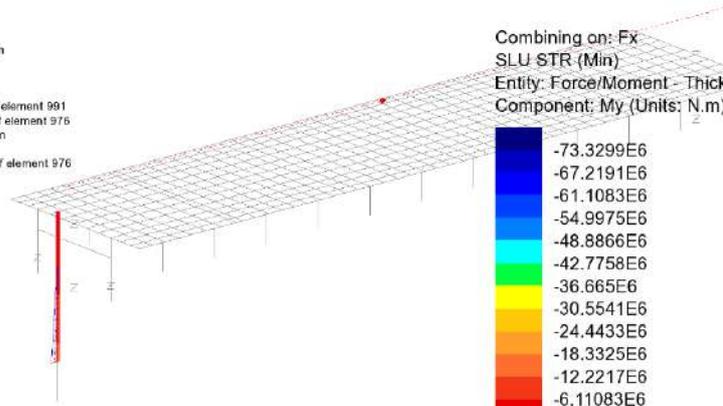
1.07749E6  
2.15497E6  
3.23246E6  
4.30995E6  
5.38743E6  
6.46492E6  
7.54241E6  
8.61989E6  
9.69738E6  
10.7749E6  
11.8524E6  
12.9298E6

Maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 34.5058E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

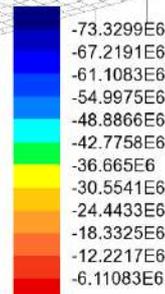
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.11083E6  
Contour maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136017E-8



SLU STR - Assoc. My (Min N)

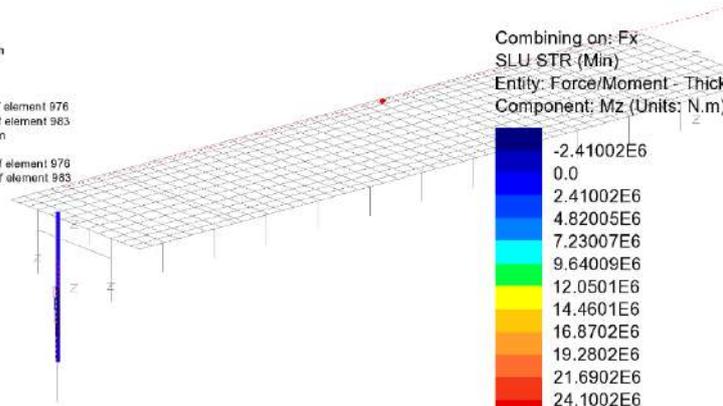
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976

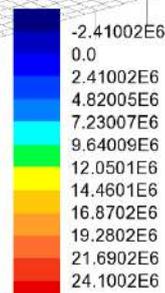
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.41002E6  
Contour maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.413881E-8



SLU STR - Assoc. Mz (Min N)

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

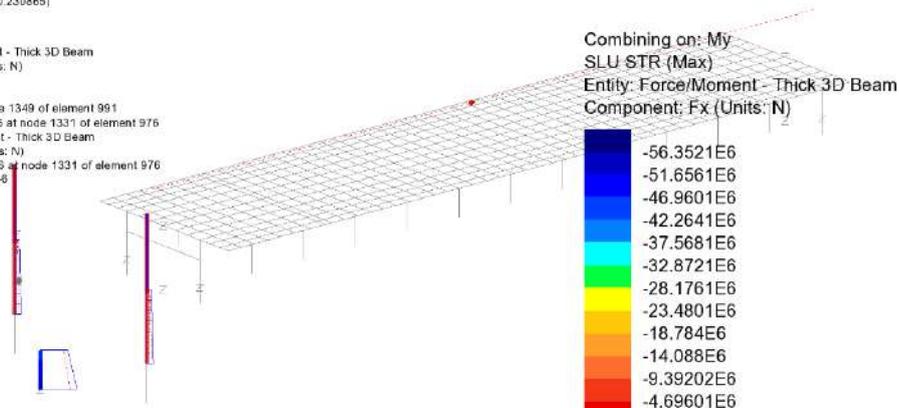


Maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.69601E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -56.3521E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -63.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.145805E-8



SLU STR - Assoc. N (Max My)

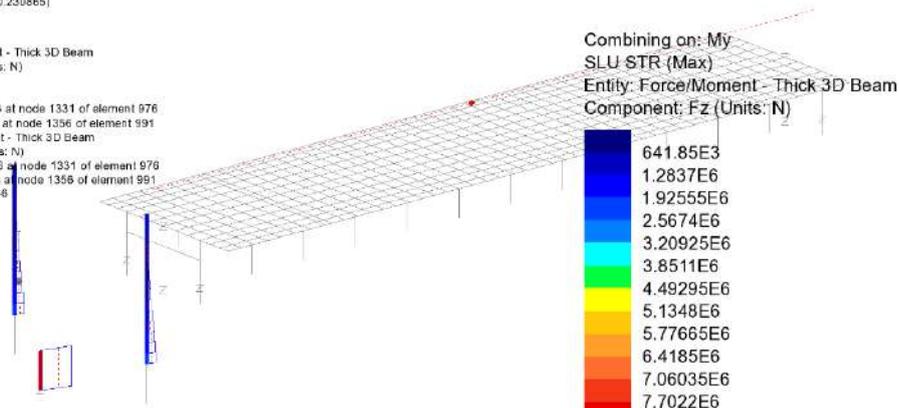
Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-56.3521E6  
-51.6561E6  
-46.9601E6  
-42.2641E6  
-37.5681E6  
-32.8721E6  
-28.1761E6  
-23.4801E6  
-18.784E6  
-14.088E6  
-9.39202E6  
-4.69601E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -56.3521E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 641.85E3  
Contour maximum 7.70552E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.754632E-6



SLU STR - Assoc. V (Max My)

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

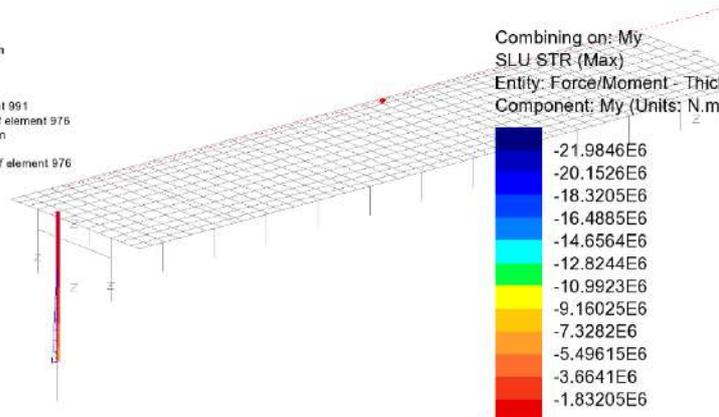
641.85E3  
1.2837E6  
1.92555E6  
2.5674E6  
3.20925E6  
3.8511E6  
4.49295E6  
5.1348E6  
5.77665E6  
6.4185E6  
7.06035E6  
7.7022E6

Maximum 7.70552E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991

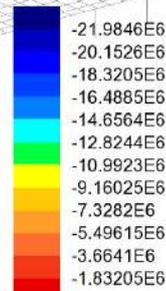
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.83205E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -21.9846E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.114673E-6



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

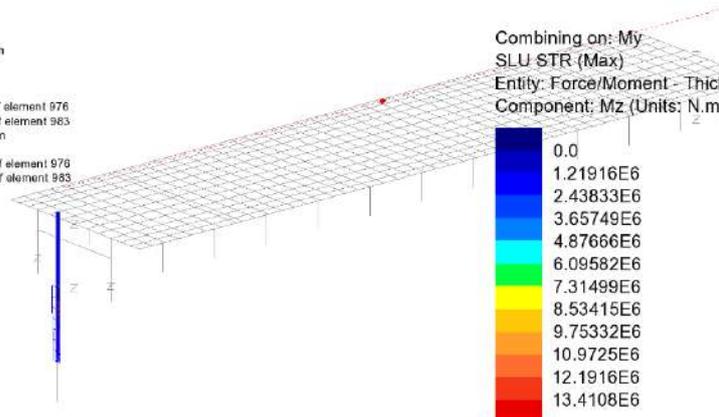
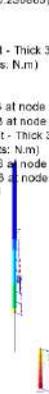


SLU STR - My (Max My)

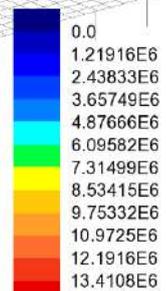
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -21.9846E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.21916E6  
Contour maximum 14.2632E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -366.792E3 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.49951E-6



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



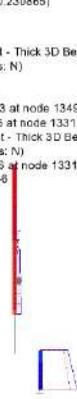
SLU STR - Assoc. Mz (Max My)

Maximum 14.2632E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -366.792E3 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

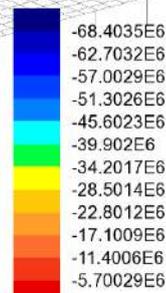
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 5.70029E6  
Contour maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.145805E-8



SLU STR - Assoc. N (Min My)

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



Maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976

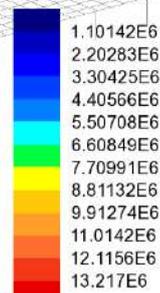
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.10142E6  
Contour maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 34.5126E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.754632E-8



SLU STR - Assoc. V (Min My)

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

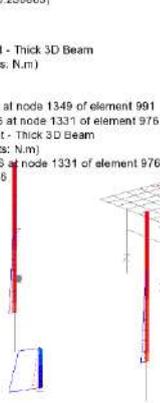


Maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 34.5126E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

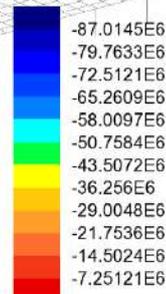
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 7.25121E6  
Contour maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.114673E-6



SLU STR - My (Min My)

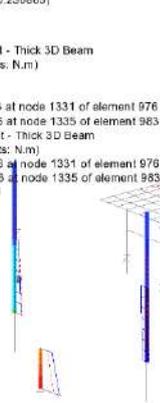
Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976

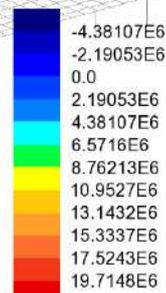
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.19053E6  
Contour maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.49951E-6



SLU STR - Assoc. Mz (Min My)

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

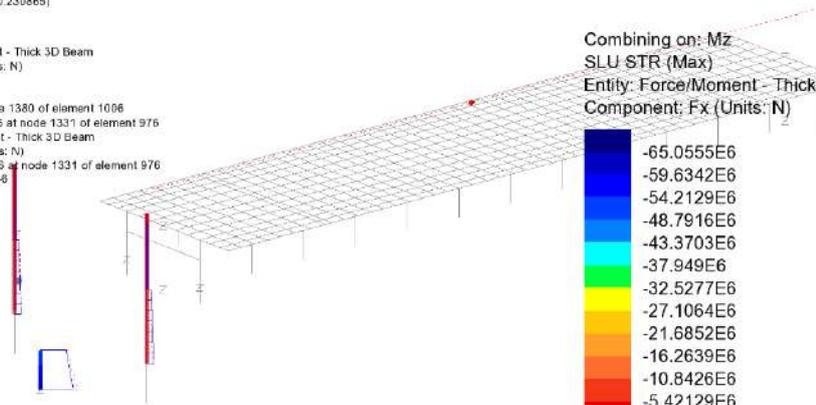


Maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

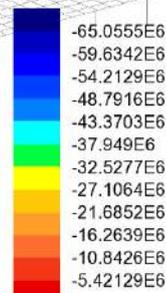
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 5.42129E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.153715E-8



SLU STR - Assoc. N (Max Mz)

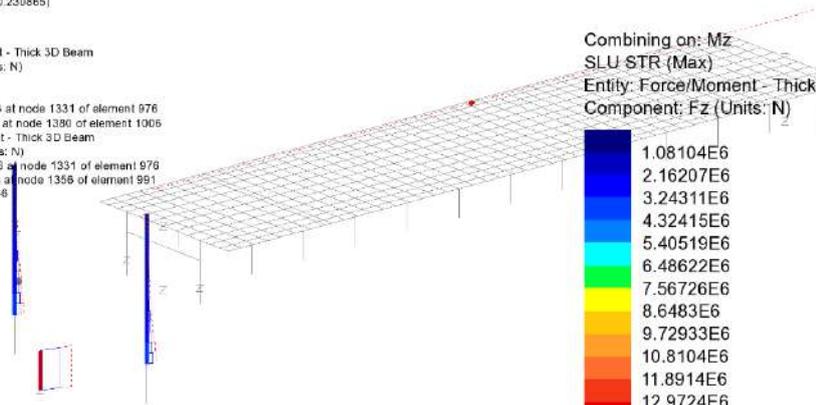
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976

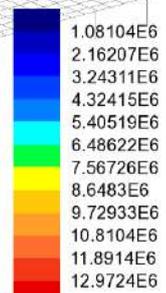
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.08104E6  
Contour maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.34889E3 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.770666E-8



SLU STR - Assoc. V (Max Mz)

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

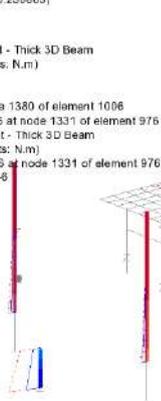


Maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.34889E3 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

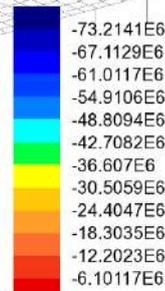
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.10117E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136580E-8



SLU STR - Assoc. My (Max Mz)

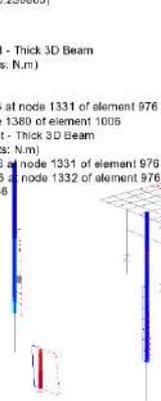
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976

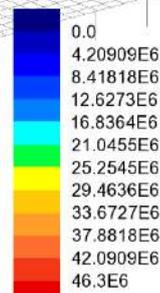
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.20909E6  
Contour maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.197984E-8



SLU STR - Mz (Max Mz)

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

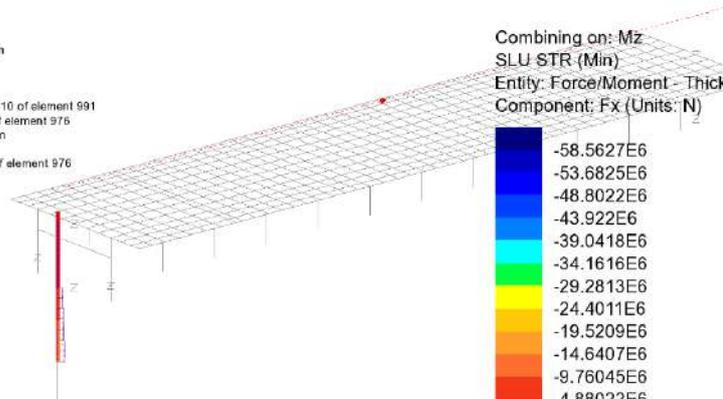
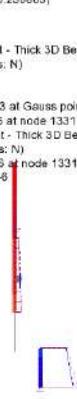


Maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1380 of element 1006

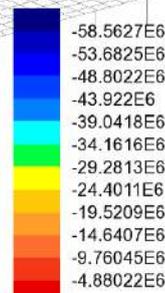
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.88022E6  
Contour maximum -10.5665E3 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -58.5733E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.153716E-6



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

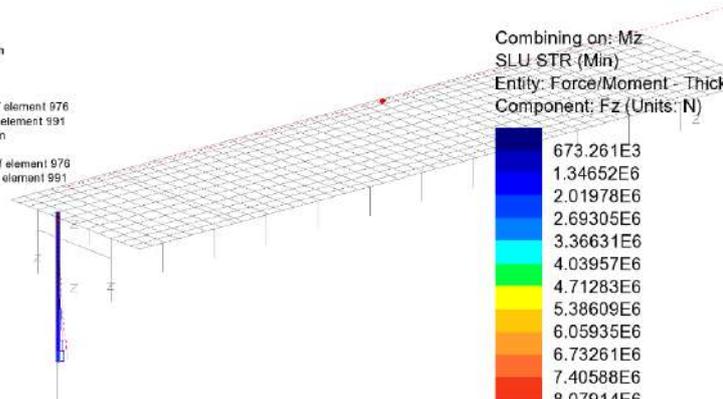


SLU STR - Assoc. N (Min Mz)

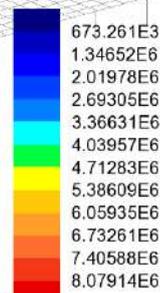
Maximum -10.5665E3 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -58.5733E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 673.261E3  
Contour maximum 8.08246E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.770666E-6



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

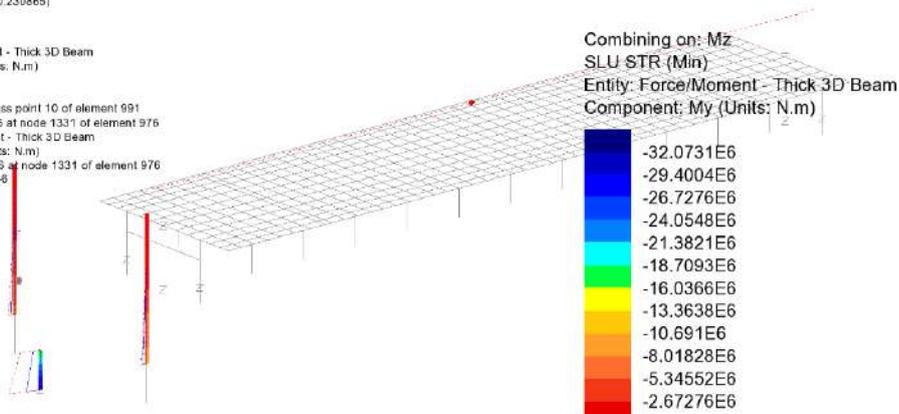


SLU STR - Assoc. V (Min Mz)

Maximum 8.08246E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991

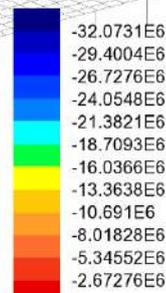
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.67276E6  
Contour maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -32.0733E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136586E-8



SLU STR - Assoc. My (Min Mz)

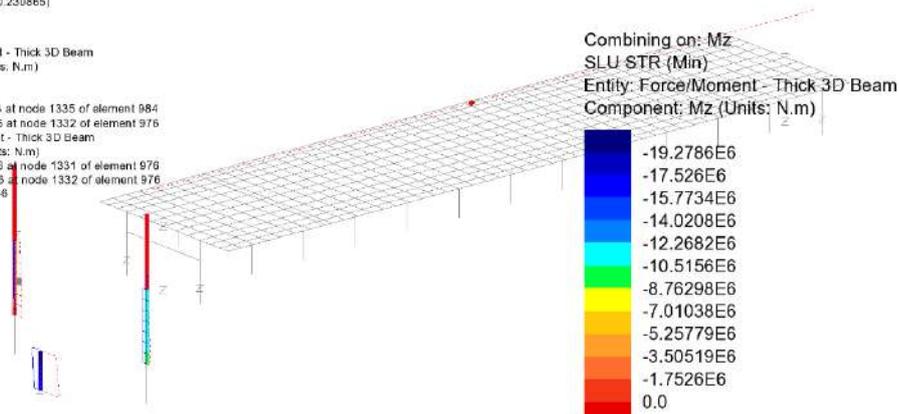
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -32.0733E6 at node 1331 of element 976

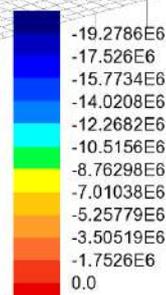
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.7526E6  
Contour maximum 269.851E3 at node 1335 of element 984  
Contour minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.197984E-6



SLU STR - Mz (Min Mz)

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



Maximum 269.851E3 at node 1335 of element 984  
Minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976

## 8.2.2 Fondazioni

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

L'output è riferito all'elemento "joint" impiegato per simulare l'incastro delle fondazioni (joint n. 1023).

Il sistema di riferimento del joint è orientato con asse x perpendicolare all'asse appoggi.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

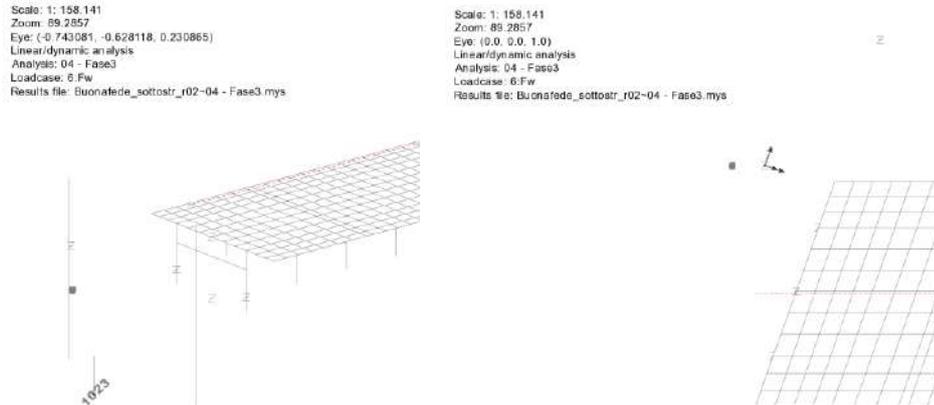


Figura 8.1 Labels Elem. joints Fondazione e relativo orientamento

**Spalla A - elem. 1023**

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-48705.29	8182.35	1920.64	-2697.12	-4690.61	36804.38
SLU STR min N	-76211.55	12964.34	4775.68	1668.50	-24161.54	73520.29
SLU STR max My	-68584.75	13251.50	3918.15	-1635.93	-20019.61	87204.83
SLU STR min My	-56352.12	7705.52	3350.52	2812.59	-14263.18	21984.61
SLU STR max Mx	-58573.27	8082.46	2203.30	-1756.27	16354.70	32073.28
SLU STR min Mx	-65055.48	12975.79	4781.14	1859.09	-50509.09	73214.09
SLU GEO max N	-48708.63	8151.95	2016.30	-2332.97	-5586.71	36622.91
SLU GEO min N	-57611.62	9849.72	3679.09	1436.78	-18904.11	57307.18
SLU GEO max My	-57585.57	10099.15	2936.16	-1425.08	-11856.55	58801.60
SLU GEO min My	-48752.05	7734.41	3254.12	2442.33	-17379.85	34121.13
SLU GEO max Mx	-50643.54	8067.03	2261.37	-1527.17	8979.66	42785.17
SLU GEO min Mx	-54579.59	9857.91	3683.66	1610.29	-38022.05	46845.44
Ed SLV max N	-48200.26	-6092.46	-7137.52	4564.81	29286.31	-18341.86
Ed SLV min N	-49260.42	31057.09	15416.19	-4472.32	-66287.12	132219.96
Ed SLV max My	-48915.65	37892.16	6301.12	241.91	-31218.84	167366.97
Ed SLV min My	-48545.03	-12927.51	1977.45	-152.04	-5765.32	-53488.98
Ed SLV max Mx	-48861.35	8480.71	-18312.66	217.68	75021.69	34581.52
Ed SLV min Mx	-48599.32	10135.75	24486.85	-136.17	-102010.03	49142.55
SLE RARA max N	-48713.64	8104.56	2159.29	-1784.47	-6926.39	36338.98
SLE RARA min N	-56451.88	9613.43	3505.65	1113.79	-17588.80	54520.35
SLE RARA max My	-56431.84	9805.30	2934.17	-1087.65	-12167.60	55669.90
SLE RARA min My	-48747.04	7786.25	3112.32	1886.52	-15964.03	34432.58
SLE RARA max Mx	-50395.30	8038.22	2347.48	-1174.17	5936.51	41742.67
SLE RARA min Mx	-53815.34	9621.29	3509.66	1259.42	-34175.03	45427.35
SLE FREQUENTE max N	-48727.00	7978.11	2540.87	-313.87	-10549.49	35582.17
SLE FREQUENTE min N	-54619.29	9720.48	3223.40	22.64	-14418.37	48783.59
SLE FREQUENTE max My	-54619.29	9722.28	3224.24	28.98	-14446.23	48795.65
SLE FREQUENTE min My	-48733.68	7913.09	2730.77	413.53	-12323.18	35191.64
SLE FREQUENTE max Mx	-49704.62	7947.37	2635.20	-18.29	-2880.27	38773.02
SLE FREQUENTE min Mx	-53087.63	9721.58	3225.02	102.39	-23784.79	43472.56
SLE Q.PERMANENTE max N	-48730.34	7946.49	2636.29	54.30	-11458.59	35392.99
SLE Q.PERMANENTE min N	-48730.34	7949.29	2636.12	26.24	-11262.47	35408.07
SLE Q.PERMANENTE max My	-48730.34	7951.09	2636.96	32.58	-11290.34	35420.13
SLE Q.PERMANENTE min My	-48730.34	7944.71	2635.35	45.36	-11414.08	35380.82
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-48730.34	7951.22	2636.44	18.21	-11198.74	35419.52
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-48730.34	7944.59	2635.87	59.72	-11505.68	35381.43

Tabella 8.2 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla 1

## 9. VERIFICA GEOTECNICA SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche geotecniche delle spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto.

## 9.1 Verifica geotecnica delle spalle

Come accennato in premessa, la struttura di spalla, comune per ambedue le vie di corsa, presenta dimensioni analoghe rispettivamente per la spalla 1 e B.

Ai fini del dimensionamento della spalla e della valutazione delle azioni in fondazione, si sono sviluppati i calcoli in dettaglio per la spalla "A", che presenta uno spiccato leggermente più alto.

Le altezze di spiccato assunte nei calcoli sono richiamate di seguito:

plinto fondazione:  $h = 2 \text{ m}$   
 paramento:  $h = 3.70 \text{ m}$   
 paraghiaia:  $h = 3.80 \text{ m}$  (\*)

(\*) si è considerata l'altezza di spiccato massima, ai due lati della spalla.

La platea di fondazione, presenta forma di rombo a lati paralleli, con dimensioni pari a  $24.43 \times 6.90 \times 2 \text{ m}$  ed è fondata su 24 pali.

Qui di seguito si riporta lo schema della fondazione delle due spalle affiancate con interesse fra gli allineamenti dei pali pari almeno a 360 cm.

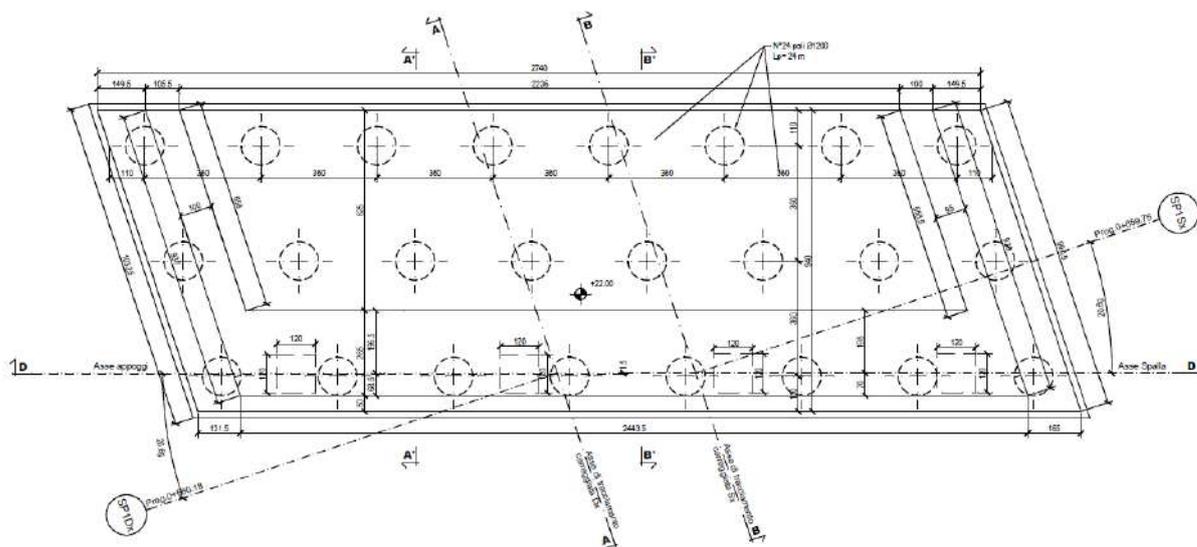


Figura 9.1 Schema fondazione spalla

Le verifiche delle spalle sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa, sia per il carico massimo di compressione che per quello di trazione, è risultata la combinazione "Ed SLV max My" per la **spalla 1** (con azione massima di compressione pari a  $Q_{Ed} = 5195 \text{ kN}$ , cui va aggiunto il peso proprio del palo per un **totale di 6326 kN**, l'azione massima di trazione pari a  $Q_{Ed} = 1136 \text{ kN}$  a cui va sottratto il peso del palo di **1131 kN** è pari a **5 kN** e quindi non viene presa in considerazione).

Il palo in progetto, di lunghezza pari a 40 m, ha una capacità portante pari a  $Q_{Rd} = 6342 \text{ kN}$  (di cui 5018 kN laterale e 1324 kN di base) **per la spalla 1**, valore che risulta superiore alle azioni agenti, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

In trazione la  $Q_{Rd}$ , trascurando il contributo favorevole del peso proprio del palo, risulta pari a **4527 kN**, mentre l'azione massima di trazione risulta pari a **1136 kN**.

---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la  $Q_{Rd}$  risulta pari a **1738 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a 1597 kN.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

In allegato si riportano i dettagli di calcolo geotecnici e strutturali dei pali di fondazione della spalla 1.

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

$$N = 3271 \text{ kN};$$

$$E_p = 30000000 \text{ kPa};$$

$$R_o = 0.6 \text{ m};$$

$$G_{terr} = 5769 \text{ kPa};$$

$$n = 24;$$

$$i = 3.6 \text{ m};$$

$$L = 40 \text{ m};$$

$$R = 1.47;$$

$$R_g = 0.4.$$

$$w_{palo} = 5.90 \text{ mm}$$

$$w_{palificata} = 56.69 \text{ mm}$$

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

## 10. Verifica strutturale spalla

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.

Le caratteristiche resistenti della spalla "A" e "B" sono indentiche, e pertanto verranno utilizzate le sollecitazioni calcolate sulla spalla "A", leggermente più alta.

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.

### 10.1.1 Muro frontale

Le sollecitazioni insistenti sul muro frontale vengono dedotte direttamente dall'analisi globale FEM.

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 (n. 992 e n. 977) per l'estrazione delle sollecitazioni di verifica della sezione di incastro paramento.

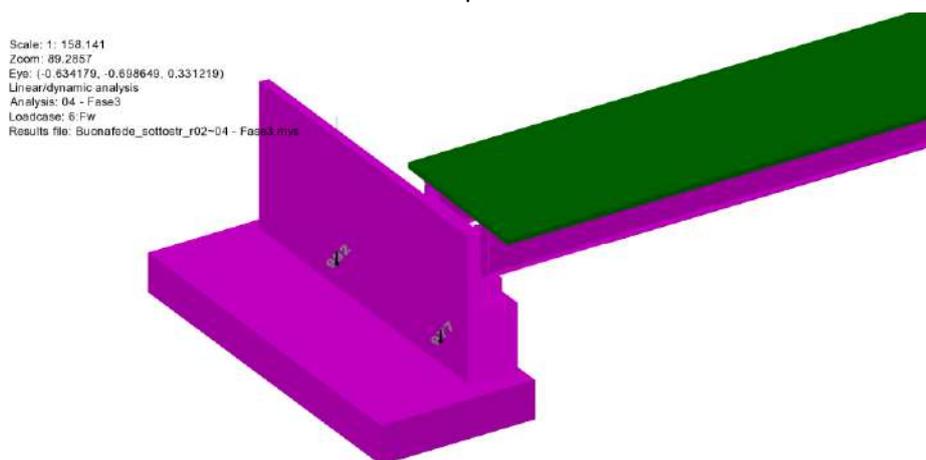


Figura 10.1 : Elementi per la verifica del muro frontale della spalle

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 12.20 m (ampiezza effettiva di ciascun semiparamento).

Le sollecitazioni rilevate sui due semiparamenti sono pressochè identiche. Ci si riferirà pertanto alle sollecitazioni rilevate in corrispondenza dell'elemento 977 (semiparamento di destra).

Le caratteristiche agenti in direzione trasversale al paramento ( $M_z$  e  $V_y$ ) vengono trascurate, date le elevate caratteristiche di resistenza di questi elementi, comparate alle sollecitazioni agenti.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(V)	977	1334	-705.52	339.19	-1128.64
190:SLU STR (Min)(V)	977	1334	-836.76	175.71	-741.22
189:SLU STR (Max)(M)	977	1334	-692.73	177.48	-572.72
190:SLU STR (Min)(M)	977	1334	-950.76	332.83	-1340.88
199:Gk + Ed_SLV (Max)(V)	977	1334	-569.76	680.08	-2388.63
200:Gk + Ed_SLV (Min)(V)	977	1334	-609.29	-22.32	20.62
199:Gk + Ed_SLV (Max)(M)	977	1334	-611.24	-10.20	48.23
200:Gk + Ed_SLV (Min)(M)	977	1334	-567.81	667.96	-2416.24
193:SLE RARA (Max)(V)	977	1334	-599.84	249.63	-878.52
194:SLE RARA (Min)(V)	977	1334	-695.43	180.38	-671.00
193:SLE RARA (Max)(M)	977	1334	-590.21	180.79	-605.75
194:SLE RARA (Min)(M)	977	1334	-779.99	246.10	-977.41
195:SLE FREQUENTE (Max)(V)	977	1334	-600.53	243.11	-850.61
196:SLE FREQUENTE (Min)(V)	977	1334	-589.66	185.98	-628.06
195:SLE FREQUENTE (Max)(M)	977	1334	-589.66	185.98	-628.03
196:SLE FREQUENTE (Min)(M)	977	1334	-705.75	242.70	-915.86
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(V)	977	1334	-589.53	187.55	-634.63
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(V)	977	1334	-589.53	187.27	-633.61
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(M)	977	1334	-589.53	187.28	-633.58
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(M)	977	1334	-589.53	187.54	-634.67

Tabella 10.1 Sollecitazioni semi - paramento spalla 1 – valori riferito a larghezza unitaria

**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 = 2650 mm

Armature (B450C):

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

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

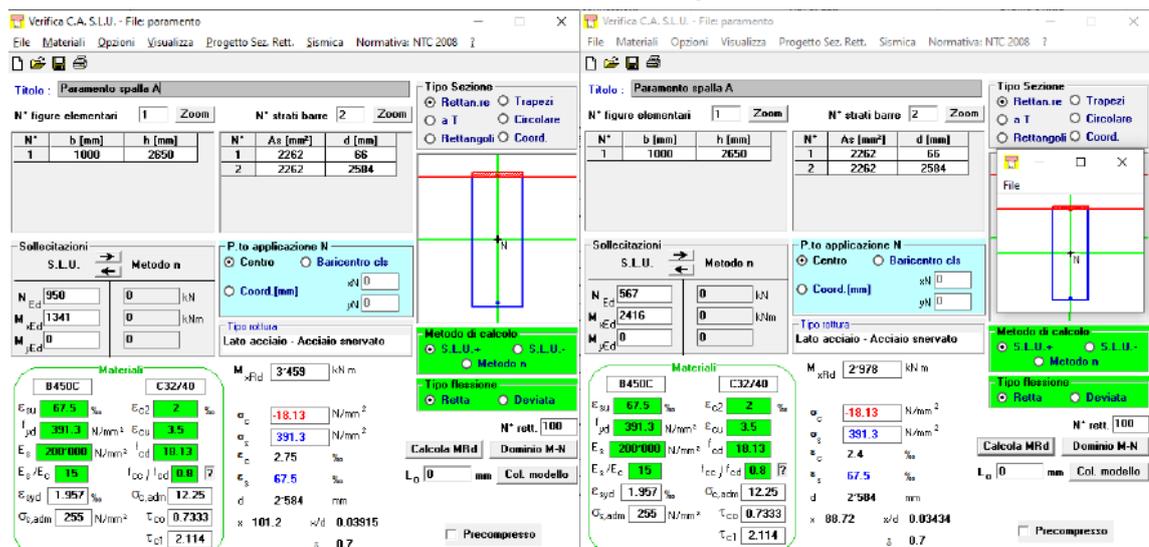
Copriferro:  $40+14+24/2 = 66 \text{ mm}$

Si prendono in esame le sollecitazioni ricavate per la spalla 2, risultate più impegnative, con specifico riferimento alle combinazioni "min M" negli S.L. S.L.U. str e Sismico (Gk+Ed-SLV), ottenendo quanto segue.

**S.L.U. STR - min M**

**esercizio**

**Gg+Ed - min M sismica**



The image shows two side-by-side screenshots of a structural analysis software interface. The left screenshot is titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: paramento" and shows the "S.L.U. STR - min M" exercise. The right screenshot is titled "Verifica C.A. S.L.U. - File: paramento" and shows the "Gg+Ed - min M sismica" exercise. Both screenshots display a central diagram of a rectangular section with dimensions b=1000 mm and h=2650 mm. The software interface includes various input fields for section properties, material properties, and load cases, along with a table of results. The results table shows the following values:

Parametro	S.L.U. STR - min M	Gg+Ed - min M sismica
N (kN/m)	950	567
M (kNm/m)	1341	2416
Ed (kNm/m)	0	0
Ed (kNm/m)	0	0
M (kNm/m)	3459	2978
σ <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	-18.13	-18.13
σ <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	391.3	391.3
ε <sub>c</sub> (%)	2.75	2.4
ε <sub>s</sub> (%)	67.5	67.5
σ <sub>c,adm</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	12.25	12.25
σ <sub>s,adm</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	0.7333	0.7333
τ <sub>ct</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	2.114	2.114
κ	101.2	88.72
ω/d	0.03815	0.03434
δ	0.7	0.7

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

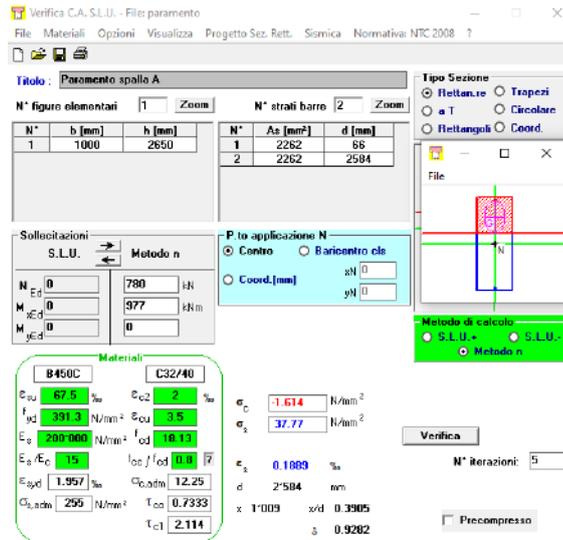
Come si può notare, in ambedue i casi si rileva un rapporto di sfruttamento  $M_{Ed}/M_{Rd}$  inferiore all'unità, e, in particolare:

S.L.U. - esercizio:  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.39$

S.L.U. - sismica :  $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.81$

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:

$\sigma_{c,min} = -1.61 \text{ Mpa}$

$\sigma_{s,max} = 37.77 \text{ Mpa}$

Avendo rilevato una tensione massima nelle barre d'armatura pari a 37.77 Mpa già nella combinazione S.L.E. caratteristica, si ritiene automaticamente soddisfatta la verifica inerente l'apertura delle fessure.

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

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

$V_{Ed} = 681 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -570 \text{ kN}$

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Paramento - spiccato	
<b>Combinazione</b>	Ed - SLV	
$N_{ed,conc}$	570.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	681 kN	Azione tagliante di progetto
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2650 mm	Altezza totale
$A_c$	2.65E+06 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	2.26E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	2584 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	8.754E-04	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{app}$	2325.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	2325.6 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 =	1.28	$\min ([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.22 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min} =$	0.29 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	740.43	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	822.70 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.2 Verifica a taglio spiccato paramento. Calcolo  $V_{Rd,c}$

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

### 10.1.2 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 della sezione di incastro, si adatterà pertanto la seguente larghezza di diffusione, valutata con riferimento all'altezza nominale del paraghiaia, pari a 3.80 m:

$$b_{diff,tot} = 3 + 2 \times 3.8 \tan 30 = 7.39 \text{ m.}$$

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:

$$V_{Qh} = 32.5 \text{ kN/m}$$

$$M_{Qh} = 123.5 \text{ kNm}$$

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 (n. 999 e 984). Si segnala, che data l'eguaglianza geometrica, i paraghiaia di ambedue le spalle risultano gravati dalle medesime sollecitazioni.

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.634179, -0.698649, 0.331219)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 04 - Fase3  
Loadcase: 6:Fw  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02~04 - Fase3 mys

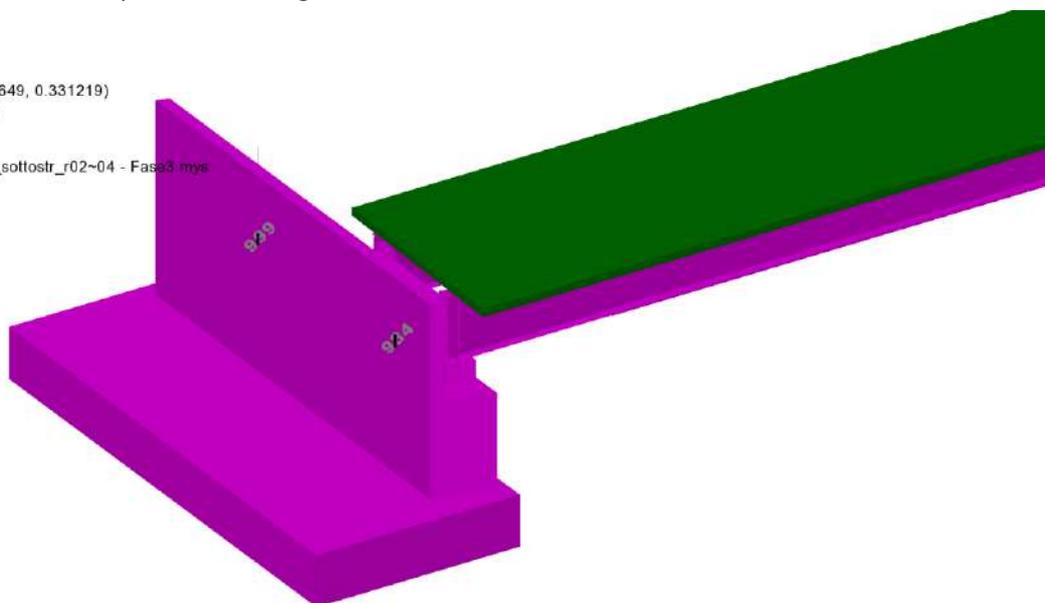


Figura 10.2 Elementi verifica sezione incastro paraghiaia

Le tabelle seguenti restituiscono le sollecitazioni insistenti a quota incastro paraghiaia rispettivamente al netto ed includendo l'effetto della frenatura.

Le sollecitazioni rilevate per i due semiparaghiaia risultano pressochè identiche. L'output sarà riferito convenzionalmente al semiparaghiaia di destra (elemento 984).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**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)	984	1355	-66.17	99.51	-180.51
190:SLU STR (Min)(Fz)	984	1355	-69.26	46.35	-66.70
189:SLU STR (Max)(My)	984	1355	-69.26	46.35	-66.70
190:SLU STR (Min)(My)	984	1355	-66.17	99.51	-180.51
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	984	1355	-51.35	209.20	-393.81
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	984	1355	-51.30	22.81	-21.98
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	984	1355	-51.30	22.81	-21.98
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	984	1355	-51.35	209.20	-393.81
193:SLE RARA (Max)(Fz)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
194:SLE RARA (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
193:SLE RARA (Max)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
194:SLE RARA (Min)(My)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71

Tabella 10.3 Sollecitazioni spiccato paraghiaia – output da modello E.F.

