

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

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

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

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA898**

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

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

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

MANDANTI:

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

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



VIADOTTI
VIADOTTO MARGI - CARR. SX
Relazione di calcolo delle sottostrutture

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI04STRRE03C		
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI04STRRE03	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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	5
1.1.1 Impalcato	6
1.1.2 Sottostrutture	7
1.1.3 Sistema di vincolo	9
1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
1.2.1 Calcestruzzo	10
1.2.1.1 Elevazione della pila	10
1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla	11
1.2.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	12
1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	12
1.4 SOFTWARE DI CALCOLO	13
1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	13
2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	14
2.1 SISTEMA DI VINCOLO	18
3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	19
3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO	19
3.2 PARAMETRI GEOTECNICI	20
4. ANALISI DEI CARICHI	20
4.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	21
4.2 PESO DEL TERRENO A MONTE DELL'OPERA	21
4.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA	21
4.4 EFFETTO DEL SOVRACCARICO STRADALE A TERGO SPALLA	22
4.5 AZIONE SISMICA	23
4.5.1 Inquadramento	23

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

4.5.2 Azioni sismiche sulle spalla	26
4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO	28
4.7 AZIONE DEL VENTO SULLA PILA ($F_{w,k}$)	29
5. COMBINAZIONE DELLE AZIONI	30
6. VERIFICHE STRUTTURALI (GENERALITÀ)	33
7. VERIFICHE GEOTECNICHE (GENERALITÀ)	34
7.1 CRITERI DI VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE	34
7.2 VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TESTA PALI	34
7.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE	36
7.3.1 Resistenza laterale	36
7.3.2 Resistenza di base	37
7.3.3 Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici	37
7.3.4 Resistenza di progetto del palo	37
7.4 RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI	38
7.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO	38
7.6 VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE	40
8. ANALISI STRUTTURALE E PRINCIPALI RISULTATI	41
8.1 ANALISI DINAMICA	41
8.1.1 Spostamenti dell'impalcato	46
8.2 SOLLECITAZIONI	51
8.2.1 Elevazioni	51
8.2.2 Fondazioni	64
9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE	69
9.1 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P1 E PILA P2	70
9.2 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE	71

10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE	73
10.1 VERIFICA STRUTTURALE PILE	73
10.1.1 Fusto Pila	74
10.1.2 Pulvino	96
10.1.3 Baggioli pila	107
10.1.4 Palo di fondazione	109
10.1.5 Platea di fondazione	115
10.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SPALLE	125
10.2.1 Muro frontale	126
10.2.2 Paraghiaia	130
10.2.3 Muro di risvolto	134
10.2.4 Platea di fondazione spalla	164
10.2.5 Baggioli spalla	180
10.2.6 Palo di fondazione	183
11. APPOGGI E GIUNTI	198
11.1 PORTATE APPOGGI	200
11.2 DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI	201
11.2.1 Spostamenti orizzontali	201
11.2.2 Verifica decompressione	201
11.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC	204
11.2.4 Verifica massime rotazioni	204
11.2.5 S.L.E. deformazione sotto azione del vento	206
11.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI	208
11.3.1 Giunti	208
11.3.2 Varchi	209

12. VALUTAZIONI PER VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI	210
12.1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA	210
12.2 ANALISI STRUTTURALE	211
12.2.1 Analisi "Upper Bound"	212
12.2.1.1 Periodo di vibrazione.....	212
12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)	213
12.2.1.3 Spiccato e fondazioni pile.....	214
12.2.1.4 Spiccato paramento e fondazione spalla.....	215
12.2.2 Analisi "Lower Bound"	217
12.2.2.1 Periodo di vibrazione.....	217
12.2.2.2 Escursione ai giunti.....	217
12.3 CONCLUSIONI	219
12.3.1 Reazioni sui baggioli	219
12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali	219
12.3.3 Sollecitazioni pila	219
12.3.3.1 Fusto pila	219
12.3.3.2 Platea.....	220
12.3.3.3 Pali.....	220
12.3.4 Spostamenti ai giunti	222
ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI	223
ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE	306
ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI	310

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione di spalle, pile, appoggi e giunti del viadotto "Margi", 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 continua e luci pari a 30-50-30 m per la carreggiata sinistra e per la carreggiata destra. Pile e spalle presentano altezze molto simili fra le due carreggiate. Vista la somiglianza fra le due strutture si prevede di sviluppare le verifiche per la struttura in carreggiata sinistra e di estendere la validità delle stesse alla struttura in carreggiata destra.

La figura seguente mostra i prospetti delle due carreggiate.

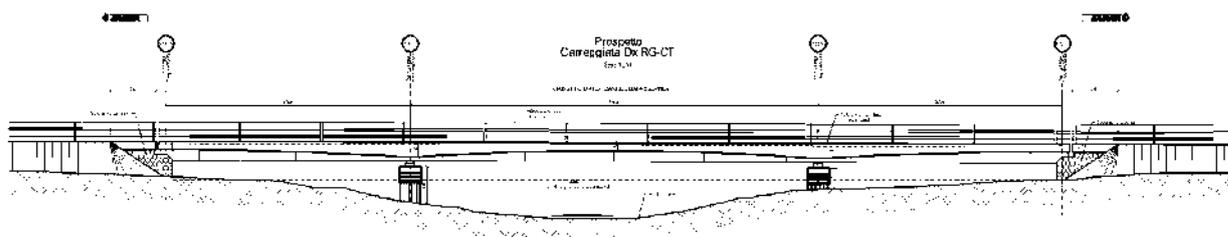


Figura 1.1: Prospetto carreggiata destra RG-CT

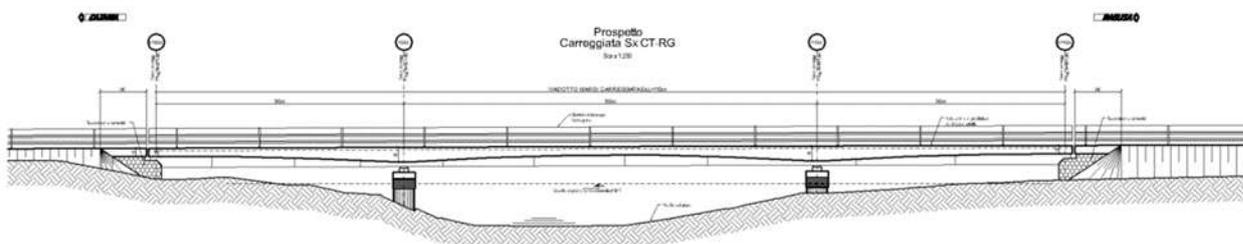


Figura 1.2: Prospetto carreggiata sinistra CT-RG

1.1.1 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 2300 mm disposte ad interasse trasversale di 6550 mm costante per le carreggiate destra e sinistra e traversi a trave posti a passo longitudinale variabile tra 4000 mm e 3750 mm. I traversi di testata sono realizzati mediante travi a doppio T composte mediante saldatura di altezza pari a 1300 mm mentre i traversi intermedi sono costituiti da profilati tipo HEA800. Lo sviluppo longitudinale delle travi comprende diversi conci la cui anima non è provvista di irrigidimenti longitudinali, mentre gli irrigidimenti verticali sono realizzati in corrispondenza della giunzione coi traversi.

L'impalcato ha una larghezza di 11250 mm con cordoli da 750 mm, banchina sul lato sinistro della carreggiata di 500 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. 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:

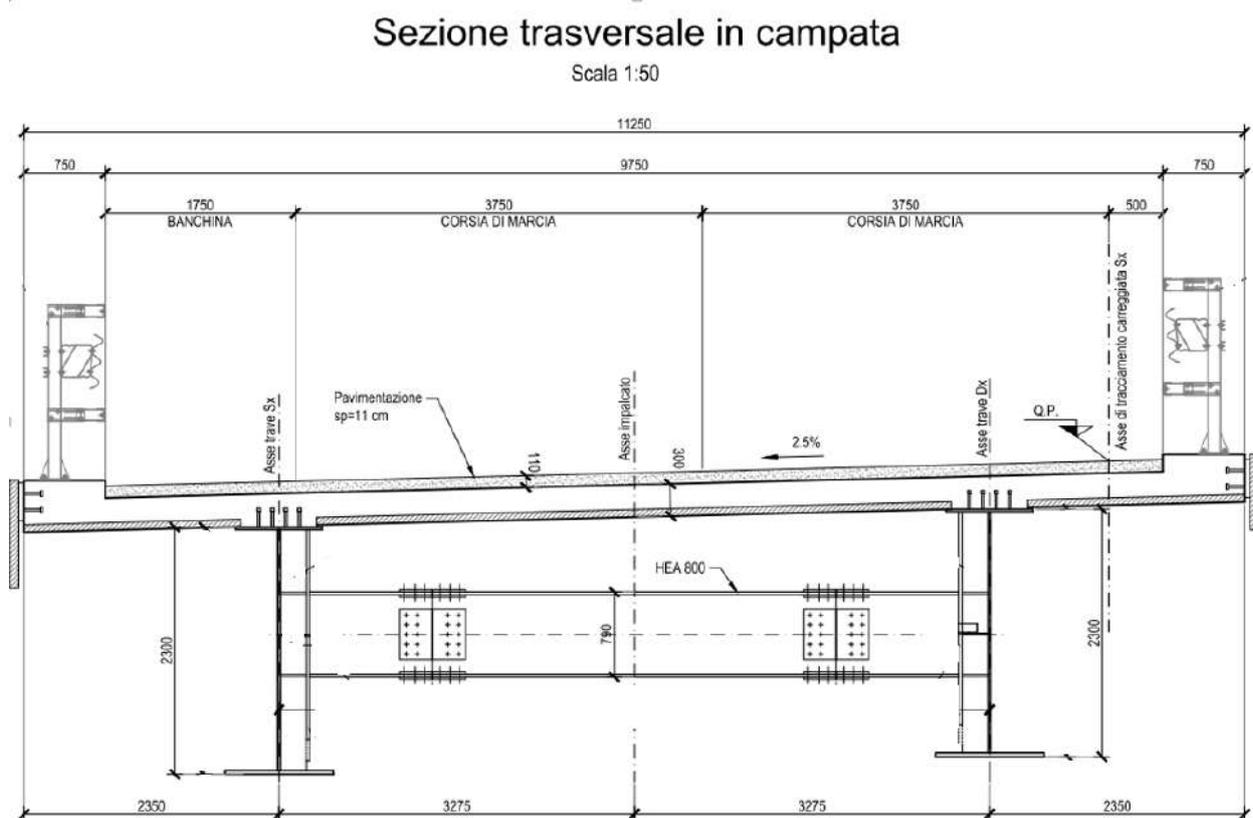


Figura 1.3: Sezione trasversale dell'impalcato

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

1.1.2 Sottostrutture

Le pile sono di tipo tradizionale in c.a. e sono costituite da fusti a sezione piena circolare di diametro 2,5 m sia per la carreggiata destra che sinistra. La sezione si mantiene con dimensioni costanti per tutta l'estensione del fusto e presenta un pulvino di sommità. Le fondazioni delle pile sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 11,40 m x 6,90 su pali trivellati.