**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)	984	1355	-66.17	143.37	-347.17
190:SLU STR (Min)(Fz)	984	1355	-69.26	90.20	-233.36
189:SLU STR (Max)(My)	984	1355	-69.26	90.20	-233.36
190:SLU STR (Min)(My)	984	1355	-66.17	143.37	-347.17
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	984	1355	-51.35	209.20	-393.81
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	984	1355	-51.30	22.81	-21.98
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	984	1355	-51.30	22.81	-21.98
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	984	1355	-51.35	209.20	-393.81
193:SLE RARA (Max)(Fz)	984	1355	-62.31	106.20	-257.15
194:SLE RARA (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	78.84	-190.16
193:SLE RARA (Max)(My)	984	1355	-51.31	78.84	-190.16
194:SLE RARA (Min)(My)	984	1355	-62.31	106.20	-257.15
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	984	1355	-62.31	73.71	-133.71
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	984	1355	-51.31	46.35	-66.71

Tabella 10.4 Sollecitazioni di progetto spiccato 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 = 550 mm

Armature (B450C):

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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

**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:       $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.56$

S.L.U. - sismica :       $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.94$

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

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Considerato il limitato tasso di lavoro nelle barre d'armatura rilevato in corrispondenza di S.L.E. frequente ( $\sigma_{s,max} = 122$  Mpa), si ritiene non significativo il calcolo per la combinazione S.L.E. quasi permanente, ritenendo inoltre automaticamente soddisfatta la verifica per lo S.L. di fessurazione

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

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

$$V_{Ed} = 209 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed,conc} = 51 \text{ kN/m}$$

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>		
<b>Elemento</b>	Paraghiaia - spiccato	
<b>Combinazione</b>	Ed - SLV	
$N_{Ed,conc}$	51.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{Ed}$	209 kN	Azione tagliante di progetto
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	550 mm	Altezza totale
$A_c$	5.50E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
$A_{sl}$	2.26E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	484 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l$	4.674E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{app}$	435.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	435.6 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	1.64	$\min ([1+(200/d)^{1.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp}$	0.09 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{min}$	0.42 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min}$	187.66	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c}$	241.81 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.5 Verifica a taglio spiccato paraghiaia – calcolo  $V_{Rd,c}$

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

### 10.1.3 Muro di risvolto

I muri dirisvolto sono dotati di orecchie posteriori di luce pari a 3 m.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando il muro dotato di altezza di spiccato più elevata, assumendo le seguenti caratteristiche geometriche generali:

$h_{\text{totale}}$ :	7.5 m
$l_{\text{netta}}$ :	6.25 m
$l_{\text{orecchia}}$ :	3.0 m
$t_{\text{max/min}}$ :	var 1.0 / 0.3 m

#### 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.

Scale: 1: 64.3564  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.908882, 0.335866, 0.24724)  
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 1:gk1

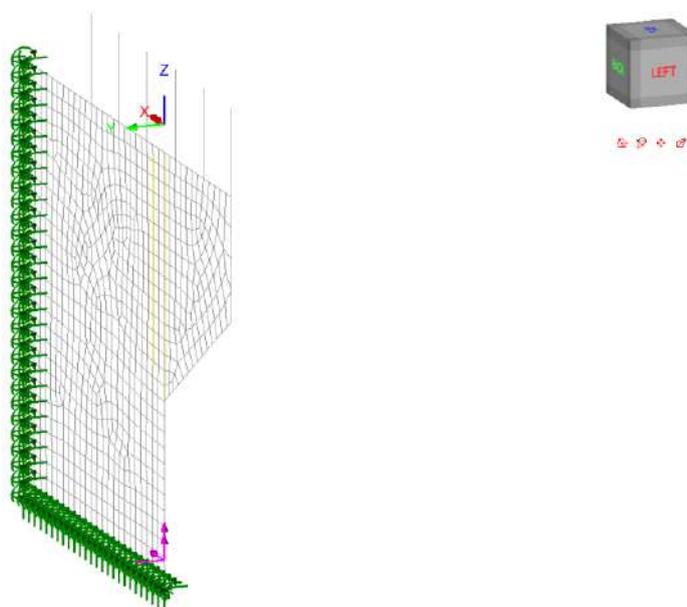


Figura 10.3 Muro ala - schema mesh E.F.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Scale: 1: 64.3564  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.908882, 0.335866, 0.24724)  
Analysis: Analysis 1  
Loadcase: 1: gk1

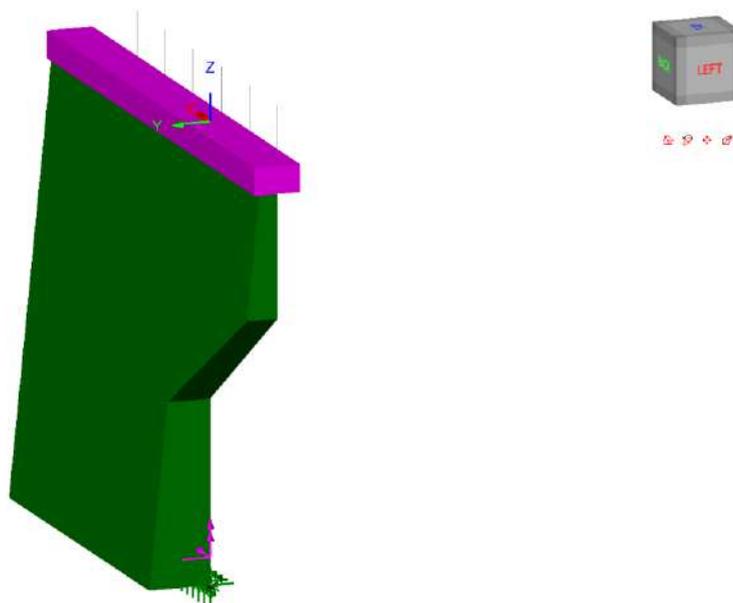


Figura 10.4 Muro ala - rendering modello E.F.

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:

- $g_{k1}$  peso proprio degli elementi strutturali, valutato con riferimento una densità del calcestruzzo pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ ;
- $g_{kt}$  spinta delle terre, valutato con riferimento al coefficiente di spinta a riposo  $k_0 = 0.426$  e ad un peso specifico del terreno  $\gamma_t = >19 \text{ kN/m}^3$
- $g_{kt, Qk}$  spinta per effetto del sovraccarico sul rilevato, valutata sempre con riferimento a  $k_0 = 0.426$  e  $Q_k = 20 \text{ kN/m}^2$ ;
- Urto azione applicata ai tre paletti di estremità, rispettivamente  $100 \text{ kN}$  sui due paletti terminali e da  $50 \text{ kN}$  sul paletto interno (cfr. schema seguente).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 197.382  
Eye: (-0.75217, 0.488137, 0.442677)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 01-base  
Loadcase: 5:urto1  
Results file: muro\_ala-01-base.mys

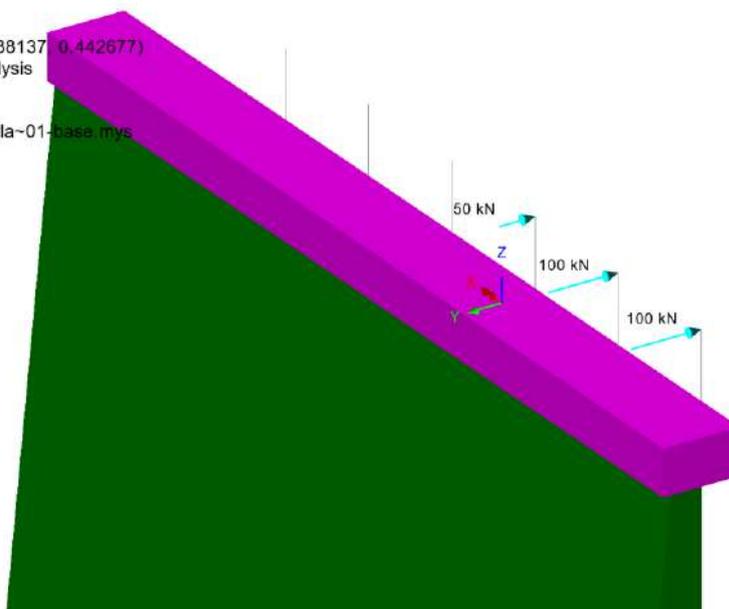


Figura 10.5 Muro ala - dettaglio modellazione urto

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

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

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

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

$$\text{S.L.E. fr. : } S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + 0.7 \times S(g_{kt,(Qk)})$$

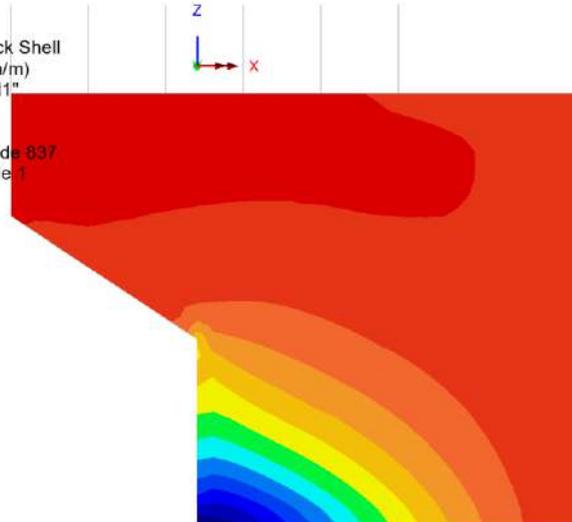
I seguenti diagrammi "contour" riportano l'andamento del momento flettente di piastra  $M_x$  ed  $M_y$  (valori in Nm/m) agenti in direzione verticale e trasversale rispettivamente.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**Combinazione S.L.U. – Mx**

Scale: 1: 67.3253  
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: 12  
Contour interval: 111.266E3  
Contour maximum 14.4896E3 at node 837  
Contour minimum -1.3207E6 at node 1



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

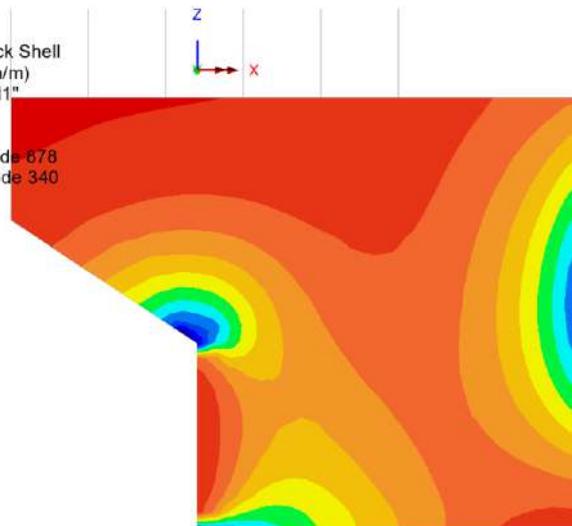
-1.22393E6
-1.11266E6
-1.00139E6
-890.129E3
-778.863E3
-667.596E3
-556.33E3
-445.064E3
-333.798E3
-222.532E3
-111.266E3
0.0

Maximum 14.4896E3 at node 837  
Minimum -1.3207E6 at node 1

**Combinazione S.L.U. – My**

Scale: 1: 67.3253  
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: 12  
Contour interval: 34.3198E3  
Contour maximum 2.87361E3 at node 878  
Contour minimum -408.964E3 at node 340



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

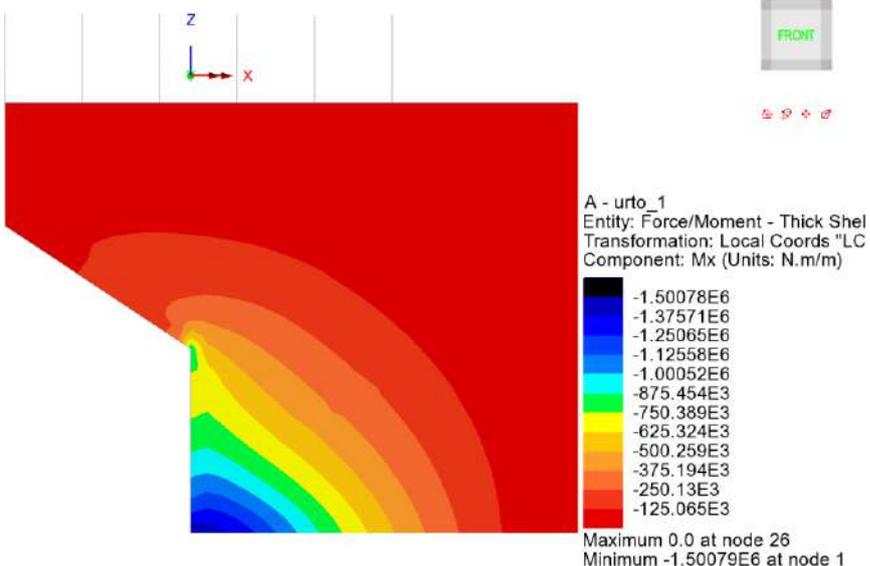
-377.518E3
-343.198E3
-308.878E3
-274.559E3
-240.239E3
-205.919E3
-171.599E3
-137.279E3
-102.959E3
-68.6397E3
-34.3198E3
0.0

Maximum 2.87361E3 at node 878  
Minimum -408.964E3 at node 340

**Combinazione S.L.U. (A) – Mx**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A - urto\_1

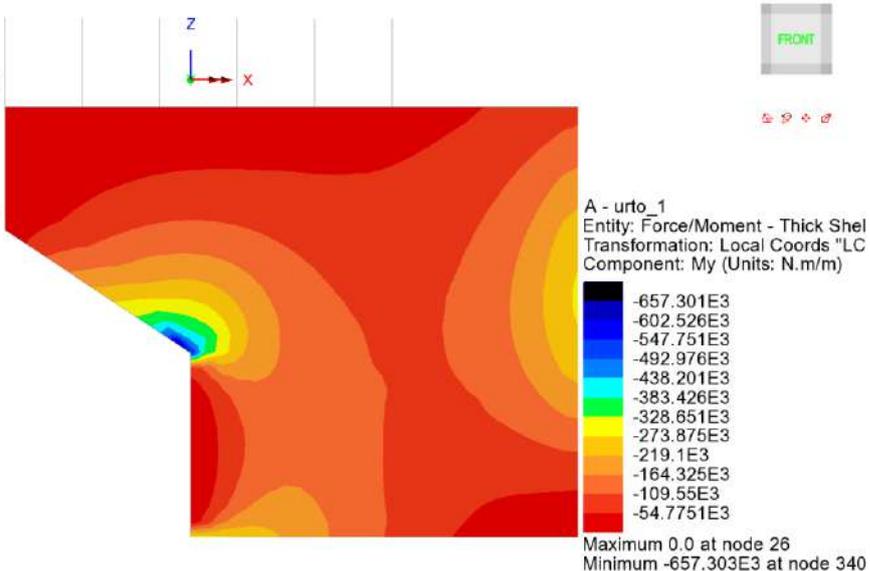
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 12  
Contour interval: 125.065E3  
Contour maximum 0.0 at node 26  
Contour minimum -1.50079E6 at node 1



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

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A - urto\_1

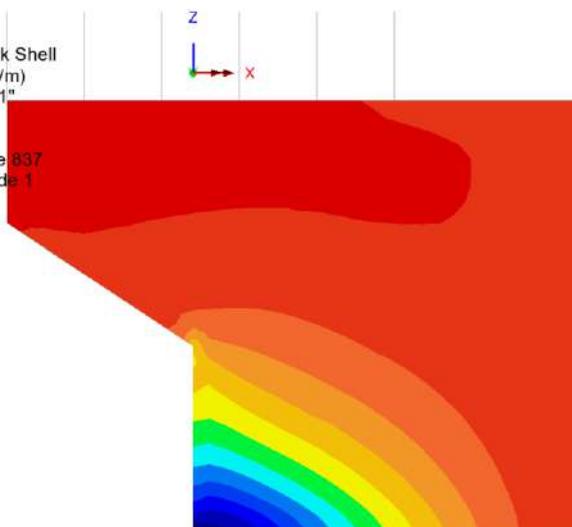
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
Contour component: My (Units: N.m/m)  
Transformation: Local Coords "LCrd1"  
Number of contours: 12  
Contour interval: 54.7751E3  
Contour maximum 0.0 at node 26  
Contour minimum -657.303E3 at node 340



**Combinazione S.L.E. – Mx**

Scale: 1: 67.3253  
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: 12  
Contour interval: 82.4193E3  
Contour maximum 10.733E3 at node 837  
Contour minimum -978.299E3 at node 1



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

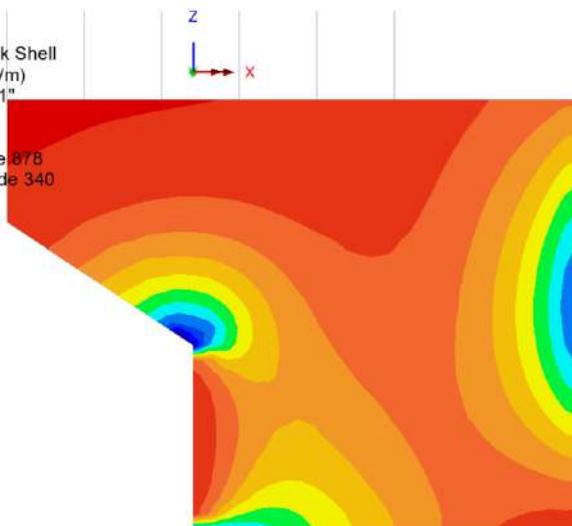
-906.612E3
-824.193E3
-741.774E3
-659.355E3
-576.935E3
-494.516E3
-412.097E3
-329.677E3
-247.258E3
-164.839E3
-82.4193E3
0.0

Maximum 10.733E3 at node 837  
Minimum -978.299E3 at node 1

**Combinazione S.L.E. – My**

Scale: 1: 67.3253  
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: 12  
Contour interval: 25.4221E3  
Contour maximum 2.1286E3 at node 878  
Contour minimum -302.937E3 at node 340



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

-279.643E3
-254.221E3
-228.799E3
-203.377E3
-177.955E3
-152.533E3
-127.11E3
-101.688E3
-76.2663E3
-50.8442E3
-25.4221E3
0.0

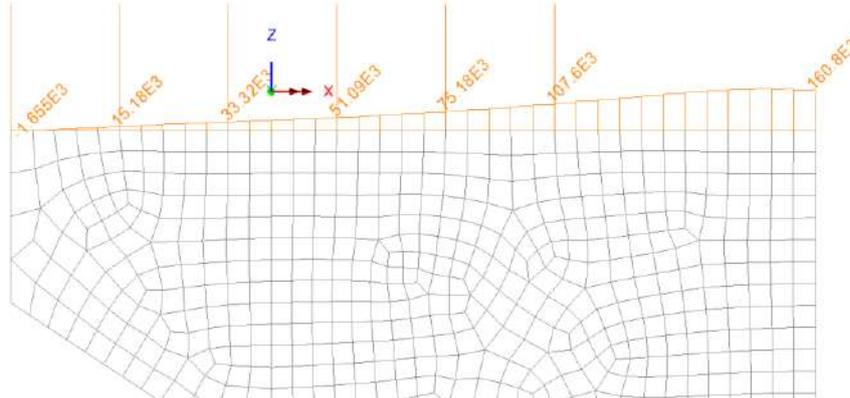
Maximum 2.1286E3 at node 878  
Minimum -302.937E3 at node 340

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: 67.3253  
Zoom: 140.493  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

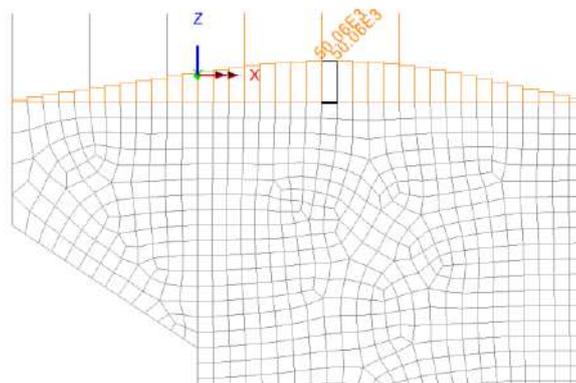
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 164.632E3 at node 909 of element 885  
Diagram minimum -1.65523E3 at node 874 of element 851  
Diagram scale: 1: 60.7415E-6



**Combinazione S.L.U. – Mx (T)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

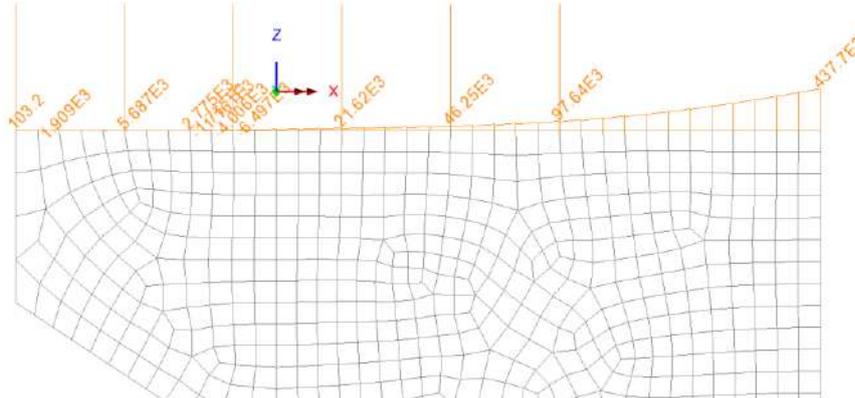
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 50.0574E3 at node 894 of element 871  
Diagram scale: 1: 0.199771E-3



**Combinazione S.L.U. – Mz (M)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 140.493  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

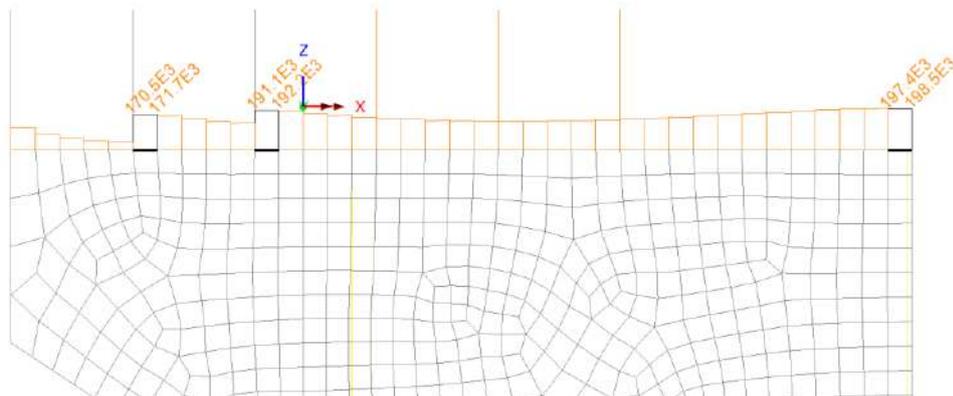
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 437.679E3 at node 911 of element 887  
Diagram minimum -12.0182E3 at node 886 of element 862  
Diagram scale: 1: 22.8478E-6



**Combinazione S.L.U. - A – Fy (V)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 157.352  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A - urto\_1

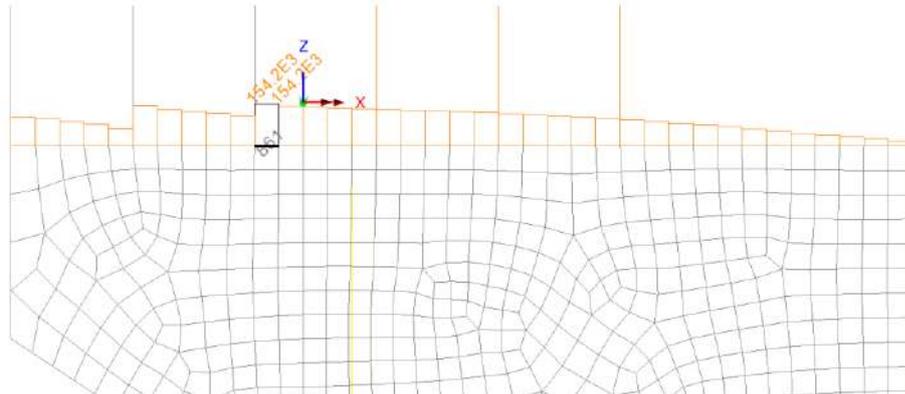
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 199.557E3 at node 910 of element 886  
Diagram scale: 1: 50.111E-6



**Combinazione S.L.U. - A – Mx (T)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 157.352  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A - urto\_1

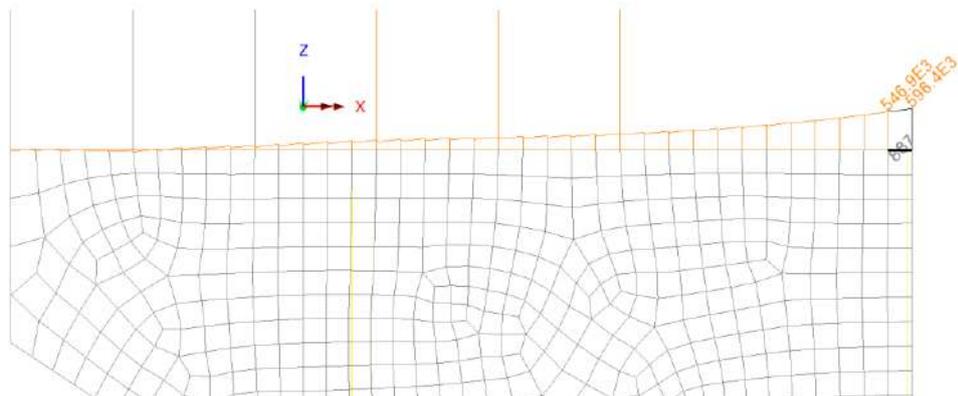
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 154.169E3 at node 884 of element 861  
Diagram scale: 1: 64.864E-6



**Combinazione S.L.U. – A – Mz (M)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 157.352  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
A - urto\_1

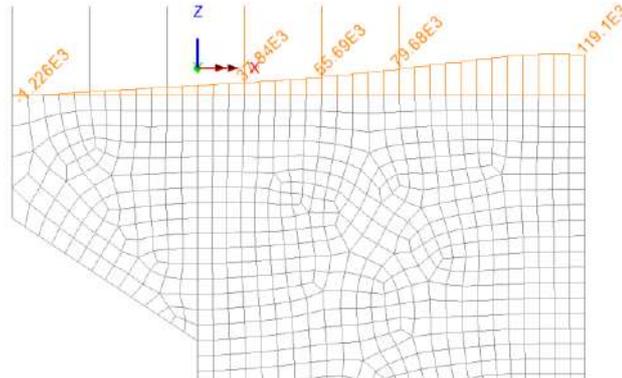
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 596.414E3 at node 911 of element 887  
Diagram minimum -31.1459E3 at node 879 of element 856  
Diagram scale: 1: 16.7669E-6



**Combinazione S.L.E. – Fy (V)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

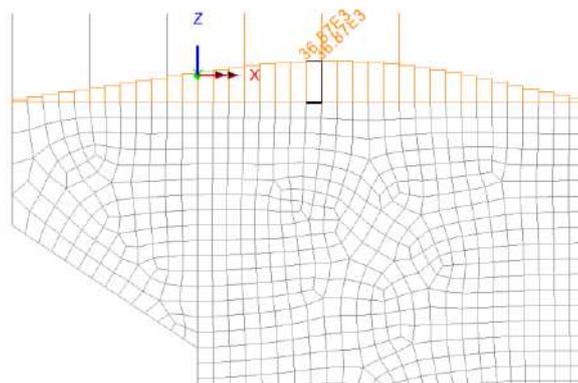
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fy (Units: N)  
Diagram maximum 121.95E3 at node 909 of element 885  
Diagram minimum -1.22609E3 at node 874 of element 851  
Diagram scale: 1: 82.001E-6



**Combinazione S.L.E. – Mx (T)**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 100.0  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

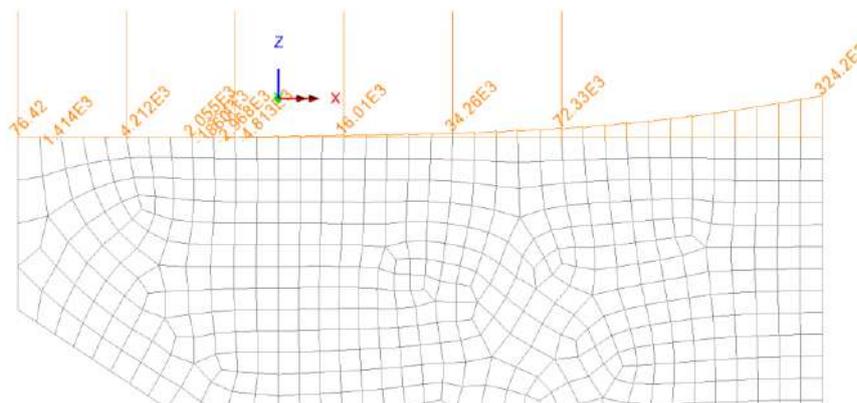
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mx (Units: N.m)  
Diagram maximum 37.0795E3 at node 894 of element 871  
Diagram scale: 1: 0.269691E-3



### Combinazione S.L.E. – Mz (M)

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 140.493  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 324.207E3 at node 911 of element 887  
Diagram minimum -8.90234E3 at node 886 of element 862  
Diagram scale: 1: 30.8445E-6



### Verifiche muro

Si predispongono le seguenti armature principali

#### Armature verticali corpo muro - correnti

$A_{s,i} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 24/20$	lembo interno paramento
$A_{s,i,int} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 24/20$	lembo interno paramento, integrativi (*)
$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo esterno paramento

(\*) integrazione (attiva per  $0 \leq z < 2.5\text{m}$ ), nella zona da estremità muro, per una lunghezza i 3 m (vedi schema).

#### Armature orizzontali corpo muro

$A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo interno paramento
$A_{s,i} = 770 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 14/20$	lembo interno paramento, integrativi (*)
$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo esterno paramento

(\*) integrazione (attiva per  $2.5 \leq z < 5.5\text{m}$ ), vedi schema.

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

Per l'orecchia, si predispongono barre verticali  $\varnothing 20/20$ , mentre per le armature orizzontali verranno prolungate le armature principali del corpo muro.

Si prevede inoltre un corrente formato da 4 di barre  $\varnothing 24$  inclinate, poste parallelamente al lato obliquo.

Qui sotto si riporta la zona di muro in cui viene prevista l'integrazione di armature verticali interne.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 80.6452  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLU

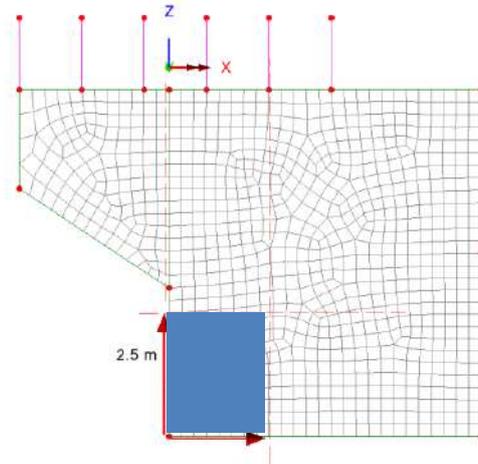


Figura 10.6 zona integrazione armature verticali corpo muro

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 79.7194  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
SLE

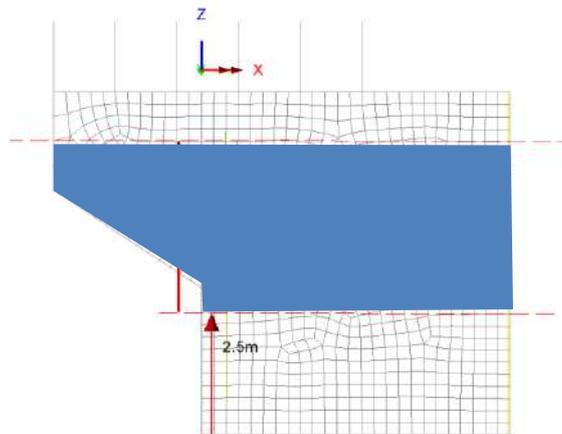


Figura 10.7 Zona integrazione armature orizzontali corpo muro

**Verifica armature verticali**

Ai fini delle verifiche in direzione verticale, si prendono in esame due sezioni lungo l'altezza muro, in modo da cogliere le più significative variazioni connesse con il gradiente delle sollecitazioni e dello spessore resistente.

sez. 1-1v:	incastro in fondazione (z=0)	spessore muro	1.0 m
sez. 2-2v:	z = 2.5 m	spessore muro	0.75 m

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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 posta in prossimità della zona maggiormente sollecitata, a 0.5 m dall'estremità.

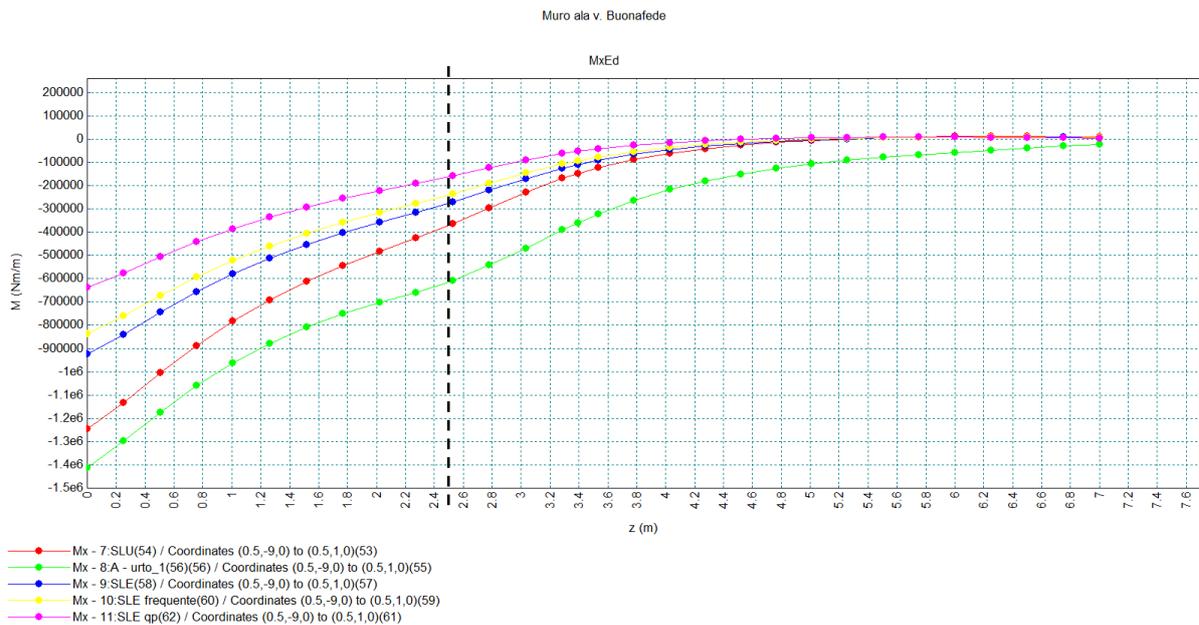
(\*) lo scostamento di 0.5 m rispetto alla sezione di massimo viene operato al fine di ottenere una stima più realistica delle sollecitazioni, operando su grandezze per metro lineare.

Qui di seguito i diagrammi inerenti alle sollecitazioni combinate.

La linea a tratteggio indica la posizione entro la quale risulta attiva l'integrazione di armatura verticale al lembo interno.

LUSAS 19.0-3c5

May 13, 2021



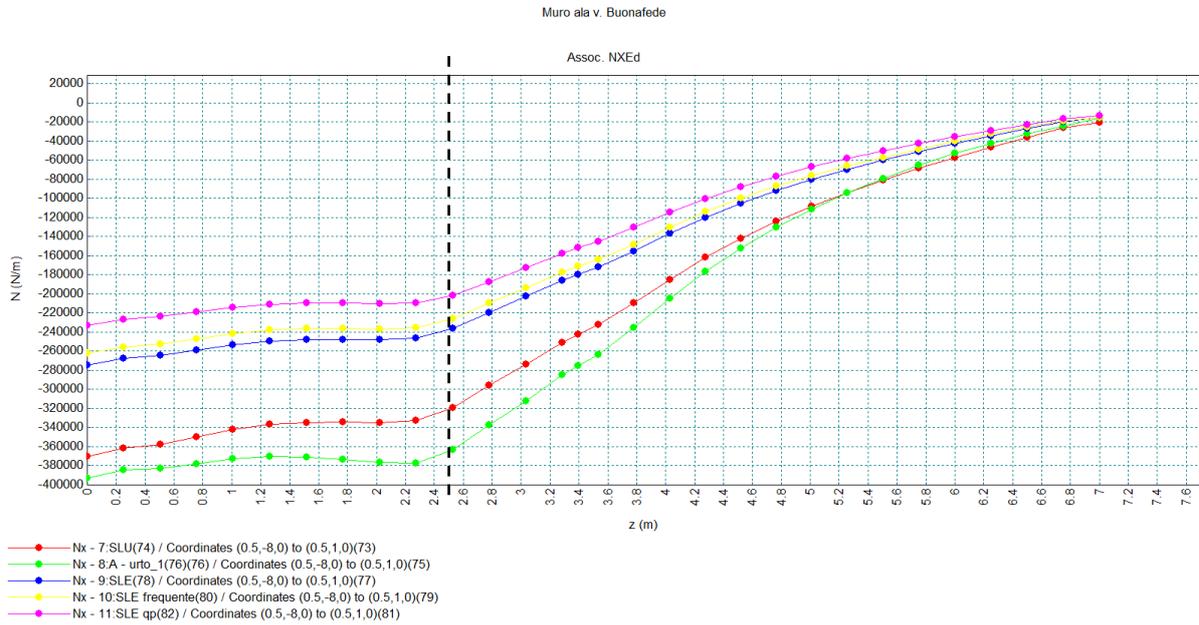
D:\05 lavoro\04 Alhambra\_viadotti acciaio cls\06 buonafede\08 altri\_modelli\muro\_ala\_b\_fede\_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

LUSAS 19.0-3c5

May 13, 2021



D:\05 lavoro\04 Alhambra\_viadotti acciaio cls\06 buonafede\08 altri\_modelli\muro\_ala\_b\_fede\_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

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

**Sez. 1-1v**

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.**

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

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1v

N° figure elementari: 1

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	1000	1	4524	60
			2	1571	932

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 370 kN  
M<sub>Ed</sub>: -1246 kNm  
M<sub>Ed</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali:

Proprietà	B450C	C32/40
E <sub>cu</sub>	67.5 %	2 %
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm²	3.5 %
E <sub>s</sub>	200'000 N/mm²	18.13 %
E <sub>y</sub> /E <sub>c</sub>	15 %	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
E <sub>y</sub> /E <sub>s</sub>	1.957 %	Q <sub>c,adm</sub> 12.25
Q <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	T <sub>coo</sub> 0.7333
		T <sub>cl</sub> 2.114

M<sub>Rd</sub>: -1'737 kNm

g<sub>c</sub>: -18.13 N/mm²

g<sub>s</sub>: 391.3 N/mm²

g<sub>s</sub>: 3.5 %

g<sub>s</sub>: 25.1 %

d: 940 mm

x: 115 w/d 0.1224

δ: 0.7

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.72$$

Le verifiche S.L.U. risultano soddisfatte.

**Comb. A**

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

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1v

N° figure elementari: 1

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	1000	1	4524	60
			2	1571	932

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 233 kN  
M<sub>Ed</sub>: -1414 kNm  
M<sub>Ed</sub>: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro

Materiali:

Proprietà	B450C	C32/40
E <sub>cu</sub>	67.5 %	2 %
f <sub>yd</sub>	460 N/mm²	3.5 %
E <sub>s</sub>	200'000 N/mm²	27.2 %
E <sub>y</sub> /E <sub>c</sub>	15 %	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
E <sub>y</sub> /E <sub>s</sub>	2.25 %	Q <sub>c,adm</sub> 12.25
Q <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	T <sub>coo</sub> 0.7333
		T <sub>cl</sub> 2.114

M<sub>Rd</sub>: -1'936 kNm

g<sub>c</sub>: -27.2 N/mm²

g<sub>s</sub>: 450 N/mm²

g<sub>s</sub>: 3.5 %

g<sub>s</sub>: 32.87 %

d: 940 mm

x: 90.45 w/d 0.09622

δ: 0.7

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.65$$

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

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

**Comb. A (\*)**

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.53$

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.81$

Le verifiche S.L.U. appaiono soddisfatte.

**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.

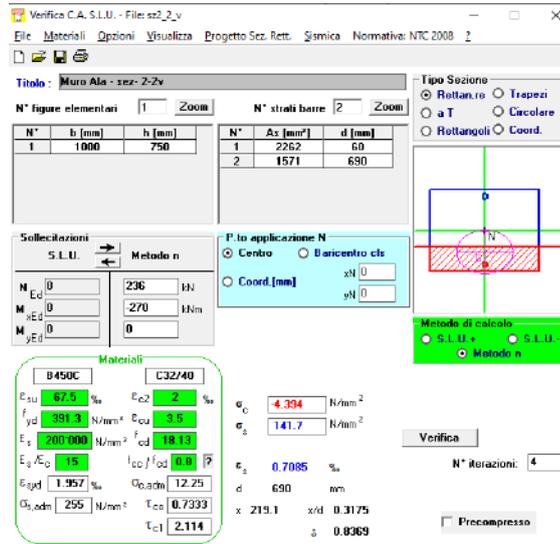
**Sez.1-1v**

$\sigma_{c,min} = -7.10 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 214 \text{ Mpa}$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**Sez.2-2v**



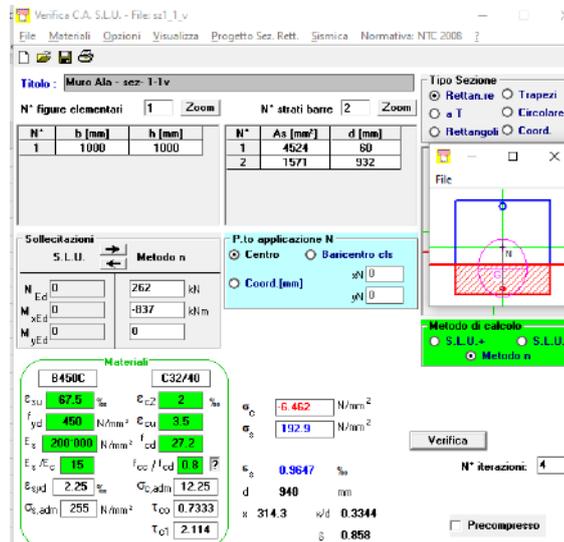
$\sigma_{c,min} = -4.39$  MPa

$\sigma_{s,max} = 142$  Mpa

**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, limitatamente alla sezione 1-1v (la sezione 2-2v presenta tensioni di lavoro che soddisfano automaticamente la verifica a fessurazione).

**Sez.1-1v**



$\sigma_{c,min} = -6.46$  MPa

$\sigma_{s,max} = 193$  Mpa

Il controllo della fessurazione senza calcolo diretto rispetta, per  $\sigma_{s,max} = 193$  Mpa, i limiti previsti dalle tabelle 7.1N e 7.2 N di En 1992-1-1.

Si rileva infatti, per il soddisfacimento di  $w_k < 0.3$  mm:

- diametro barre effettivo (24 mm) < diam max (tab. 7.2 N) = 25 mm

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

- spaziatura barre effettiva (100 mm) < spaziatura barre max (tab. 7.3 N) = 300 mm

prospetto 7.2N **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;  $L_{cr} = 2,9$  MPa;  $f_{ct} = 0,5 \cdot (h - d) = 0,1$  h;  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,5$ ;  $k_3 = 0,4$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k = 1,0$ .  
2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

prospetto 7.3N **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 10.6 Prospetti 7.2N e 7.3N EN 1992-1-1

**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, rispettivamente per ciascun contributo di carico e per le combinazioni di verifica.

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 80.6452  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 01-base  
Loadcase: 2: gk1  
Results file: muro\_ala-01-base.mys

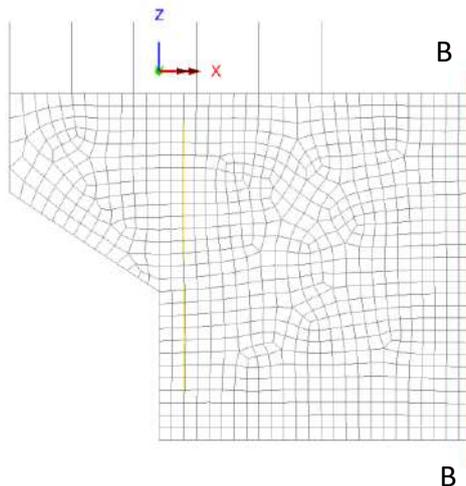


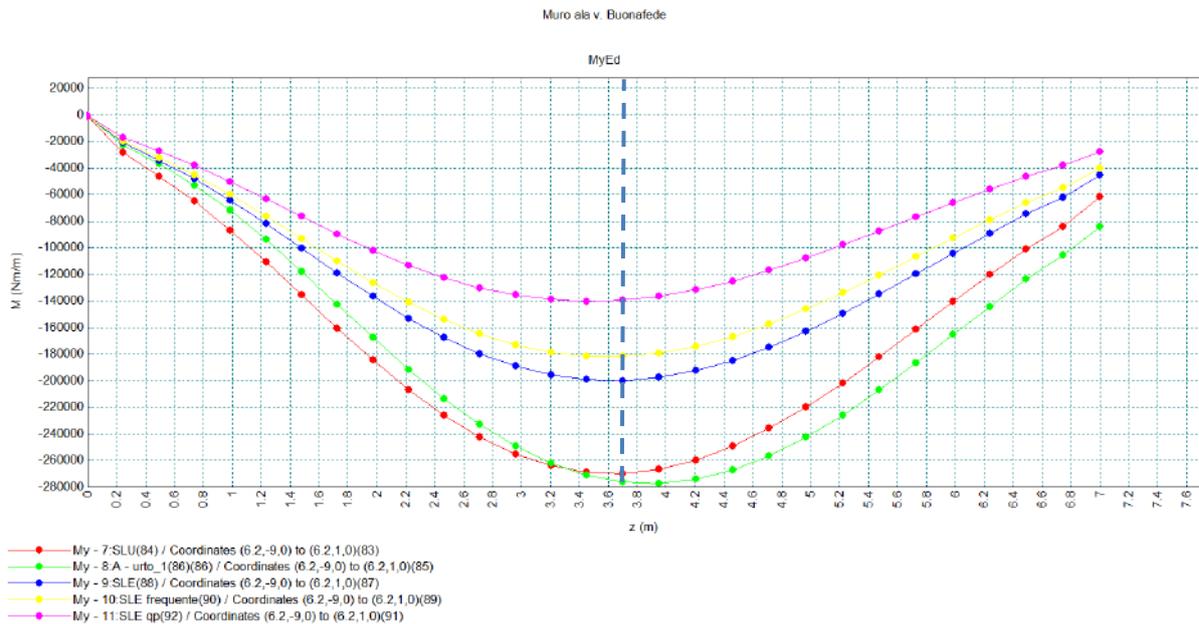
Figura 10.8 Sezione di tracciamento andamento  $M_y$  B-B e posizione sezioni di verifica

La linea a tratteggio riporta la posizione delle sezioni di verifica.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

LUSAS 19.0-3c5

May 13, 2021



D:\05 lavoro\04 Alhambra\_viadotti acciaio cts\06 buonafede\08 altri\_modelli\muro\_ala\_b\_fede\_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

Ai fini delle verifiche in direzione orizzontale, esaminato l'andamento delle sollecitazioni, si prende in esame la sezione collocata a quota 3.60 m (sez. 1-1h), ove si sviluppano le azioni flettenti orizzontali più marcate.

In tale sezione, lo spessore resistente è pari a 0.64 m

Si trascura per semplicità, ed anche perché di scarso effetto, il contributo dell'azione assiale.

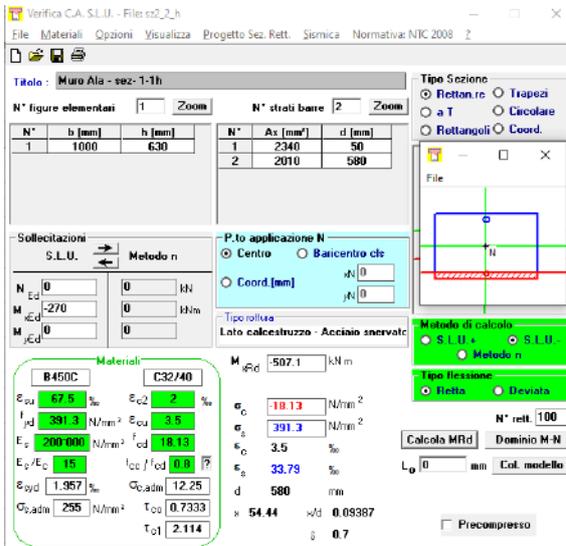
**S.L.U. per tensioni normali**

**Sez. 1-1h (z = 3.70 m)**

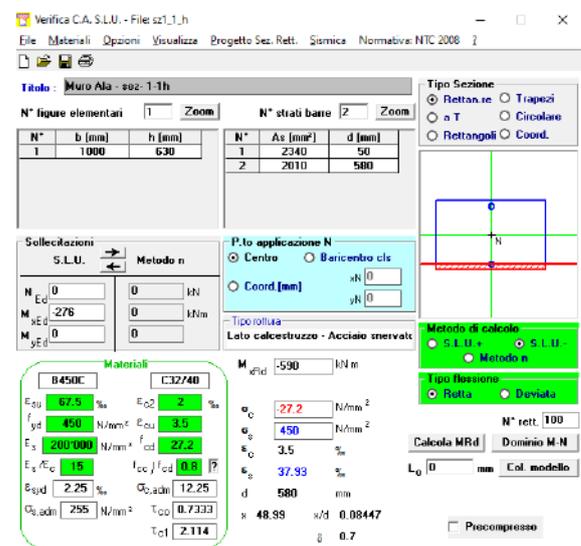
Si prendono in esame le combinazioni S.L.U. e A – Urto (quest'ultima valutata con riferimento a  $\gamma_m$  unitari).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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



**Comb. A**

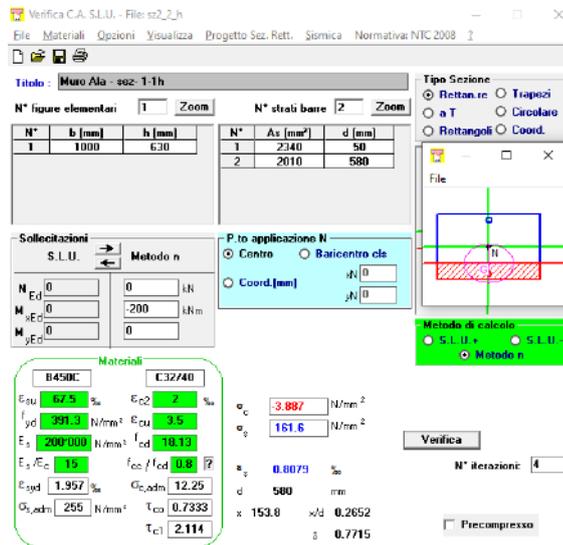


Le verifiche S.L.U. risultano soddisfatte.

**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.1-1h**



σ<sub>c,min</sub> = -3.89 MPa

σ<sub>s,max</sub> = 162 MPa

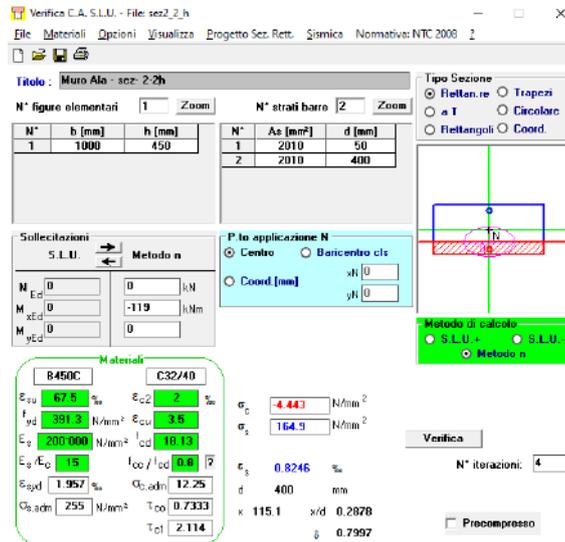
Dato il valore limitato delle tensioni rilevato in tutte le sezioni, la verifica dell'ampiezza fessure appare automaticamente soddisfatta.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Allo scopo di verificare la corretta scalatura delle armature esistenti, si effettua un controllo delle tensioni sulla sezione a quota 5.50 m (termine integrazione orizzontale).

Lo spessore resistente risulta 0.45 m.

Le tensioni S.L.E. risultano come segue



$$\sigma_{c,min} = -4.44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 165 \text{ Mpa}$$

L'integrazione appare correttamente scalata.

**Verifica cordolo di sommità muro**

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 x h 750 x 450 mm viene armato mediante totali 12 barre  $\phi$  24 (4 barre di spigolo + 2 barre interne, sui 4 lati).

La staffatura è formata da staffe chiuse  $\phi$  16/20. Si trascura la presenza di ulteriori spilli intermedi.

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. 887, nodo 911 (in prossimità dell'incastro paramento)

el. 861, nodo 884 (incastro III 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 Buonafede**

	Loadcase	Element	Node	Fx[kN]	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
20	6:SLU (STR)	887	911	-575.00	160.83	5.64	437.68
60	8:A (urto)	887	911	-887.39	198.54	18.84	596.41
80	9:SLE	887	911	-425.93	119.13	4.18	324.21
100	10:SLE frequente	887	911	-369.85	103.09	3.34	285.50
120	11:SLE q permanente	887	911	-238.99	65.64	1.40	195.18

	Loadcase	Element	Node	Fx[kN]	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
1	6:SLU (STR)	861	884	2.84	33.32	31.94	0.65
21	8:A (urto)	861	884	-88.82	191.07	154.17	36.62
31	9:SLE	861	884	2.10	24.68	23.66	0.49
41	10:SLE frequente	861	884	3.98	21.55	20.75	0.57
51	11:SLE q permanente	861	884	8.38	14.22	13.96	0.76

Tabella 10.7 Sollecitazioni nelle sezioni di verifica

Scale: 1: 67.3253  
Zoom: 140.493  
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
Linear/dynamic analysis  
Analysis: 01-base  
Loadcase: 2: gk1  
Results file: muro\_ala-01-base.mys

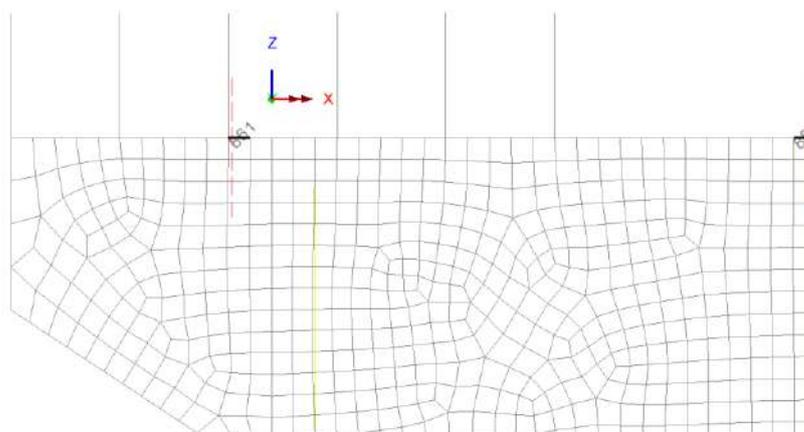


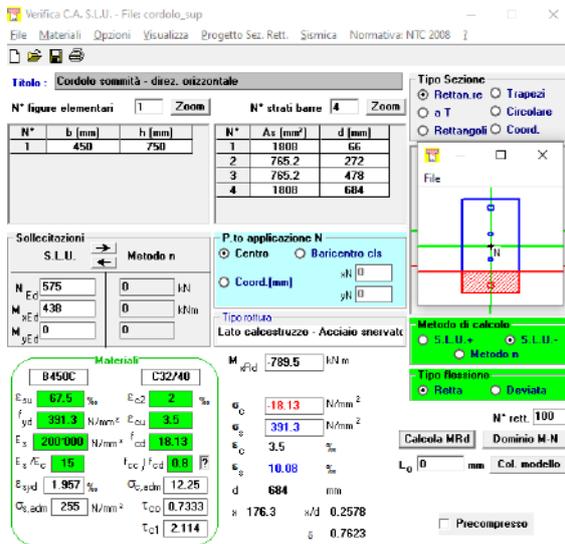
Figura 10.9 Posizione sezioni di verifica cordolo testa

**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. 887 nodo 911), sede delle maggiori azioni flettenti trasversali.

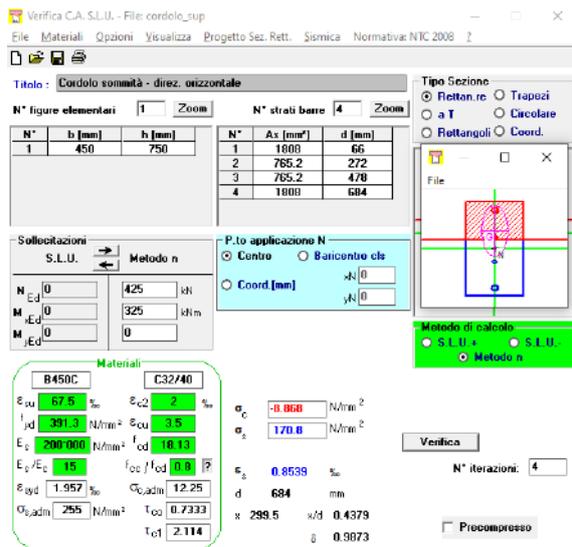
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Condizione S.L.U.



$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.59$

S.L.E. caratteristica (lim. tensioni)



$\sigma_{c,min} = -8.7 \text{ Mpa}$

$\sigma_{s,max} = 171 \text{ Mpa}$

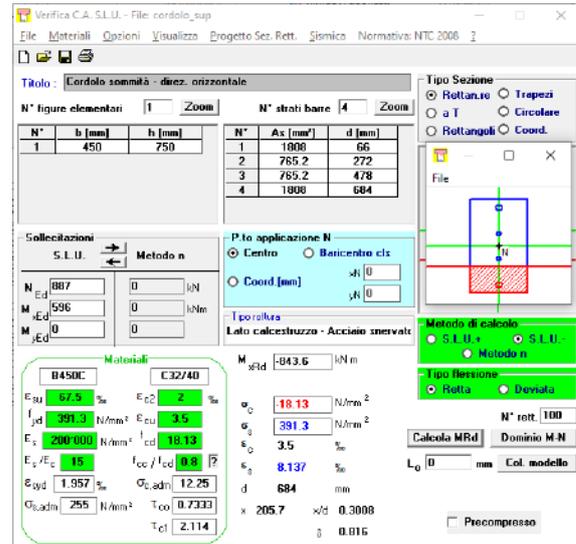
Le tensioni rilevate in corrispondenza della combinazione "S.L.E. frequente" appaiono soddisfacentemente limitate. La verifica di apertura delle fessure viene ritenuta pertanto automaticamente soddisfatta.

**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.

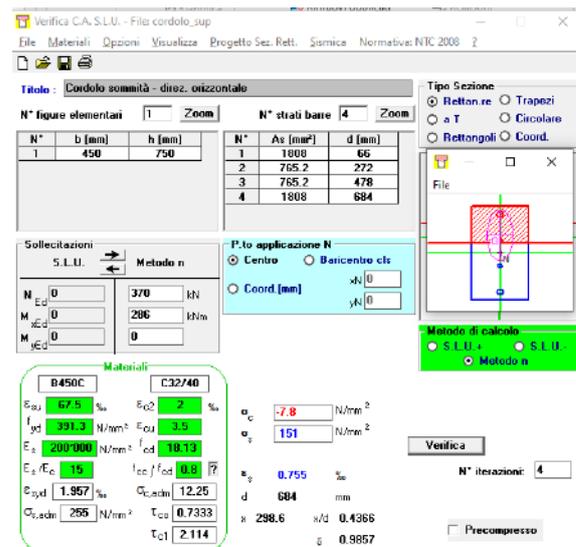
Tale valutazione viene effettuata a titolo cautelativo, dato che la statica del cordolo di sommità non contempla, a rigore, il comportamento a torsione quale fonte primaria di equilibrio.

Condizione "A" (eccezionale)



$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.71$

S.L.E. frequente (ap. fessure)



$\sigma_{s,max} = -7.8 \text{ Mpa}$

$\sigma_{s,max} = 151 \text{ Mpa}$

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Si prendono in esame le sezioni maggiormente impegnate a taglio e torsione, rispettivamente nella condizione di esercizio (el. 887 – incastro paramento) e di urto (el. 861, in prossimità della piantana guardavia).

**El. 887 - condizione S.L.U.**

$$V_{Ed} = 161 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,conc} = -575 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} \cong 0 \text{ (*)}$$

Si trascura la torsione concomitante, perché di scarso valore

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Cordolo - sez. incastro	
<b>Combinazione</b>	S.L.U.	
$N_{Ed,conc}$	575.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	161 kN	Azione tagliante di progetto
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
Ac	3.38E+05 mm <sup>2</sup>	Area sezione
Asl	1.81E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	5.891E-03	$\min(A_s/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z <sub>app</sub>	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z <sub>calc</sub>	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	613.8 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 =	1.54	$\min ([1+(200/d)^{0.5}] ; 2)$ 6.2.2(1)
$K_f =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	1.70 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)
$V_{Rd,c,min} =$	175.25	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	229.52 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.8 Sezione incastro – ver taglio comb. S.L.U. – calcolo  $V_{R,c,d}$

La verifica è soddisfatta senza considerare la specifica armatura a taglio.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**El. 887 - condizione "A" (eccezionale)**

$V_{Ed} = 199 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -887 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 19 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Cordolo - sez. incastro	
<b>Combinazione</b>	A - eccezionale	
$N_{Ed,conc}$	887.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	199 kN	Azione tagliante di progetto
<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
$A_{sl}$	1.81E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	5.891E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z <sub>app</sub>	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z <sub>calc</sub>	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	613.8 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)
$\sigma_{cp} =$	2.63 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)
$V_{Rd,c,min} =$	213.56	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	347.63 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.9 Sezione incastro – ver taglio comb. "A" – calcolo  $V_{R,cd}$

La verifica è soddisfatta senza considerare la specifica armatura a taglio.

Di seguito la verifica a torsione e la verifica combinata taglio – torsione

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
T	19.00 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
$\tau_t$	0.36 Mpa	tensione tangenziale da torsione
V <sub>Ed,T(b)</sub>	15.59 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V <sub>Ed,T(h)</sub>	30.71 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V <sub>Rd,c</sub>	347.63 kN	6.2.2.(1)-6.2a
La verifica è soddisfatta		

Dimensionamento armatura a torsione		
$\theta$	45.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
cotan $\theta$	1.00	
A <sub>s,l,min</sub>	205.76 mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale minima
A <sub>sw,T,min</sub>	111.17 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima a torsione
T <sub>Rd,max</sub>	273.26 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>	471.41 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>	0.07	
Verifica	0.18 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2. (4))

Figura 10.10 Verifica Torsione e taglio - torsione

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**El. 861 - condizione eccezionale**

$V_{Ed} = 191 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -89 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 154 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Cordolo - sez. piantana	
<b>Combinazione</b>	A - eccezionale	
$N_{Ed,conc}$	89.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{Ed}$	191 kN	Azione tagliante di progetto
<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
$A_{sl}$	1.81E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	5.891E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{app}$	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	613.8 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
$f_{ctk,0.05}$	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)
$\sigma_{cp} =$	0.26 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)
$V_{Rd,c,min} =$	115.59	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	<b>238.78 kN</b>	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.10 Sezione intermedia – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo  $V_{R,cd}$

Si procede a valutare, anche se  $V_{Rd,c} > V_{Ed}$ , il quantitativo di armatura a taglio presente, da combinare assieme al quantitativo necessario a torsione.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	45.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	1.00	
$\cotan \theta$	1.00	
$A_{sw,V,min}$	691.50 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)
$\sigma_{s,w}$	154.81 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	555.18 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
$V_{E,d}$	191.00 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.
$V_{Rd,max} =$	1878.23 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		
$\Delta F_{td}$	95.50 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.11 Sezione intermedia – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo  $V_{Rd,s}$  e  $V_{Rd,max}$

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
T	154.00 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
$\tau_t$	2.90 Mpa	tensione tangenziale da torsione
$V_{Ed,T(b)}$	126.36 kN	Taglio equivalente in direzione di b
$V_{Ed,T(h)}$	248.89 kN	Taglio equivalente in direzione di h
$V_{Rd,c} =$	238.78 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Dimensionamento armatura a torsione		
$\theta =$	45.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\cotan \theta$	1.00	
$A_{s,l,min}$	1667.77 mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale minima
$A_{sw,T,min}$	901.09 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima a torsione
$T_{Rd,max}$	273.26 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
$A_{sw(V+T),min}$	1246.84 mm <sup>2</sup> /m	
$A_{sw(V+T),pres}$	1005.00 mm <sup>2</sup> /m	Armatura presente su di una parete
$V_{Ed}/V_{Rd,max}$	0.10	
$T_{Ed}/T_{Rd,max}$	0.56	
Verifica	0.67 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2.(4))

Tabella 10.12 Sezione incastro – ver torsione comb. "A-Urto"

Come si può notare dai risultati delle tabelle, le verifiche hanno dato esito positivo.

L'armatura longitudinale richiesta per la statica a torsione risulta:

$A_{s,l,min} = 1668 \text{ mm}^2$  per la sezione posta in prossimità della seconda piantana del guardavia.

$A_{s,l,min} = 206 \text{ mm}^2$  per la sezione posta in prossimità dell'incastro.

Esaminati i rapporti di sfruttamento a flessione della sezione, si ritiene che il quantitativo previsto sia pienamente sufficiente anche per la statica a torsione/taglio.

#### 10.1.4 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.

La tabella seguente riporta la valutazione delle azioni nei pali 1-9-17 e 8-16-24, che risultano maggiormente significativi per la valutazione del quadro tensionale nella suola di fondazione.

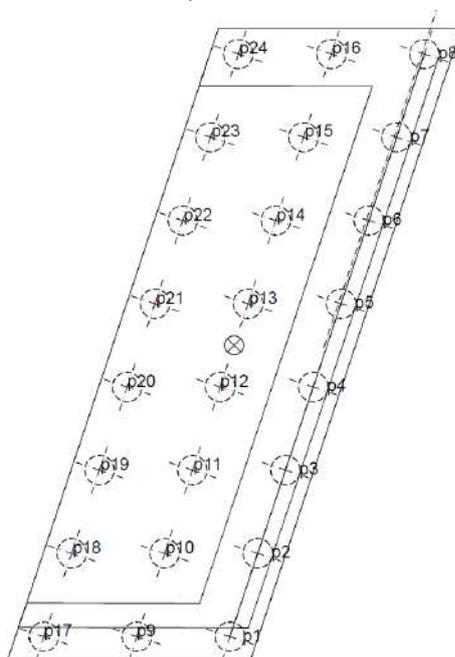


Figura 10.11 Schema numerazione pali spalle

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Sollecitazioni nei pali spalla A

	Np1	Np9	Np17	Np8	Np16	Np24
SLU STR max N	-2636.04	-1993.69	-1351.35	-2707.43	-2065.08	-1422.74
SLU STR min N	-4285.42	-2991.61	-1697.81	-4653.15	-3359.35	-2065.55
SLU STR max My	-4233.75	-2705.35	-1176.95	-4538.44	-3010.05	-1481.65
SLU STR min My	-2631.42	-2239.46	-1847.51	-2848.50	-2456.55	-2064.59
SLU STR max Mx	-3110.05	-2565.01	-2019.97	-2861.14	-2316.09	-1771.05
SLU STR min Mx	-3633.75	-2326.27	-1018.80	-4402.49	-3095.02	-1787.54
SLU GEO max N	-2626.85	-1987.01	-1347.17	-2711.88	-2072.04	-1432.20
SLU GEO min N	-3265.16	-2256.63	-1248.09	-3552.88	-2544.34	-1535.81
SLU GEO max My	-3338.58	-2309.17	-1279.77	-3519.03	-2489.63	-1460.22
SLU GEO min My	-2503.98	-1899.08	-1294.17	-2768.50	-2163.59	-1558.69
SLU GEO max Mx	-2914.81	-2178.48	-1442.15	-2778.14	-2041.81	-1305.48
SLU GEO min Mx	-2825.49	-1984.80	-1144.12	-3404.18	-2563.49	-1722.81
Ed SLV max N	-1891.67	-2231.21	-2570.75	-1445.94	-1785.48	-2125.01
Ed SLV min N	-3891.32	-1548.08	795.17	-4900.20	-2556.96	-213.71
Ed SLV max My	-4728.75	-1800.58	1127.59	-5203.90	-2275.73	652.45
Ed SLV min My	-1054.36	-1978.84	-2903.31	-1142.11	-2066.58	-2991.06
Ed SLV max Mx	-3153.12	-2606.80	-2060.48	-2011.30	-1464.98	-918.66
Ed SLV min Mx	-2175.35	-1248.68	-322.01	-3727.93	-2801.26	-1874.59
SLE RARA max N	-2612.90	-1977.03	-1341.15	-2718.32	-2082.44	-1446.57
SLE RARA min N	-3177.52	-2218.31	-1259.11	-3445.22	-2486.01	-1526.80
SLE RARA max My	-3233.99	-2258.73	-1283.47	-3419.18	-2443.92	-1468.66
SLE RARA min My	-2518.93	-1909.64	-1300.35	-2761.90	-2152.61	-1543.32
SLE RARA max Mx	-2865.40	-2144.98	-1424.56	-2775.05	-2054.63	-1334.21
SLE RARA min Mx	-2795.53	-1982.24	-1168.94	-3315.67	-2502.38	-1689.08
SLE FREQUENTE max N	-2575.36	-1950.01	-1324.66	-2735.92	-2110.57	-1485.23
SLE FREQUENTE min N	-3023.41	-2166.08	-1308.75	-3242.85	-2385.53	-1528.20
SLE FREQUENTE max My	-3023.42	-2165.87	-1308.31	-3243.29	-2385.74	-1528.18
SLE FREQUENTE min My	-2556.64	-1936.79	-1316.95	-2744.19	-2124.35	-1504.50
SLE FREQUENTE max Mx	-2724.32	-2049.11	-1373.89	-2768.16	-2092.94	-1417.73
SLE FREQUENTE min Mx	-2802.85	-2030.98	-1259.11	-3164.85	-2392.99	-1621.12
SLE Q.PERMANENTE max N	-2565.95	-1943.23	-1320.51	-2740.35	-2117.63	-1494.91
SLE Q.PERMANENTE min N	-2567.56	-1944.72	-1321.89	-2738.98	-2116.14	-1493.30
SLE Q.PERMANENTE max My	-2567.58	-1944.51	-1321.44	-2739.42	-2116.35	-1493.28
SLE Q.PERMANENTE min My	-2566.05	-1943.57	-1321.10	-2739.77	-2117.29	-1494.82
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-2568.20	-1945.21	-1322.22	-2738.64	-2115.65	-1492.66
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-2565.42	-1942.87	-1320.32	-2740.54	-2117.99	-1495.44

Tabella 10.13 Sollecitazioni nei pali spalla 1 – all. 1-9-17- / 8-16-24

La particolare configurazione della spalla non prevede la presenza di una suola anteriore staticamente "attiva", essendo l'equilibrio del sistema affidato sostanzialmente alla suola posteriore.

L'armatura longitudinale della suola è ordita parallelamente al lato minore.

Dati i rapporti dimensionali, lo schema statico prescelto per valutare la statica della suola posteriore è a "mensola", con incastro posizionato nella sezione di spiccato dal paramento, secondo lo schema indicato qui sotto. Il dimensionamento e verifica in direzione longitudinale viene pertanto effettuato con riferimento alla sezione B-B, di incastro della suola posteriore nel paramento, valutata ortogonalmente alle armature principali, prendendo in esame le sollecitazioni degli allineamenti longitudinali di pali 1-5-9 e 4-8-12.

Si trascura per semplicità ed a favore di sicurezza, la collaborazione dei muri andatori, monolitici con il corpo spalla.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

L'ampiezza di diffusione delle sollecitazioni introdotte dai pali è indicata nello schema seguente, e risulta pari a 2.75 m.

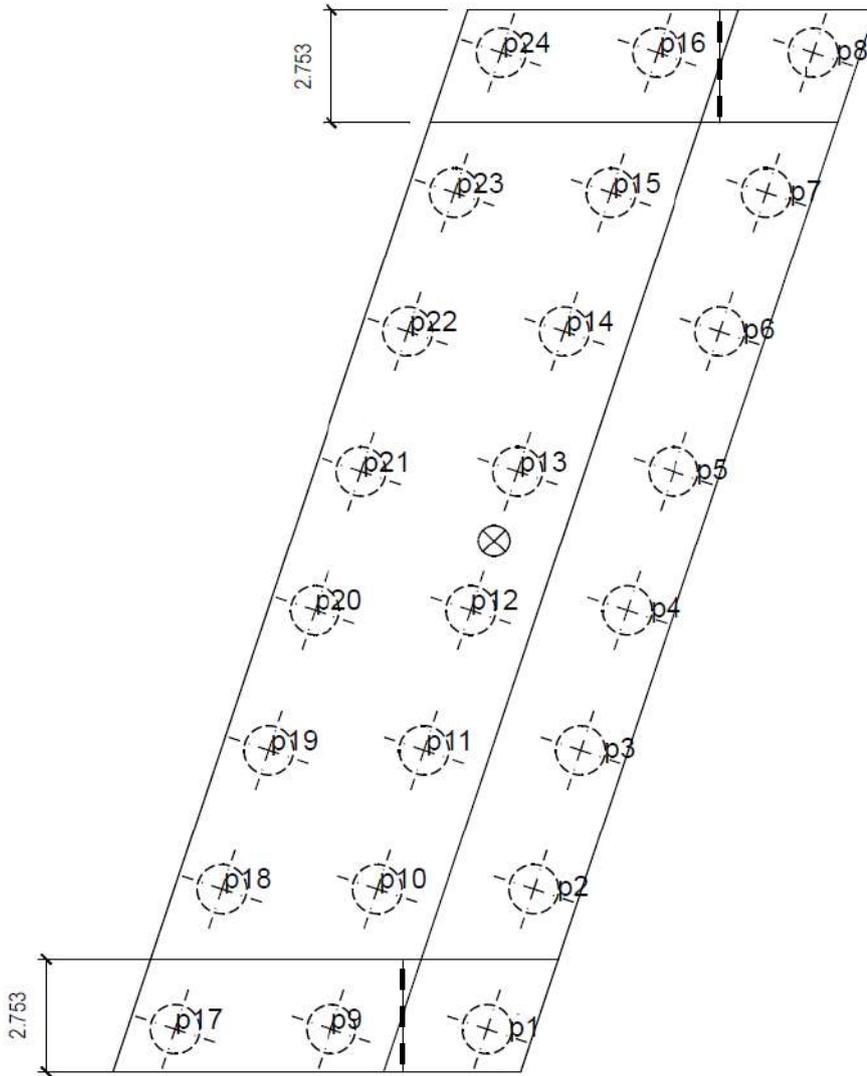


Figura 10.12 Schema planimetrico diff. platea

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

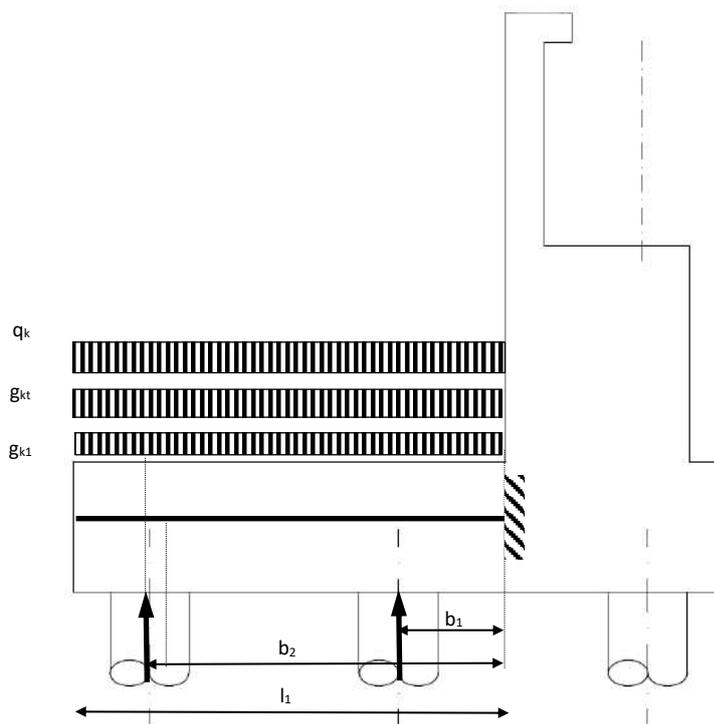


Figura 10.13 schema di calcolo suola posteriore

Con riferimento alle effettive caratteristiche dimensionali, si ha:

- $b_1 = 1.63 \text{ m}$  braccio palo 9 (16) valutato in direzione longitudinale.
- $b_2 = 5.42 \text{ m}$  braccio palo 17 (24) valutato in direzione longitudinale.
- $l_1 = 6.58 \text{ m}$  lunghezza totale mensola, valutata in direzione longitudinale.

Il calcolo delle sollecitazioni nella sezione B-B viene effettuato associando all'azione originata dai pali posteriori (involuppo sollecitazioni rilevate rispettivamente su pali 9+17 e 16+24), 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.
$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1 / 1$
$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1 / 1$
$\gamma(q_k) = 1.35 / 0$	$\gamma(q_k) = 1.35 / 0$	$\gamma(q_k) = 1 / 0$

Il calcolo di taglio e momento caratteristici afferenti a questi contributi è di seguito riportato.

Calcolo effetti sovraccarichi estrasosso suola su B-B - valori caratteristici

	gk	gkt	qk
$V_{ext,k}$ (kN/m)	329.00	937.65	131.60 Az.tagliante sez. B-B effetti gk1 gkt e Qk
$M_{ext,k}$ (kNm/m)	1082.41	3084.87	432.96 Az.flettente sez. B-B effetti gk1 gkt e Qk

Tabella 10.14 Sollecitazioni caratteristiche dovuti ai carichi sulla suola

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Le tabelle a seguire riportano il calcolo delle sollecitazioni di taglio e momento insistenti sulla sezione di incastro teorico suola.

	Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento esterno, pali 1 / 9 / 17							
	N <sub>p9</sub> (kN)	N <sub>p17</sub> (kN)	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suola		Sollecitazioni di verifica	
			V <sub>pali</sub> (kN/m)	M <sub>pali</sub> (kNm/m)	V <sub>[gk,gkt,qk]</sub> (kN)	M <sub>[gk,gkt,qk]</sub> (kNm/m)	V <sub>Ed,B-B</sub> (kN)	M <sub>Ed,B-B</sub> (kNm/m)
SLU STR max N	-1993.69	-1351.35	-1215.05	-3840.91	1266.65	4167.28	51.60	326.37
SLU STR min N	-2991.61	-1697.81	-1703.39	-5113.86	1887.64	6210.33	184.25	1096.46
SLU STR max My	-2705.35	-1176.95	-1410.21	-3918.93	1559.46	5130.62	149.25	1211.70
SLU STR min My	-2239.46	-1847.51	-1484.55	-4963.25	1594.83	5246.98	110.28	283.73
SLU STR max Mx	-2565.01	-2019.97	-1665.45	-5495.53	1594.83	5246.98	-70.62	-248.55
SLU STR min Mx	-2326.27	-1018.80	-1215.07	-3383.12	1594.83	5246.98	379.76	1863.86
Ed SLV max N	-2231.21	-2570.75	-1744.26	-6382.25	1266.65	4167.28	-477.61	-2214.97
Ed SLV min N	-1548.08	795.17	-273.49	648.91	1266.65	4167.28	993.16	4816.19
Ed SLV max My	-1800.58	1127.59	-244.46	1153.87	1266.65	4167.28	1022.19	5321.15
Ed SLV min My	-1978.84	-2903.31	-1773.39	-6887.56	1266.65	4167.28	-506.74	-2720.28
Ed SLV max Mx	-2606.80	-2060.48	-1695.34	-5600.03	1266.65	4167.28	-428.69	-1432.75
Ed SLV min Mx	-1248.68	-322.01	-570.54	-1373.29	1266.65	4167.28	696.11	2793.99
SLE RARA max N	-1977.03	-1341.15	-1205.29	-3810.96	1266.65	4167.28	61.36	356.31
SLE RARA min N	-2218.31	-1259.11	-1263.14	-3792.30	1398.25	4600.24	135.11	807.94
SLE RARA max My	-2258.73	-1283.47	-1286.67	-3864.21	1398.25	4600.24	111.58	736.04
SLE RARA min My	-1909.64	-1300.35	-1166.00	-3690.74	1266.65	4167.28	100.65	476.53
SLE RARA max Mx	-2144.98	-1424.56	-1296.60	-4074.62	1266.65	4167.28	-29.95	92.66
SLE RARA min Mx	-1982.24	-1168.94	-1144.63	-3475.01	1266.65	4167.28	122.02	692.26
SLE FREQUENTE max N	-1950.01	-1324.66	-1189.49	-3762.51	1266.65	4167.28	77.16	404.77
SLE FREQUENTE min N	-2166.08	-1308.75	-1262.20	-3859.12	1398.25	4600.24	136.05	741.12
SLE FREQUENTE max My	-2165.87	-1308.31	-1261.96	-3858.13	1398.25	4600.24	136.29	742.12
SLE FREQUENTE min My	-1936.79	-1316.95	-1181.89	-3739.49	1266.65	4167.28	84.76	427.79
SLE FREQUENTE max Mx	-2049.11	-1373.89	-1243.37	-3918.10	1266.65	4167.28	23.28	249.18
SLE FREQUENTE min Mx	-2030.98	-1259.11	-1195.10	-3681.40	1266.65	4167.28	71.55	485.87
SLE Q,PERMANENTE max	-1943.23	-1320.51	-1185.52	-3750.33	1266.65	4167.28	81.13	416.95
SLE Q,PERMANENTE min N	-1944.72	-1321.89	-1186.56	-3753.91	1266.65	4167.28	80.09	413.37
SLE Q,PERMANENTE max	-1944.51	-1321.44	-1186.33	-3752.92	1266.65	4167.28	80.32	414.36
SLE Q,PERMANENTE min My	-1943.57	-1321.10	-1185.86	-3751.67	1266.65	4167.28	80.79	415.60
SLE Q,PERMANENTE max	-1945.21	-1322.22	-1186.86	-3754.85	1266.65	4167.28	79.79	412.42
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-1942.87	-1320.32	-1185.32	-3749.74	1266.65	4167.28	81.33	417.54

Tabella 10.15 Sollecitazioni verifica sez. B-B - all. 1-9-17 (rif. Pali 9 e 17)

	Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento interno, pali 8 / 16 / 24							
	N <sub>p16</sub> (kN)	N <sub>p24</sub> (kN)	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suola		Sollecitazioni di verifica	
			V <sub>pali</sub> (kN/m)	M <sub>pali</sub> (kNm/m)	V <sub>[gk,gkt,qk]</sub> (kN)	M <sub>[gk,gkt,qk]</sub> (kNm/m)	V <sub>Ed,B-B</sub> (kN)	M <sub>Ed,B-B</sub> (kNm/m)
SLU STR max N	-2065.08	-1422.74	-1266.92	-4023.73	1266.65	4167.28	-0.27	143.55
SLU STR min N	-3359.35	-2065.55	-1970.54	-6055.57	1887.64	6210.33	-82.90	154.75
SLU STR max My	-3010.05	-1481.65	-1631.56	-4699.20	1559.46	5130.62	-72.10	431.42
SLU STR min My	-2456.55	-2064.59	-1642.26	-5519.17	1594.83	5246.98	-47.43	-272.18
SLU STR max Mx	-2316.09	-1771.05	-1484.62	-4858.09	1594.83	5246.98	110.21	388.89
SLU STR min Mx	-3095.02	-1787.54	-1773.54	-5351.75	1594.83	5246.98	-178.71	-104.77
Ed SLV max N	-1785.48	-2125.01	-1420.45	-5240.79	1266.65	4167.28	-153.80	-1073.51
Ed SLV min N	-2556.96	-213.71	-1006.42	-1934.67	1266.65	4167.28	260.23	2232.61
Ed SLV max My	-2275.73	652.45	-589.64	-62.91	1266.65	4167.28	677.01	4104.37
Ed SLV min My	-2066.58	-2991.06	-1837.14	-7112.26	1266.65	4167.28	-570.49	-2944.98
Ed SLV max Mx	-1464.98	-918.66	-865.83	-2676.01	1266.65	4167.28	400.82	1491.27
Ed SLV min Mx	-2801.26	-1874.59	-1698.46	-5349.20	1266.65	4167.28	-431.81	-1181.92
SLE RARA max N	-2082.44	-1446.57	-1281.88	-4080.92	1266.65	4167.28	-15.23	86.35
SLE RARA min N	-2486.01	-1526.80	-1457.62	-4477.83	1398.25	4600.24	-59.37	122.41
SLE RARA max My	-2443.92	-1468.66	-1421.21	-4338.45	1398.25	4600.24	-22.96	261.80
SLE RARA min My	-2152.61	-1543.32	-1342.51	-4312.95	1266.65	4167.28	-75.86	-145.67
SLE RARA max Mx	-2054.63	-1334.21	-1230.96	-3843.24	1266.65	4167.28	35.69	324.04
SLE RARA min Mx	-2502.38	-1689.08	-1522.51	-4807.01	1266.65	4167.28	-255.86	-639.73
SLE FREQUENTE max N	-2110.57	-1485.23	-1306.14	-4173.68	1266.65	4167.28	-39.49	-6.41
SLE FREQUENTE min N	-2385.53	-1528.20	-1421.62	-4421.09	1398.25	4600.24	-23.37	179.16
SLE FREQUENTE max My	-2385.74	-1528.18	-1421.69	-4421.18	1398.25	4600.24	-23.44	179.06
SLE FREQUENTE min My	-2124.35	-1504.50	-1318.14	-4219.79	1266.65	4167.28	-51.49	-52.52
SLE FREQUENTE max Mx	-2092.94	-1417.73	-1275.22	-4030.36	1266.65	4167.28	-8.57	136.92
SLE FREQUENTE min Mx	-2392.99	-1621.12	-1458.08	-4608.43	1266.65	4167.28	-191.43	-441.15
SLE Q,PERMANENTE max	-2117.63	-1494.91	-1312.22	-4196.93	1266.65	4167.28	-45.57	-29.66
SLE Q,PERMANENTE min N	-2116.14	-1493.30	-1311.09	-4192.87	1398.25	4600.24	87.16	407.37
SLE Q,PERMANENTE max	-2116.35	-1493.28	-1311.16	-4192.97	1398.25	4600.24	87.09	407.28
SLE Q,PERMANENTE min My	-2117.29	-1494.82	-1312.06	-4196.55	1266.65	4167.28	-45.41	-29.27
SLE Q,PERMANENTE max	-2115.65	-1492.66	-1310.68	-4191.33	1266.65	4167.28	-44.03	-24.05
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-2117.99	-1495.44	-1312.54	-4198.18	1266.65	4167.28	-45.89	-30.90

Tabella 10.16 Sollecitazioni di verifica sez. B-B - all. 8-16-24 (rif. Pali 16 e 24)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Di seguito i valori estremi di progetto impiegati nelle verifiche

Valori estremi di progetto

	max M (kNm/m)	Min M (kNm/m)	max V (kN/m)	min V (kN/m)
S.L.U.	1863.86	-272.18	379.76	-178.71
S.L.U. sisma	5321.15	-2944.98	1022.19	-570.49
S.L.E.	807.94	-639.73		
S.L.E. frequente	742.12	-441.15		
S.L.E. QP	417.54	-30.90		

Tabella 10.17 Sollecitazioni di progetto soola posteriore

Le convenzioni di segno adottate prevedono momenti positivi per fibre tese a estradosso e tagli positivi se diretti verso il basso.

Si predispongono le seguenti armature principali longitudinali:

Armature superiori

- $A_{s, sup, I} = 5310 \text{ mm}^2/\text{m}$   $\varnothing 26/10$  primo strato
- $A_{s, sup, II} = 2655 \text{ mm}^2/\text{m}$   $\varnothing 26/20$  secondo strato

Armature inferiori

- $A_{s, i} = 2655 \text{ mm}^2/\text{m}$   $\varnothing 26/10$

Verifiche per tensioni normali

S.L.U. tensioni normali

Di seguito si riporta il calcolo di  $M_{Rd, u}$  della sezione, ed il posizionamento dei punti caratteristici delle sollecitazioni nel relativo dominio di resistenza. Data la simmetria della sezione.

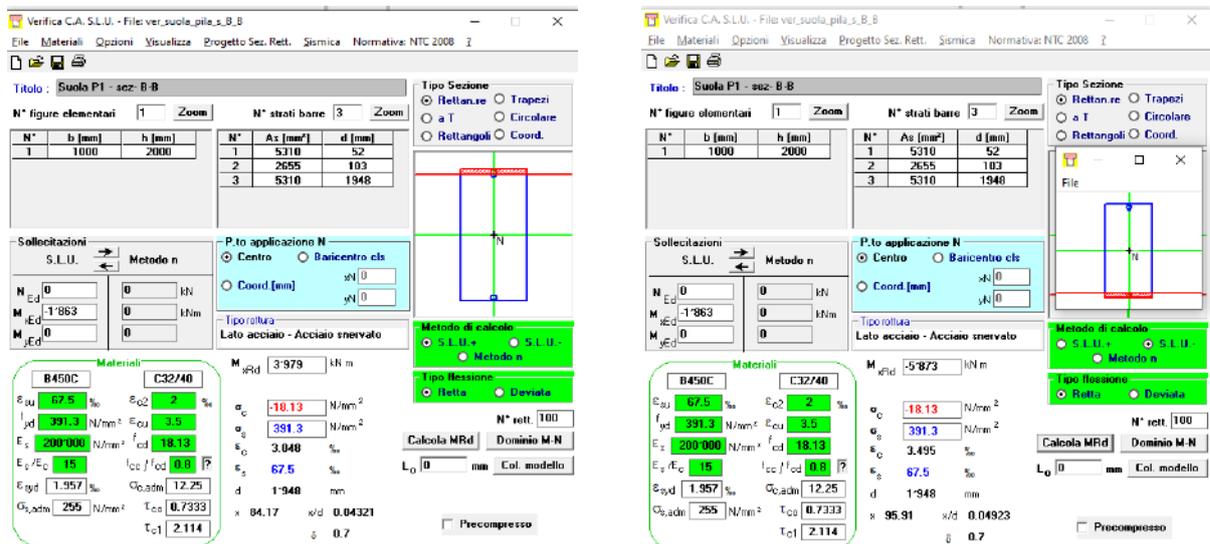


Figura 10.14 Momenti resistenti

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

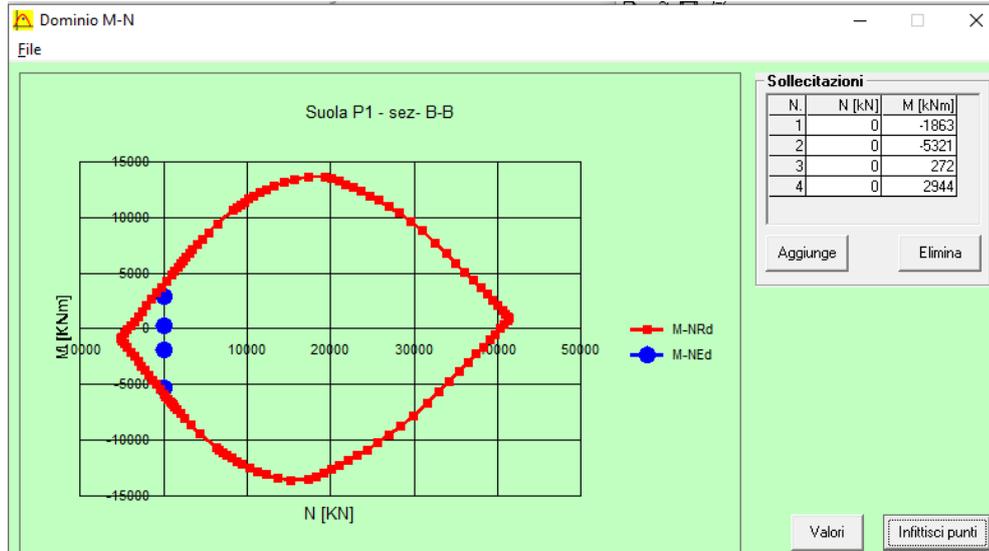


Figura 10.15 Dominio di resistenza sezione B-B

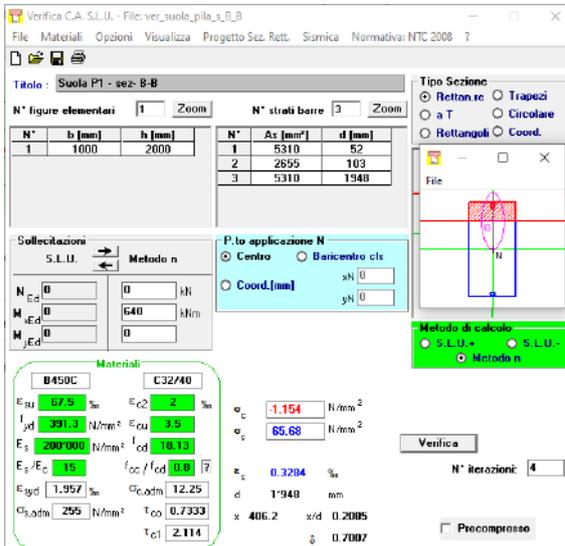
La situazione più sfavorevole si rileva in fase sismica, con un rapporto di sfruttamento massimo pari a:  
 $\eta = 5321/5873 = 0.91$

Lo S.L.U. per tensioni normali appare soddisfatto

**S.L.E. per tensioni normali – limitazione delle tensioni**

Min  $M_{Ed,S.L.E.} = -640$  kNm/m

Max  $M_{Ed,S.L.E.} = 808$  kNm/m



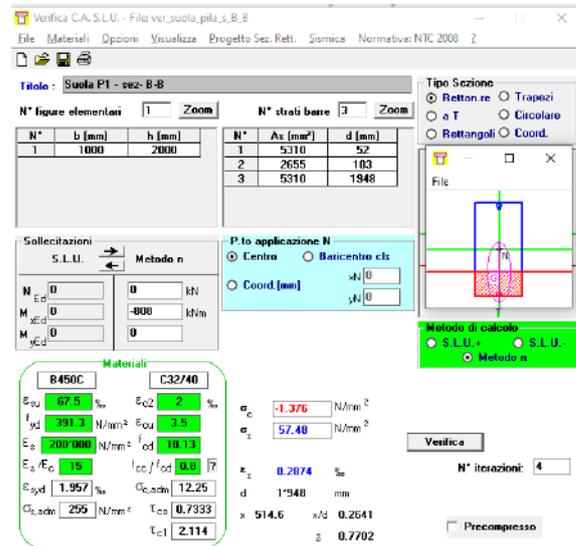
Si rileva:

Min M S.L.E.

$\sigma_{c,min} = -1.15$  Mpa

$\sigma_{s,max} = 66$  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.