La geometria delle pile è riportata nella figura seguente:

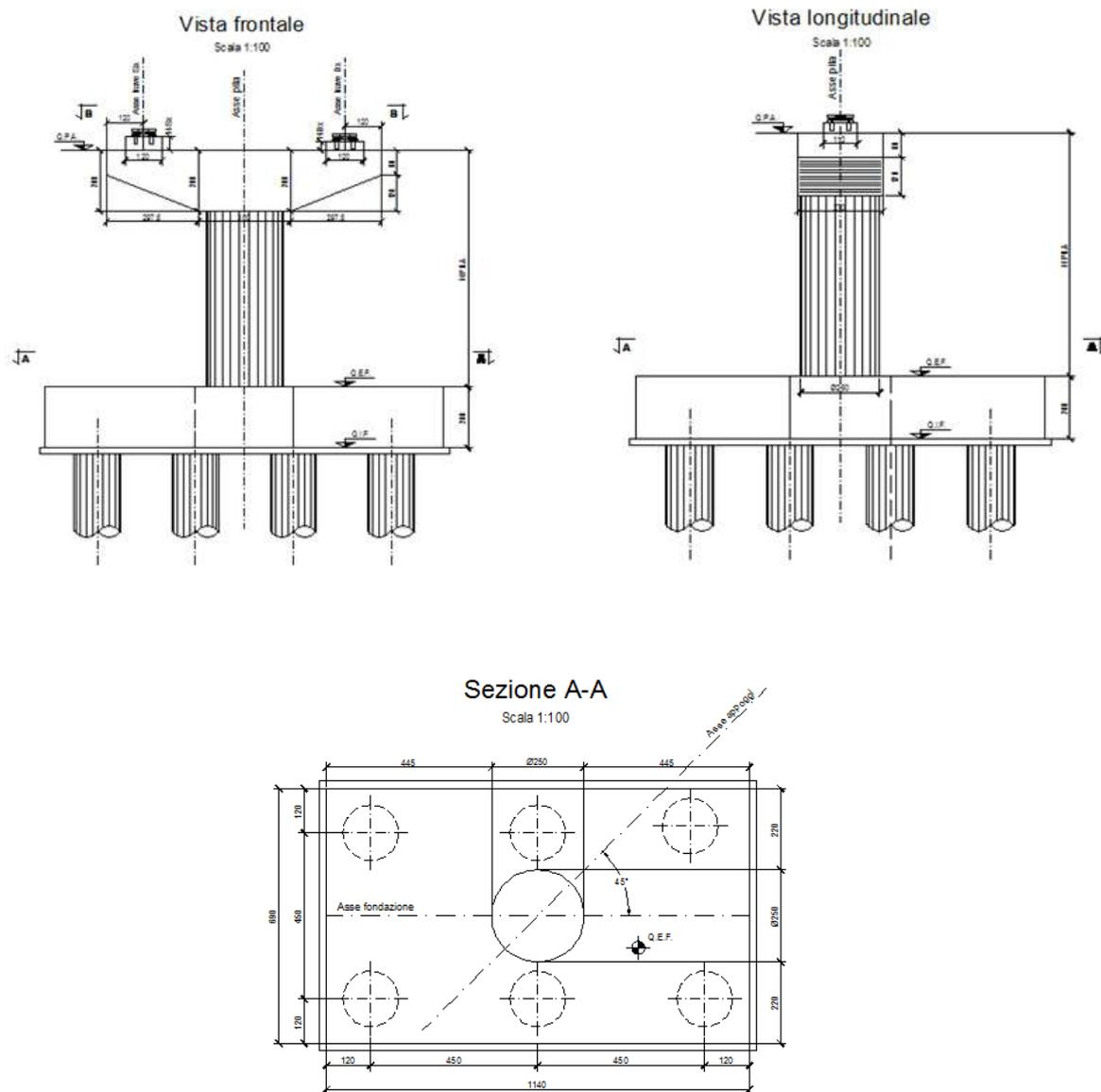


Figura 1.4: Sezione orizzontale, vista trasversale e longitudinale delle pile

Nelle seguenti tabelle vengono riportate l'altezza di ciascuna pila, lo spessore della platea di fondazione, nonché il numero, il diametro e la lunghezza dei pali disposti.

VIADOTTO MARGI - PILE					
Pila	H Pila (m)	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
P1Sx	5,12	6	38	1,2	2
P2Sx	4,42	6	38	1,2	2
P1Dx	5,17	6	38	1,2	2
P2Dx	4,49	6	38	1,2	2

Tabella 1.5: Caratteristiche geometriche delle pile

Le spalle sono di tipo tradizionale in c.a. e sono costituite 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 rettangolari di dimensioni 10.20 m x 13 m su pali trivellati.

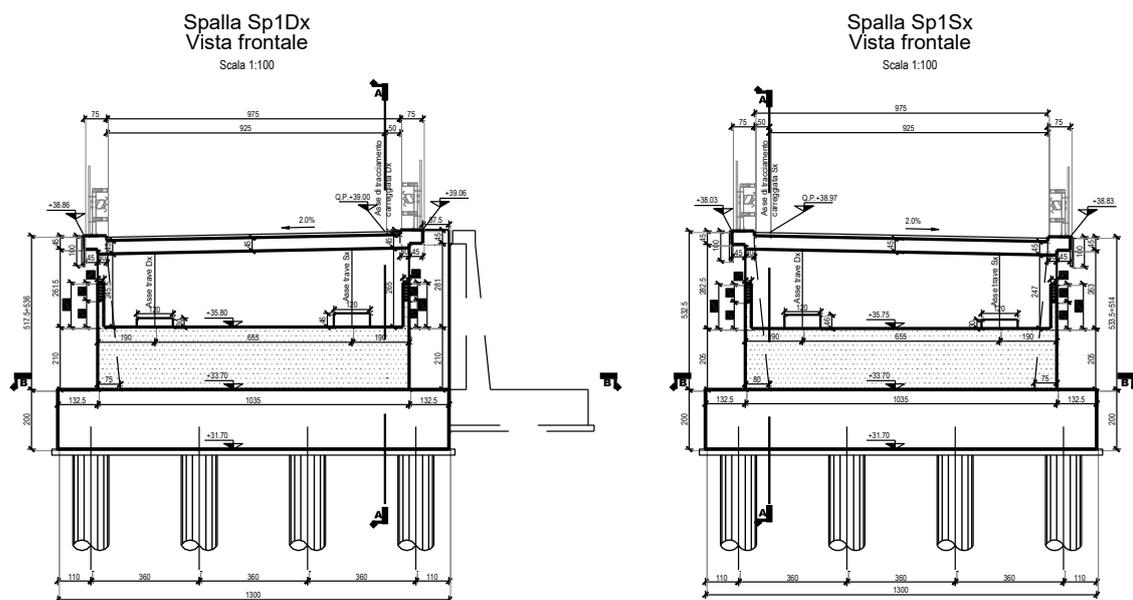


Figura 1.6: Vista frontale spalle SP1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