Max M S.L.E.

$\sigma_{c,min} = -1.38$  MPa

$\sigma_{s,max} = 57.5$  MPa

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Per tale motivo, lo S.L.E. inerente l'apertura delle fessure, viene ritenuto automaticamente verificato.

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

Si considera direttamente la condizione di massima azione tagliante in valore assoluto che, in corrispondenza della sezione B-B risulta:

$$V_{Edmax} = 1022 \text{ kN (condizione sisma SLV)}$$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Suola interna spalla	
<b>Combinazione</b>	S.L.U.	
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	1022 kN	Azione tagliante di progetto
<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
$A_{sl}$	7.97E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1931 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.125E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{app}$	1737.9 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
$z$	1737.9 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
$f_{ctk,0.05}$	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)
$V_{Rd,c,min} =$	522.91	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	723.86 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Tabella 10.18 Verifica a taglio - calcolo  $V_{Rd,c}$

Si predispongono staffe a due braccia  $\varnothing 24$  a passo longitudinale x trasversale 120 x 60 (n. 1 braccio attivo / 60 x 60 cm). Le staffe verranno diffuse sulla zona compresa tra l'incastro nel paramento e il filo del palo più esterno.

Di seguito si riporta la verifica dei contributi resistenti.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{swV,min}$	867.66 mm <sup>2</sup> /m	Armatura di parete minima/m
$A_{sw,pres}$	1260.58 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)
$\sigma_{s,w}$	269.34 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	1484.81 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
$V_{E,d}$	1022.00 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.
$V_{Rd,max} =$	6822.96 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		
$\Delta F_{td}$	885.08 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.19 Verifica a taglio calcolo  $V_{Rd,s}$  e  $V_{Rd,max}$

La verifica a taglio appare soddisfatta.

**Comportamento in direzione trasversale**

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: 2.9 m

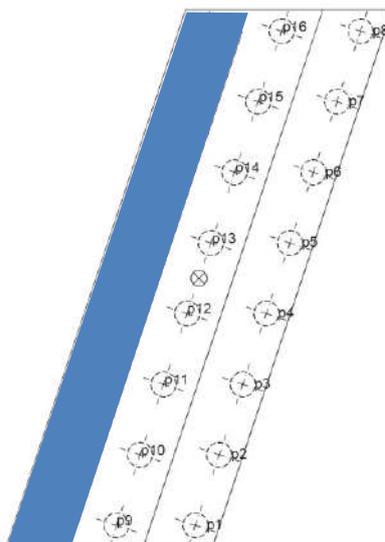


Figura 10.16 Schema planimetrico trasversale platea

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, la striscia viene considerata come una trave continua, appoggiata in corrispondenza degli assi palo, caricata dai seguenti contributi:

- Pesì propri suola  $g_k$
- Peso reinterro  $g_{kt}$
- Peso sovraccarico  $Q_k$
- Azioni trasmesse dal muro d'ala (statiche e sismiche globali)

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					
h	7.5 m	$\gamma_{cls}$	25 kN/m <sup>3</sup>	$k_G$	0.426
t1	0.3 m	$\gamma_t$	19 kN/m <sup>3</sup>	$k_v$	0.220
t2	1 m	$Q_k$	20 kN/m <sup>2</sup>		

Azioni trasmesse - base muro ala				Azioni trasmesse - linea baricentrica platea			
	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)	ez	1 m		
	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)		N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
Gk	121.88	0.00	0.00	Gk	121.88	0.00	0.00
gk,t	0.00	227.87	569.68	gk,t	0.00	227.87	797.55
gk(Qk)	0.00	63.96	239.86	gk(Qk)	0.00	63.96	303.83

Tabella 10.20 Azioni trasmesse dall'incastro muro laterale

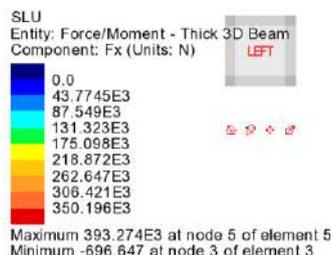
Il calcolo delle azioni interne nella trave continua viene effettuato mediante un semplice modello E-F risolto con il sistema Lusas V19. I vincoli di appoggio dei pali sono stati considerati in maniera puntuale; si è inoltre tenuto conto in maniera semplificata del vincolo orizzontale offerto dal palo, considerando per ciascun asse palo un vincolo trasversale a molla di costante elastica pari a  $1e5$  N/m.

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: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLU

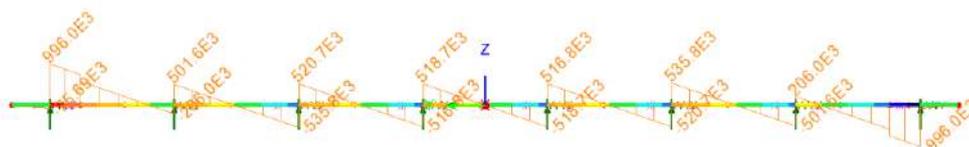
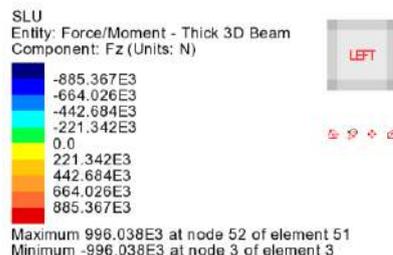
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram maximum 393.274E3 at node 5 of element 5  
Diagram minimum -696.647 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 25.4276E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 43.7745E3  
Contour maximum 393.274E3 at node 5 of element 5  
Contour minimum -696.647 at node 3 of element 3



**S.L.U. STR – V (Fz)**

Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLU

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 221.342E3  
Contour maximum 996.038E3 at node 52 of element 51  
Contour minimum -996.038E3 at node 3 of element 3  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 996.038E3 at node 52 of element 51  
Diagram minimum -996.038E3 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 10.0398E-6



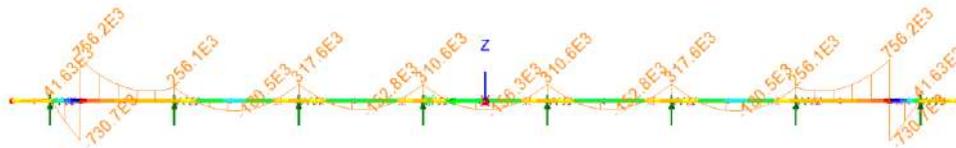
**S.L.U. STR – M (My)**

Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLU

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 165.207E3  
Contour maximum 756.152E3 at node 5 of element 5  
Contour minimum -730.711E3 at node 5 of element 4  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 756.152E3 at node 5 of element 5  
Diagram minimum -730.711E3 at node 5 of element 4  
Diagram scale: 1: 13.2249E-6

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

Maximum 756.152E3 at node 5 of element 5  
Minimum -730.711E3 at node 5 of element 4



**S.L.E.– N (Fx)**

Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram maximum 291.314E3 at node 5 of element 5  
Diagram minimum -516.035 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 34.3272E-6  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 32.4256E3  
Contour maximum 291.314E3 at node 5 of element 5  
Contour minimum -516.035 at node 3 of element 3

SLE  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

Maximum 291.314E3 at node 5 of element 5  
Minimum -516.035 at node 3 of element 3

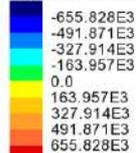


**S.L.E.– V (Fz)**

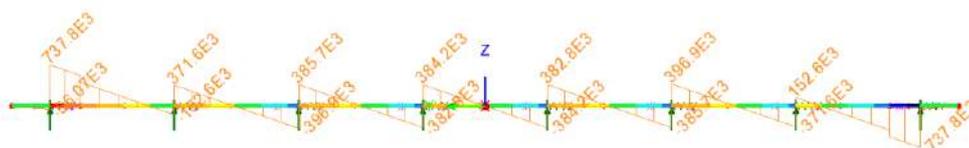
Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 163.957E3  
Contour maximum 737.806E3 at node 52 of element 51  
Contour minimum -737.806E3 at node 3 of element 3  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 737.806E3 at node 52 of element 51  
Diagram minimum -737.806E3 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 13.5537E-6

SLE  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 737.806E3 at node 52 of element 51  
Minimum -737.806E3 at node 3 of element 3

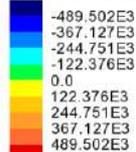


**S.L.E.– M (My)**

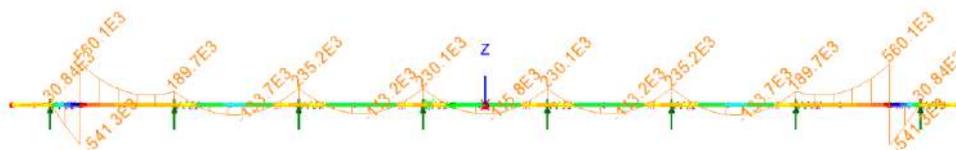
Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 40.3883  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 122.376E3  
Contour maximum 560.113E3 at node 5 of element 5  
Contour minimum -541.267E3 at node 5 of element 4  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 560.113E3 at node 5 of element 5  
Diagram minimum -541.267E3 at node 5 of element 4  
Diagram scale: 1: 17.8536E-6

SLE  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 560.113E3 at node 5 of element 5  
Minimum -541.267E3 at node 5 of element 4



**Verifiche per tensioni normali**

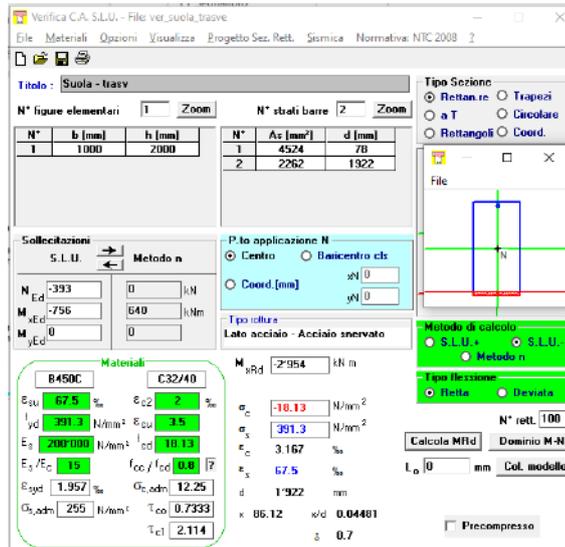
L'armatura è formata da barre  $\varnothing 24/20$  poste al lembo superiore + inferiore della sezione, ed il quantitativo è costante per tutto lo sviluppo trasversale.

Ad integrazione delle armature superiori, si predispongono ulteriori barre  $\varnothing 24/20$  in corrispondenza delle zone di estremità, allo scopo di riprendere le azioni flettenti introdotte dalla base muro. Tali barre risulteranno "attive" fino alla sezione posta in corrispondenza dell'asse palo della sconda fila più interna.

Con riferimento alla sezione maggiormente sollecitata, posta in prossimità dell'incastro muri, si ha quanto segue.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

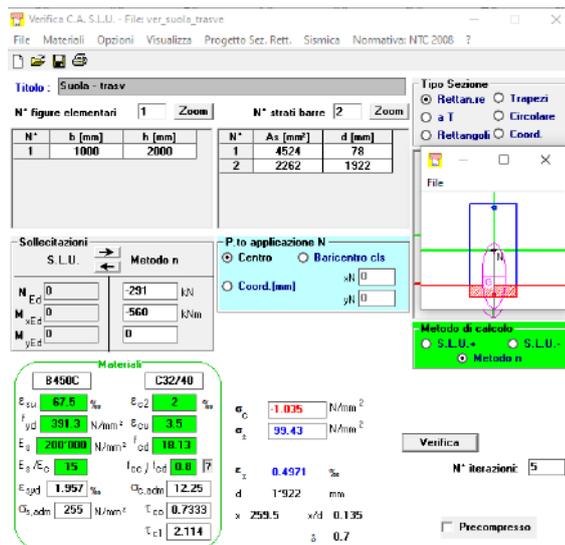
**S.L.U. per tensioni normali**



$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd,u} = 0.26$$

La verifica risulta soddisfatta

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



$$\sigma_{c,min} = -1.04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 93.4 \text{ MPa}$$

**S.L.U. per taglio**

La massima azione tagliante si rileva in prossimità dell'appoggio sui pali.

L'azione tagliante di progetto viene valutata escludendo la zona posta direttamente a ridosso dell'asse pali e della base muro.

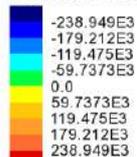
Il diagramma seguente riporta il valore numerico dell'azione tagliante S.L.U. rilevato in corrispondenza del filo dei pali (la zona in prossimità dei pali 17 e 24, di estremità, viene esclusa integralmente, dato che è presente lo scarico diretto dell'impronta muro, parzialmente sovrapposta al palo).

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

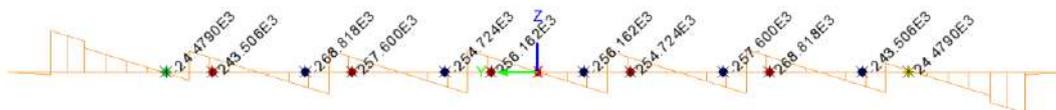
Scale: 1: 48.7549  
Zoom: 45.2349  
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 9  
Contour interval: 59.7373E3  
Contour maximum 268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, -6.0, 0.0)  
Contour minimum -268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, 6.0, 0.0)  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 737.806E3 at node 52 of element 51  
Diagram minimum -737.806E3 at node 3 of element 3  
Diagram scale: 1: 13.5537E-6  
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Peak/value component: Fz (Units: N)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, -6.0, 0.0)  
Peak/value minimum -268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, 6.0, 0.0)

SLE  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



Maximum 268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, -6.0, 0.0)  
Minimum -268.818E3 at inspection location inspect1 - (0.0, 6.0, 0.0)



Di seguito si riporta il calcolo del taglio resistente  $V_{Rd,c}$  per elementi privi di armatura a taglio.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
<b>Azioni Esterne</b>		
<b>Elemento</b>	Suola interna spalla - direzione trasversale	
<b>Combinazione</b>	S.L.U.	
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	269 kN	Azione tagliante di progetto
<b>Caratteristiche sezione</b>		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
Ac	2.00E+06 mm <sup>2</sup>	Area sezione
Asl	2.26E+03 mm <sup>3</sup>	Armatura al lembo teso
c	76 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1931 mm	Altezza utile sezione
$\rho_1 =$	1.171E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{,app}$	1737.9 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{,calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1737.9 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
$f_{ctk,0.05}$	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)
$V_{Rd,c,min} =$	522.91	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	581.02 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.21 Calcolo VRd,c

Non risulta necessario il dimensionamento di specifiche armature a taglio.

### 10.1.5 Baggioli spalla

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.

La verifica viene effettuata secondo i medesimi criteri visti per i baggioli delle pile, e che qui vengono riproposti per semplicità di lettura.

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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 ( $\min A_{s,pres} = 22 \varnothing 14$ )
- 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, considerando l'azione orizzontale massima risultante, concomitante con la minima azione verticale.

I risultati estratti in corrispondenza dei relativi E.F. sono riportati in tabella

Output sollecitazioni appoggi Lusas sisma SLC

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	1016	1	580	198	613	-1441
2 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	1016	1	-624	-202	656	-2230
3 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	1016	1	183	594	622	-1229
4 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	1016	1	-227	-598	639	-2441
5 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	1016	1	183	591	619	-1207
6 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	1016	1	-227	-595	637	-2463

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	1017	1	577	201	611	-1390
2 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	1017	1	-626	-196	656	-2092
3 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	1017	1	177	599	624	-1152
4 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	1017	1	-226	-594	636	-2330
5 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	1017	1	180	595	622	-1130
6 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	1017	1	-229	-590	633	-2352

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	1018	1	577	205	613	-1435
2 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	1018	1	-629	-200	660	-2244
3 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	1018	1	177	599	624	-1195
4 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	1018	1	-229	-593	636	-2483
5 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	1018	1	180	595	622	-1172
6 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	1018	1	-232	-589	633	-2506

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	1019	1	579	202	614	-1396
2 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fx)	1019	1	-622	-206	655	-2078
3 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	1019	1	183	593	620	-1189
4 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	1019	1	-225	-597	638	-2285
5 382:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	1019	1	183	590	618	-1167
6 383:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	1019	1	-225	-594	635	-2307

Tabella 10.22 Reazioni SLC appoggi Spalle

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

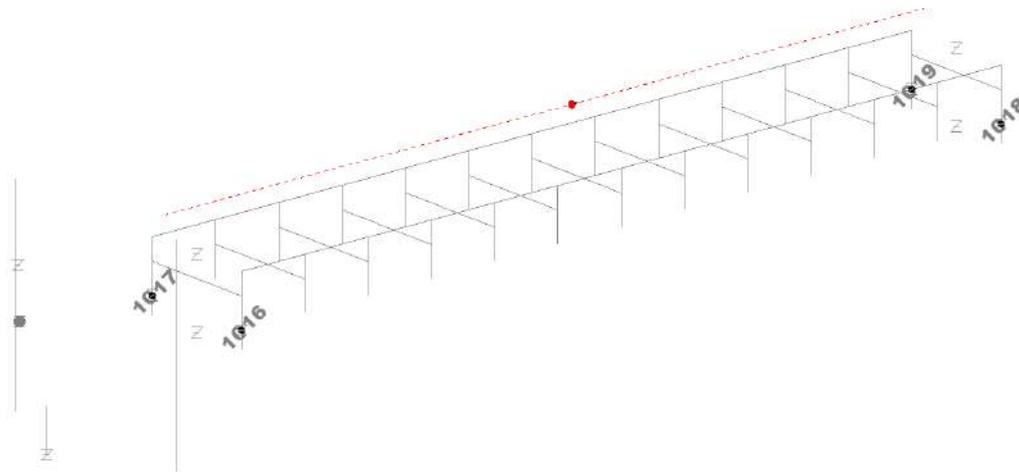


Figura 10.17 Mappa elementi joints appoggi Spalle

Si fa riferimento pertanto a:

$$\max V_{Ed} = 660 \text{ kN}$$

$$\max F_{z,ass} = -1130 \text{ kN}$$

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

Caratteristiche materiali		Caratteristiche superficie	
$\gamma_c$	1.50	$b_{eff}$	700 mm larghezza eff. sezione di contatto
$f_{ck}$	32.00	$l_{eff}$	700 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		usa contributo (0/1)
$f_{ctd}$	1.41	c	0 EN 1992-1-1 6.2.5. (2)
$\nu$	0.50	$\mu$	0.6 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	$A_{c,eff}$	490000 mm <sup>2</sup> Area cis di riferimento ( $b_{eff} \times l_{eff}$ )
<b>Sollecitazioni agenti</b>			
$V_{Ed}$	660 kN	Risultante azione tagliante di progetto	
$N_{ed,conc}$	1130 kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)	
$\sigma_N$	2.31 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	Contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times \mu \times f_{yd}$	
$V_{Rd,c}$	0.00 kN	Contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times c$	
$V_{Rd,N}$	678.00 kN	Contributo azione compressione = $N_{ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Rd,sr}, V_{Rd,cr}, V_{Rd,N}$	1473.44 kN		
$V_{Rd,max}$	10.67	Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))	
$V_{Ed}$	1.35	Azione tangenziale agente di progetto	
$V_{Rd}$	3.01	Azione tangenziale resistente di progetto	
<b>Rapp. Sfr. <math>V_{Ed}/V_{Rd}</math></b>	<b>0.45</b>	<b>verificato</b>	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd,s}$	0.83		

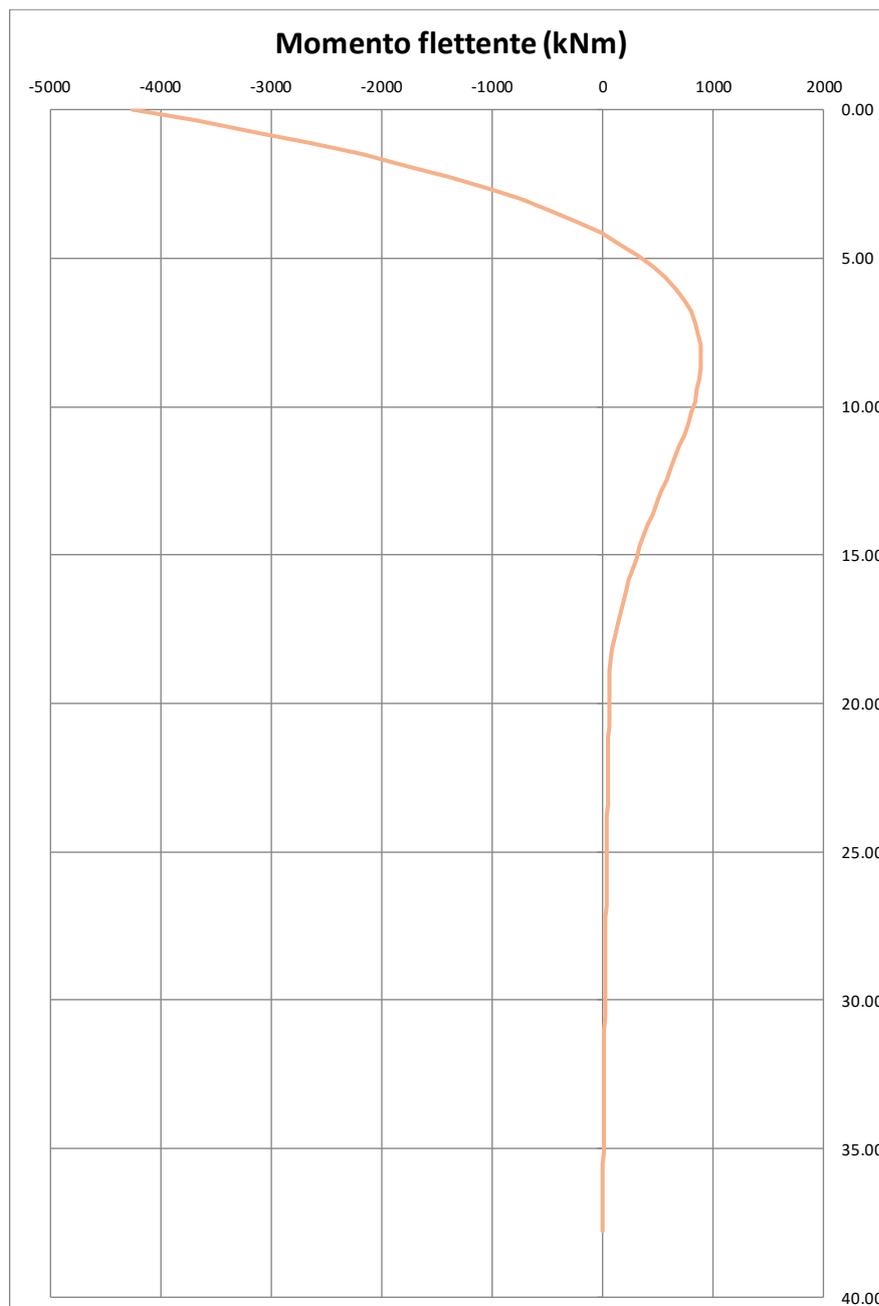
Tabella 10.23 Verifica taglio baggiole spalle

Come si evince dalla tabella, l'interfaccia appare ampiamente verificata; l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante.

### 10.1.6 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 1) nella condizione S.L.U. sismica.



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

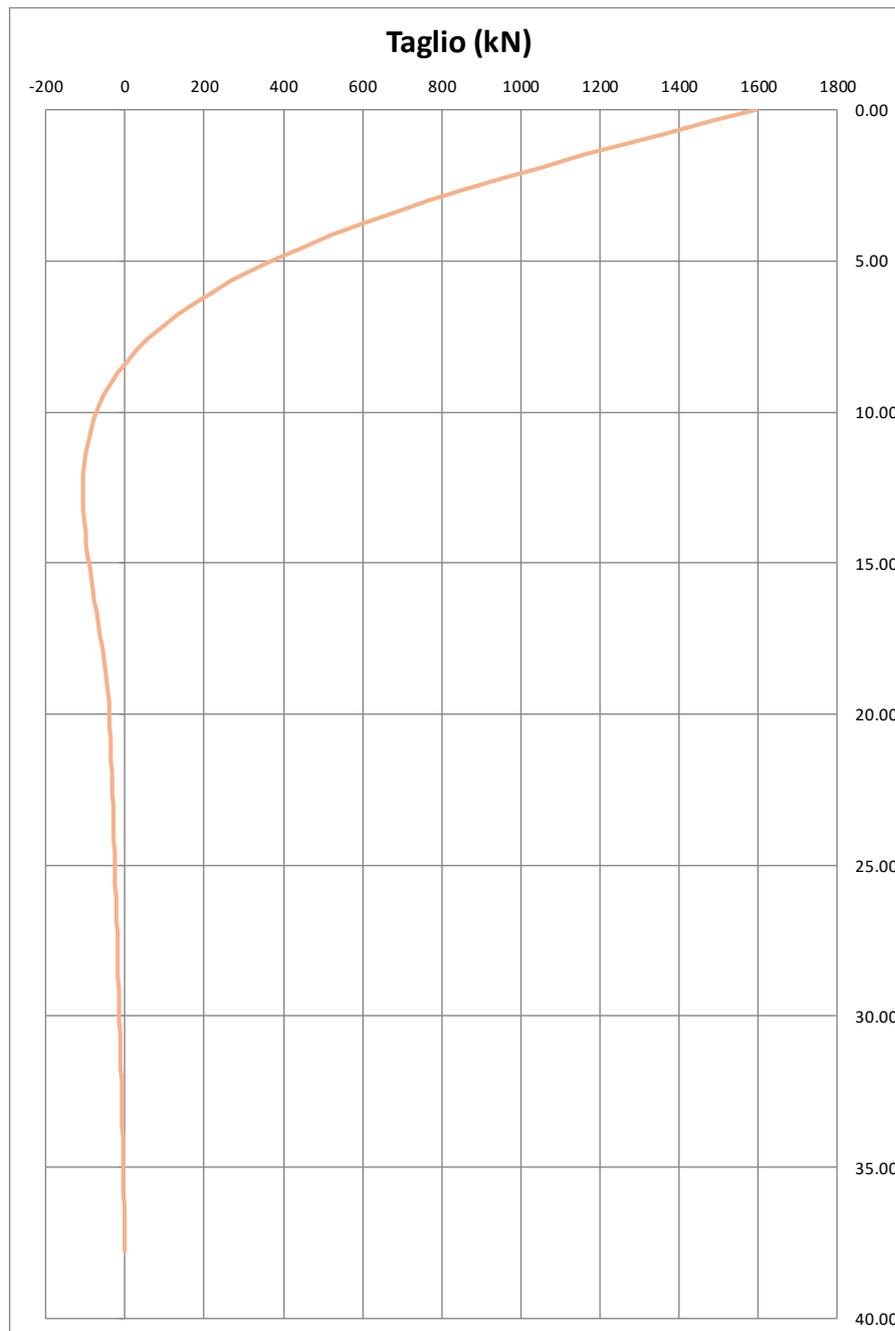


Figura 10.18 Diagramma di flessione e taglio massimi sul palo delle spalle 1 e 2

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 4 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. risulta più che dimezzato (vale il 47 % di quello valutato all'incastro).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Considerato il forte impegno flessionale, associato ad un'azione assiale che raggiunge significativi valori di flessione, si prevederà per la zona sommitale una gabbia particolarmente rinforzata, cui fanno seguito gabbie meno "pesanti" a maggiore profondità.

Si considera pertanto quanto segue

**Gabbia 1**

Armatura verticale: n. 22 tripli  $\varnothing 24$   
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, 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 spiratura p 150 mm
sez 3-3:	$z = -9.6$ m	armatura di verifica gabbia 2 con spiratura p 200 mm

Le sollecitazioni di verifica sono ricavate dall'analisi geotecnica. Per quanto riguarda l'azione insistente lungo i pali nelle sezioni in profondità, si è considerata, a favore di sicurezza, l'azione rilevata in sommità palo includendo l'effetto del peso proprio fusto palo.

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 3 barre diametro 24 mm il diametro equivalente è pari a  $24 \cdot 1.71 = 41$  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 Buonafede**

**Sollecitazioni di verifica pali spalla**

**Verifica sez. 1-1 - gabbia 1**

	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
Sisma min N	-5195.00	1596.00	4259.00
Sisma max N	1136.00	1596.00	4259.00
S.L.E. min N	-3473.00		1165.00
S.L.E. max N	-1116.00		1165.00

**Verifica sez. 2-2 - gabbia 1 (z = -3.5 m)**

	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
Sisma min N	-5293.96	470.00	679.00
Sisma max N	1037.04	470.00	679.00
S.L.E. min N	-3571.96		100.00
S.L.E. max N	-1214.96		100.00

**Verifica sez. 3-3 - gabbia 2 (z = -9.8 m)**

	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)
Sisma min N	-5472.09	80.00	858.00
Sisma max N	858.91	80.00	550.00
S.L.E. min N	-1492.05		180.00
S.L.E. max N	-277.09		180.00

Tabella 10.24 Riepilogo sollecitazioni di verifica pali spalla 2

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. Ai fini delle verifiche tensionali, per il copriferro, si sono assunte le tolleranze maggiormente cautelative previste da EN 1992-1-1 inerenti le opere gettate controterra (netto 75 mm).

**Verifica sezione 1-1 – gabbia 1**

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

**NOME SEZIONE:** Pali\_Pila\_Sez1-1

(Percorso File: D:\571\_343\_imp\_misti\_Ragusana\_SS194\_Sintagma.AS\buonafede\modelliver\_pali\Pali\_Pila\_Sez1-1.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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

	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	50.0	0.0	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	24
23	50.0	-2.0	24
24	47.4	-16.0	24
25	41.0	-28.7	24
26	31.2	-39.1	24
27	18.9	-46.3	24
28	5.1	-49.7	24
29	-9.1	-49.2	24
30	-22.6	-44.6	24
31	-34.2	-36.5	24
32	-43.1	-25.3	24
33	-48.5	-12.2	24
34	-50.0	2.0	24
35	-47.4	16.0	24
36	-41.0	28.7	24
37	-31.2	39.1	24
38	-18.9	46.3	24
39	-5.1	49.7	24
40	9.1	49.2	24
41	22.6	44.6	24
42	34.2	36.5	24
43	43.1	25.3	24
44	48.5	12.2	24
45	47.4	-1.0	24
46	45.2	-14.3	24
47	39.4	-26.4	24
48	30.3	-36.4	24
49	18.8	-43.5	24
50	5.8	-47.0	24
51	-7.7	-46.8	24
52	-20.6	-42.7	24
53	-31.8	-35.2	24
54	-40.4	-24.8	24
55	-45.7	-12.4	24
56	-47.4	1.0	24
57	-45.2	14.3	24
58	-39.4	26.4	24
59	-30.3	36.4	24
60	-18.8	43.5	24
61	-5.8	47.0	24
62	7.7	46.8	24
63	20.6	42.7	24
64	31.8	35.2	24
65	40.4	24.8	24
66	45.7	12.4	24

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

**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	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	5195.00	-4259.00	0.00	1596.00	0.00
2	-1136.00	-4259.00	0.00	1596.00	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	3473.00	-1165.00	0.00
2	1116.00	-1165.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.1 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
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	5195.00	-4259.00	0.00	5195.26	-5606.75	-0.60	1.32	298.6(33.4)
2	S	-1136.00	-4259.00	0.00	-1136.22	-4362.69	3.55	1.02	298.6(33.4)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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	0.00281	5.1	-49.7	-0.00392	-5.1	49.7
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00240	5.1	-49.7	-0.00822	-5.1	49.7

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	-0.000067592	-0.000555502	----	----
2	0.000000000	-0.000106809	-0.002908516	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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] = 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.[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.proiettata 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	1596.00	2855.79	1775.42	97.1  80.2	109.7	2.500	1.000	20.3	22.6(0.0)
2	S	1596.00	3000.07	1983.82	99.7  89.7	103.2	2.500	1.000	18.2	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]

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

			Xc max, Yc max		Sf min			Ac eff.	As eff.
			Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)		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)				
			Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre		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	7.24	0.0	-60.0	-35.9	-5.1	49.7	508	18.1
2	S	6.65	0.0	-60.0	-99.1	-5.1	49.7	1302	58.8

**Verifica sezione 2-2 – gabbia 1**

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

**NOME SEZIONE: Pali\_Pila\_Sez2-2**

(Percorso File: D:\571\_343\_imp\_misti\_Ragusana\_SS194\_Sintagma.AS\buonafede\modelliver\_pali\Pali\_Pila\_Sez2-2.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
	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 $\beta1*\beta2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta1*\beta2$ :	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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24
6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	24
23	50.0	-2.0	24
24	47.4	-16.0	24
25	41.0	-28.7	24
26	31.2	-39.1	24
27	18.9	-46.3	24
28	5.1	-49.7	24
29	-9.1	-49.2	24
30	-22.6	-44.6	24
31	-34.2	-36.5	24
32	-43.1	-25.3	24
33	-48.5	-12.2	24
34	-50.0	2.0	24
35	-47.4	16.0	24
36	-41.0	28.7	24
37	-31.2	39.1	24
38	-18.9	46.3	24
39	-5.1	49.7	24
40	9.1	49.2	24
41	22.6	44.6	24
42	34.2	36.5	24
43	43.1	25.3	24
44	48.5	12.2	24
45	47.4	-1.0	24
46	45.2	-14.3	24
47	39.4	-26.4	24
48	30.3	-36.4	24
49	18.8	-43.5	24
50	5.8	-47.0	24
51	-7.7	-46.8	24

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

52	-20.6	-42.7	24
53	-31.8	-35.2	24
54	-40.4	-24.8	24
55	-45.7	-12.4	24
56	-47.4	1.0	24
57	-45.2	14.3	24
58	-39.4	26.4	24
59	-30.3	36.4	24
60	-18.8	43.5	24
61	-5.8	47.0	24
62	7.7	46.8	24
63	20.6	42.7	24
64	31.8	35.2	24
65	40.4	24.8	24
66	45.7	12.4	24

**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	5293.96	-679.00	0.00	470.00	0.00
2	-1037.04	-679.00	0.00	470.00	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	3571.96	-100.00	0.00
2	1214.96	-100.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.1	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.9	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [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	5293.96	-679.00	0.00	5294.22	-5617.23	-1.28	8.27	298.6(33.4)
2	S	-1037.04	-679.00	0.00	-1036.76	-4390.79	2.50	6.47	298.6(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	0.00281	5.1	-49.7	-0.00388	-5.1	49.7
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00241	5.1	-49.7	-0.00812	-5.1	49.7

**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	-0.000067205	-0.000532311	----	----
2	0.000000000	-0.000105894	-0.002853650	----	----

**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 $V_x$ 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-

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	470.00	2851.23	1181.99	97.1   80.1	109.7	2.500	1.000	6.0	15.1(0.0)
2	S	470.00	2996.17	1320.92	99.7   89.5	103.2	2.500	1.000	5.4	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	2.68	0.0	-60.0	29.4	-5.1	49.7	----	----
2	S	1.17	0.0	-60.0	6.8	-5.1	49.7	----	----

## Verifica sezione 3-3 – gabbia 2

### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME SEZIONE:** Pali\_Pila\_Se3-3

(Percorso File: D:\571\_343\_imp\_misti\_Ragusana\_SS194\_Sintagma.AS\buonafede\modelliver\_pali\Pali\_Pila\_Se3-3.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
	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 $\beta1*\beta2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta1*\beta2$ :	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24
6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	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°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	5472.09	-858.00	0.00	80.00	0.00
2	-858.91	-550.00	0.00	80.00	0.00

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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	1492.05	-180.00	0.00
2	277.09	-180.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.1 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.8 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5472.09	-858.00	0.00	5471.99	-3298.54	0.00	3.84	99.5(33.4)
2	S	-858.91	-550.00	0.00	-858.99	-1457.78	0.00	2.65	99.5(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	0.00275	7.1	-49.5	-0.00431	-7.1	49.5
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00162	7.1	-49.5	-0.01605	-7.1	49.5

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000071308	-0.000778451	----	----
2	0.000000000	-0.000178566	-0.007213969	----	----

**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] = proiezi. 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	80.00	2887.04	901.30	97.4  81.5	109.3	2.500	1.000	1.0	11.3(0.0)
2	S	80.00	2740.48	1095.33	104.7  99.0	85.4	2.500	1.000	0.8	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	2.10	0.0	-60.0	6.3	-7.1	49.5	----	----
2	S	1.65	0.0	-60.0	-27.5	7.1	49.5	1414	27.1

## 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.

La tabella seguente riepiloga le proprietà dei singoli dispositivi, e le proprietà complessive del sistema isolato.

Dispositivi HDRB			
Parametri di base (dispositivi HDRB - mescola "N")			
M	7.34E+05	kg	
Tobiettivo	2		
keff	7.25		
$\xi_{esi}$	15	%	
ag(SLV)	0.230	(g)	
d2esi	228.95	mm	
	spalla		
num.	4		
keq	2.23	0.00 kN/mm	rigidezza elastica
$\xi_{eff,i}$	15	0 %	
Proprietà del sistema			
kesi	8.92	kN/mm	= $\Sigma$ keff
$\xi_{esi}$	15.00	%	
T (keff)	1.80	s	
ag (SLV)	0.256	(g)	ag (SLC) 0.334
d2esi	206.38	mm	d2esi 269.76 mm
F2esi(2)	1840.95	kN	F2esi(2) 2406.28 kN

Tabella 11.1 Caratteristiche sistema di isolamento

Qui di seguito la pianta appoggi del manufatto, che riporta il numero delle "posizioni" inerenti i dispositivi di appoggio e giunto, adottate per l'identificazione dei dispositivi nel presente elaborato.

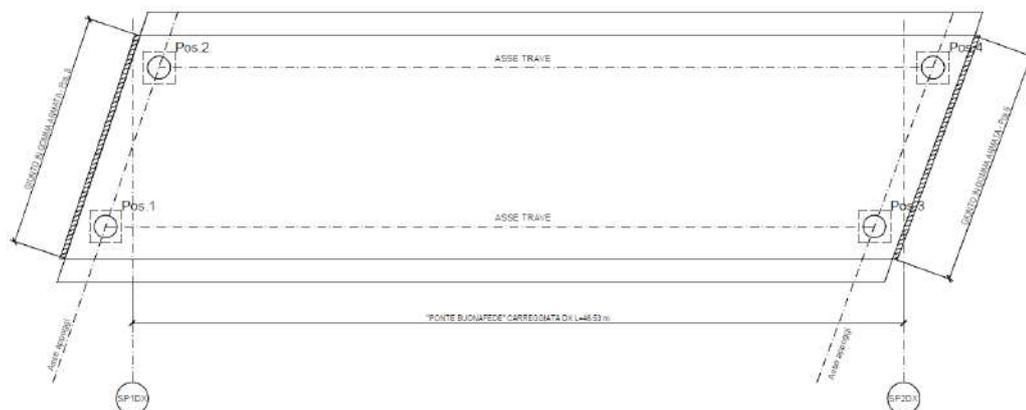


Figura 11.1 Pianta appoggi

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Si individua con:

Pos. 1-2-3-4: appoggi

Pos. 5-6: giunti

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

Sisma SLC

Di seguito, raccolte in tabelle separate rispettivamente per la fase di esercizio e sismica, si riportano i valori di sollecitazione dedotte rispettivamente dagli involucri 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 Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz
1	229.65	4789.26	166.13	3542.03	35.94	2798.24	23.00	1846.29
2	231.28	4591.01	167.75	3395.61	39.08	2671.31	26.50	1752.22
3	231.14	4801.14	168.68	3552.23	37.89	2809.78	27.73	1850.22
4	222.07	4555.39	161.64	3369.77	32.66	2661.99	21.88	1748.28

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz
1	155.47	1949.78	506.87	2280.98	656.22	2463.32
2	156.67	1858.72	507.00	2183.24	655.89	2352.32
3	158.16	1961.23	509.98	2313.50	659.68	2505.64
4	154.45	1846.64	505.75	2148.61	654.95	2307.40

Tabella 11.2 Massime sollecitazioni orizzontali e verticali su ciascun appoggio – S.L. esercizio e sismici

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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 Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-3-4	300.00	4900.00	200.00	3600.00	100.00	2900.00	100.00	1900.00

**Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase sismica**

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-3-4	200.00	2000.00	600.00	2400.00	700.00	2600.00

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 involucri. Le deformazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicate con  $\delta_h$ .

**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	102.98	74.50	16.12	10.32	69.72	227.30	294.27
2	103.71	75.23	17.52	11.88	70.25	227.35	294.12
3	103.65	75.64	16.99	12.43	70.92	228.69	295.82
4	99.58	72.49	14.64	9.81	69.26	226.79	293.70

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	1-2-3-4	104.00	76.00	18.00	13.00	71.00	229.00	296.00

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

Trattandosi di un manufatto in semplice appoggio, dotato di sbalzi laterali limitati, la verifica di decompressione delle apparecchiature non appare significativa.

### 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:

$$\delta_{SLC}/\delta u = 295/350 = 0.84$$

Il dispositivo prescelto appare pertanto idoneo.

### 11.2.4 Verifica massime rotazioni

Per la valutazione delle massime rotazioni, ci si riferisce alle rotazioni con asse-momento diretto ortogonalmente alle travi, indicato con  $y$ .

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 involuppi.

N.B. le rotazioni by sono riferite al sistema di riferimento locale dei joints degli appoggi. L'appoggio di spalla "B" assume, come indicato in premessa, un sistema di riferimento locale ruotato di 180° rispetto agli appoggi della spalla "A". Per questo motivo vengono estratti valori "concordi" di rotazione. Ciò non accade per gli appoggi di pila.

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 71.178  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: By  
SLU STR (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4, JL46)  
Peak/value component: By (Units: 1/m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 0.0192366 at Gauss point 1 of element 1016  
Peak/value minimum 6.34978E-3 at Gauss point 1 of element 1017

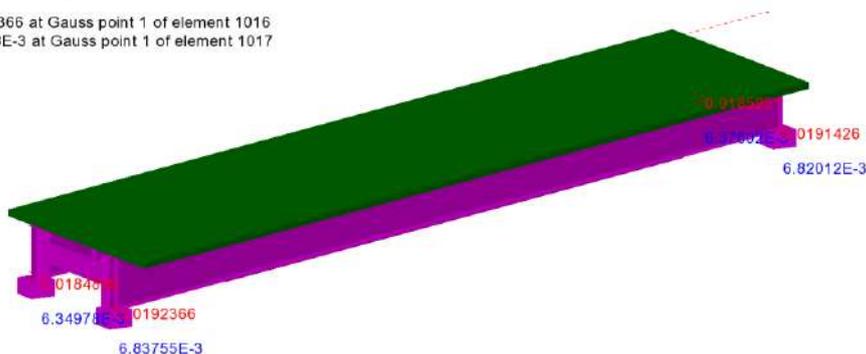


Figura 11.2 Massime Rotazioni  $B_y$ , SLU

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 71.178  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: By  
SLE RARA (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4, JL46)  
Peak/value component: By (Units: 1/m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 0.0146258 at Gauss point 1 of element 1016  
Peak/value minimum 6.7564E-3 at Gauss point 1 of element 1017

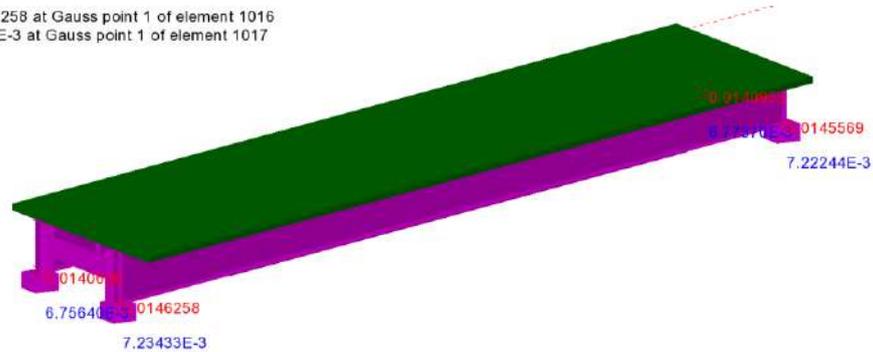


Figura 11.3 Massime Rotazioni  $B_y$ , SLE

Le rotazioni estratte dal modello FEM  $b_{y,Ed}$  includono tutti i contributi considerati nell'analisi dei carichi, incluso l'effetto della distorsione di progetto.

Per un confronto prestazionale con le caratteristiche rotazionali dei dispositivi  $|b_{y,lim}|$ , esse devono venire depurate dalla rotazione imposta alla trave dalla presenza delle contromonte di officina  $b_{y,comp}$  (infatti tali rotazioni non risultano compensate dai cunei dei dispositivi, che compensano solamente le variazioni altimetriche di livelletta).

Rimandando alla relazione di calcolo dell'impalcato per maggiori dettagli, si riportano qui di seguito le rotazioni "di montaggio" degli assi travi, previste in funzione delle contromonte di progetto.

**Compensazione rotazioni assi appoggio**

Spalla A	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,ct}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	$\eta$ ( $b_{y,ct}/b_{y,lim}$ )
S.L.U., max	1.92E-02	1.10E-02	8.20E-03	1.00E-02	0.82
S.L.U., min	6.84E-03	1.10E-02	-4.20E-03	1.00E-02	0.42
S.L.E., max	1.46E-02	1.10E-02	3.59E-03	1.00E-02	0.36
S.L.E., min	7.23E-03	1.10E-02	-3.80E-03	1.00E-02	0.38

Spalla B	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,ct}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	$\eta$ ( $b_{y,ct}/b_{y,lim}$ )
S.L.U., max	1.91E-02	1.10E-02	8.11E-03	1.00E-02	0.81
S.L.U., min	6.82E-03	1.10E-02	-4.21E-03	1.00E-02	0.42
S.L.E., max	1.46E-02	1.10E-02	3.52E-03	1.00E-02	0.35
S.L.E., min	7.22E-03	1.10E-02	-3.81E-03	1.00E-02	0.38

N.B. rotazioni by riferite al sistema di riferimento locale joints.  
si considerano le massime/minime rotazioni rilevate sul piano spalla

Tabella 11.6 Compensazione rotazioni d'appoggio e verifica

Come si evince dall'esame della tabella, 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 nella condizione di esercizio 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: 158.141  
Zoom: 71.178  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Ey  
SLE RARA - Vento dom (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ey (Units: m)  
Peak range(%): 100.0  
Peak/value maximum 0.0584786 at Gauss point 1 of element 1017  
Peak/value minimum 0.0473116 at Gauss point 1 of element 1019

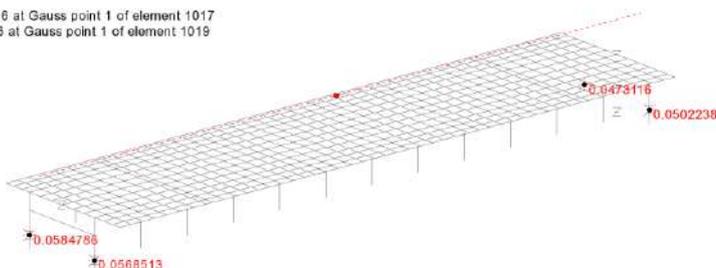
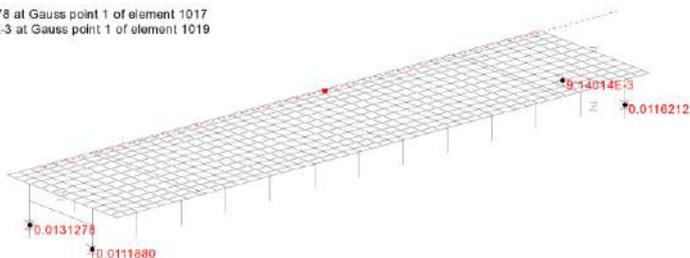


Figura 11.4 Massimo spostamento trasversale Ey, SLE rara

#### S.L.E. frequente – vento dominante

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 71.178  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Ey  
SLE FREQ - Vento dom (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ey (Units: m)  
Peak range(%): 100.0  
Peak/value maximum 0.0131278 at Gauss point 1 of element 1017  
Peak/value minimum 9.14014E-3 at Gauss point 1 of element 1019



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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: 58 mm

S.L.E. frequente: 13 mm

Si evidenzia che i valori rilevati rappresentano un limite superiore degli effettivi spostamenti rilevabili sul manufatto. Infatti, la rigidezza 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 rigidezza 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 (pos. 9 e 10) vengono rilevate da specifici elementi "joint" posizionati nel modello FEM in corrispondenza dell'asse impalcato (elementi n. 1025, 1026).

Le tabelle seguente riportano, per tutti gli S.L. il valore delle escursioni longitudinale in apertura/chiusura.

NOTA: Le escursioni sono riferite all'allineamento (obliquo) dell'asse giunti.

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	5	113.18	-74.93	83.54	-51.23	23.42	8.68	19.81	12.29
SpB	6	110.03	-72.78	81.40	-49.93	22.44	8.84	19.40	11.88

Tabella 11.7 Corse longitudinali giunti - esercizio

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	5	78.22	-46.11	232.37	-200.26	297.70	-265.60
SpB	6	77.59	-46.31	231.15	-199.87	296.22	-264.95

Tabella 11.8 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:  $\max |trv + | \min |trv |$

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		tot $\delta x$	tot $\delta y$						
Sp A	5	188.11	165.61	134.76	109.60	14.74	21.85	7.52	0.12
SpB	6	182.81	139.73	131.33	92.49	13.60	13.60	7.52	0.12

Tabella 11.9 Corse lg/trv giunti - esercizio

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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	5	124.33	117.15	432.63	426.33	563.30	557.52
Sp B	6	123.90	117.07	431.02	426.07	561.17	557.20

Tabella 11.10 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	5	90.00	-60.00	140.00	110.00	80.00	-50.00	130.00	120.00	240.00	-210.00	440.00	430.00
Sp B	6	90.00	-50.00	140.00	100.00	80.00	-50.00	130.00	120.00	240.00	-200.00	440.00	430.00

(\*) tollerato danneggiamento locale del dispositivo in fase sismica SLV  
N.B.: POS = APERTURA / NEG = CHIUSURA

Tabella 11.11 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.

Tale operazione dovrà avvenire sotto controllo della temperatura ambientale. I valori indicati sono riferiti ad una temperatura media di posa pari a 15°C.

Qualora si intendesse posizionare i dispositivi senza prerogolazione, dovrà essere scelto un dispositivo di corsa complessiva pari al doppio del valore massimo assoluto tra chiusura e apertura.

### 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" = 75 mm
- Gk + Ed S.L.C. max esc. "chiusura" = 266 mm

Il minimo varco strettamente necessario risulta pertanto pari a:

$$\Delta = 266 \text{ mm}$$

Le carpenterie verranno predisposte considerando un varco effettivo ragionevolmente più ampio, pari a 270 mm.

## 12.ADDENDUM – VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI – VALUTAZIONE

### COMPORAMENTO GLOBALE

#### 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 NTC 2008, obbiettivo 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 rigidzze equivalenti per i succitati 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 NTC2008, cap. 11.9.7, 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 rigidzza.

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 rigidzza presenteranno i seguenti "Bounds" (Lower/Upper):

---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

$$UBDP = [1+(0.2 \times 0.7)] \times [1+(0.2 \times 0.7)] \times [1 + 0.2] = 1.56 \text{ DP}$$

$$LBDP = [1-(0.2)] = 0.8 \text{ DP}$$

Dove con DP si è indicato, genericamente, il "Design Parameter" di riferimento, che in questo caso è rappresentato dalla rigidezza.

Il rapporto tra massima e minima variazione restituisce  $1.56/0.8 = 1.95$ .

In accordo con EN 15129, 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 rigidezza.

Tenendo conto del fatto che, in linea generale, un incremento di rigidezza 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"
  - o Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda sulle sottostrutture (elevazioni e fondazioni)
  - o 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"
  - o Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda in spostamento
  - o 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":

Diam = 850 mm / H=341 mm per le spalle       $K_e = 2.23 \text{ kN/mm}$

Pertanto, si considererà

$K_{e,UB} = 1.44 \times 2.23 = 3.21 \text{ kN/mm}$

$K_{e,LB} = 0.8 \times 2.23 = 1.78 \text{ kN/mm}$

### 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".

$T_{UB} = 1.502 \text{ s}$

$T_{UB}/T_{Nom} = 1.502 / 1.803 = 0.83$

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.706193, -0.653901, 0.271487)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 05 - Modale  
Loadcase: 12:Mode, 12:Mode 1 Frequency = 0.665625  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02\_val\_UB-05 - Modale.mys  
Eigenvalue: 17.4912  
Natural frequency: 0.665625  
Error norm: 0.369868E-6  
Maximum displacement 1.20869E-3 at node 1152  
Deformation exaggeration: 2.61673E3

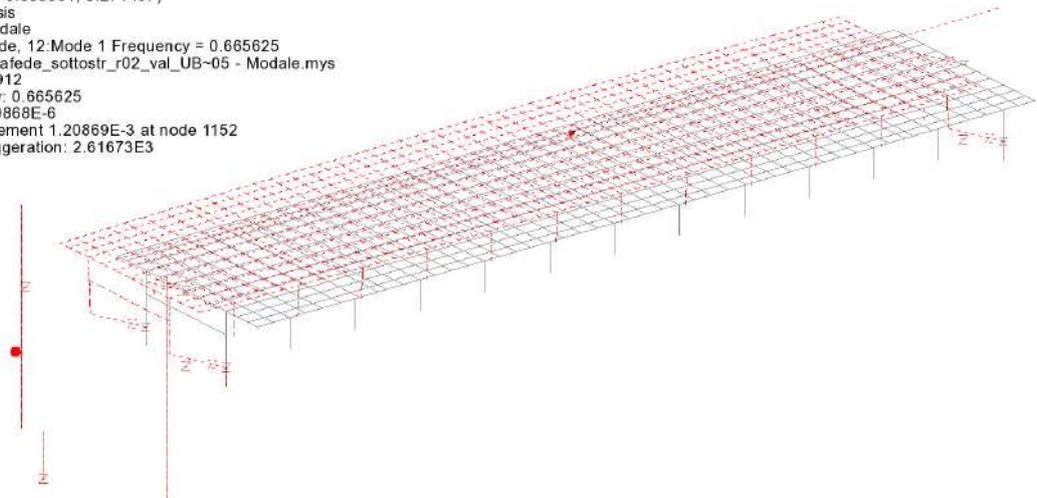


Figura 12.1 Periodo UBDP Analysis

**12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 62.8223  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: Fh  
Gk + Ed\_SLC (solo per appoggi (Max)  
Peak/value entity: Forza/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Fh  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 8.37501E6 at node 1331  
Peak/value minimum 0.0 at node 492

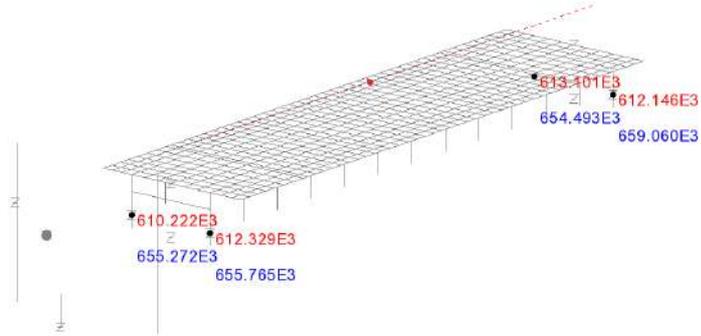


Figura 12.2 Reazioni orizzontali SLC – NomDP Analysis

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 63.5518  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: Fh  
Gk + Ed\_SLC (solo per appoggi (Max)  
Peak/value entity: Forza/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Fh  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 8.33458E6 at Gauss point 1 of element 1023  
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 1025

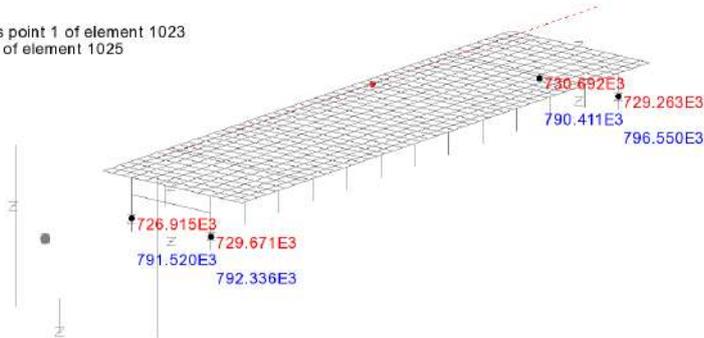


Figura 12.3 Reazioni ai baggioli – UBDP Analysis

Si rileva un incremento dell'azione orizzontale agli appoggi pari a:

$$\eta = 797/660 = 1.21$$

### 12.2.1.3 Spiccato paramento e fondazione spalla

In figura si riportano le sollecitazioni rappresentative, per sisma SLV. Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.

Scale: 1: 96.6681  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -167.367E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 59.7489E-9

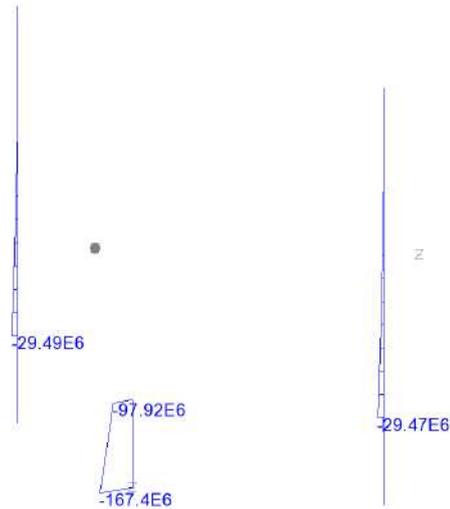


Figura 12.4 My SLV Spalla – NomDP Analysis

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 157.352  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -169.243E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 59.0867E-9

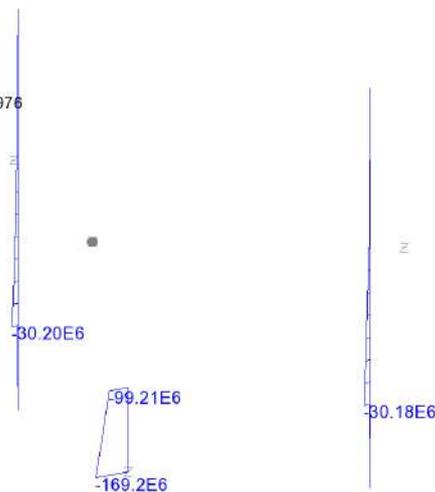


Figura 12.5 My SLV Spalla – UBDP Analysis

## 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" (LBDP Analysis).

Scale: 1: 165.735  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Eigenvalue analysis  
Analysis: 05 - Modale  
Loadcase: 12:Mode, 12:Mode 1 Frequency = 0.499628  
Results file: Buonafede\_sottostr\_r02\_val\_LB-05 - Modale.mys  
Eigenvalue: 9.85492  
Natural frequency: 0.499628  
Error norm: 0.327347E-6  
Maximum displacement 1.19828E-3 at node 1152  
Deformation exaggeration: 2.76622E3

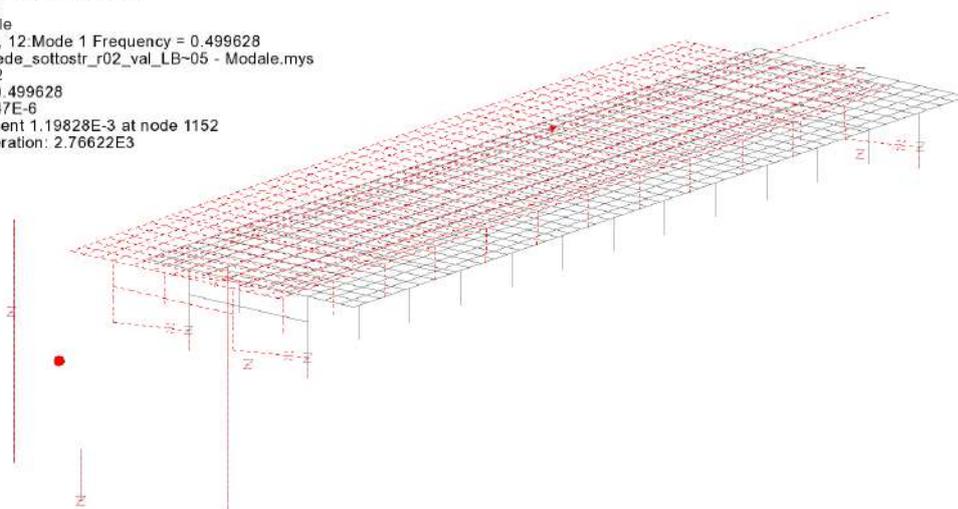


Figura 12.6 Periodo LBDP Analysis

$$T_{LB} = 2 \text{ s}$$

$$T_{LB}/T_{Nom} = 2.0 / 1.803 = 1.1$$

### 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".

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

Scale: 1: 205.193  
Zoom: 112.0  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: Ex  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ex (Units: m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 0.232366 at node 492  
Peak/value minimum -0.218396 at node 1304

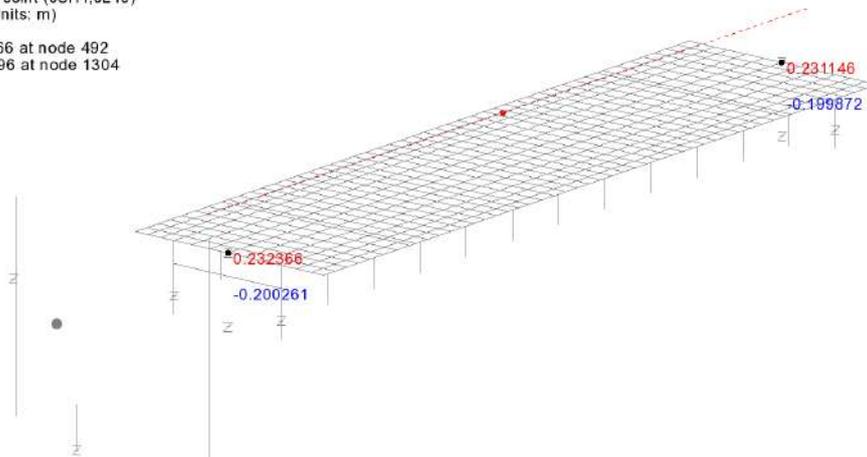


Figura 12.7 Escursione lg giunti SLV – val. Nominali

Scale: 1: 165.735  
Zoom: 100.0  
Eye: (-0.848189, -0.490304, 0.200445)  
Combining on: Ex  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)  
Peak/value component: Ex (Units: m)  
Peak range(%): 10.0  
Peak/value maximum 0.257405 at node 492  
Peak/value minimum -0.242769 at node 1304

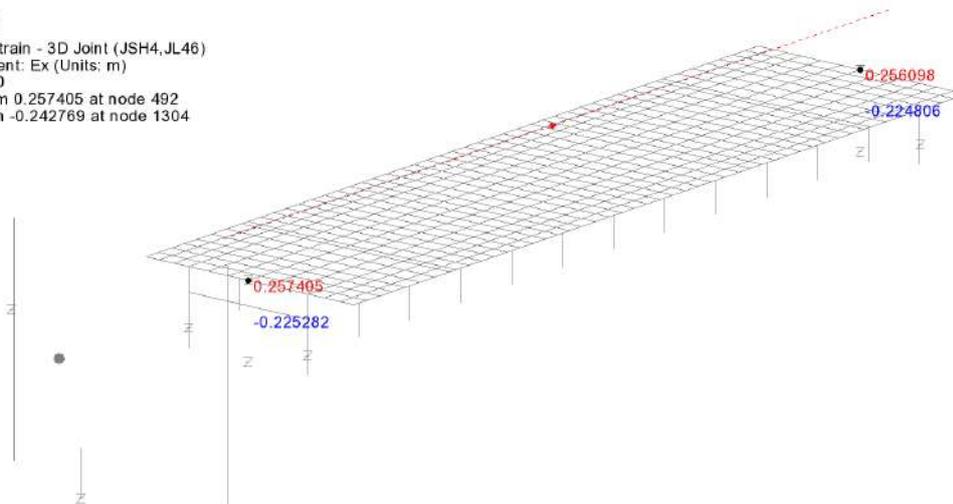


Figura 12.8 Escursione lg giunti SLV – LB

(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:

$$\eta = 225.28/200.26 = 1.1$$

## 12.3 ONCLUSIONI

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:

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 660 / 1473 = 0.45 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 797 / 1425 = 0.56 \quad \text{analisi UBDP}$$

Le verifiche permangono quindi soddisfatte con ampio margine anche con riferimento al valore Upper Bound

### 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 dell'ordine del 1 %,

$$M_{UBDP} / M_{NomDP} = 169.2 / 167.4 = 1.01$$

dato però che il fattore di sicurezza precedente nelle verifiche dei pali era inferiore ad 1,01 si prevede un allungamento dei pali di progetto da 40 a 42 metri.

Le verifiche delle spalle sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa, sia per il carico massimo di compressione che per quello di trazione, è risultata la combinazione "Ed SLV max My" per la **spalla 1** (con azione massima di compressione pari a  $Q_{Ed} = 1.01 * 5246.9 = kN$ , cui va aggiunto il peso proprio del palo per un **totale di 6434 kN**,

Il palo in progetto, di lunghezza pari a 42 m, ha una capacità portante pari a  $Q_{Rd} = 6530 kN$  (di cui 5190 kN laterale e 1340 kN di base) **per la spalla 1**, valore che risulta superiore alle azioni agenti, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

### 12.3.3 Spostamenti ai giunti

Si rileva un incremento del quadro deformativo sotto sisma di circa il 13 %.

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Si evidenzia che gli spostamenti rilevati in condizioni LB per sisma SLV risultano comunque pienamente compatibili con il varco prescelto, che risulta essere di 250 mm.

Per quanto riguarda il dimensionamento del giunto, nell'ipotesi di ammettere il danneggiamento locale dell'apparecchiatura in fase sismica, l'incremento risulta ininfluenza.

**ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI**

**Sollecitazioni in elevazione**

N.B.:

Si tenga conto che le sollecitazioni sono espresse in termini di azioni "di trave". Per le elevazioni dei sostegni, questo, conformemente alle convenzioni usate, corrisponde a:

Fx = azione assiale

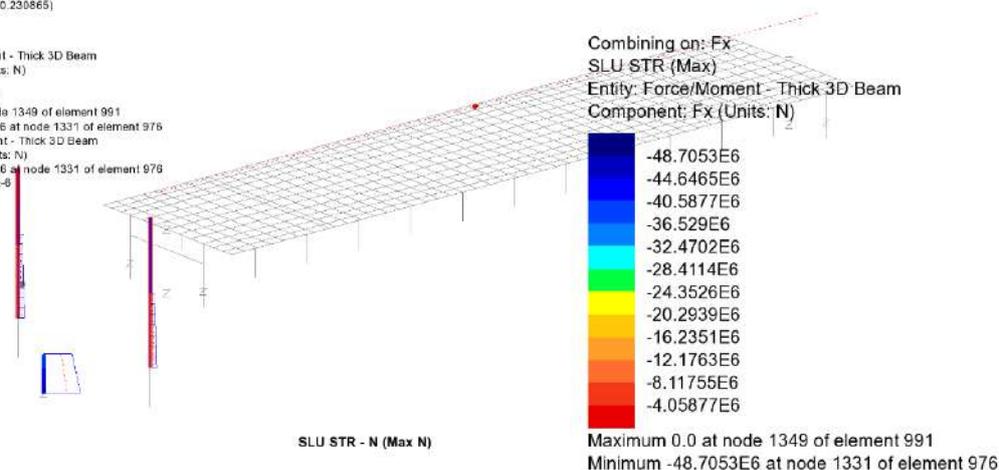
Fy = azione tagliante agente in direzione trasversale all'asse del ponte

Fz = azione tagliante agente in direzione parallela all'asse del ponte

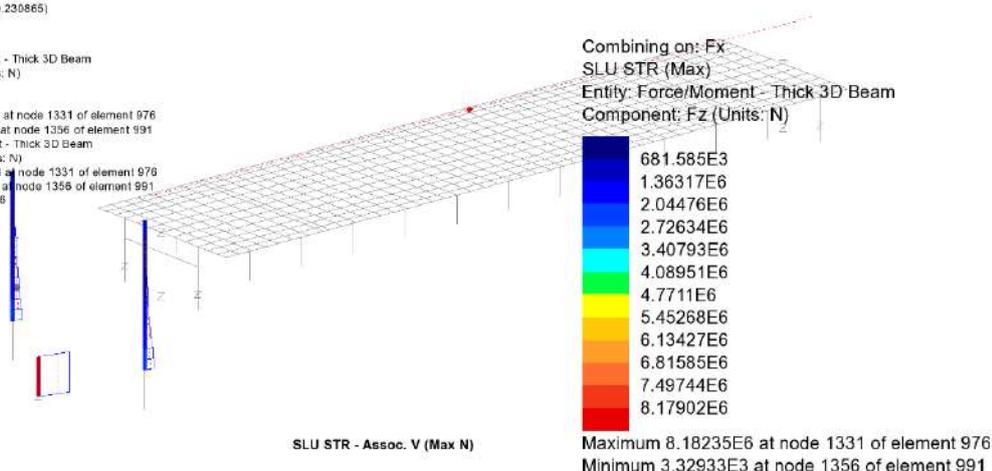
My = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse trasversale al ponte

Mz = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse longitudinale al ponte

Scale: 1: 156 141  
Zoom: 89 2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.05877E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7053E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.131214E-8



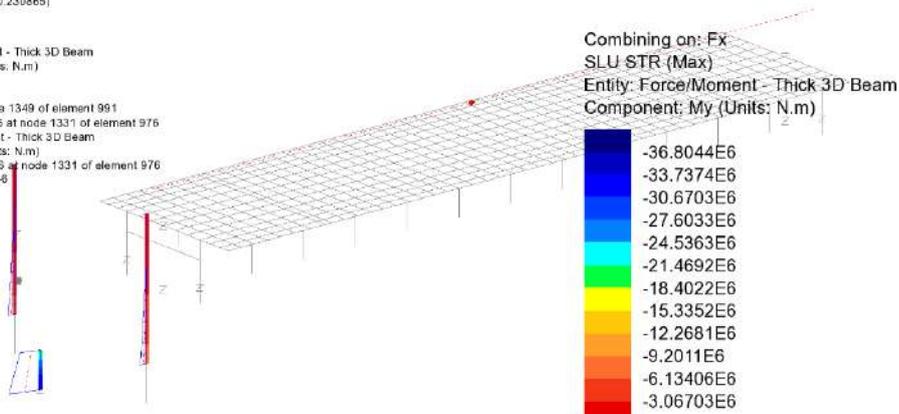
Scale: 1: 156 141  
Zoom: 89 2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)  
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 681.585E3  
Contour maximum 8.18235E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.771346E-8



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.06703E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -36.8044E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136017E-8

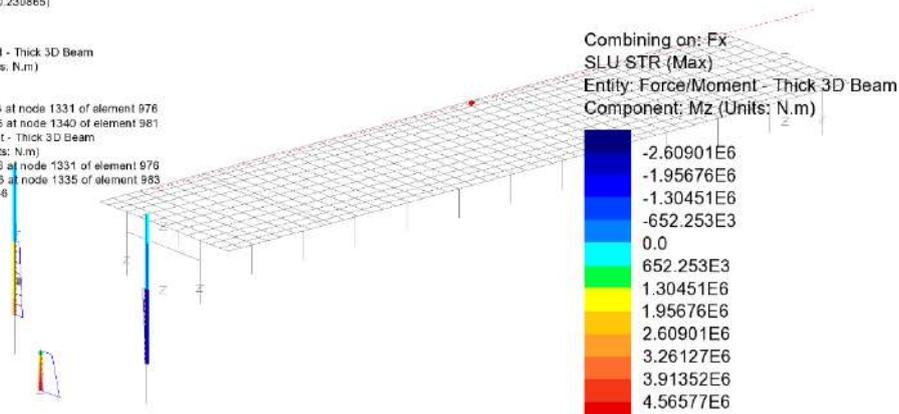


SLU STR - Assoc. My (Max N)

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -36.8044E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 652.253E3  
Contour maximum 4.69061E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -3.13643E6 at node 1340 of element 981  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.413881E-8



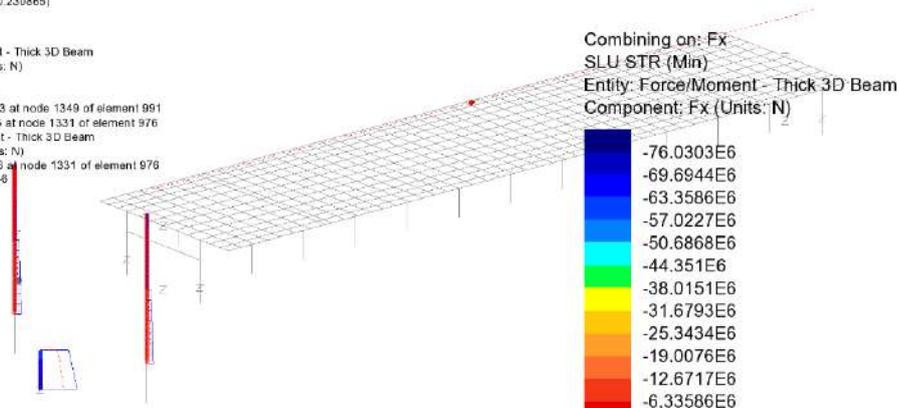
SLU STR - Assoc. Mz (Max N)

Maximum 4.69061E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -3.13643E6 at node 1340 of element 981

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.33586E6  
Contour maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.131214E-8



SLU STR - N (Min N)

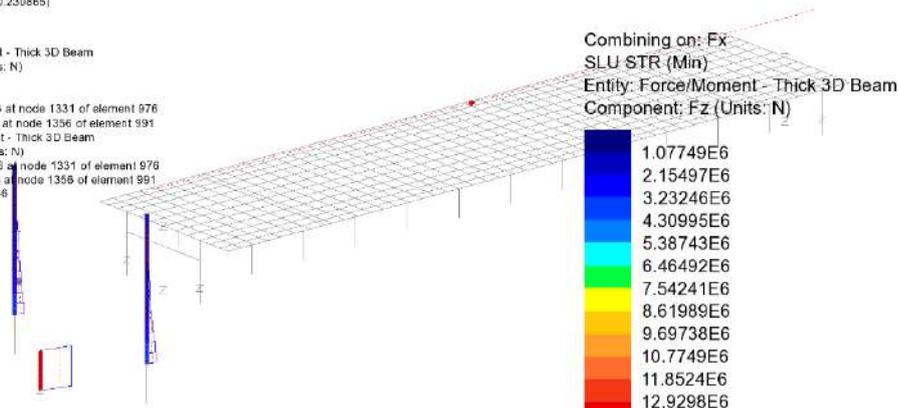
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-76.0303E6  
-69.6944E6  
-63.3586E6  
-57.0227E6  
-50.6868E6  
-44.351E6  
-38.0151E6  
-31.6793E6  
-25.3434E6  
-19.0076E6  
-12.6717E6  
-6.33586E6

Maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -76.2115E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.07749E6  
Contour maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 34.5058E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.771346E-8



SLU STR - Assoc. V (Min N)

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

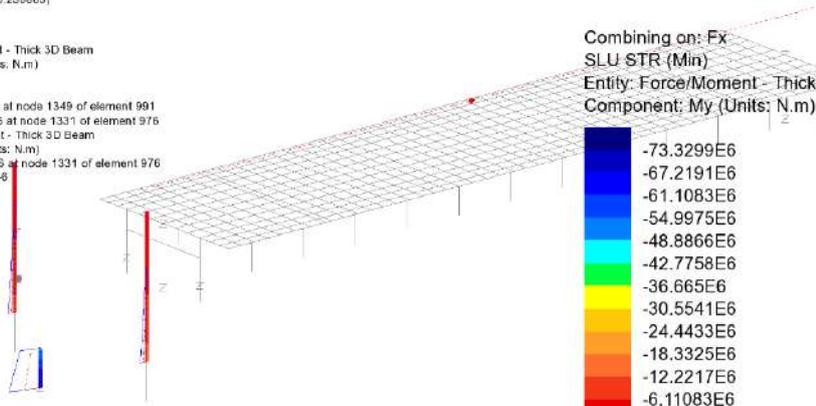
1.07749E6  
2.15497E6  
3.23246E6  
4.30995E6  
5.38743E6  
6.46492E6  
7.54241E6  
8.61989E6  
9.69738E6  
10.7749E6  
11.8524E6  
12.9298E6

Maximum 12.9643E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 34.5058E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

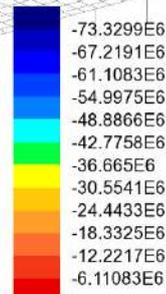
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.11083E6  
Contour maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136017E-8



SLU STR - Assoc. My (Min N)

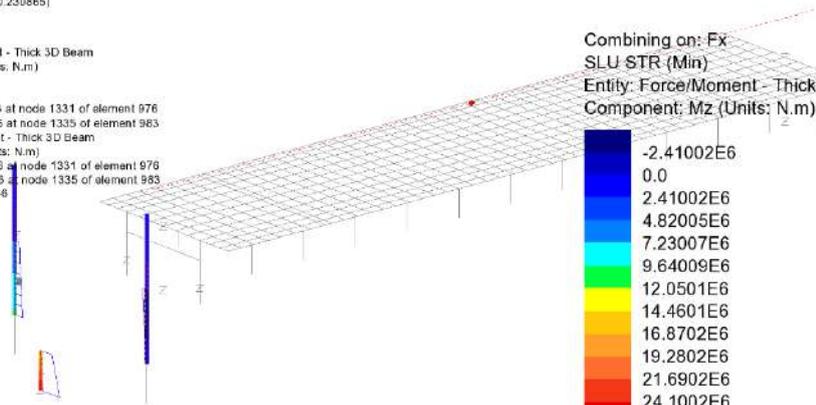
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -73.5203E6 at node 1331 of element 976

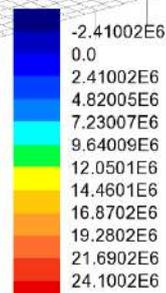
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.41002E6  
Contour maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.413881E-8



SLU STR - Assoc. Mz (Min N)

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

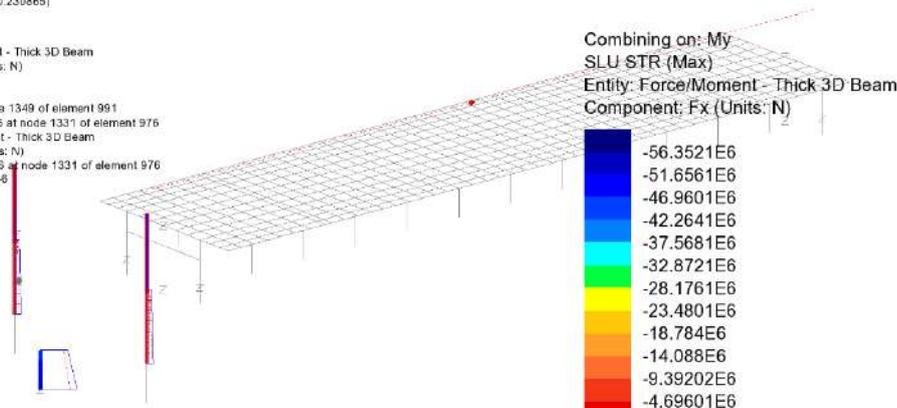


Maximum 24.1615E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -4.75874E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.69601E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -56.3521E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -63.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.145805E-8



SLU STR - Assoc. N (Max My)

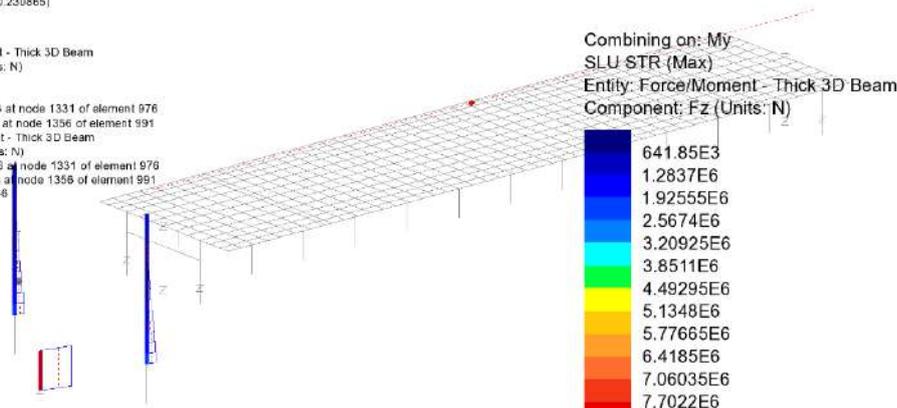
Combining on: My  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-56.3521E6  
-51.6561E6  
-46.9601E6  
-42.2641E6  
-37.5681E6  
-32.8721E6  
-28.1761E6  
-23.4801E6  
-18.784E6  
-14.088E6  
-9.39202E6  
-4.69601E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -56.3521E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 641.85E3  
Contour maximum 7.70552E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.754632E-6



SLU STR - Assoc. V (Max My)

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

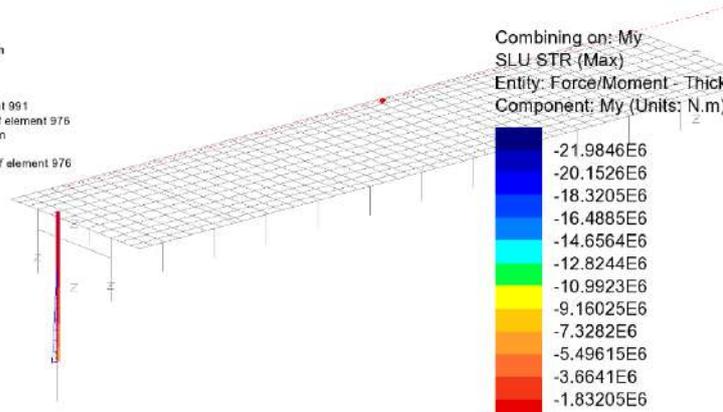
641.85E3  
1.2837E6  
1.92555E6  
2.5674E6  
3.20925E6  
3.8511E6  
4.49295E6  
5.1348E6  
5.77665E6  
6.4185E6  
7.06035E6  
7.7022E6

Maximum 7.70552E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991

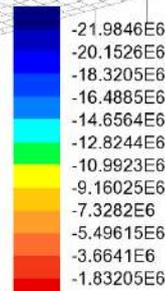
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.83205E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -21.9846E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.114673E-6



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

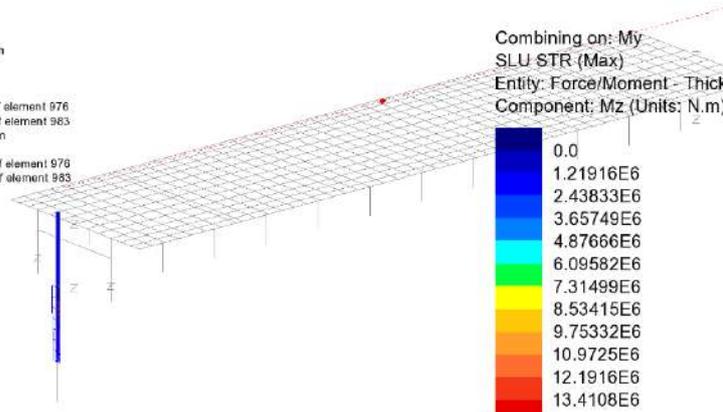


SLU STR - My (Max My)

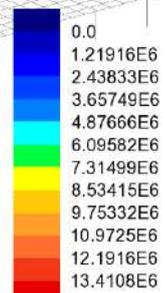
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -21.9846E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.21916E6  
Contour maximum 14.2632E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -366.792E3 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.49851E-6



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



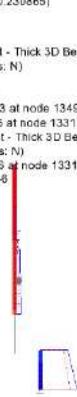
SLU STR - Assoc. Mz (Max My)

Maximum 14.2632E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -366.792E3 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

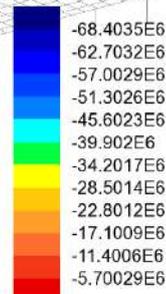
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 5.70029E6  
Contour maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.145805E-8



SLU STR - Assoc. N (Min My)

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



Maximum -181.276E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -68.5848E6 at node 1331 of element 976

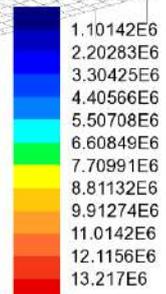
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.10142E6  
Contour maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 34.5126E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.754632E-8



SLU STR - Assoc. V (Min My)

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

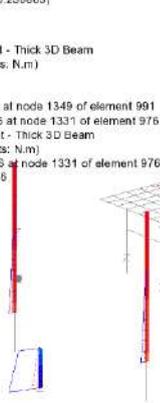


Maximum 13.2515E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 34.5126E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

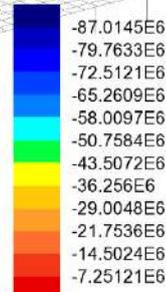
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 7.25121E6  
Contour maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.114673E-6



SLU STR - My (Min My)

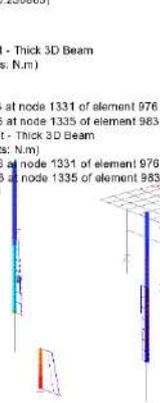
Combining on: My  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -190.34E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -87.2048E6 at node 1331 of element 976

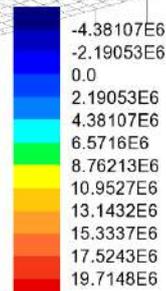
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.19053E6  
Contour maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.49851E-6



SLU STR - Assoc. Mz (Min My)

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

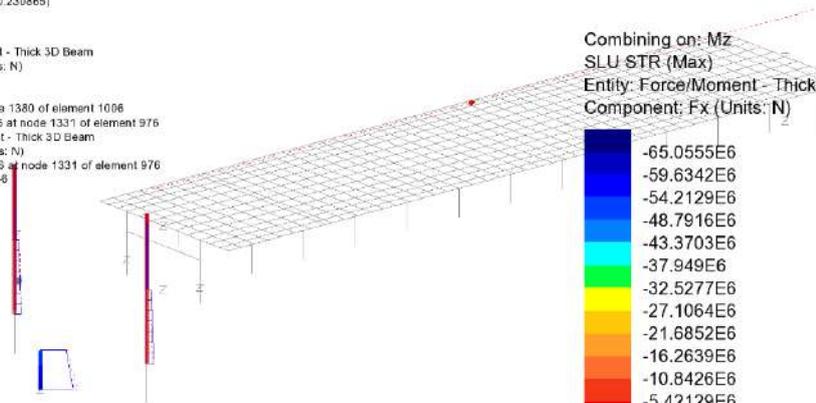


Maximum 20.0196E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -6.26678E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

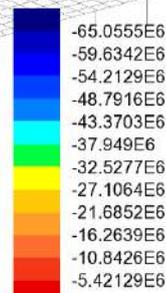
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 5.42129E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.153715E-8



SLU STR - Assoc. N (Max Mz)

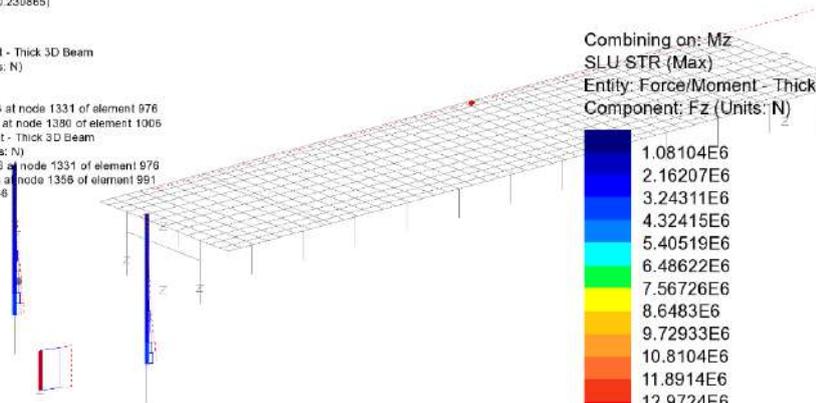
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976

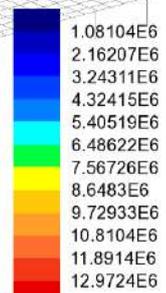
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.08104E6  
Contour maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.34889E3 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.770666E-8



SLU STR - Assoc. V (Max Mz)

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

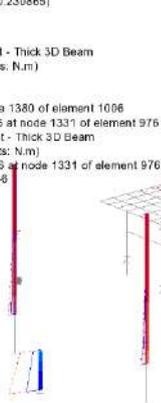


Maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.34889E3 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

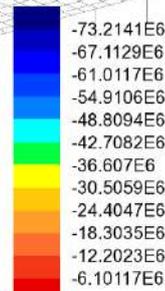
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.10117E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136586E-8



SLU STR - Assoc. My (Max Mz)

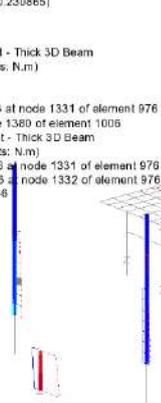
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976

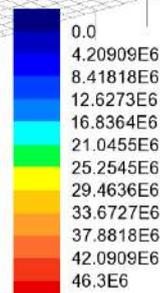
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.20909E6  
Contour maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.197984E-8



SLU STR - Mz (Max Mz)

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

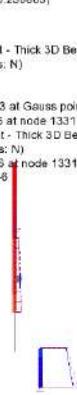


Maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

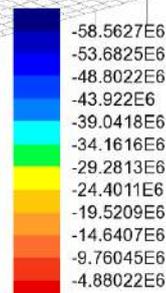
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.88022E6  
Contour maximum -10.5665E3 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -58.5733E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -65.0555E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.153716E-8



SLU STR - Assoc. N (Min Mz)

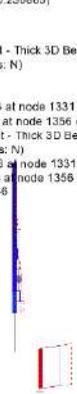
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum -10.5665E3 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -58.5733E6 at node 1331 of element 976

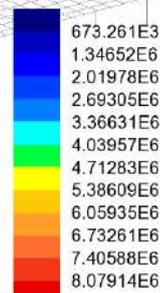
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 673.261E3  
Contour maximum 8.08246E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 12.9758E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.770666E-6



SLU STR - Assoc. V (Min Mz)

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

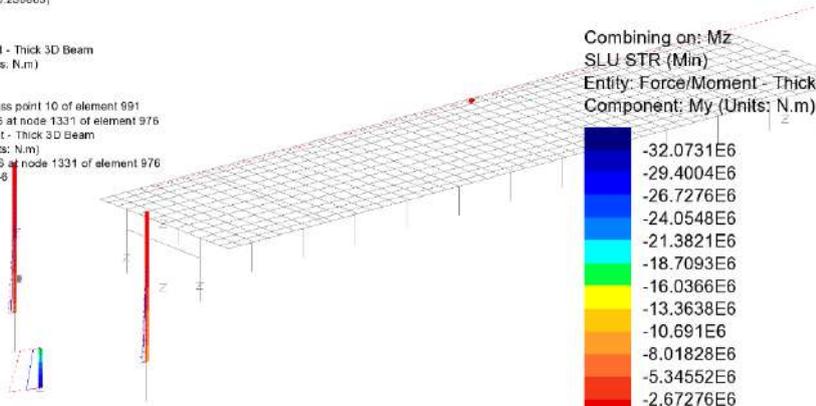


Maximum 8.08246E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32249E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

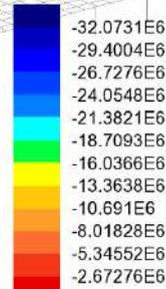
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.67276E6  
Contour maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -32.0733E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -73.2141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.136586E-8



SLU STR - Assoc. My (Min Mz)

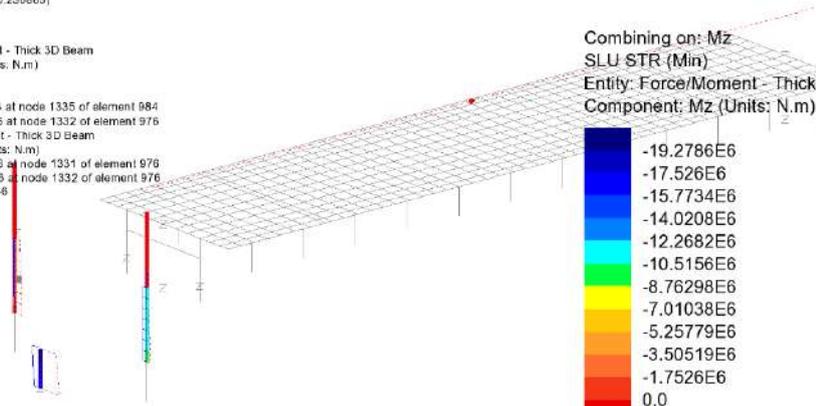
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -32.0733E6 at node 1331 of element 976