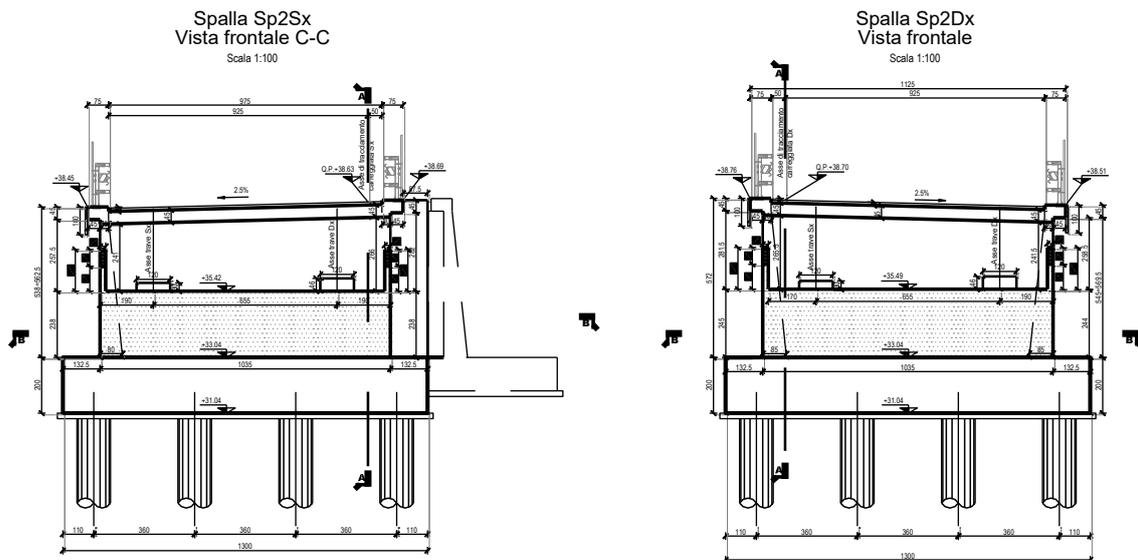


Figura 1.7: Vista frontale spalle SP2

Le spalle della via di corsa destra risultano planimetricamente sfalsate rispetto alla via di corsa sinistra. Per tale motivo, la carpenteria della spalla destra differisce dalla sinistra, mancando il muro di risvolto posteriore posto sul lato interviala. Il seguente stralcio planimetrico mostra la situazione per la spalla 1.

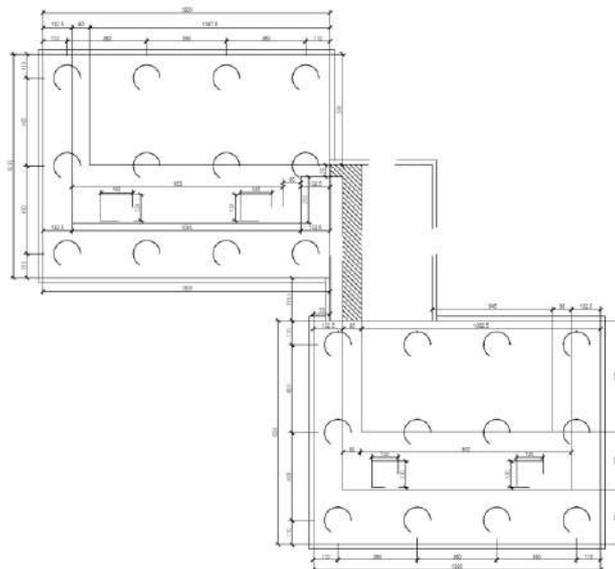


Figura 1.8 Disallineamento spalle via dx/sx

A volte nel documento la spalla 1 è denominata spalla A e la spalla 2 è denominata spalla B.

1.1.3 Sistema di vincolo

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

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

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

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

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

Dispositivi HDRB – mescola "N":

Diam = 800 mm / H=180 mm per le pile	Ke = 2.23 kN/mm, Kv = 2186 kN/mm;
Diam = 650 mm / H=180 mm per le spalle	Ke = 1.48 kN/mm, Kv = 1296 kN/mm.

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

1.2.1 Calcestruzzo

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono riportate nel seguito:

1.2.1.1 Elevazione della pila

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

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

1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla

C32/40	classe di resistenza
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione media
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33'642 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico secante
$\nu = 0.2$	coefficiente di Poisson
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$	resistenza di calcolo a compressione
$\epsilon_{cu} = 3.5$ per mille	deformazione ultima a rottura

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

Pali Fondazione

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

Zattere di fondazione

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

Elevazioni spalle

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

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

B450C controllato in stabilimento	classe di resistenza
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica di snervamento
$\gamma_s = 1.15$	coefficiente parziale di sicurezza
$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$k = (f_t/f_y)_k = 1.2$	rapporto di sovraresistenza
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

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

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

1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

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

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si 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:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

lunghezze: m
forze - coppie: N, Nm
tensioni: N/mm²

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

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

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

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

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

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

2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

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

Gli isolatori elastomerici sono modellati con elementi joint, tipo JNT4 elastici lineari, aventi la funzione di "molla" orizzontale/verticale, aventi 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, che deriva direttamente da quella elaborata per l'analisi e verifica dell'impalcato, comprende:

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

La modellazione dei sostegni intermedi comprende l'elevazione e la fondazione, quest'ultima ipotizzata vincolata a terra mediante un vincolo di incastro perfetto. L'effettivo orientamento degli assi principali delle fondazioni è stato gestito mediante associazione di opportuni sistemi di riferimento locali agli elementi "beam" che modellano la fondazione, ed agli elementi "joints" che modellano l'incastro. Il fusto in elevazione delle pile (circolare) è stato invece associato al sistema di riferimento globale.

Le spalle sono modellate in maniera semplificata, con l'obbiettivo di restituire l'andamento delle sollecitazioni lungo le elevazioni ed all'intradosso fondazione.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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.

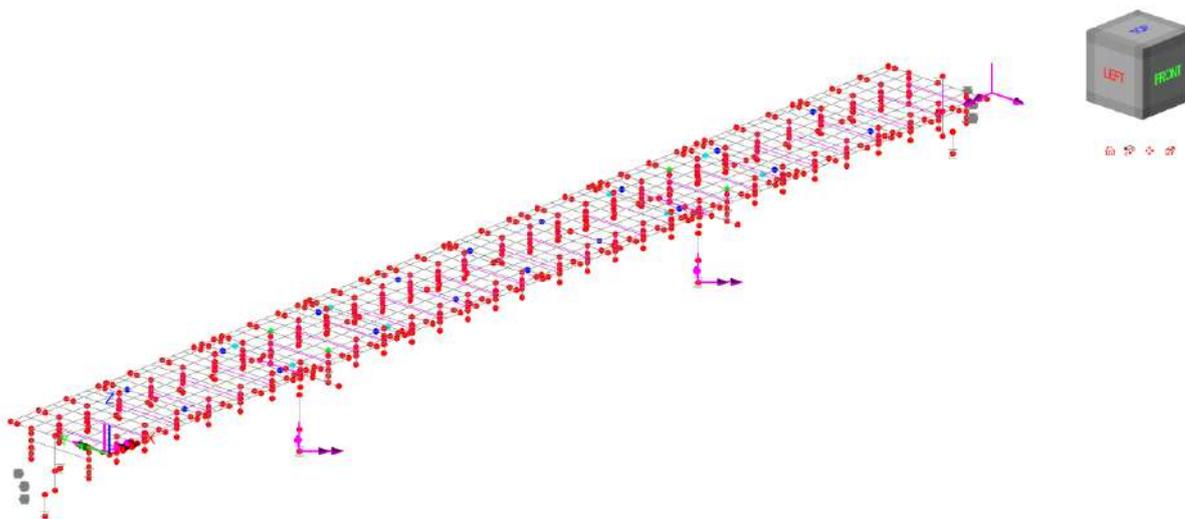


Figura 2.1 - Modello globale principale – layout E.F.

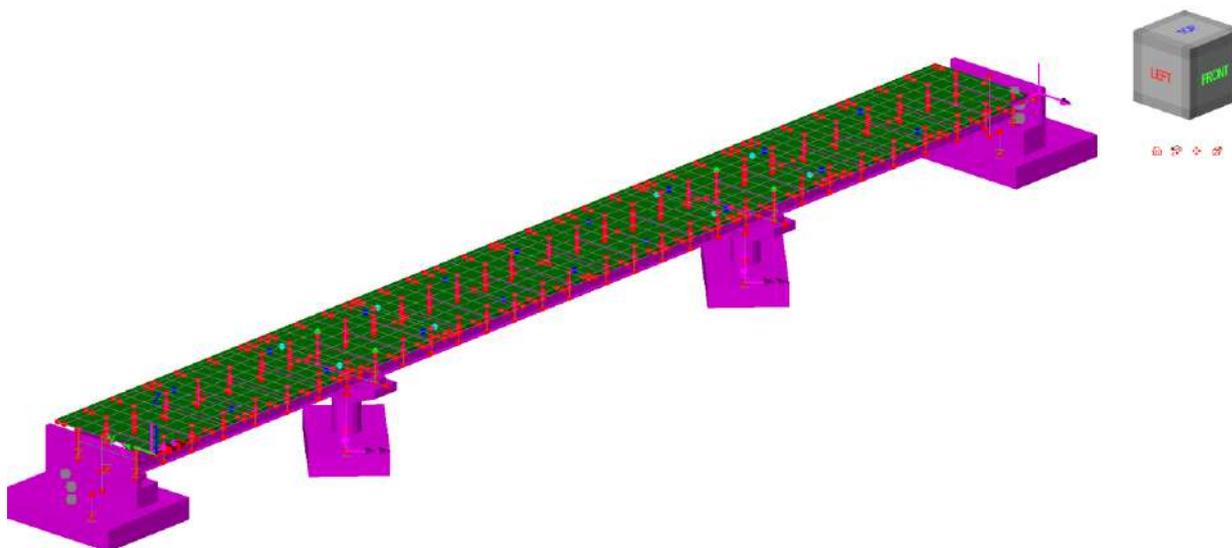


Figura 2.2 - Modello globale principale - Rendering

Gli schemi seguenti si focalizzano sulla modellazione dell'assieme pila – fondazione – pulvino. In questo caso si è tenuto conto delle proprietà, variabili lungo lo sviluppo, delle mensole del pulvino. Il nodo fusto – pulvino è stato modellato mediante l'applicazione di un vincolo tipo "constraint" disposto tra il piano nodale del pulvino e la sezione di estremità del fusto.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