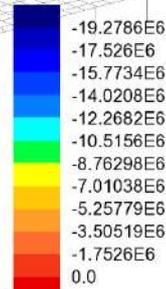
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLU STR (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.7526E6  
Contour maximum 269.851E3 at node 1335 of element 984  
Contour minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 50.5091E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.197984E-8



SLU STR - Mz (Min Mz)

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

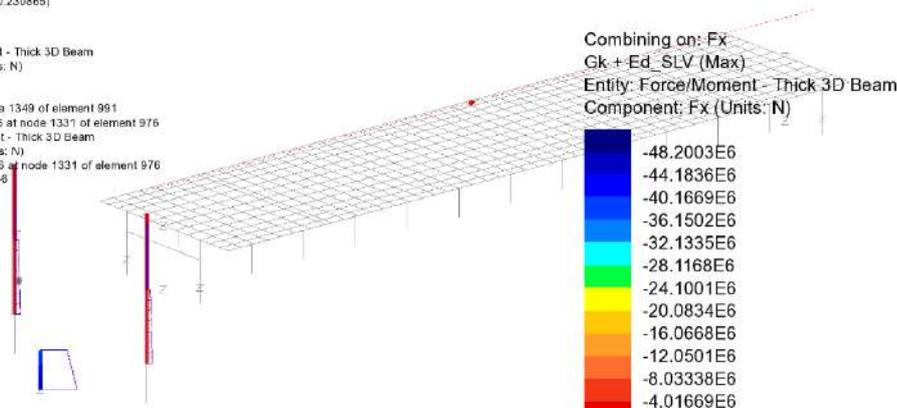


Maximum 269.851E3 at node 1335 of element 984  
Minimum -20.7613E6 at node 1332 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

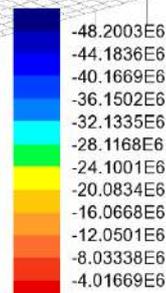
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.01669E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.2003E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -49.2904E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.203003E-8



**Gk + Ed\_SLV - N (Max N)**

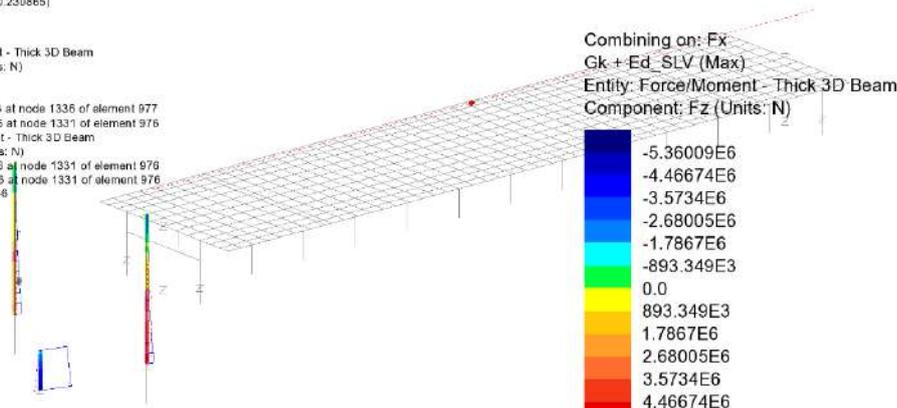
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.2003E6 at node 1331 of element 976

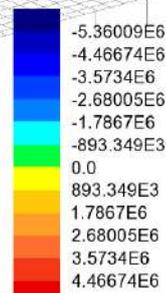
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 893.349E3  
Contour maximum 4.62772E6 at node 1336 of element 977  
Contour minimum -6.09246E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 31.0571E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.09246E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.321988E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max N)**

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

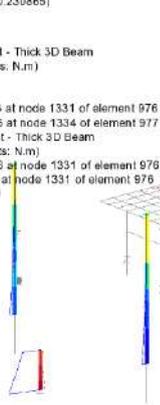


Maximum 4.62772E6 at node 1336 of element 977  
Minimum -6.09246E6 at node 1331 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

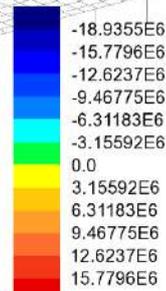
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.15592E6  
Contour maximum 18.3419E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -19.5291E6 at node 1334 of element 977  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 18.3419E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -132.22E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 75.6315E-9



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. My (Max N)**

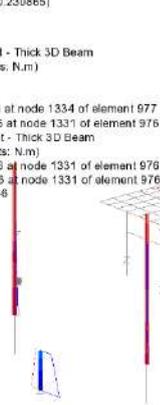
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 18.3419E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -19.5291E6 at node 1334 of element 977

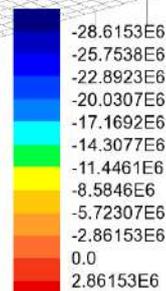
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.86153E6  
Contour maximum 5.05211E6 at node 1334 of element 977  
Contour minimum -29.2863E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 66.2871E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -29.2863E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.150859E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. Mz (Max N)**

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

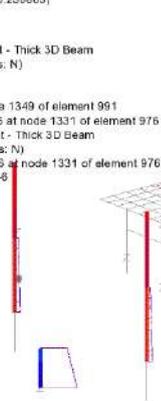


Maximum 5.05211E6 at node 1334 of element 977  
Minimum -29.2863E6 at node 1331 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

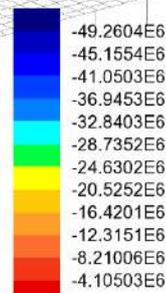
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.10503E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -49.2604E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -49.2604E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.203003E-8



**Gk + Ed\_SLV - N (Min N)**

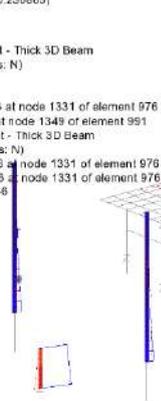
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -49.2604E6 at node 1331 of element 976

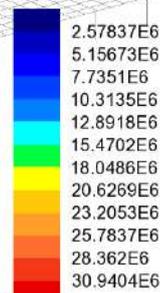
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.57837E6  
Contour maximum 31.0571E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 116.71E3 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 31.0571E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -6.09248E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.321988E-8



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Min N)**

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

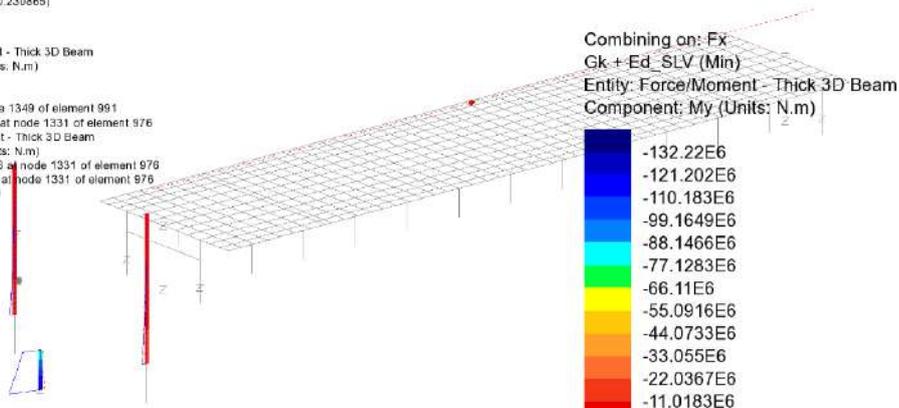


Maximum 31.0571E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 116.71E3 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 11.0183E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -132.22E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 13.3419E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -132.22E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 75.6315E-9



Gk + Ed\_SLV - Assoc. My (Min N)

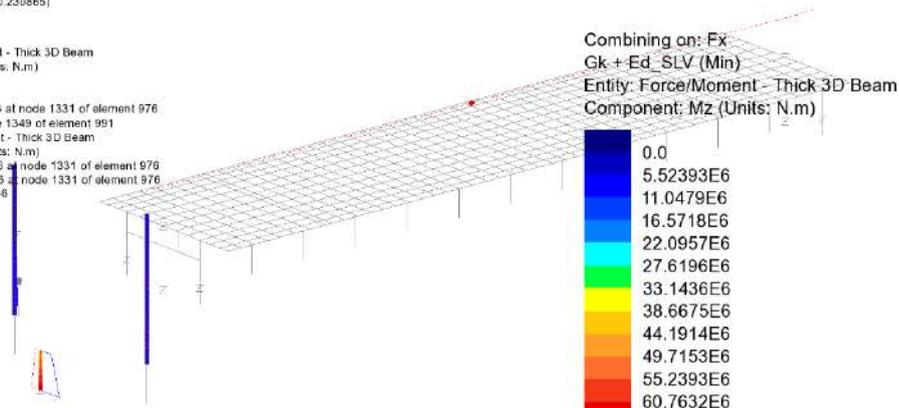
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

-132.22E6  
-121.202E6  
-110.183E6  
-99.1649E6  
-88.1466E6  
-77.1283E6  
-66.11E6  
-55.0916E6  
-44.0733E6  
-33.055E6  
-22.0367E6  
-11.0183E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -132.22E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 5.52393E6  
Contour maximum 66.2871E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 66.2871E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -29.2863E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.150859E-6



Gk + Ed\_SLV - Assoc. Mz (Min N)

Combining on: Fx  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

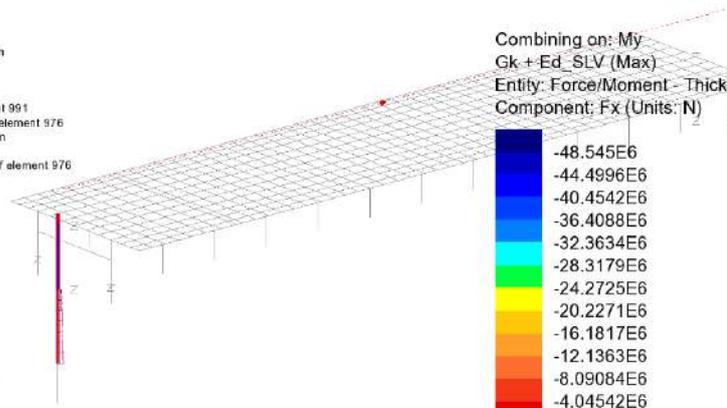
0.0  
5.52393E6  
11.0479E6  
16.5718E6  
22.0957E6  
27.6196E6  
33.1436E6  
38.6675E6  
44.1914E6  
49.7153E6  
55.2393E6  
60.7632E6

Maximum 66.2871E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.04542E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.545E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.545E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204434E-8



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Max My)**

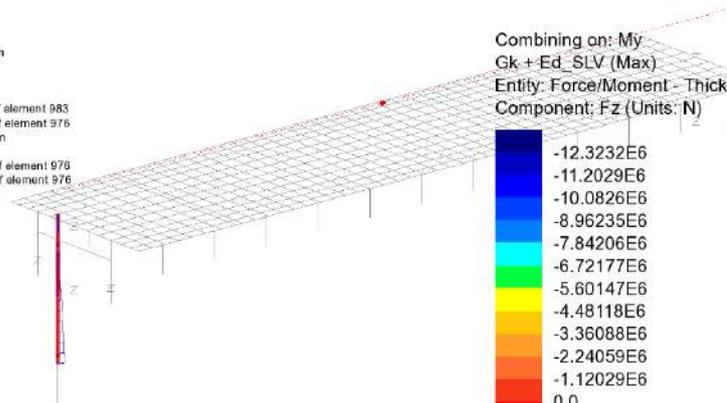
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-48.545E6  
-44.4996E6  
-40.4542E6  
-36.4088E6  
-32.3634E6  
-28.3179E6  
-24.2725E6  
-20.2271E6  
-16.1817E6  
-12.1363E6  
-8.09084E6  
-4.04542E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.545E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.12029E6  
Contour maximum 516.023E3 at node 1335 of element 983  
Contour minimum -12.9275E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 37.8922E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -12.9275E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.263907E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max My)**

Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

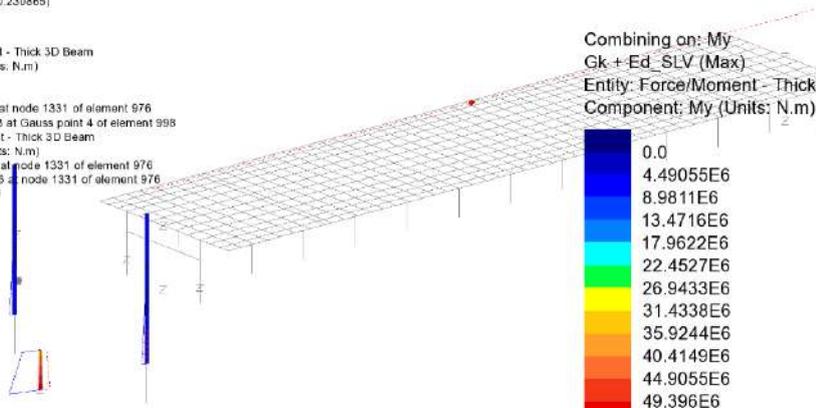
-12.3232E6  
-11.2029E6  
-10.0826E6  
-8.96235E6  
-7.84206E6  
-6.72177E6  
-5.60147E6  
-4.48118E6  
-3.36088E6  
-2.24059E6  
-1.12029E6  
0.0

Maximum 516.023E3 at node 1335 of element 983  
Minimum -12.9275E6 at node 1331 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

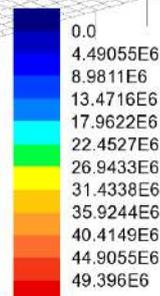
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.49055E6  
Contour maximum 53.489E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -397.618E3 at Gauss point 4 of element 998  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 53.489E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -187.367E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 58.7489E-9



**Gk + Ed\_SLV - My (Max My)**

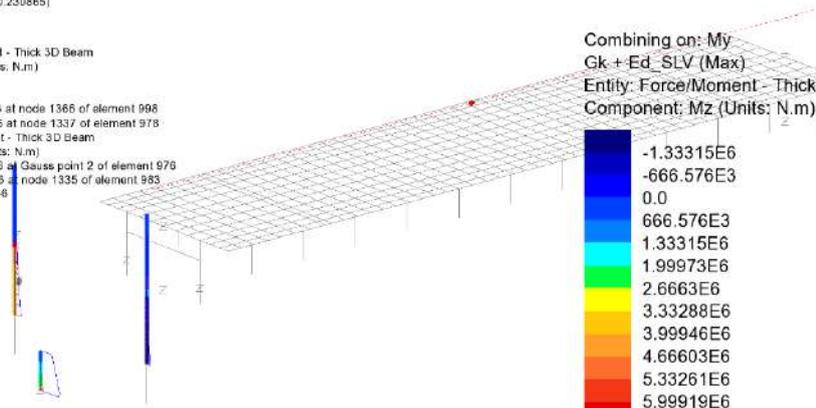
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 53.489E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -397.618E3 at Gauss point 4 of element 998

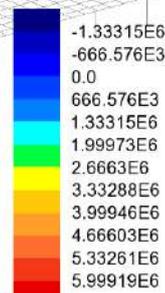
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 666.576E3  
Contour maximum 6.55984E6 at node 1366 of element 998  
Contour minimum -1.43907E6 at node 1337 of element 978  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 32.7647E6 at Gauss point 2 of element 976  
Diagram minimum -1.53068E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.305206E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. Mz (Max My)**

Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

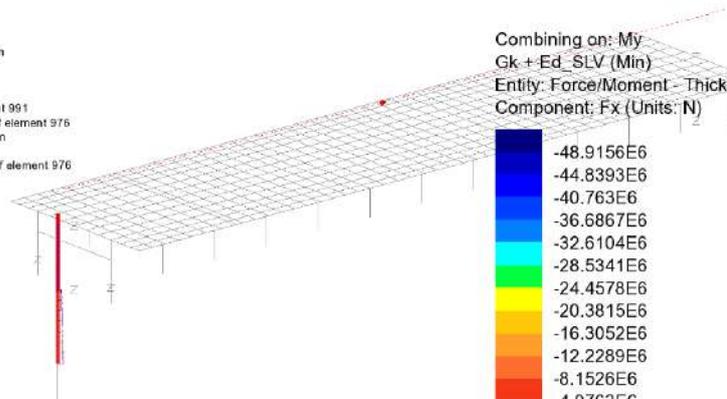
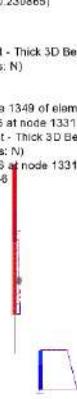


Maximum 6.55984E6 at node 1366 of element 998  
Minimum -1.43907E6 at node 1337 of element 978

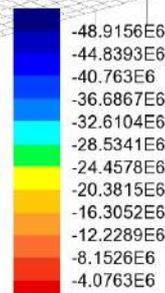
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.0763E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.9156E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.9156E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204434E-8



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

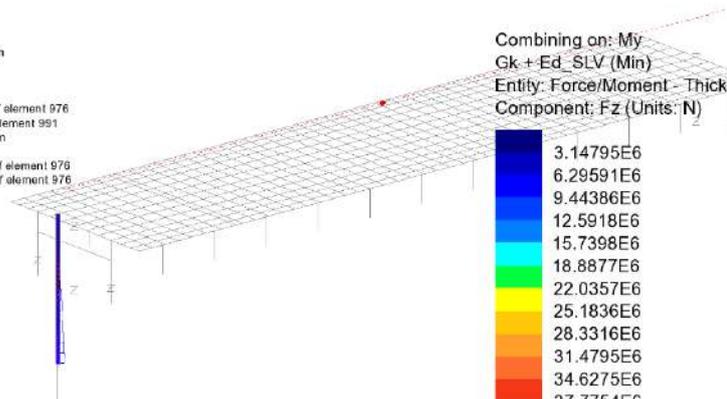
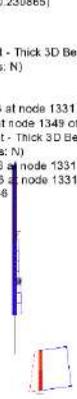


Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Min My)

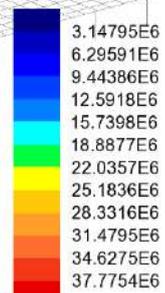
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.9156E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.14795E6  
Contour maximum 37.8922E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 116.71E3 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 37.8922E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -12.9275E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.263907E-8



Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)



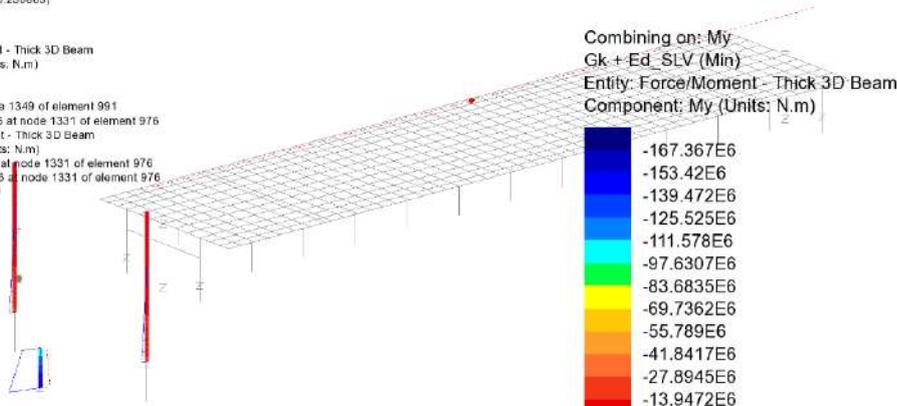
Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Min My)

Maximum 37.8922E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 116.71E3 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 13.9472E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -167.367E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram maximum 53.489E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -187.367E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 58.7489E-8



Gk + Ed\_SLV - My (Min My)

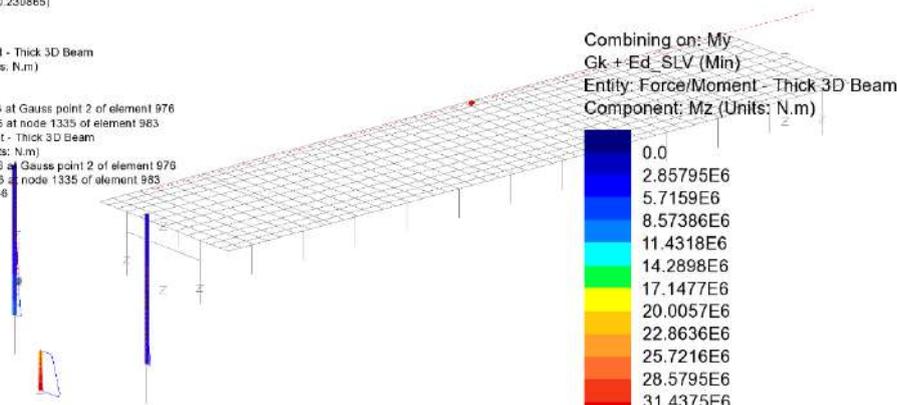
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

-167.367E6  
-153.42E6  
-139.472E6  
-125.525E6  
-111.578E6  
-97.6307E6  
-83.6835E6  
-69.7362E6  
-55.789E6  
-41.8417E6  
-27.8945E6  
-13.9472E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -167.367E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.85795E6  
Contour maximum 32.7647E6 at Gauss point 2 of element 976  
Contour minimum -1.53068E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 32.7647E6 at Gauss point 2 of element 976  
Diagram minimum -1.53068E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.305206E-6



Gk + Ed\_SLV - Assoc. Mz (Min My)

Combining on: My  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

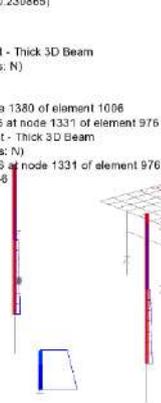
0.0  
2.85795E6  
5.7159E6  
8.57386E6  
11.4318E6  
14.2898E6  
17.1477E6  
20.0057E6  
22.8636E6  
25.7216E6  
28.5795E6  
31.4375E6

Maximum 32.7647E6 at Gauss point 2 of element 976  
Minimum -1.53068E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

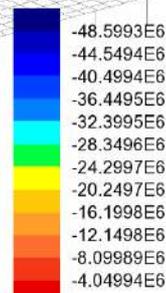
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.04994E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -48.5993E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.5914E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204861E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Max Mz)**

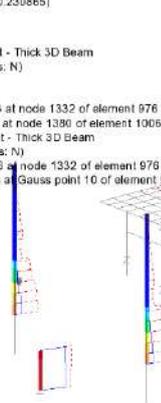
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -48.5993E6 at node 1331 of element 976

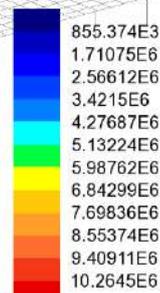
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 855.374E3  
Contour maximum 10.3018E6 at node 1332 of element 976  
Contour minimum 37.3572E3 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.3018E6 at node 1332 of element 976  
Diagram minimum 3.44982E3 at Gauss point 10 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.9707E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Max Mz)**

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

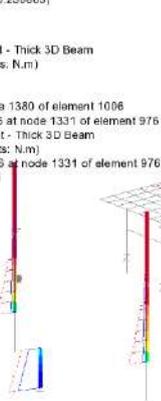


Maximum 10.3018E6 at node 1332 of element 976  
Minimum 37.3572E3 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

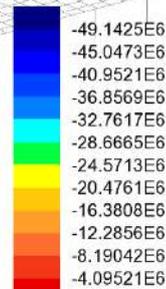
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.09521E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -49.1425E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -49.1425E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.20349E-9



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. My (Max Mz)**

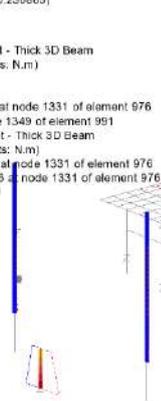
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -49.1425E6 at node 1331 of element 976

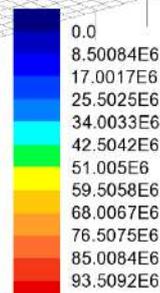
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 8.50084E6  
Contour maximum 102.01E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 102.01E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -75.0217E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 98.0296E-9



**Gk + Ed\_SLV - Mz (Max Mz)**

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

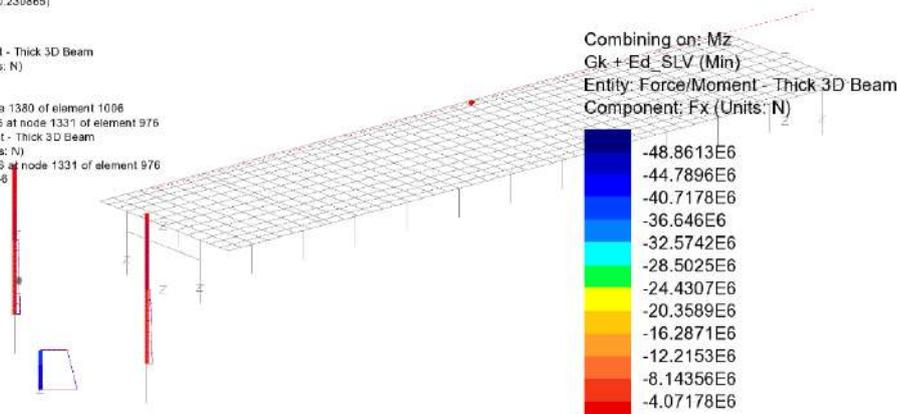


Maximum 102.01E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

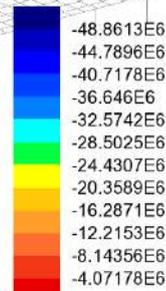
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.07178E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -48.8614E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.8614E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204861E-8



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. N (Min Mz)**

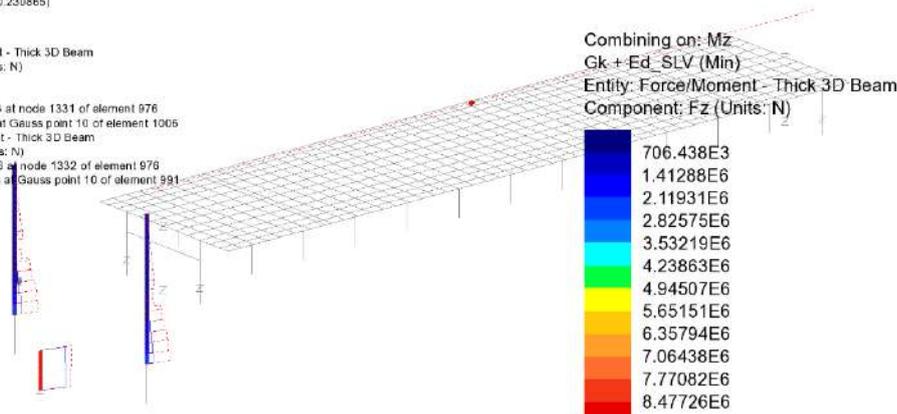
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -48.8614E6 at node 1331 of element 976

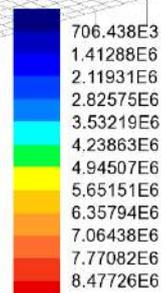
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 706.438E3  
Contour maximum 8.48071E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.4498E3 at Gauss point 10 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 10.3018E6 at node 1332 of element 976  
Diagram minimum 3.44982E3 at Gauss point 10 of element 991  
Diagram scale: 1: 0.9707E-6



**Gk + Ed\_SLV - Assoc. V (Min Mz)**

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

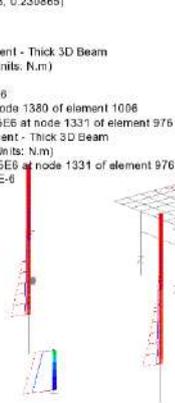


Maximum 8.48071E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.4498E3 at Gauss point 10 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.88179E6  
Contour maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Contour minimum -34.5815E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -49.1425E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.20349E-9



Gk + Ed\_SLV - Assoc. My (Min Mz)

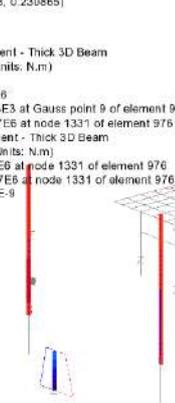
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Minimum -34.5815E6 at node 1331 of element 976

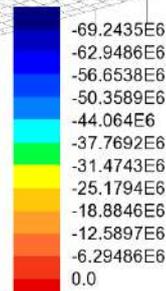
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 6.29486E6  
Contour maximum 516.653E3 at Gauss point 9 of element 993  
Contour minimum -75.0217E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 102.01E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -75.0217E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 98.0296E-9



Gk + Ed\_SLV - Mz (Min Mz)

Combining on: Mz  
Gk + Ed\_SLV (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Mz (Units: N.m)

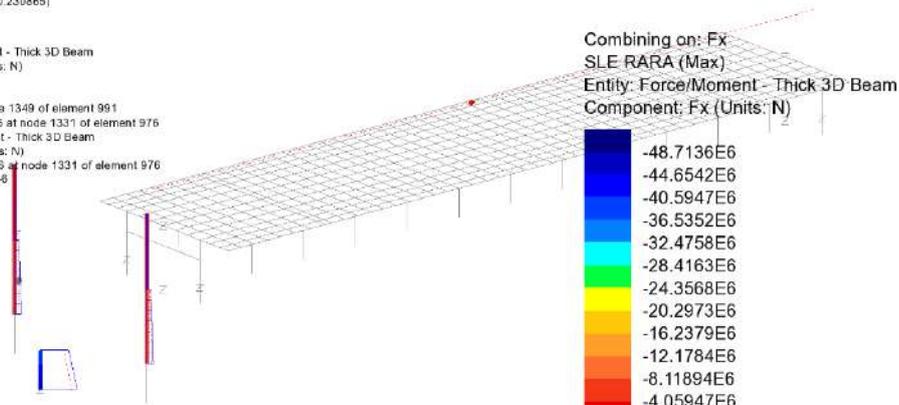


Maximum 516.653E3 at Gauss point 9 of element 993  
Minimum -75.0217E6 at node 1331 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

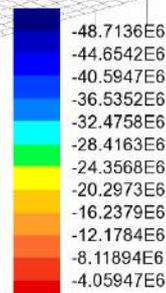
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.05947E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7136E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -50.4519E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.177142E-8



**SLE RARA - N (Max N)**

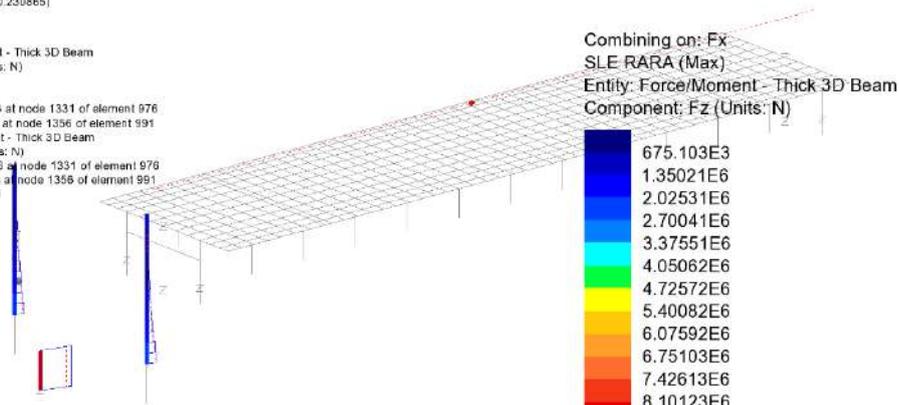
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7136E6 at node 1331 of element 976

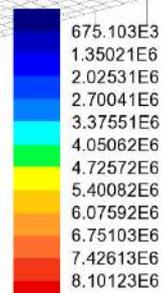
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 675.103E3  
Contour maximum 8.10456E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.61345E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.04021E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Max N)**

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

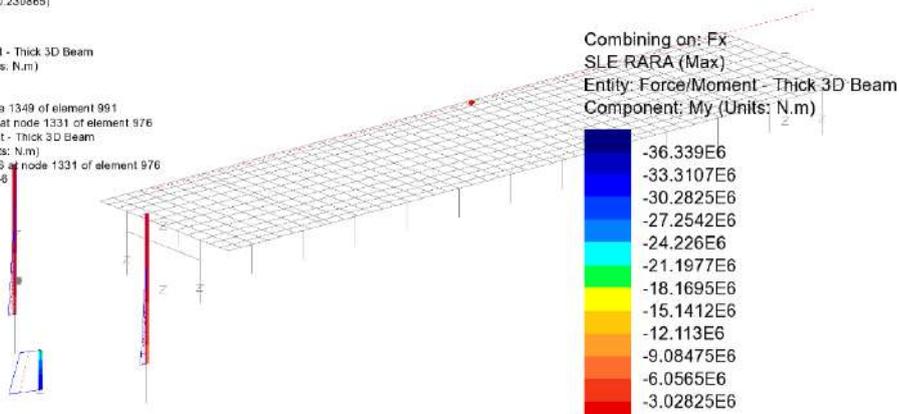


Maximum 8.10456E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

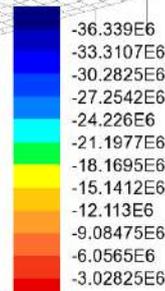
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.02825E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -36.339E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -54.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183418E-8



**SLE RARA - Assoc. My (Max N)**

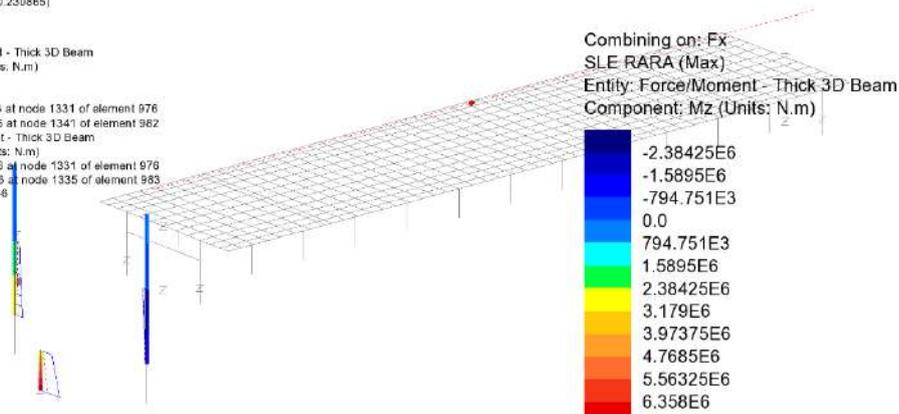
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -36.339E6 at node 1331 of element 976

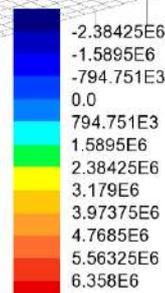
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 794.751E3  
Contour maximum 6.92639E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -2.61062E6 at node 1341 of element 982  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.5888E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -3.51753E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.568544E-6



**SLE RARA - Assoc. Mz (Max N)**

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

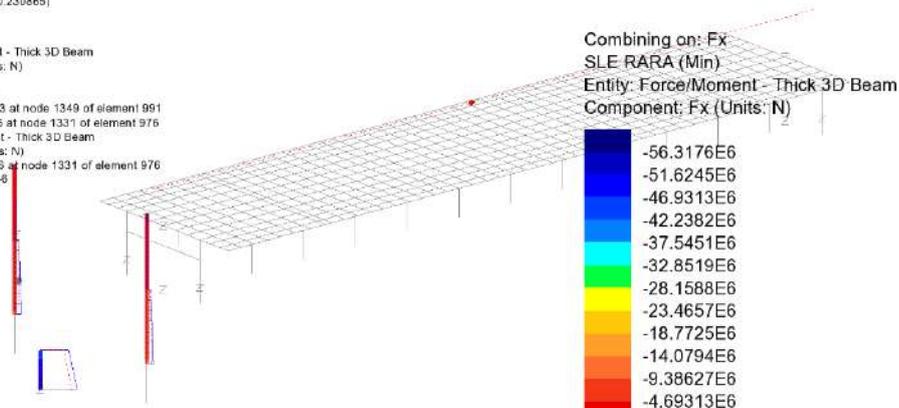


Maximum 6.92639E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -2.61062E6 at node 1341 of element 982

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.69313E6  
Contour maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -56.4519E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -56.4519E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.177142E-8



**SLE RARA - N (Min N)**

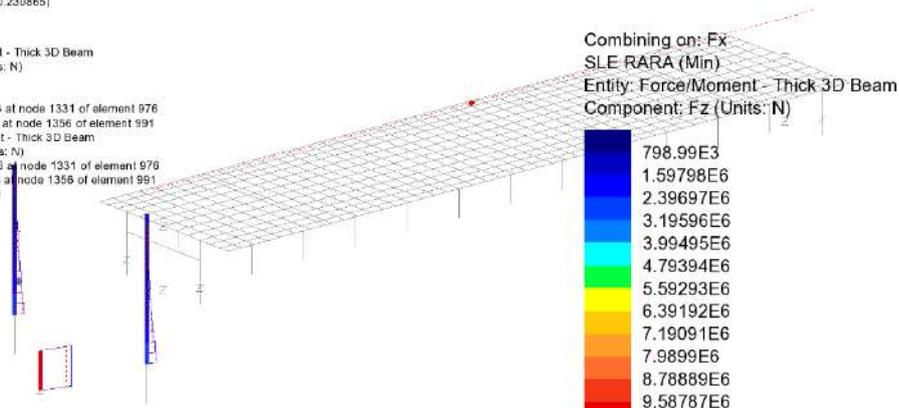
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-56.3176E6  
-51.6245E6  
-46.9313E6  
-42.2382E6  
-37.5451E6  
-32.8519E6  
-28.1588E6  
-23.4657E6  
-18.7725E6  
-14.0794E6  
-9.38627E6  
-4.69313E6

Maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -56.4519E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 798.99E3  
Contour maximum 9.61343E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.61343E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.04021E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Min N)**

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

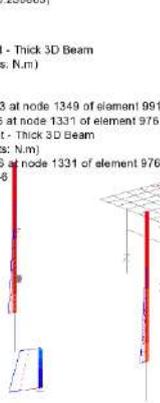
798.99E3  
1.59798E6  
2.39697E6  
3.19596E6  
3.99495E6  
4.79394E6  
5.59293E6  
6.39192E6  
7.19091E6  
7.9899E6  
8.78889E6  
9.58787E6

Maximum 9.61343E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

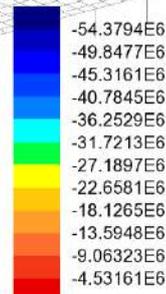
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.53161E6  
Contour maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -54.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -54.5203E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183418E-8



SLE RARA - Assoc. My (Min N)

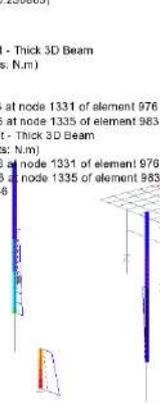
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -54.5203E6 at node 1331 of element 976

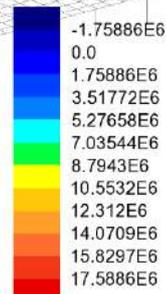
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.75886E6  
Contour maximum 17.5888E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -3.51753E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 17.5888E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -3.51753E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.568544E-6



SLE RARA - Assoc. Mz (Min N)

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

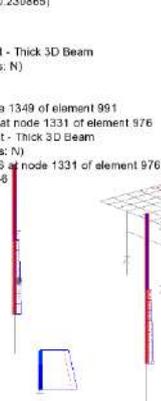


Maximum 17.5888E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -3.51753E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

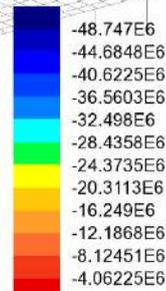
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06225E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.747E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -58.4319E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.177205E-8



**SLE RARA - Assoc. N (Max My)**

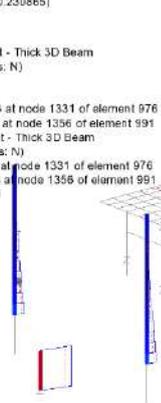
Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.747E6 at node 1331 of element 976

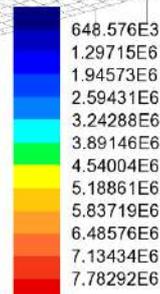
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 648.576E3  
Contour maximum 7.78625E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.8053E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.01988E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Max My)**

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

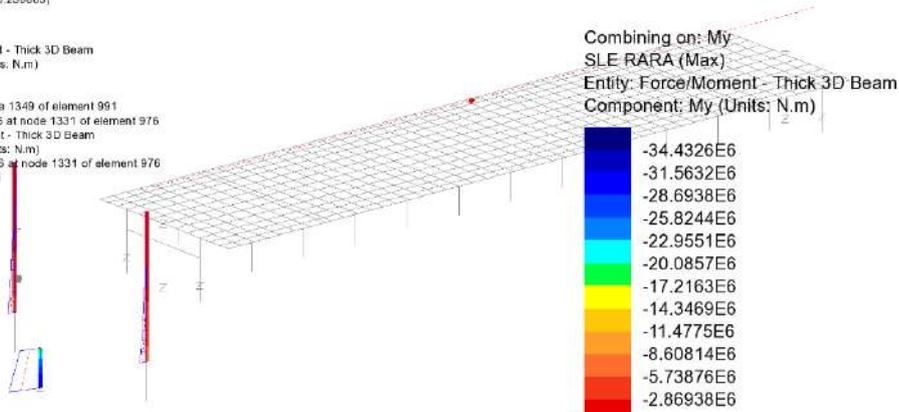


Maximum 7.78625E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.86938E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -34.4326E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -55.6999E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.17983E-0



**SLE RARA - My (Max My)**

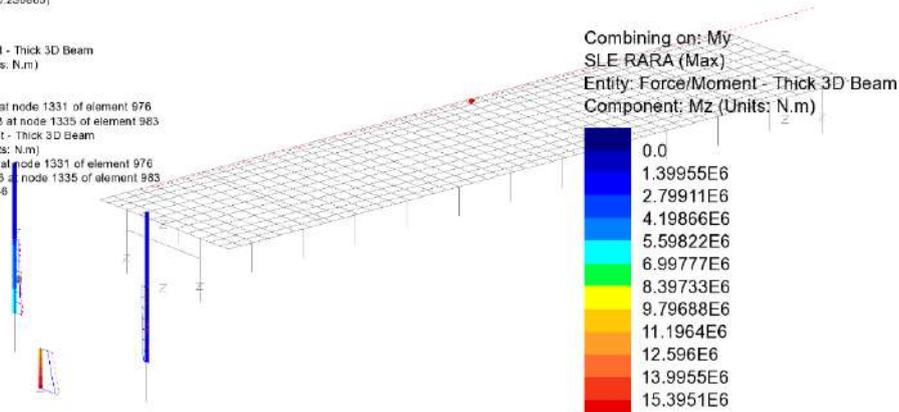
Combining on: My  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

-34.4326E6  
-31.5632E6  
-28.6938E6  
-25.8244E6  
-22.9551E6  
-20.0857E6  
-17.2163E6  
-14.3469E6  
-11.4775E6  
-8.60814E6  
-5.73876E6  
-2.86938E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -34.4326E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.39955E6  
Contour maximum 15.964E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -830.633E3 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 15.964E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.58314E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.626408E-6



**SLE RARA - Assoc. Mz (Max My)**

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

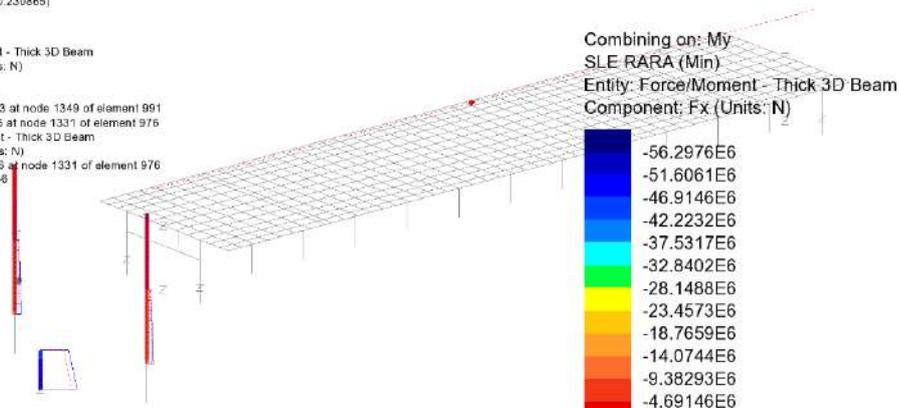
0.0  
1.39955E6  
2.79911E6  
4.19866E6  
5.59822E6  
6.99777E6  
8.39733E6  
9.79688E6  
11.1964E6  
12.596E6  
13.9955E6  
15.3951E6

Maximum 15.964E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -830.633E3 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.89146E6  
Contour maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -56.4318E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -56.4318E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.177205E-8



**SLE RARA - Assoc. N (Min My)**

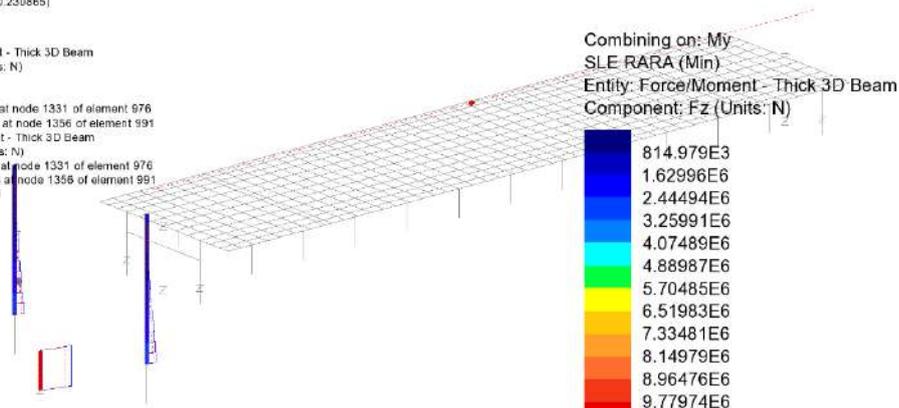
Combining on: My  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-56.2976E6  
-51.6061E6  
-46.9146E6  
-42.2232E6  
-37.5317E6  
-32.8402E6  
-28.1488E6  
-23.4573E6  
-18.7659E6  
-14.0744E6  
-9.38293E6  
-4.69146E6

Maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -56.4318E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 814.979E3  
Contour maximum 9.8053E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.8053E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.01988E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Min My)**

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

814.979E3  
1.62996E6  
2.44494E6  
3.25991E6  
4.07489E6  
4.88987E6  
5.70485E6  
6.51983E6  
7.33481E6  
8.14979E6  
8.96476E6  
9.77974E6

Maximum 9.8053E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

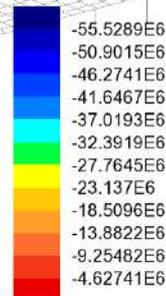
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.62741E6  
Contour maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -55.6699E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -55.6699E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.17983E-0



SLE RARA - My (Min My)

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



Maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -55.6699E6 at node 1331 of element 976

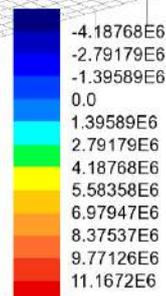
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.39589E6  
Contour maximum 12.1676E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -4.58314E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 15.964E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -4.58314E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.62640E-6



SLE RARA - Assoc. Mz (Min My)

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

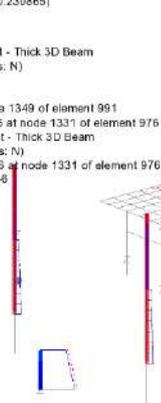


Maximum 12.1676E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -4.58314E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

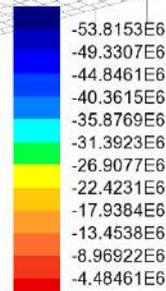
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.48461E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -53.8153E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -53.8153E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.185821E-8



**SLE RARA - Assoc. N (Max Mz)**

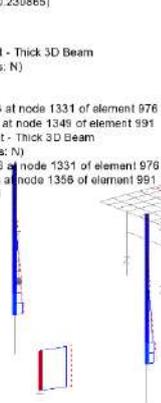
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -53.8153E6 at node 1331 of element 976

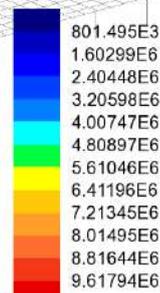
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 801.495E3  
Contour maximum 9.62129E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.34888E3 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.62129E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.03836E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Max Mz)**

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

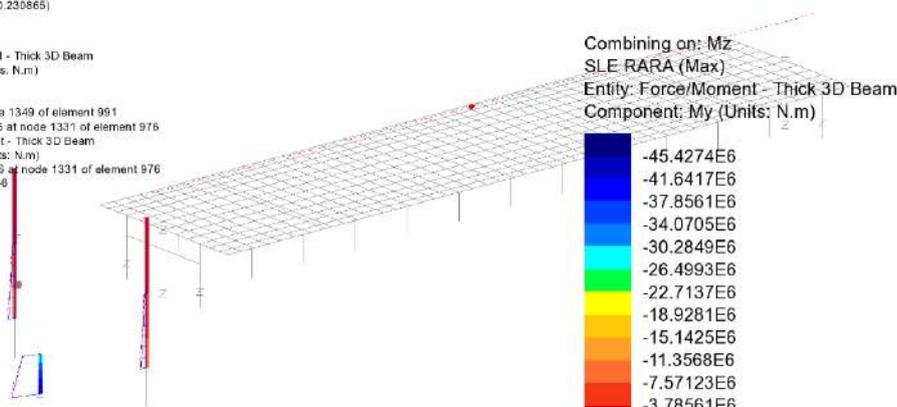


Maximum 9.62129E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.34888E3 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.78561E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -45.4274E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -45.4274E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.220132E-8



**SLE RARA - Assoc. My (Max Mz)**

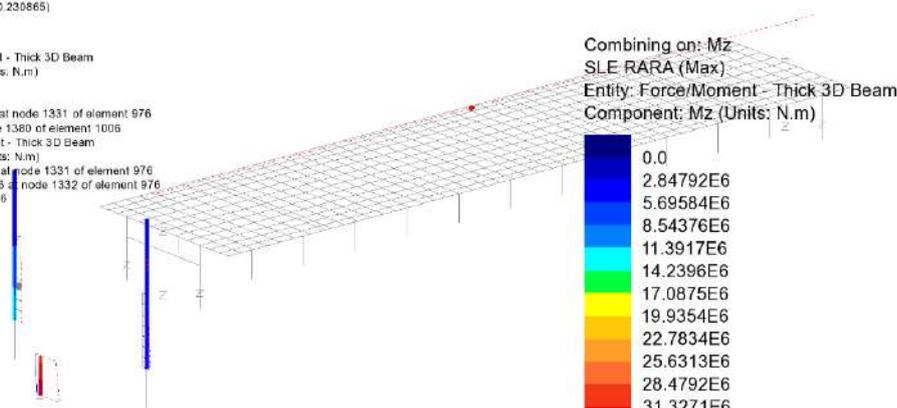
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

- 45.4274E6
- 41.6417E6
- 37.8561E6
- 34.0705E6
- 30.2849E6
- 26.4993E6
- 22.7137E6
- 18.9281E6
- 15.1425E6
- 11.3568E6
- 7.57123E6
- 3.78561E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -45.4274E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.84792E6  
Contour maximum 34.175E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 34.175E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -10.6315E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.292811E-8



**SLE RARA - Mz (Max Mz)**

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

- 0.0
- 2.84792E6
- 5.69584E6
- 8.54376E6
- 11.3917E6
- 14.2396E6
- 17.0875E6
- 19.9354E6
- 22.7834E6
- 25.6313E6
- 28.4792E6
- 31.3271E6

Maximum 34.175E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

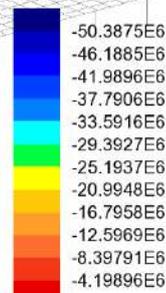
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.19896E6  
Contour maximum -7.82727E3 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -50.3953E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -53.8153E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.185821E-6



**SLE RARA - Assoc. N (Min Mz)**

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



Maximum -7.82727E3 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -50.3953E6 at node 1331 of element 976

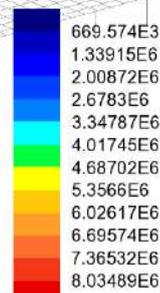
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 689.574E3  
Contour maximum 8.03822E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.62129E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.03836E-6



**SLE RARA - Assoc. V (Min Mz)**

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

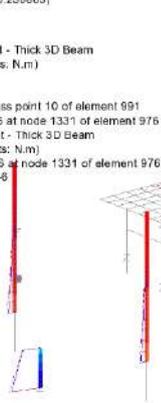


Maximum 8.03822E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

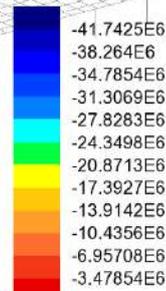
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.47854E6  
Contour maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -41.7427E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -45.4274E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.220132E-8



**SLE RARA - Assoc. My (Min Mz)**

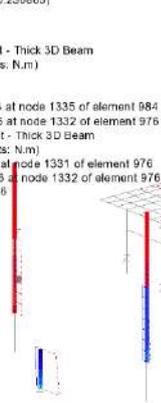
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -41.7427E6 at node 1331 of element 976

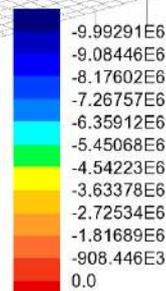
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE RARA (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 908.446E3  
Contour maximum 269.885E3 at node 1335 of element 984  
Contour minimum -10.6315E6 at node 1332 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 34.175E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -10.6315E6 at node 1332 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.292811E-8



**SLE RARA - Mz (Min Mz)**

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

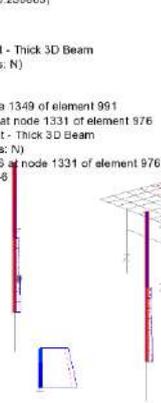


Maximum 269.885E3 at node 1335 of element 984  
Minimum -10.6315E6 at node 1332 of element 976

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

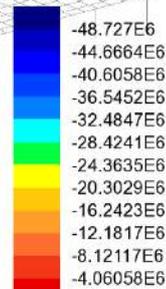
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06058E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.727E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183086E-6



**SLE FREQUENTE - N (Max N)**

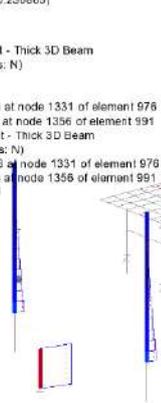
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.727E6 at node 1331 of element 976

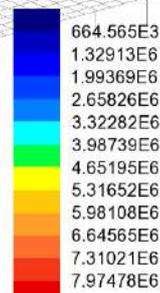
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 664.565E3  
Contour maximum 7.97811E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02876E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max N)**

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

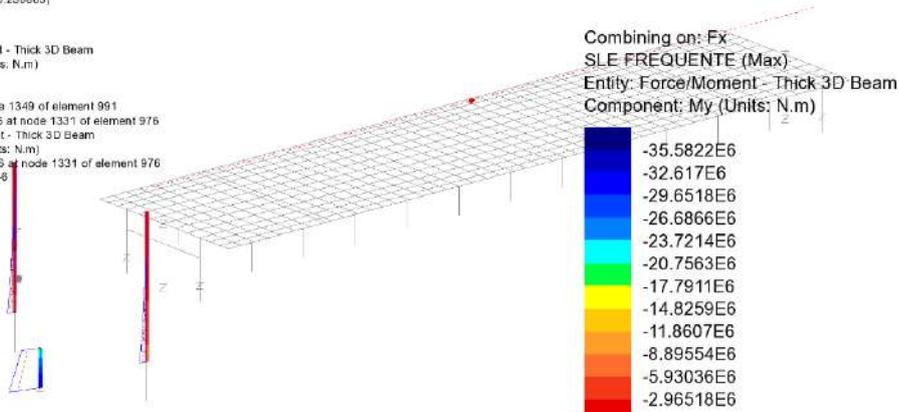


Maximum 7.97811E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.96518E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.5822E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -43.7935E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204987E-6

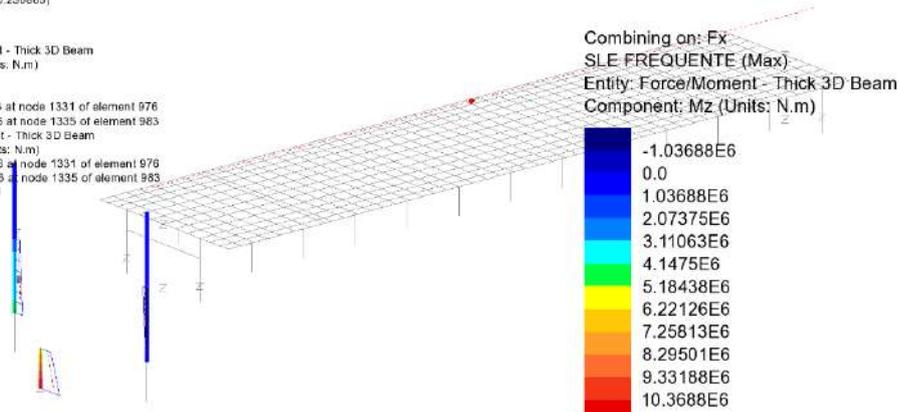


**SLE FREQUENTE - Assoc. My (Max N)**

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.5822E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.03688E6  
Contour maximum 10.5495E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.89302E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 14.4184E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -2.81098E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.6936E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Max N)**

Maximum 10.5495E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.89302E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

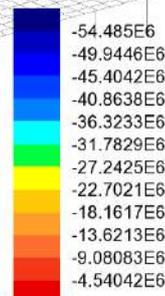
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.54042E6  
Contour maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183086E-8



**SLE FREQUENTE - N (Min N)**

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



Maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976

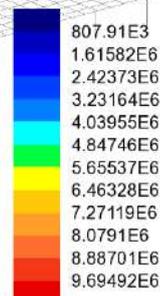
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 807.91E3  
Contour maximum 9.72048E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72048E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02876E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Min N)**

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

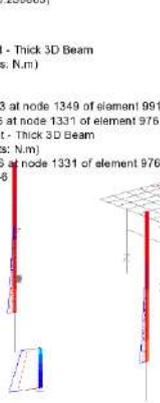


Maximum 9.72048E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

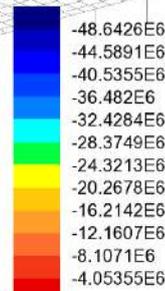
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.05355E6  
Contour maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7836E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -48.7836E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204987E-8



**SLE FREQUENTE - Assoc. My (Min N)**

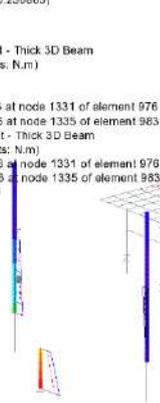
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7836E6 at node 1331 of element 976

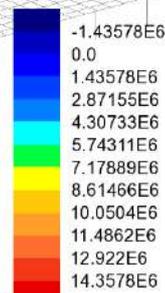
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.43578E6  
Contour maximum 14.4184E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -2.81096E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 14.4184E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -2.81096E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.6936E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Min N)**

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

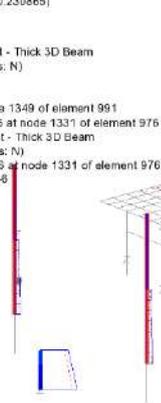


Maximum 14.4184E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -2.81096E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

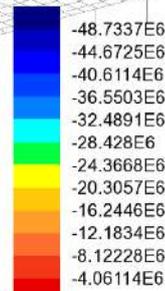
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06114E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7337E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183086E-8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Max My)**

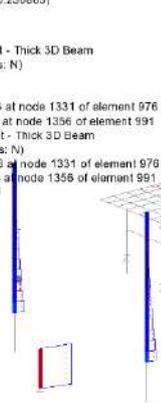
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7337E6 at node 1331 of element 976

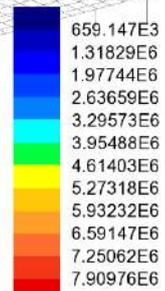
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 659.147E3  
Contour maximum 7.91309E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72228E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02857E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max My)**

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

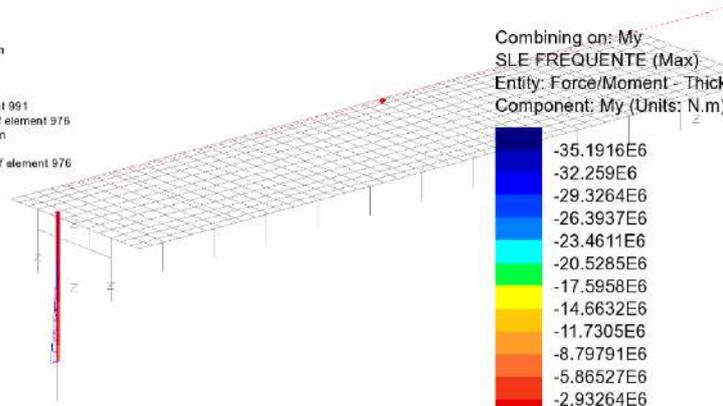


Maximum 7.91309E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

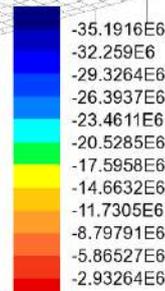
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.93264E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.1916E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -43.7957E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204936E-8



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

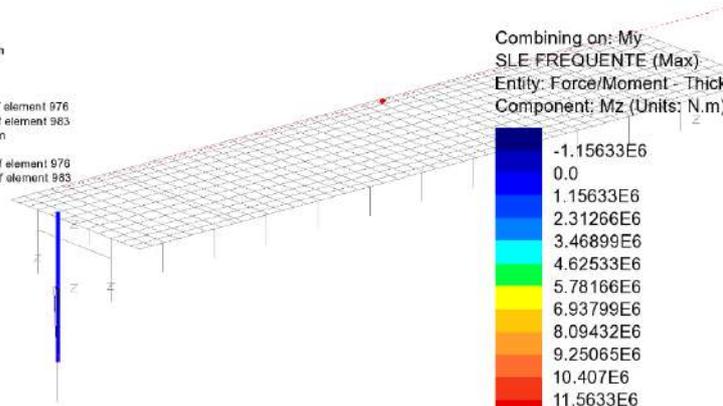


**SLE FREQUENTE - My (Max My)**

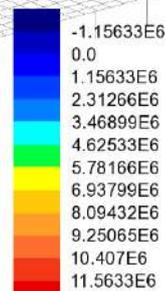
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.1916E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.15633E6  
Contour maximum 12.3232E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.55279E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 14.4462E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -2.79943E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.692222E-8



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



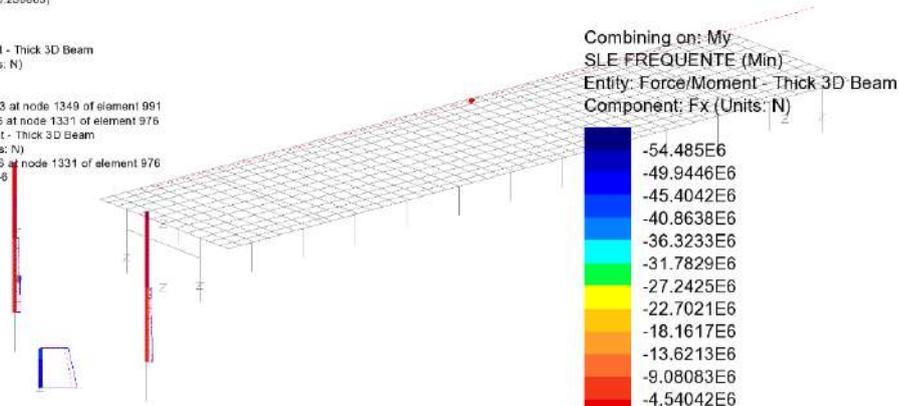
**SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Max My)**

Maximum 12.3232E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.55279E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.54042E6  
Contour maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.183086E-8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Min My)**

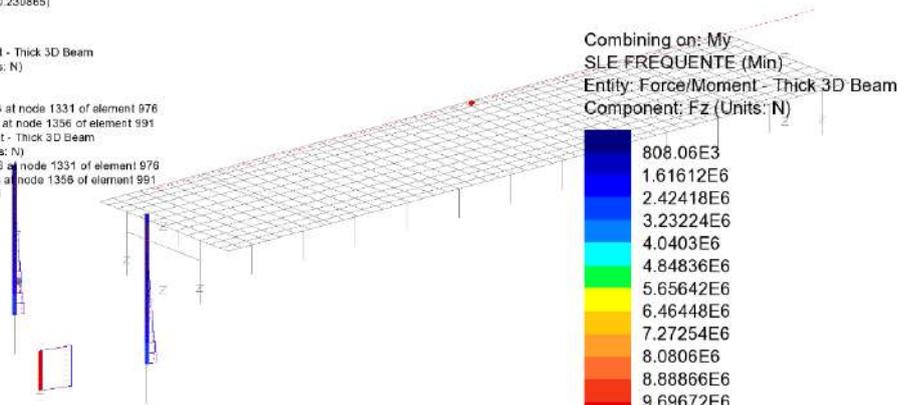
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-54.485E6  
-49.9446E6  
-45.4042E6  
-40.8638E6  
-36.3233E6  
-31.7829E6  
-27.2425E6  
-22.7021E6  
-18.1617E6  
-13.6213E6  
-9.08083E6  
-4.54042E6

Maximum -134.279E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -54.6193E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 808.06E3  
Contour maximum 9.72228E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72228E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02857E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Min My)**

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

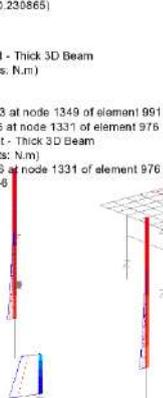
808.06E3  
1.61612E6  
2.42418E6  
3.23224E6  
4.0403E6  
4.84836E6  
5.65642E6  
6.46448E6  
7.27254E6  
8.0806E6  
8.88866E6  
9.69672E6

Maximum 9.72228E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 25.5598E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

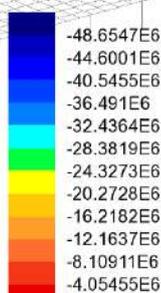
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.05455E6  
Contour maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7957E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -48.7957E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.204936E-8



**SLE FREQUENTE - My (Min My)**

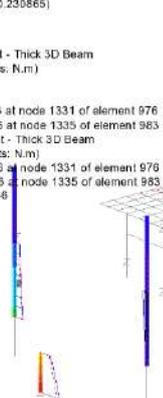
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum -140.993E3 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7957E6 at node 1331 of element 976

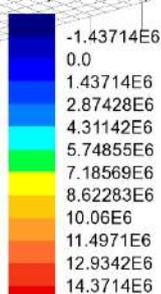
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.43714E6  
Contour maximum 14.4462E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -2.79943E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 14.4462E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -2.79943E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.692222E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Min My)**

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

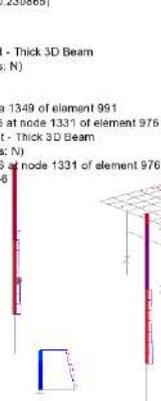


Maximum 14.4462E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -2.79943E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

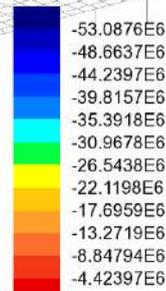
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.42397E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -53.0876E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -53.0876E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.186368E-8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Max Mz)**

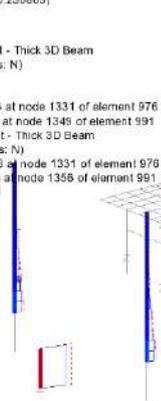
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -53.0876E6 at node 1331 of element 976

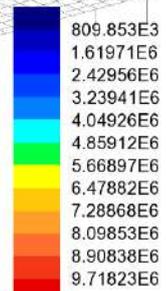
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 809.853E3  
Contour maximum 9.72158E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.34888E3 at node 1349 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72158E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02864E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max Mz)**

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

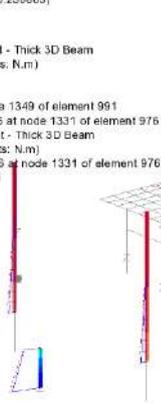


Maximum 9.72158E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.34888E3 at node 1349 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.62271E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -43.4726E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -43.4726E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.23003E-0



**SLE FREQUENTE - Assoc. My (Max Mz)**

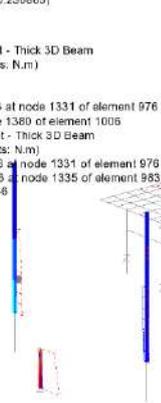
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -43.4726E6 at node 1331 of element 976

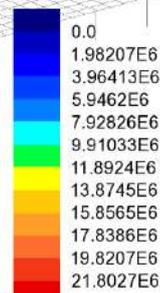
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.98207E6  
Contour maximum 23.7848E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 0.0 at node 1380 of element 1006  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 23.7848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -5.13128E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.420437E-6



**SLE FREQUENTE - Mz (Max Mz)**

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

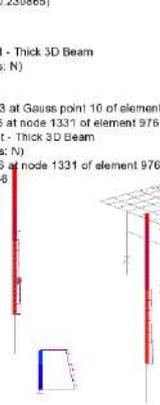


Maximum 23.7848E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 0.0 at node 1380 of element 1006

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

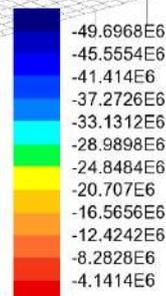
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.1414E6  
Contour maximum -7.82727E3 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -49.7046E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -53.0976E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.18636E-8



**SLE FREQUENTE - Assoc. N (Min Mz)**

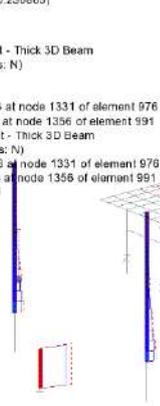
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum -7.82727E3 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -49.7046E6 at node 1331 of element 976

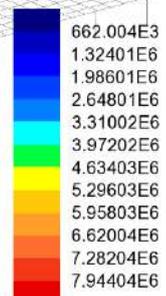
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 662.004E3  
Contour maximum 7.94737E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 9.72158E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.02864E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. V (Min Mz)**

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

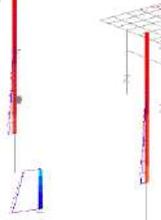


Maximum 7.94737E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

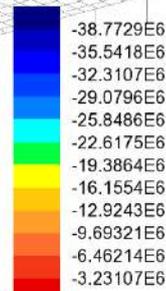
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 3.23107E6  
Contour maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Contour minimum -38.773E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -43.4725E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.23003E-6



**SLE FREQUENTE - Assoc. My (Min Mz)**

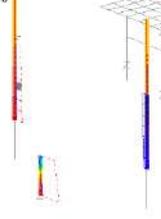
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at Gauss point 10 of element 991  
Minimum -38.773E6 at node 1331 of element 976

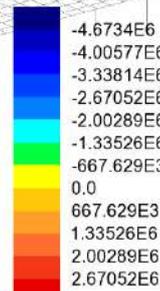
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE FREQUENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 667.629E3  
Contour maximum 2.88027E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -5.13128E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 23.7848E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -5.13128E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.420437E-6



**SLE FREQUENTE - Mz (Min Mz)**

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

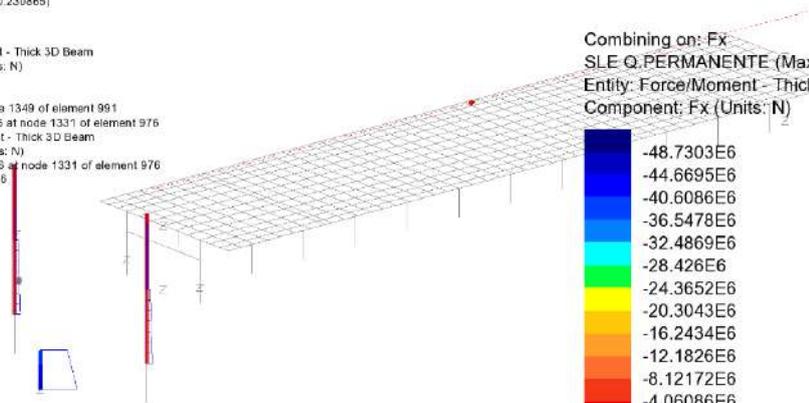


Maximum 2.88027E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -5.13128E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

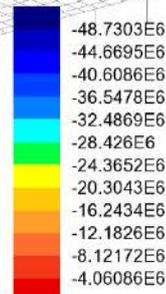
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



**SLE Q.PERMANENTE - N (Max N)**

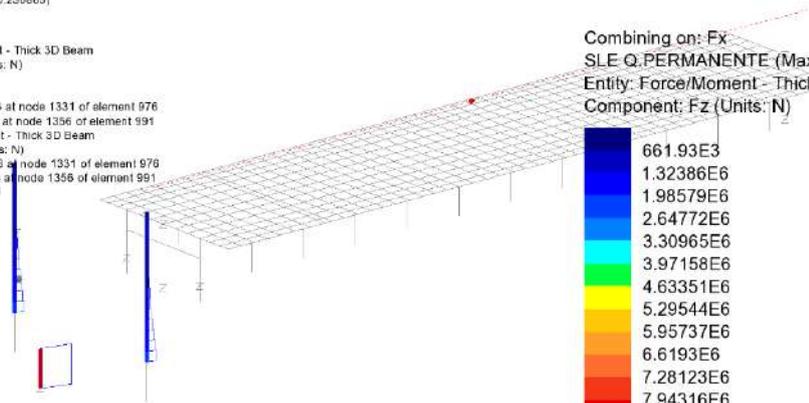
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

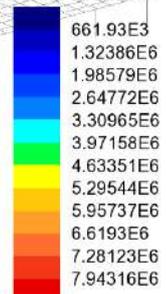
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 661.93E3  
Contour maximum 7.94649E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.94649E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25797E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Max N)**

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

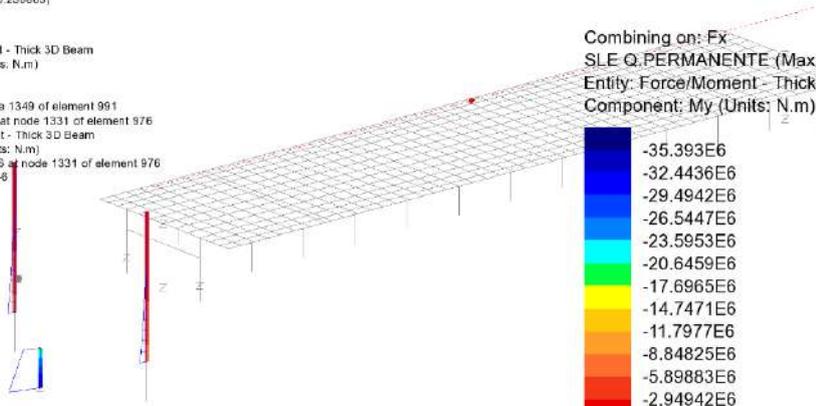


Maximum 7.94649E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.94942E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.393E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4081E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.282422E-8



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Max N)

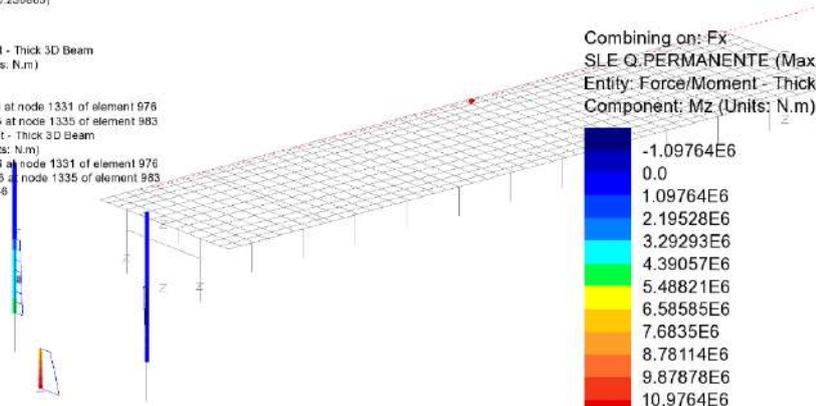
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.393E6 at node 1331 of element 976

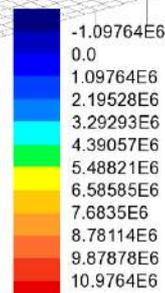
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.09764E6  
Contour maximum 11.4586E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.71311E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.4586E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.81069E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.872707E-8



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)

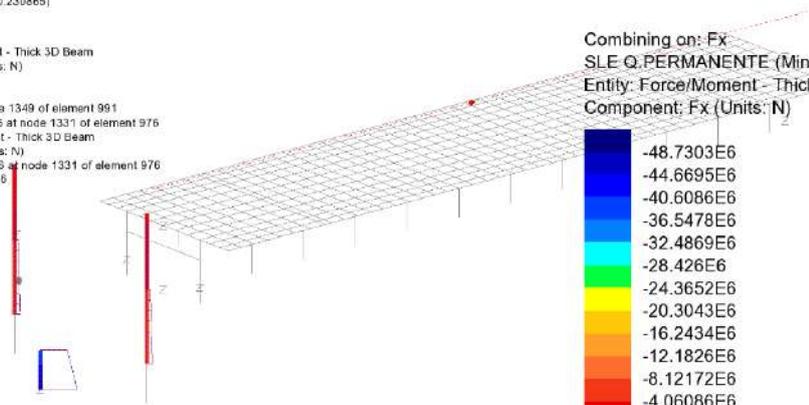


Maximum 11.4586E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.71311E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



**SLE Q.PERMANENTE - N (Min N)**

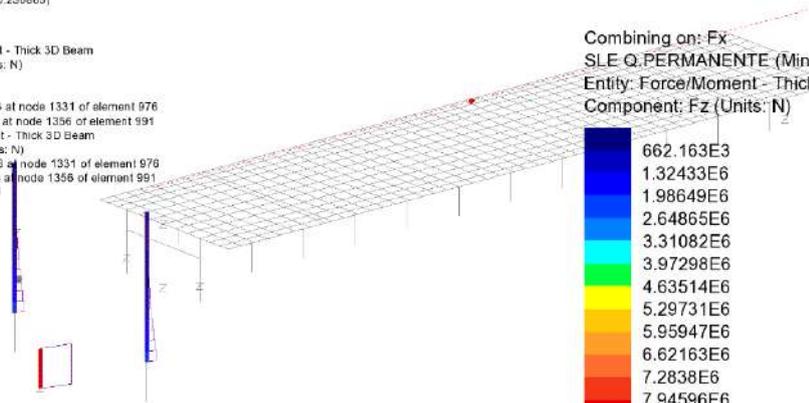
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-48.7303E6  
-44.6695E6  
-40.6086E6  
-36.5478E6  
-32.4869E6  
-28.426E6  
-24.3652E6  
-20.3043E6  
-16.2434E6  
-12.1826E6  
-8.12172E6  
-4.06086E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 662.163E3  
Contour maximum 7.94929E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.94929E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25797E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Min N)**

Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

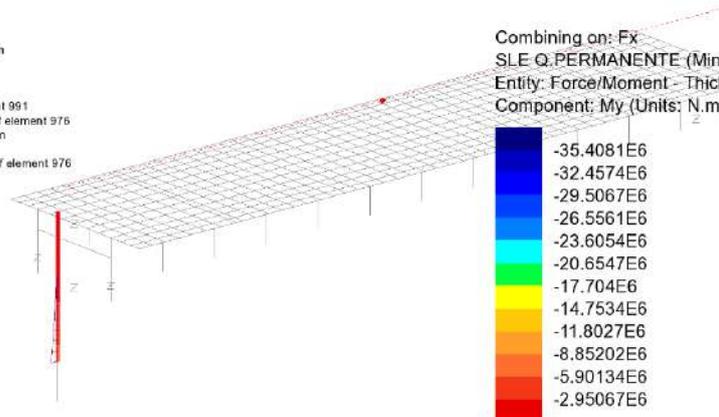
662.163E3  
1.32433E6  
1.98649E6  
2.64865E6  
3.31082E6  
3.97298E6  
4.63514E6  
5.29731E6  
5.95947E6  
6.62163E6  
7.2838E6  
7.94596E6

Maximum 7.94929E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

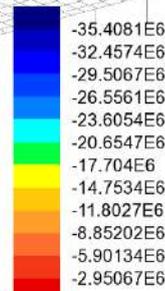
**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.95067E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.4081E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4081E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.282422E-8



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

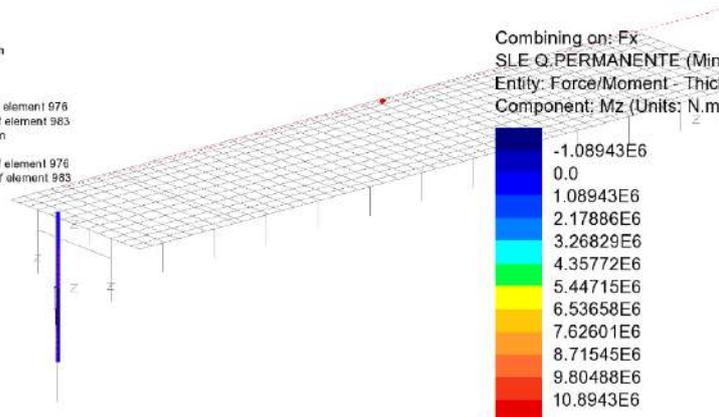
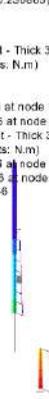


SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min N)

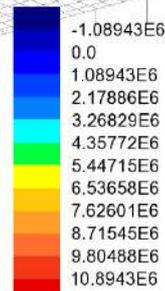
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.4081E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Fx  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.08943E6  
Contour maximum 11.2625E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.81069E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.4589E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.81069E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.872707E-6



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



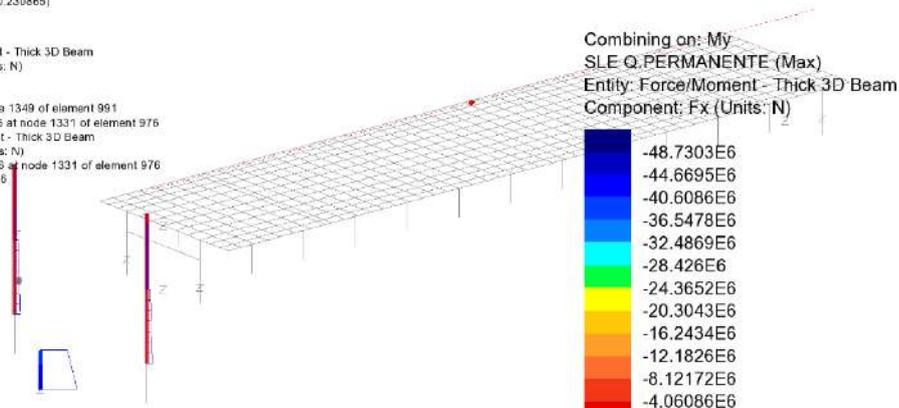
SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Min N)

Maximum 11.2625E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.81069E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Max My)

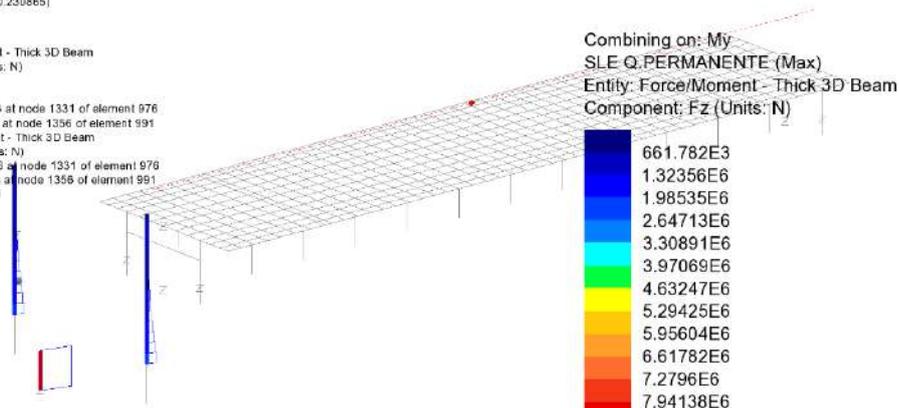
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-48.7303E6  
-44.6695E6  
-40.6086E6  
-36.5478E6  
-32.4869E6  
-28.426E6  
-24.3652E6  
-20.3043E6  
-16.2434E6  
-12.1826E6  
-8.12172E6  
-4.06086E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 661.782E3  
Contour maximum 7.94471E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.95109E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25769E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Max My)

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

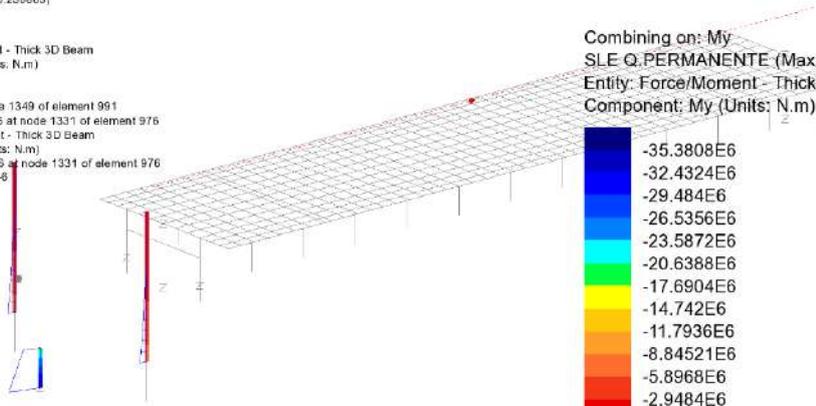
661.782E3  
1.32356E6  
1.98535E6  
2.64713E6  
3.30891E6  
3.97069E6  
4.63247E6  
5.29425E6  
5.95604E6  
6.61782E6  
7.2796E6  
7.94138E6

Maximum 7.94471E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.9484E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.3808E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4201E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.282325E-8



**SLE Q.PERMANENTE - My (Max My)**

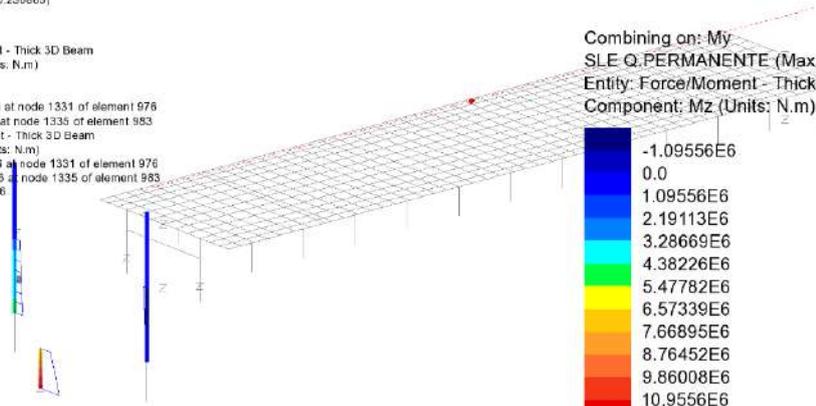
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)

-35.3808E6  
-32.4324E6  
-29.484E6  
-26.5356E6  
-23.5872E6  
-20.6388E6  
-17.6904E6  
-14.742E6  
-11.7936E6  
-8.84521E6  
-5.8968E6  
-2.9484E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.3808E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.09556E6  
Contour maximum 11.4141E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.7327E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.4141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.79917E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.876111E-6



**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)

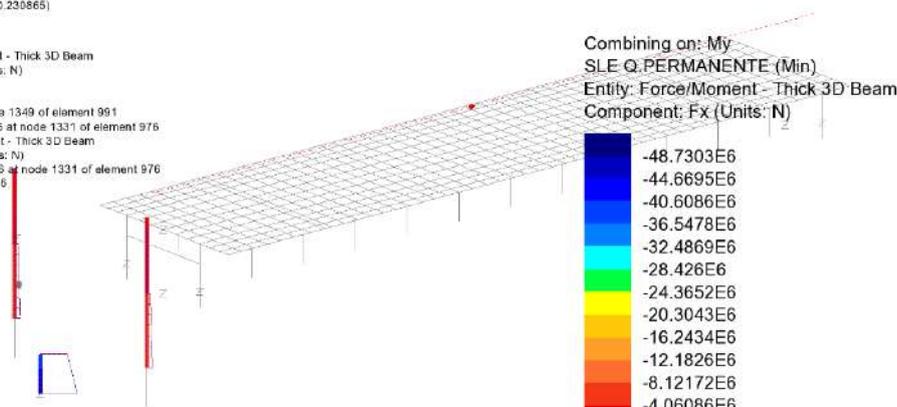
-1.09556E6  
0.0  
1.09556E6  
2.19113E6  
3.28669E6  
4.38226E6  
5.47782E6  
6.57339E6  
7.66895E6  
8.76452E6  
9.86008E6  
10.9556E6

Maximum 11.4141E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.7327E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Min My)

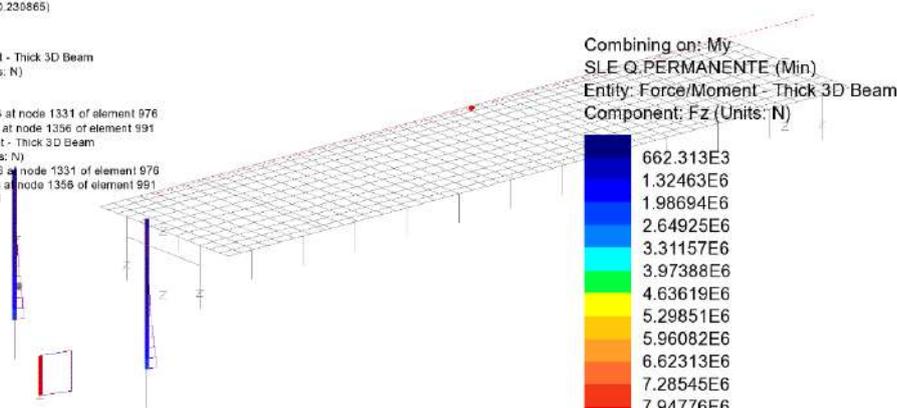
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)

-48.7303E6  
-44.6695E6  
-40.6086E6  
-36.5478E6  
-32.4869E6  
-28.426E6  
-24.3652E6  
-20.3043E6  
-16.2434E6  
-12.1826E6  
-8.12172E6  
-4.06086E6

Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 662.313E3  
Contour maximum 7.95109E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.95109E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25769E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Min My)

Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

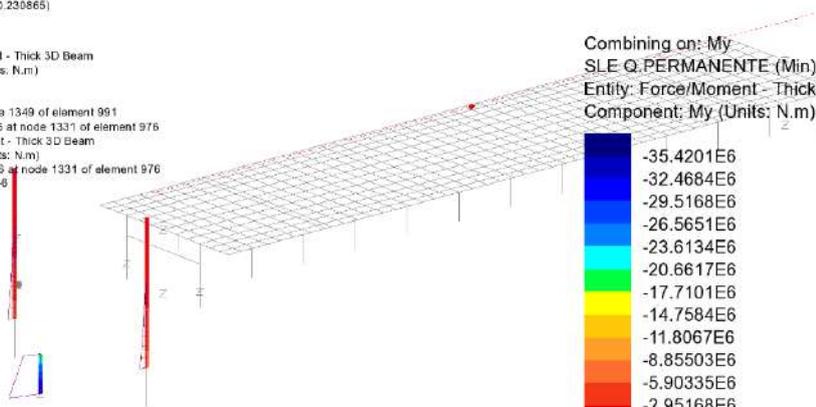
662.313E3  
1.32463E6  
1.98694E6  
2.64925E6  
3.31157E6  
3.97388E6  
4.63619E6  
5.29851E6  
5.96082E6  
6.62313E6  
7.28545E6  
7.94776E6

Maximum 7.95109E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

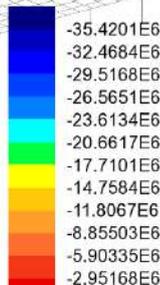
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.95168E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.4201E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4201E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.282325E-8



**SLE Q.PERMANENTE - My (Min My)**

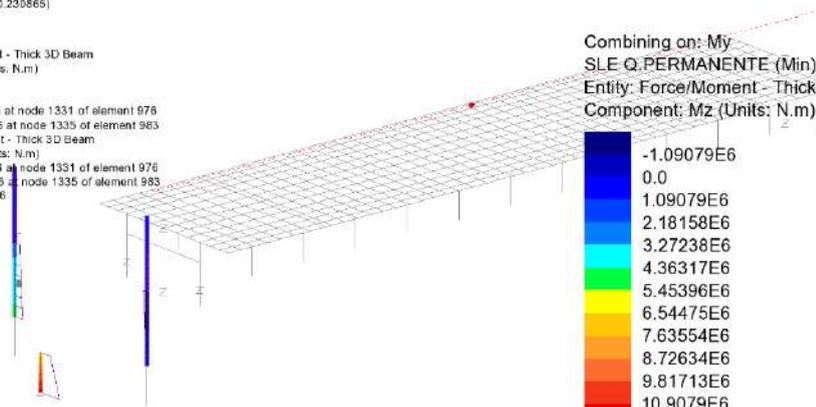
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: My (Units: N.m)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.4201E6 at node 1331 of element 976