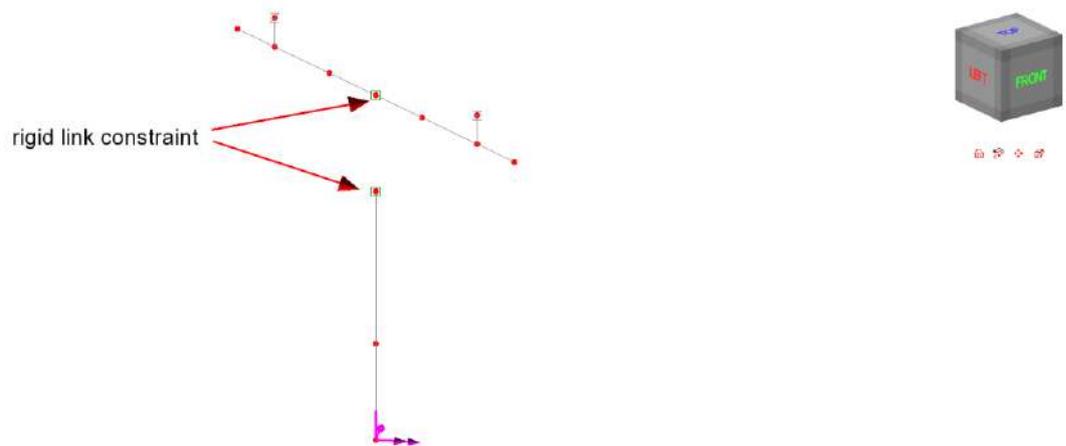


Figura 2.3 Modellazione pila – layout E.F

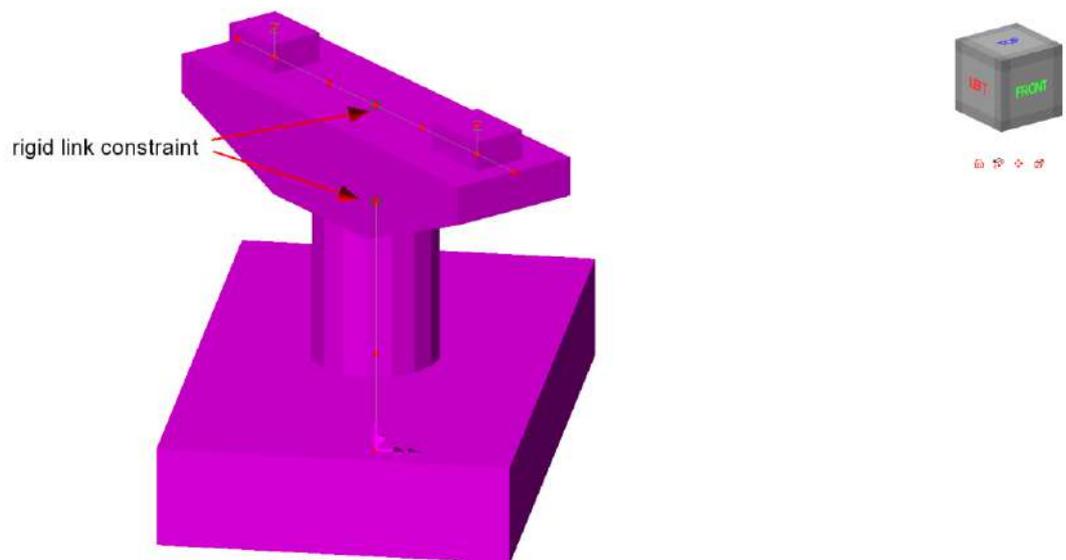


Figura 2.4 Modellazione pila - rendering

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

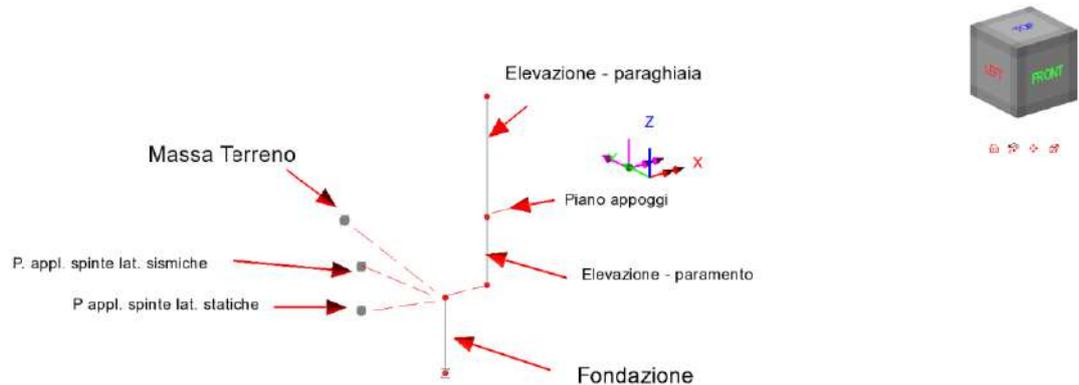


Figura 2.5 Modellazione spalla - layout E.F.

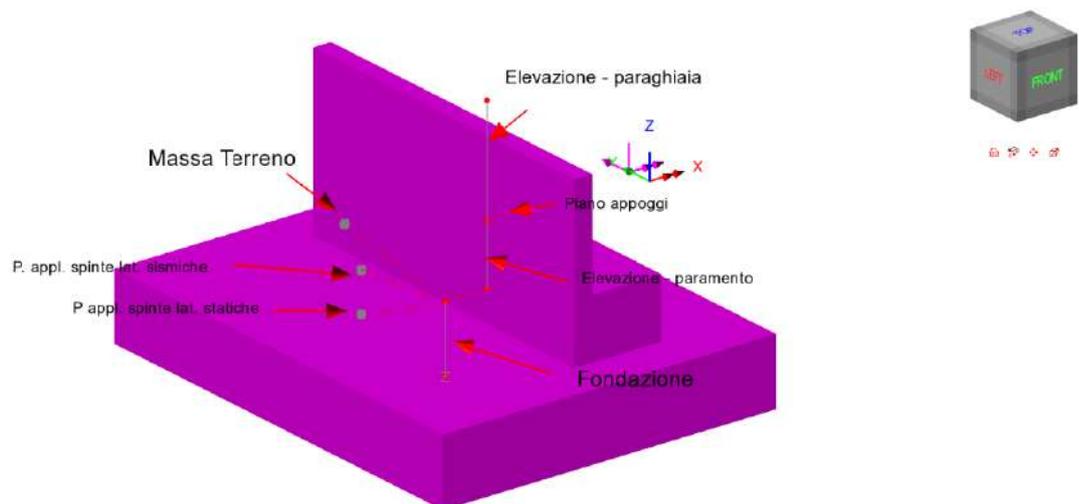


Figura 2.6 Modellazione spalla - Rendering

Le spalle della via di corsa destra presentano le seguenti particolarità, che pongono l'elemento strutturale in condizioni leggermente più impegnative rispetto a quelle della via di corsa sinistra, e pertanto verranno prese come riferimento per il dimensionamento generale di tutti gli elementi strutturali. Tale particolarità risiede nella mancanza del muro d'ala posto lato intervia, da cui consegue:

- Una leggera dissimmetria del carico verticale indotto dal reinterro e dai sovraccarichi a tergo spalla, la cui risultante si trova decentrata di circa 0.65 m rispetto all'asse fondazione
- Una leggera dissimmetria delle spinte longitudinali indotte dal terreno e dei sovraccarichi.
- La presenza di una risultante di spinta laterale, indotta dal terreno sul muro d'ala.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

La modellazione tiene conto di tutti questi fattori, restituendo in corrispondenza dell'incastro a intradosso fondazione le effettive risultanti.

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 - Pesì proprio getto soletta gk1 - Pesì propri el. Sottostrutture (baggioli) g, ev - Distorsione di progetto	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 Ql - 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 gkt,Ed - Sovrappinte sismiche trasversali	acciaio + cis (nfase 3, short term)

Tabella 2.1 Sintesi analisi modello principale

2.1 SISTEMA DI VINCOLO

I vincoli esterni sono degli "incastri" posti all'intradosso del plinto di fondazione delle pile centrali e delle spalle,

I dispositivi di vincolo effettivi del solo impalcato, rappresentati dagli isolatori elastomerici, sono modellati con molle di rigidità orizzontale $k_y=k_x=1480$ kN/m, e verticale $k_z=1286000$ kN/m in corrispondenza delle spalle, e molle con rigidità orizzontale $k_y=k_x=2230$ kN/m, e verticale $k_z= 21860000$ kN/m in corrispondenza delle pile.

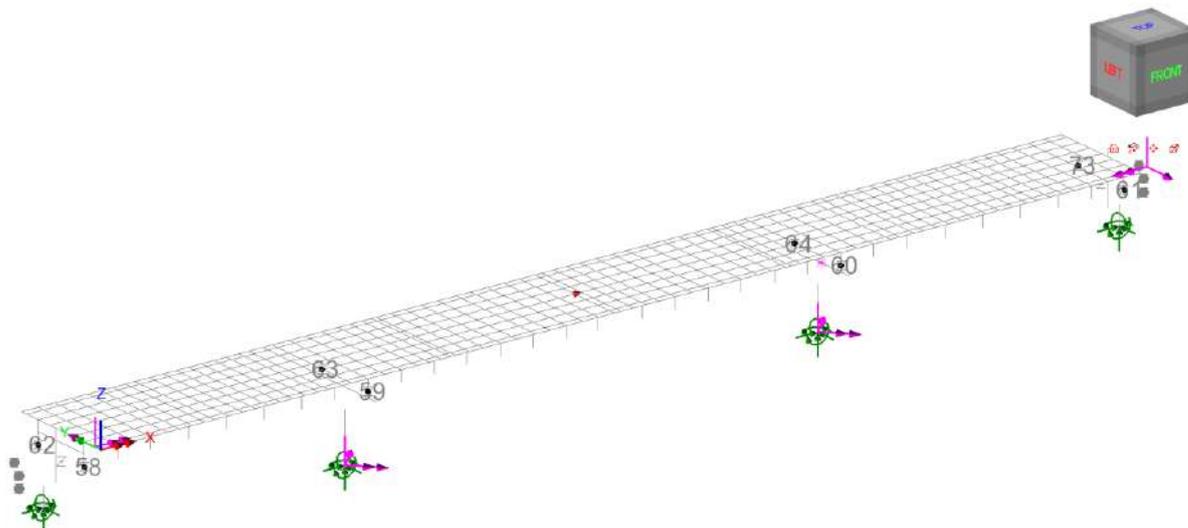


Figura 2.7: Vincoli esterni e numerazione degli elementi di molla concentrata presenti nel modello

I dispositivi di vincolo verranno inghiati 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 rigidzze 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 pile e delle spalle del viadotto Margi.

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:

Margi	Sp1	P1	P2	Sp2
Altezza terreno sopra testa pali (m)	4	4	2	3
Profondità falda rispetto testa pali (m)	2	0	1	2
	Spessore litotipi da testa pali (m)			
a_fine (coesivo)	0.5	0	2.3	4.4
a_gross (incoerente)	5.8	3.4	1.8	1.8
Qa	>24	>24	>24	>24

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Tabella 3.1 : Stratigrafia di calcolo

Nei calcoli, in favore di sicurezza è stata portata la quota della falda fino a quella della testa dei pali 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		γ	c'	ϕ'	z	c_u	E'	OCR	$k_0(^*)$
				[kN/m ³]	[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
							>5		20	≥5	1.19÷1.36
		a_gross	Alluvioni (grana grossa)	19÷21	0	38÷42	-	-	40	-	0.33÷0.38
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	1.29÷1.47	
							>30		200	40÷100	2

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

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

Le dimensioni del blocco di terreno, risulta in media:

$b_t = 11.675 \text{ m}$	spalla 1, 2
$l_t = 5.05 \text{ m}$	spalla 1, 2
$b_m = 0.55 \text{ m}$	muro d'ala (t medio)
$h_t = 5.0 \text{ m}$	spalla 1
$h_t = 5.45 \text{ m}$	spalla 2

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

$$G_{sp1} = [19 \times (11.675 - 0.55) + 25 \times 0.55] \times 5.05 \times 5.0 = 5684.4 \text{ kN}$$

$$G_{sp2} = [19 \times (11.675 - 0.55) + 25 \times 0.55] \times 5.05 \times 5.45 = 6196 \text{ kN}$$

Come accennato poco sopra, si è tenuto conto dell'eccentricità rispetto all'asse fondazione della massa di terreno, decentrando l'elemento massa di una quantità pari a $\Delta y = 0.6625 \text{ m}$ verso l'asse intervia.