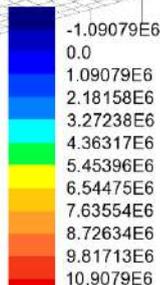
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: My  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.09079E6  
Contour maximum 11.2903E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.79917E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.4141E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.79917E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.876111E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Min My)**

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

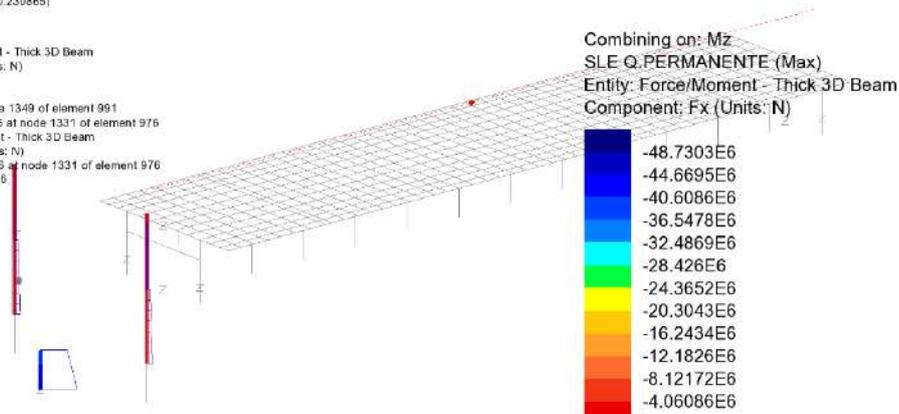


Maximum 11.2903E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.79917E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

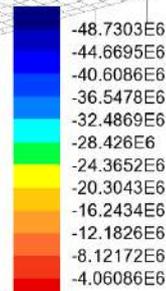
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Max Mz)**

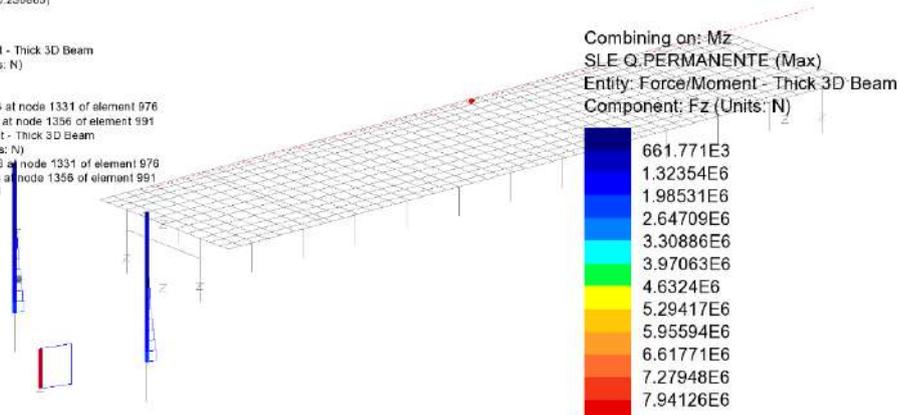
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

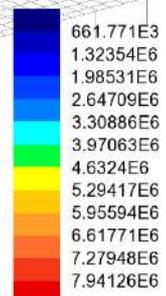
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 661.771E3  
Contour maximum 7.94459E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.95122E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25767E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Max Mz)**

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

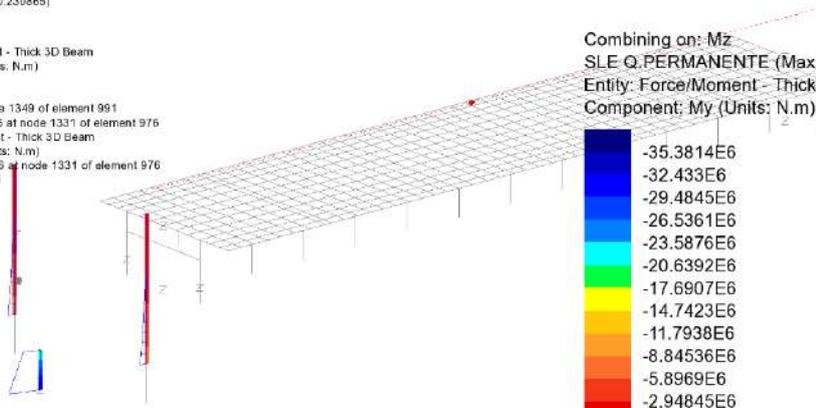


Maximum 7.94459E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

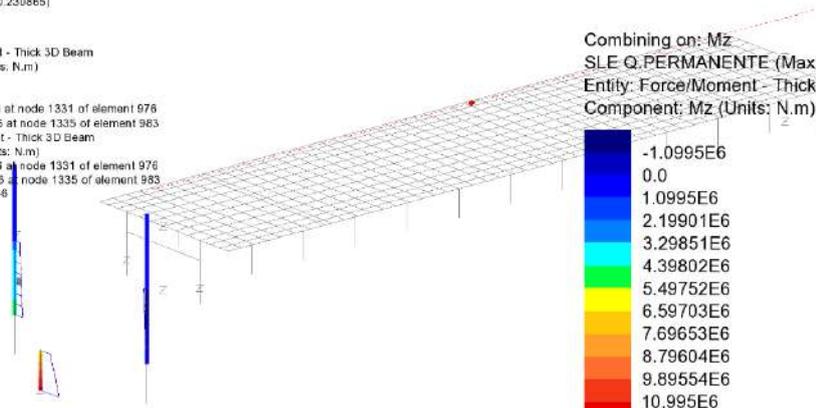
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.94845E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.3814E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4195E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.28233E-0



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Max Mz)**  
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.3814E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.828118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.0995E6  
Contour maximum 11.5057E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.68838E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.5057E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.84348E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.868136E-6

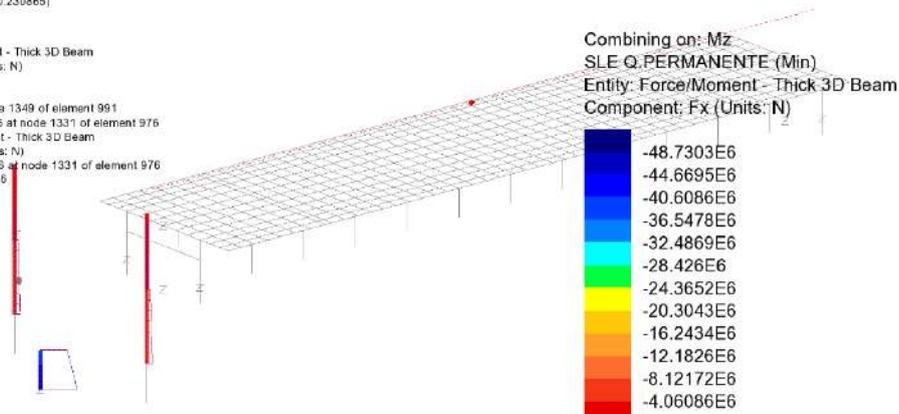


**SLE Q.PERMANENTE - Mz (Max Mz)**  
Maximum 11.5057E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.68838E6 at node 1335 of element 983

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

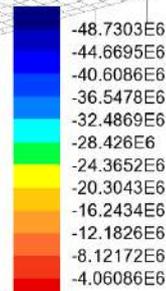
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fx (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 4.06086E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fx (Units: N)  
Diagram minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.205211E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. N (Min Mz)

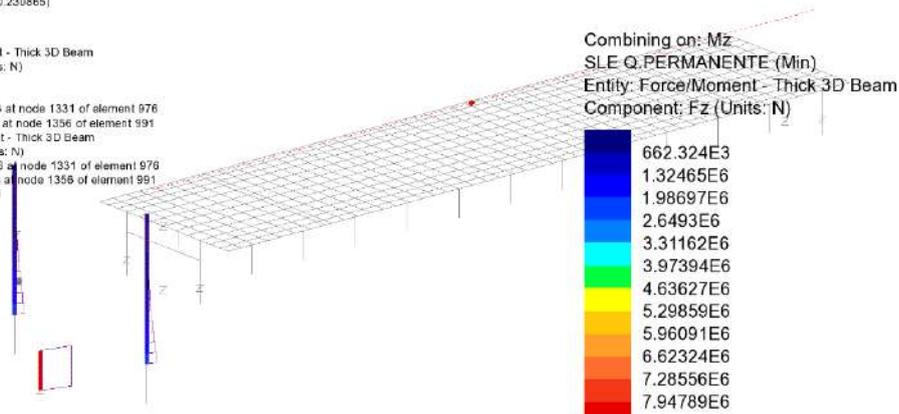
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -48.7303E6 at node 1331 of element 976

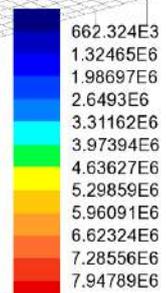
Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Fz (Units: N)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 662.324E3  
Contour maximum 7.95122E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Fz (Units: N)  
Diagram maximum 7.95122E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991  
Diagram scale: 1: 1.25767E-6



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Min Mz)

Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)  
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Component: Fz (Units: N)

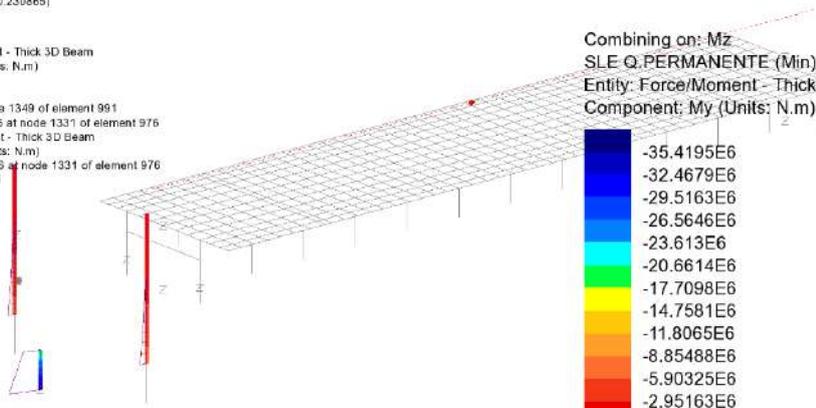


Maximum 7.95122E6 at node 1331 of element 976  
Minimum 3.32933E3 at node 1356 of element 991

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

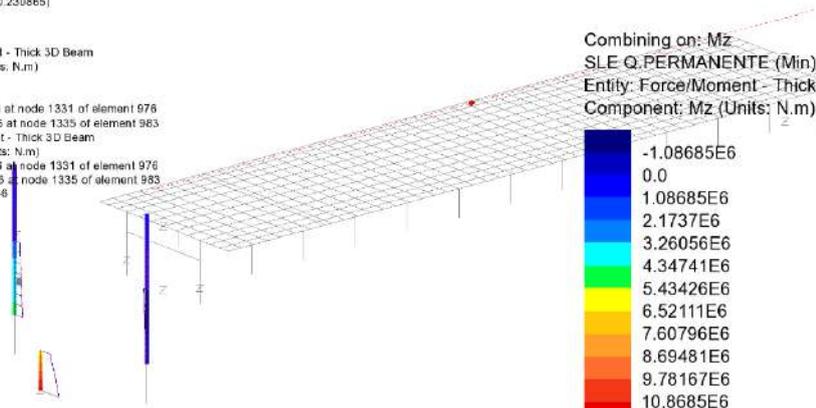
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: My (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 2.95163E6  
Contour maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Contour minimum -35.4195E6 at node 1331 of element 976  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: My (Units: N.m)  
Diagram minimum -35.4195E6 at node 1331 of element 976  
Diagram scale: 1: 0.28233E-0



**SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min Mz)**  
Maximum 0.0 at node 1349 of element 991  
Minimum -35.4195E6 at node 1331 of element 976

Scale: 1: 158.141  
Zoom: 89.2857  
Eye: (-0.743081, -0.628118, 0.230865)  
Combining on: Mz  
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Contour component: Mz (Units: N.m)  
Number of contours: 12  
Contour interval: 1.08685E6  
Contour maximum 11.1987E6 at node 1331 of element 976  
Contour minimum -1.84348E6 at node 1335 of element 983  
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam  
Diagram component: Mz (Units: N.m)  
Diagram maximum 11.5057E6 at node 1331 of element 976  
Diagram minimum -1.84348E6 at node 1335 of element 983  
Diagram scale: 1: 0.868130E-6



**SLE Q.PERMANENTE - Mz (Min Mz)**  
Maximum 11.1987E6 at node 1331 of element 976  
Minimum -1.84348E6 at node 1335 of element 983

**Sollecitazioni spalla SA**  
**Geometria palificata**

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

n°pali =	24	(-)
n° combo =	36	(-)
Lp =	40	[m]
D =	1.20	[m]
Ap =	1.13	[m <sup>2</sup> ]
Ip =	0.10	[m <sup>4</sup> ]
Ep =	30000000	[kN/m <sup>2</sup> ]
Es =	15000	[kN/m <sup>2</sup> ]
T =	3.78	[m]
Zmax =	10.59	[-]
As =	-0.998	[-]
Bs =	-1.415	[-]
si/no	no	

Palo	x (m)	y (m)
1	-3.60	11.41
2	0.00	12.60
3	3.60	13.80
4	-3.60	7.81
5	0.00	9.00
6	3.60	10.20
7	-3.60	4.21
8	0.00	5.40
9	3.60	6.60
10	-3.60	0.61
11	0.00	1.80
12	3.60	3.00
13	-3.60	-3.00
14	0.00	-1.80
15	3.60	-0.61
16	-3.60	-6.60
17	0.00	-5.40
18	3.60	-4.21
19	-3.60	-10.20
20	0.00	-9.00
21	3.60	-7.81
22	-3.60	-13.80
23	0.00	-12.60
24	3.60	-11.41

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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	1405	2040	1461	2042	1748	1739		
2	2082	3365	3018	2420	2305	3108		
3	2760	4691	4575	2798	2862	4478		
4	1387	1987	1417	2018	1784	1627		
5	2065	3312	2974	2396	2341	2996		
6	2742	4638	4531	2774	2898	4366		
7	1370	1934	1373	1995	1819	1515		
8	2047	3259	2930	2373	2376	2884		
9	2724	4585	4487	2751	2933	4254		
10	1352	1881	1329	1972	1855	1403		
11	2029	3206	2887	2350	2412	2772		
12	2706	4532	4444	2728	2969	4142		
13	1334	1828	1286	1948	1890	1291		
14	2011	3153	2843	2326	2447	2660		
15	2689	4478	4400	2704	3004	4030		
16	1316	1774	1242	1925	1926	1178		
17	1994	3100	2799	2303	2483	2548		
18	2671	4425	4356	2681	3040	3918		
19	1299	1721	1198	1902	1961	1066		
20	1976	3047	2755	2280	2518	2436		
21	2653	4372	4312	2658	3076	3806		
22	1281	1668	1154	1878	1997	954		
23	1958	2994	2711	2256	2554	2324		
24	2635	4319	4269	2634	3111	3694		
							max	min
							4691	954

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	1415	1517	1441	1540	1287	1680		
2	2086	2551	2496	2132	2033	2574		
3	2756	3585	3551	2725	2779	3469		
4	1396	1475	1415	1509	1307	1595		
5	2067	2509	2470	2101	2053	2490		
6	2738	3543	3524	2694	2798	3384		
7	1378	1433	1388	1478	1327	1510		
8	2048	2468	2443	2070	2072	2405		
9	2719	3502	3498	2663	2818	3299		
10	1359	1392	1362	1447	1347	1425		
11	2030	2426	2417	2039	2092	2320		
12	2701	3460	3472	2632	2838	3215		
13	1341	1350	1336	1416	1366	1341		
14	2011	2384	2391	2009	2112	2235		
15	2682	3419	3446	2601	2857	3130		
16	1322	1309	1310	1385	1386	1256		
17	1993	2343	2365	1978	2131	2151		
18	2663	3377	3420	2570	2877	3045		
19	1303	1267	1284	1354	1406	1171		
20	1974	2301	2339	1947	2151	2066		
21	2645	3335	3394	2539	2897	2960		
22	1285	1225	1258	1323	1425	1086		
23	1955	2260	2313	1916	2171	1981		
24	2626	3294	3367	2508	2916	2876		
							max	min
							3585	1086

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	2102	202	-661	2965	905	1853
2	1779	2546	2267	2058	1461	2789
3	1456	4891	5195	1152	2016	3725
4	2165	58	-729	2952	1067	1633
5	1842	2403	2199	2046	1623	2568
6	1519	4748	5128	1139	2178	3504
7	2228	-85	-797	2940	1229	1412
8	1905	2260	2132	2033	1785	2348
9	1582	4604	5060	1127	2340	3283
10	2292	-229	-864	2927	1391	1191
11	1969	2116	2064	2021	1947	2127
12	1646	4461	4992	1114	2502	3063
13	2355	-372	-932	2915	1553	971
14	2032	1973	1996	2008	2109	1907
15	1709	4318	4924	1102	2664	2842
16	2418	-516	-1000	2902	1715	750
17	2095	1829	1928	1996	2271	1686
18	1772	4174	4857	1089	2826	2622
19	2481	-659	-1068	2890	1877	530
20	2158	1686	1861	1983	2433	1465
21	1835	4031	4789	1077	2988	2401
22	2544	-803	-1136	2877	2039	309
23	2221	1542	1793	1971	2595	1245
24	1898	3887	4721	1064	3150	2180

max 5195 min -1136

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	1427	1508	1449	1528	1316	1649
2	2091	2491	2448	2126	2046	2511
3	2756	3473	3447	2725	2776	3372
4	1407	1469	1423	1498	1329	1573
5	2071	2452	2421	2097	2059	2435
6	2736	3435	3420	2696	2789	3296
7	1386	1431	1396	1469	1342	1497
8	2051	2413	2395	2068	2072	2358
9	2716	3396	3393	2666	2802	3220
10	1366	1392	1369	1440	1355	1421
11	2031	2375	2368	2038	2085	2282
12	2695	3357	3366	2637	2815	3144
13	1346	1353	1342	1410	1368	1345
14	2011	2336	2341	2009	2098	2206
15	2675	3318	3340	2608	2828	3068
16	1326	1315	1316	1381	1382	1269
17	1991	2297	2314	1980	2111	2130
18	2655	3280	3313	2579	2841	2991
19	1306	1276	1289	1352	1395	1193
20	1970	2259	2287	1950	2124	2054
21	2635	3241	3286	2549	2854	2915
22	1286	1237	1262	1322	1408	1116
23	1950	2220	2261	1921	2137	1978
24	2615	3202	3259	2520	2867	2839

max 3473 min 1116

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Palo	SLE FREQUENTE max N	SLE FREQUENTE min N	SLE FREQUENTE max My	SLE FREQUENTE min My	SLE FREQUENTE max Mx	SLE FREQUENTE min Mx
1	1467	1510	1509	1487	1400	1603
2	2102	2390	2390	2116	2084	2398
3	2736	3271	3271	2745	2769	3193
4	1445	1478	1478	1460	1394	1550
5	2079	2358	2358	2089	2078	2345
6	2713	3239	3239	2718	2763	3140
7	1422	1446	1446	1434	1388	1498
8	2056	2327	2327	2062	2072	2293
9	2691	3207	3207	2691	2757	3088
10	1399	1414	1414	1407	1382	1446
11	2034	2295	2295	2036	2066	2241
12	2668	3175	3176	2665	2750	3036
13	1376	1382	1382	1380	1375	1394
14	2011	2263	2263	2009	2060	2189
15	2645	3144	3144	2638	2744	2984
16	1354	1350	1350	1353	1369	1342
17	1988	2231	2231	1982	2054	2137
18	2622	3112	3112	2611	2738	2932
19	1331	1319	1318	1327	1363	1290
20	1965	2199	2199	1956	2047	2085
21	2600	3080	3080	2585	2732	2880
22	1308	1287	1287	1300	1357	1237
23	1943	2167	2168	1929	2041	2032
24	2577	3048	3048	2558	2726	2827

max 3271 min 1237

Palo	SLE Q, PERMANENTE max N	SLE Q, PERMANENTE min N	SLE Q, PERMANENTE max My	SLE Q, PERMANENTE min My	SLE Q, PERMANENTE max Mx	SLE Q, PERMANENTE min Mx
1	1477	1476	1476	1477	1475	1478
2	2109	2108	2108	2109	2107	2110
3	2741	2740	2740	2740	2739	2741
4	1452	1452	1451	1453	1451	1453
5	2084	2084	2083	2084	2083	2085
6	2716	2716	2716	2716	2715	2716
7	1428	1427	1427	1428	1427	1428
8	2059	2059	2059	2059	2059	2060
9	2691	2691	2691	2691	2691	2691
10	1403	1403	1402	1403	1402	1403
11	2035	2035	2035	2035	2034	2035
12	2666	2667	2667	2666	2667	2666
13	1378	1378	1378	1378	1378	1378
14	2010	2010	2010	2010	2010	2010
15	2642	2642	2642	2641	2642	2641
16	1353	1354	1353	1354	1354	1353
17	1985	1986	1986	1985	1986	1985
18	2617	2617	2618	2617	2618	2617
19	1329	1329	1329	1329	1329	1328
20	1960	1961	1961	1960	1962	1960
21	2592	2593	2593	2592	2594	2592
22	1304	1305	1304	1304	1305	1303
23	1936	1937	1937	1936	1937	1935
24	2568	2568	2569	2567	2569	2567

max 2741 min 1303

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede

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	363	576	576	336	349	590
2	363	576	576	336	349	590
3	363	576	576	336	349	590
4	363	576	576	336	349	590
5	363	576	576	336	349	590
6	363	576	576	336	349	590
7	363	576	576	336	349	590
8	363	576	576	336	349	590
9	363	576	576	336	349	590
10	363	576	576	336	349	590
11	363	576	576	336	349	590
12	363	576	576	336	349	590
13	363	576	576	336	349	590
14	363	576	576	336	349	590
15	363	576	576	336	349	590
16	363	576	576	336	349	590
17	363	576	576	336	349	590
18	363	576	576	336	349	590
19	363	576	576	336	349	590
20	363	576	576	336	349	590
21	363	576	576	336	349	590
22	363	576	576	336	349	590
23	363	576	576	336	349	590
24	363	576	576	336	349	590

max 590 min 336

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	438	438	337	349	450
2	361	438	438	337	349	450
3	361	438	438	337	349	450
4	361	438	438	337	349	450
5	361	438	438	337	349	450
6	361	438	438	337	349	450
7	361	438	438	337	349	450
8	361	438	438	337	349	450
9	361	438	438	337	349	450
10	361	438	438	337	349	450
11	361	438	438	337	349	450
12	361	438	438	337	349	450
13	361	438	438	337	349	450
14	361	438	438	337	349	450
15	361	438	438	337	349	450
16	361	438	438	337	349	450
17	361	438	438	337	349	450
18	361	438	438	337	349	450
19	361	438	438	337	349	450
20	361	438	438	337	349	450
21	361	438	438	337	349	450
22	361	438	438	337	349	450
23	361	438	438	337	349	450
24	361	438	438	337	349	450

max 450 min 337

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	387	1441	1597	541	837	1101
2	387	1441	1597	541	837	1101
3	387	1441	1597	541	837	1101
4	387	1441	1597	541	837	1101
5	387	1441	1597	541	837	1101
6	387	1441	1597	541	837	1101
7	387	1441	1597	541	837	1101
8	387	1441	1597	541	837	1101
9	387	1441	1597	541	837	1101
10	387	1441	1597	541	837	1101
11	387	1441	1597	541	837	1101
12	387	1441	1597	541	837	1101
13	387	1441	1597	541	837	1101
14	387	1441	1597	541	837	1101
15	387	1441	1597	541	837	1101
16	387	1441	1597	541	837	1101
17	387	1441	1597	541	837	1101
18	387	1441	1597	541	837	1101
19	387	1441	1597	541	837	1101
20	387	1441	1597	541	837	1101
21	387	1441	1597	541	837	1101
22	387	1441	1597	541	837	1101
23	387	1441	1597	541	837	1101
24	387	1441	1597	541	837	1101

max 1597 min 387

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	359	426	426	339	349	437
2	359	426	426	339	349	437
3	359	426	426	339	349	437
4	359	426	426	339	349	437
5	359	426	426	339	349	437
6	359	426	426	339	349	437
7	359	426	426	339	349	437
8	359	426	426	339	349	437
9	359	426	426	339	349	437
10	359	426	426	339	349	437
11	359	426	426	339	349	437
12	359	426	426	339	349	437
13	359	426	426	339	349	437
14	359	426	426	339	349	437
15	359	426	426	339	349	437
16	359	426	426	339	349	437
17	359	426	426	339	349	437
18	359	426	426	339	349	437
19	359	426	426	339	349	437
20	359	426	426	339	349	437
21	359	426	426	339	349	437
22	359	426	426	339	349	437
23	359	426	426	339	349	437
24	359	426	426	339	349	437

max 437 min 339

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Palo	SLE FREQUENTE max N	SLE FREQUENTE min N	SLE FREQUENTE max My	SLE FREQUENTE min My	SLE FREQUENTE max Mx	SLE FREQUENTE min Mx
1	349	427	427	349	349	427
2	349	427	427	349	349	427
3	349	427	427	349	349	427
4	349	427	427	349	349	427
5	349	427	427	349	349	427
6	349	427	427	349	349	427
7	349	427	427	349	349	427
8	349	427	427	349	349	427
9	349	427	427	349	349	427
10	349	427	427	349	349	427
11	349	427	427	349	349	427
12	349	427	427	349	349	427
13	349	427	427	349	349	427
14	349	427	427	349	349	427
15	349	427	427	349	349	427
16	349	427	427	349	349	427
17	349	427	427	349	349	427
18	349	427	427	349	349	427
19	349	427	427	349	349	427
20	349	427	427	349	349	427
21	349	427	427	349	349	427
22	349	427	427	349	349	427
23	349	427	427	349	349	427
24	349	427	427	349	349	427

max 427 min 349

Palo	SLE Q, PERMANENTE max N	SLE Q, PERMANENTE min N	SLE Q, PERMANENTE max My	SLE Q, PERMANENTE min My	SLE Q, PERMANENTE max Mx	SLE Q, PERMANENTE min Mx
1	349	349	349	349	349	349
2	349	349	349	349	349	349
3	349	349	349	349	349	349
4	349	349	349	349	349	349
5	349	349	349	349	349	349
6	349	349	349	349	349	349
7	349	349	349	349	349	349
8	349	349	349	349	349	349
9	349	349	349	349	349	349
10	349	349	349	349	349	349
11	349	349	349	349	349	349
12	349	349	349	349	349	349
13	349	349	349	349	349	349
14	349	349	349	349	349	349
15	349	349	349	349	349	349
16	349	349	349	349	349	349
17	349	349	349	349	349	349
18	349	349	349	349	349	349
19	349	349	349	349	349	349
20	349	349	349	349	349	349
21	349	349	349	349	349	349
22	349	349	349	349	349	349
23	349	349	349	349	349	349
24	349	349	349	349	349	349

max 349 min 349

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Momenti flettenti 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	967	1534	1534	894	930	1571
2	967	1534	1534	894	930	1571
3	967	1534	1534	894	930	1571
4	967	1534	1534	894	930	1571
5	967	1534	1534	894	930	1571
6	967	1534	1534	894	930	1571
7	967	1534	1534	894	930	1571
8	967	1534	1534	894	930	1571
9	967	1534	1534	894	930	1571
10	967	1534	1534	894	930	1571
11	967	1534	1534	894	930	1571
12	967	1534	1534	894	930	1571
13	967	1534	1534	894	930	1571
14	967	1534	1534	894	930	1571
15	967	1534	1534	894	930	1571
16	967	1534	1534	894	930	1571
17	967	1534	1534	894	930	1571
18	967	1534	1534	894	930	1571
19	967	1534	1534	894	930	1571
20	967	1534	1534	894	930	1571
21	967	1534	1534	894	930	1571
22	967	1534	1534	894	930	1571
23	967	1534	1534	894	930	1571
24	967	1534	1534	894	930	1571

max 1571  
min 894

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	961	1167	1167	899	930	1199
2	961	1167	1167	899	930	1199
3	961	1167	1167	899	930	1199
4	961	1167	1167	899	930	1199
5	961	1167	1167	899	930	1199
6	961	1167	1167	899	930	1199
7	961	1167	1167	899	930	1199
8	961	1167	1167	899	930	1199
9	961	1167	1167	899	930	1199
10	961	1167	1167	899	930	1199
11	961	1167	1167	899	930	1199
12	961	1167	1167	899	930	1199
13	961	1167	1167	899	930	1199
14	961	1167	1167	899	930	1199
15	961	1167	1167	899	930	1199
16	961	1167	1167	899	930	1199
17	961	1167	1167	899	930	1199
18	961	1167	1167	899	930	1199
19	961	1167	1167	899	930	1199
20	961	1167	1167	899	930	1199
21	961	1167	1167	899	930	1199
22	961	1167	1167	899	930	1199
23	961	1167	1167	899	930	1199
24	961	1167	1167	899	930	1199

max 1199  
min 899

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

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	1032	3839	4254	1442	2231	2933
2	1032	3839	4254	1442	2231	2933
3	1032	3839	4254	1442	2231	2933
4	1032	3839	4254	1442	2231	2933
5	1032	3839	4254	1442	2231	2933
6	1032	3839	4254	1442	2231	2933
7	1032	3839	4254	1442	2231	2933
8	1032	3839	4254	1442	2231	2933
9	1032	3839	4254	1442	2231	2933
10	1032	3839	4254	1442	2231	2933
11	1032	3839	4254	1442	2231	2933
12	1032	3839	4254	1442	2231	2933
13	1032	3839	4254	1442	2231	2933
14	1032	3839	4254	1442	2231	2933
15	1032	3839	4254	1442	2231	2933
16	1032	3839	4254	1442	2231	2933
17	1032	3839	4254	1442	2231	2933
18	1032	3839	4254	1442	2231	2933
19	1032	3839	4254	1442	2231	2933
20	1032	3839	4254	1442	2231	2933
21	1032	3839	4254	1442	2231	2933
22	1032	3839	4254	1442	2231	2933
23	1032	3839	4254	1442	2231	2933
24	1032	3839	4254	1442	2231	2933

max  
4254      min  
1032

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	957	1136	1136	903	930	1164
2	957	1136	1136	903	930	1164
3	957	1136	1136	903	930	1164
4	957	1136	1136	903	930	1164
5	957	1136	1136	903	930	1164
6	957	1136	1136	903	930	1164
7	957	1136	1136	903	930	1164
8	957	1136	1136	903	930	1164
9	957	1136	1136	903	930	1164
10	957	1136	1136	903	930	1164
11	957	1136	1136	903	930	1164
12	957	1136	1136	903	930	1164
13	957	1136	1136	903	930	1164
14	957	1136	1136	903	930	1164
15	957	1136	1136	903	930	1164
16	957	1136	1136	903	930	1164
17	957	1136	1136	903	930	1164
18	957	1136	1136	903	930	1164
19	957	1136	1136	903	930	1164
20	957	1136	1136	903	930	1164
21	957	1136	1136	903	930	1164
22	957	1136	1136	903	930	1164
23	957	1136	1136	903	930	1164
24	957	1136	1136	903	930	1164

max  
1164      min  
903

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

Palo	SLE FREQUENTE max N	SLE FREQUENTE min N	SLE FREQUENTE max My	SLE FREQUENTE min My	SLE FREQUENTE max Mx	SLE FREQUENTE min Mx
1	929	1137	1137	929	929	1137
2	929	1137	1137	929	929	1137
3	929	1137	1137	929	929	1137
4	929	1137	1137	929	929	1137
5	929	1137	1137	929	929	1137
6	929	1137	1137	929	929	1137
7	929	1137	1137	929	929	1137
8	929	1137	1137	929	929	1137
9	929	1137	1137	929	929	1137
10	929	1137	1137	929	929	1137
11	929	1137	1137	929	929	1137
12	929	1137	1137	929	929	1137
13	929	1137	1137	929	929	1137
14	929	1137	1137	929	929	1137
15	929	1137	1137	929	929	1137
16	929	1137	1137	929	929	1137
17	929	1137	1137	929	929	1137
18	929	1137	1137	929	929	1137
19	929	1137	1137	929	929	1137
20	929	1137	1137	929	929	1137
21	929	1137	1137	929	929	1137
22	929	1137	1137	929	929	1137
23	929	1137	1137	929	929	1137
24	929	1137	1137	929	929	1137

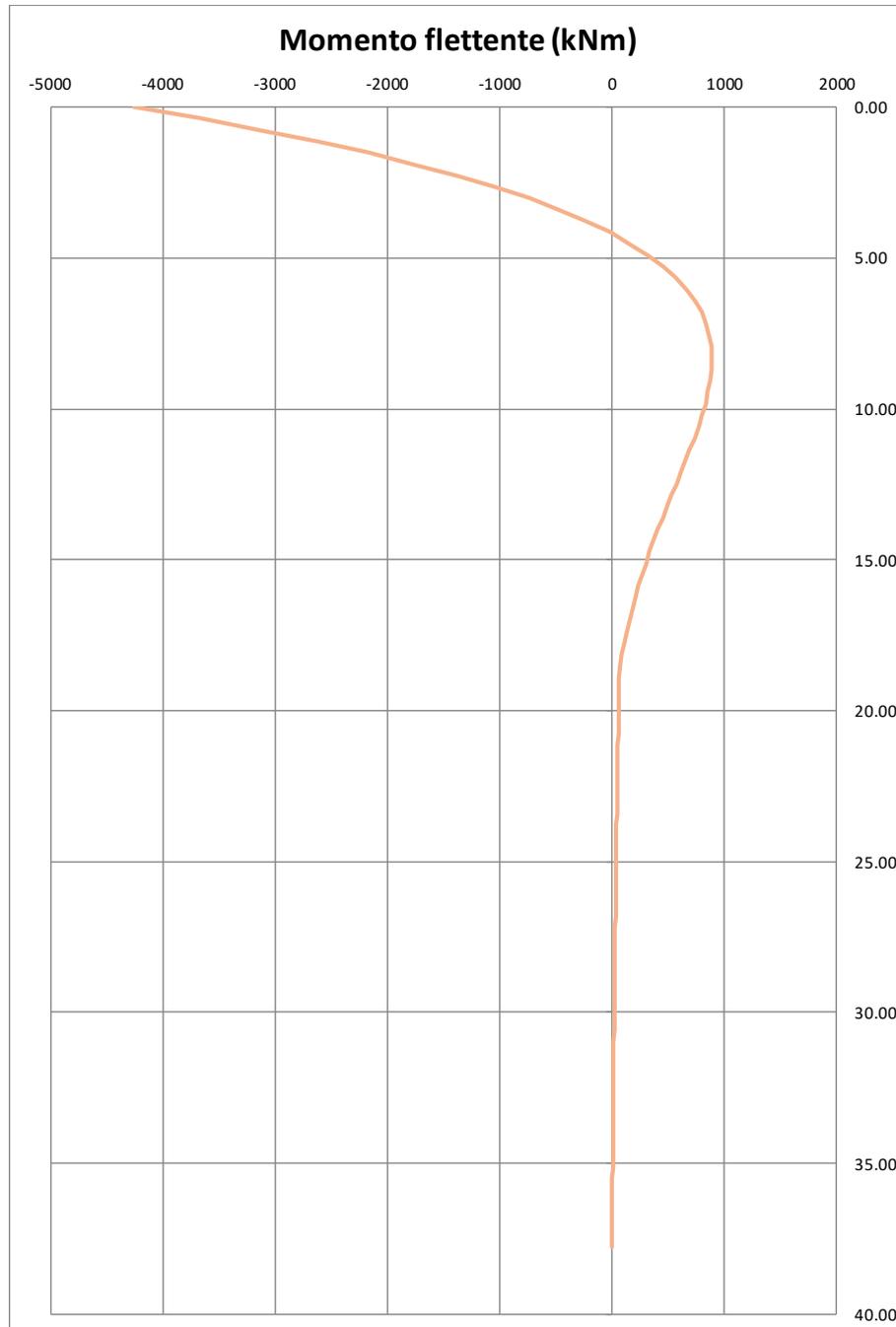
max 1137 min 929

Palo	SLE Q, PERMANENTE max N	SLE Q, PERMANENTE min N	SLE Q, PERMANENTE max My	SLE Q, PERMANENTE min My	SLE Q, PERMANENTE max Mx	SLE Q, PERMANENTE min Mx
1	929	930	930	929	930	929
2	929	930	930	929	930	929
3	929	930	930	929	930	929
4	929	930	930	929	930	929
5	929	930	930	929	930	929
6	929	930	930	929	930	929
7	929	930	930	929	930	929
8	929	930	930	929	930	929
9	929	930	930	929	930	929
10	929	930	930	929	930	929
11	929	930	930	929	930	929
12	929	930	930	929	930	929
13	929	930	930	929	930	929
14	929	930	930	929	930	929
15	929	930	930	929	930	929
16	929	930	930	929	930	929
17	929	930	930	929	930	929
18	929	930	930	929	930	929
19	929	930	930	929	930	929
20	929	930	930	929	930	929
21	929	930	930	929	930	929
22	929	930	930	929	930	929
23	929	930	930	929	930	929
24	929	930	930	929	930	929

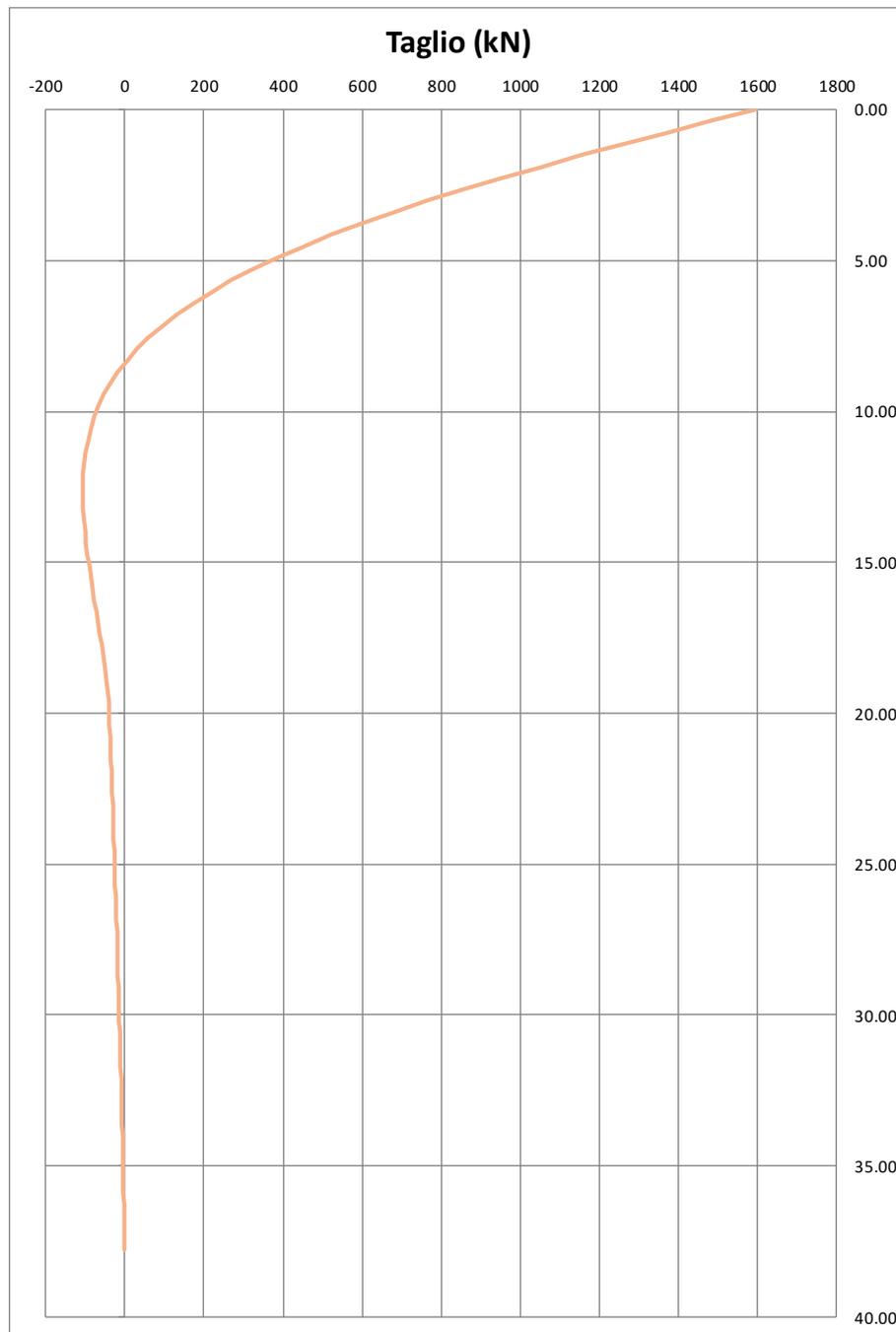
max 930 min 929

**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**

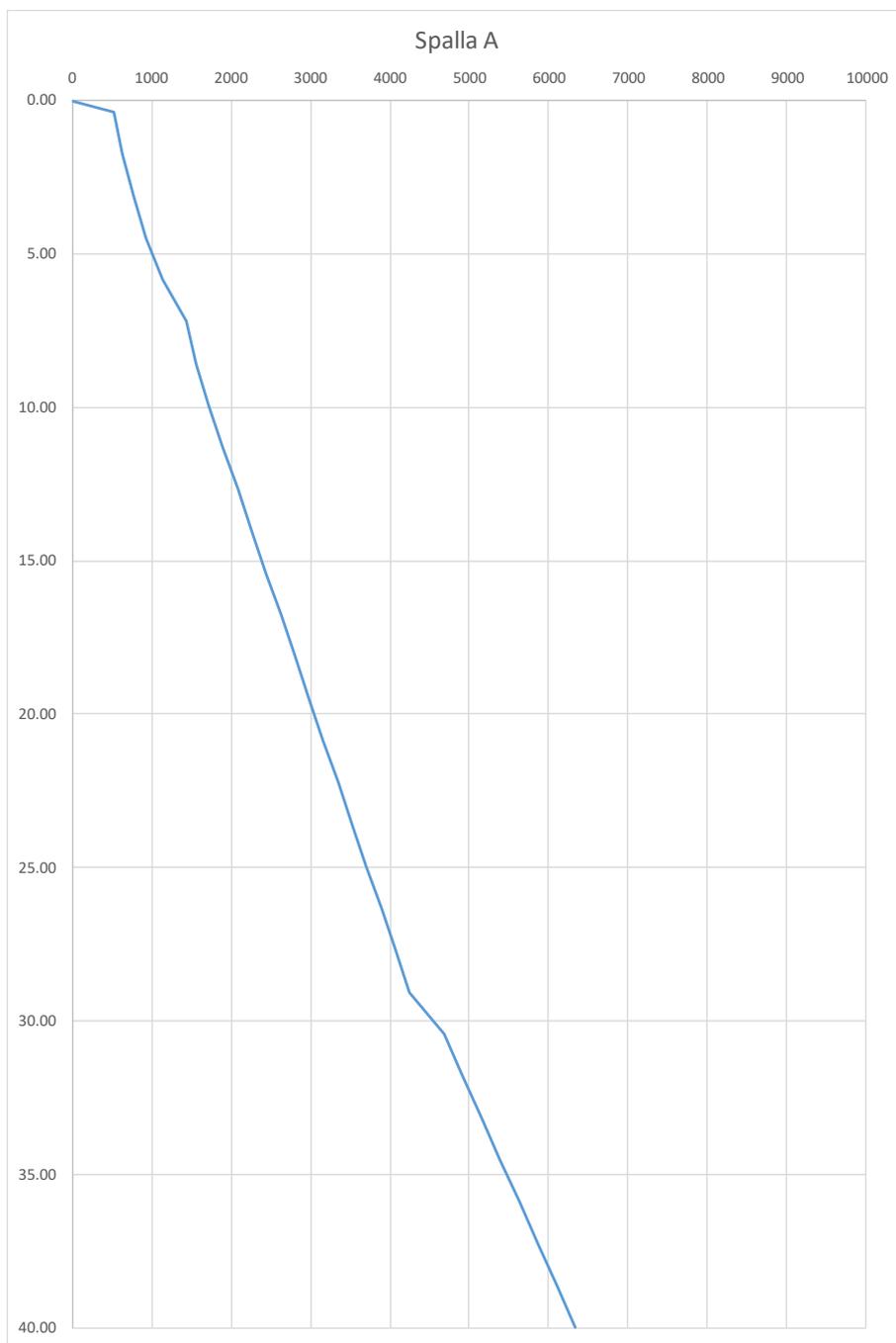
Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 4254 kNm)



**RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture Buonafede**



**ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE**



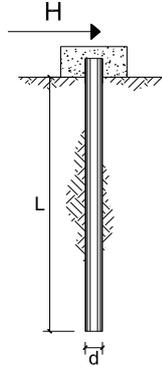
## ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI

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

**OPERA:** V.to Buonafede - SPALLE

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

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

**DATI DI INPUT:**

Lunghezza del palo L = 40.00 (m)  
 Diametro del palo d = 1.20 (m)  
 Momento di plasticizzazione della sezione  $M_y = 4984.00$  (kN m)  
 Coesione non drenata  $c_{u \text{ med}} = 175.00$  (kPa)  $c_{u \text{ min}} = 175.00$  (kPa)  
 Coesione non drenata di progetto  $c_{u \text{ med,d}} = 175.00$  (kPa)  $c_{u \text{ min,d}} = 175.00$  (kPa)  
 Carico Assiale Permanente (G): G = (kN)  
 Carico Assiale variabile (Q): Q = 1597 (kN)

Palo corto:  
 $H1_{\text{med}} = 72198.00$  (kN)  $H1_{\text{min}} = 72198.00$  (kN)

Palo intermedio:  
 $H2_{\text{med}} = 28196.63$  (kN)  $H2_{\text{min}} = 28196.63$  (kN)

Palo lungo:  
 $H3_{\text{med}} = 3616.02$  (kN)  $H3_{\text{min}} = 3616.02$  (kN)

$H_{\text{med}} = 3616.02$  (kN) palo lungo  $H_{\text{min}} = 3616.02$  (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{\text{med}}/\xi_s ; R_{\text{min}}/\xi_t) = 2260.01$  (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 1738.47$  (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1597.00$  (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.09$