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 impedita dalla struttura che non cede in nessun punto, per cui la pressione esercitata è una spinta a riposo espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione:

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

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

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

dove φ è l'angolo di attrito interno del terreno posto pari a 35° .

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:

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

Tale spinta viene implementata tramite una apposita "variation" lineare, tenendo conto della larghezza complessiva dell'area di spinta, pari a 11.675 m.

Si tiene inoltre conto dell'eccentricità trasversale del baricentro di spinta rispetto all'asse fondazione, applicando agli elementi monodimensionali che modellano le elevazioni delle opportune coppie torcenti distribuite, associate alle relative azioni orizzontali.

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:

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

Anche in questo caso si tiene conto dell'eccentricità trasversale della risultante indotta dalle spinte orizzontali, rispetto al baricentro degli elementi in elevazione, applicando la corrispondente coppia torcente distribuita.

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:

$$g_{kt,v}(Q) = 20 \times 11.675 \times 0.55 = 11792 \text{ kN}$$

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, di entità pari a:

$$Q_v = 20 \times 11.675 \times 0.55 = 128 \text{ kN}$$

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:

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

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

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

Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Latitudine: 37°.2694

Longitudine: 14°.945

Stato limite	$V_N(\text{anni})$	C_u	$V_R(\text{anni})$	$T_R(\text{anni})$	$a_g(\text{g})$	F_0	T^*c	$a_g(\text{m/s}^2)$	F_v
SLO	50	2	100	60	0.076	2.496	0.275	0.746	0.929
SLD	50	2	100	101	0.109	2.332	0.307	1.069	1.039
SLV	50	2	100	949	0.383	2.335	0.472	3.757	1.951
SLC	50	2	100	1950	0.541	2.337	0.531	5.307	2.321

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	1.608	0.147	0.442	1.904
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.550	0.159	0.476	2.036
SLV	C	T1	1.16	1.00	1.16	1.345	0.212	0.635	3.132
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.294	0.229	0.687	3.764

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.

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

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

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

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:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

$\eta=1$ per $0 \leq T \leq 0.8 T_{is}$

$\eta=0.71$ per $T > T_{is}$

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

Periodo dell'isolatore

Isolato	true
Tisol	2.109 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.71

Tabella 4.3: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

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

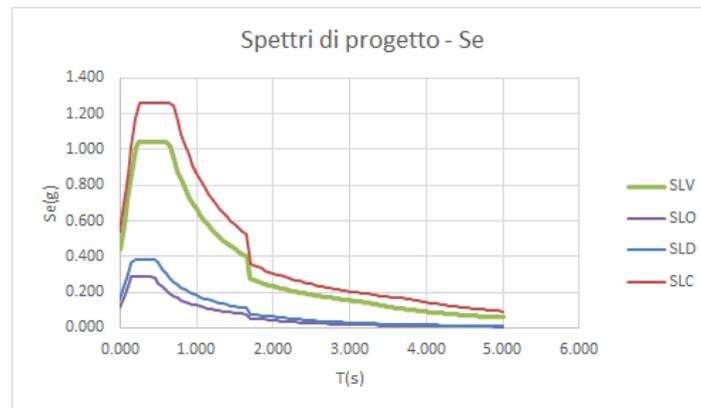


Tabella 4.4 Diagramma S_e (g)

Figura 4.1: Spettro elastico per la componente orizzontale

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

Parametri per la definizione dello spettro verticale

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S_s	S_T	S	C_c	T_B	T_C	T_D
SLO	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.608	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.550	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.345	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.294	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.2: 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_s ed S_T , rispettivamente il fattore di amplificazione stratigrafica e di amplificazione topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione $S=S_s*S_T$; 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^* , $T_C = C_c*T_C^*$ 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 verticale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

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

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

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

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

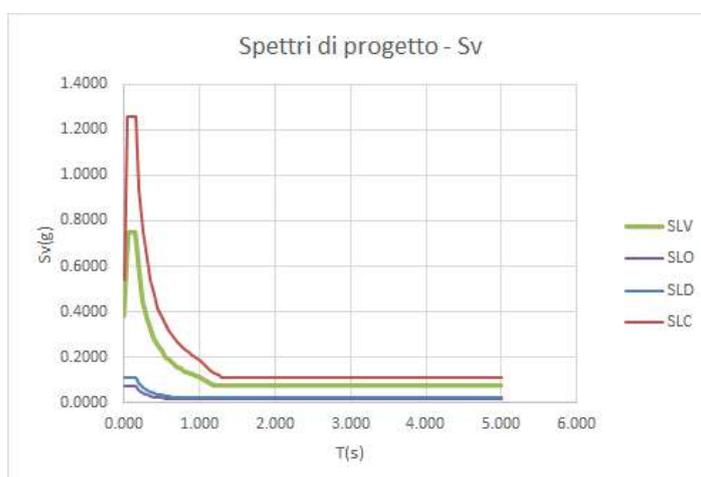


Figura 4.3: Diagramma Sv (g)

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:

β = angolo tra intradosso parete e la verticale

ϑ = 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

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

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

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

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

Nel caso specifico delle spalle da ponte, per le quali non vengono ammessi spostamenti significativi in fase sismica, il coefficiente β_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.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

La sovraspinta verrà quindi applicata, conformemente ai criteri di normativa per elementi non a spostamento limitato, 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).

Effetti inerziali sulle masse della spalla e del terrapieno

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

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

Caratterizz. sismica (SLV)		Caratteristiche terreno			Coefficienti di spinta	
Cat. Suolo	C		[°]	[rad]	θ_A	0.5199
ag	0.382	$\phi_{rievato}$ (M1)	35.0	0.6109	θ_B	0.3491
F0	2.334	δ Attrito terra-muro	17.5	0.3054	$k_{a,statico}$ (M1)	0.4264
Ss	1.165	$\phi_{rievato}$ (M2)	29.3	0.5106	$k_{a,statico}$ (M1)	0.2461
St	1.000	δ Attrito terra-muro	14.6	0.2553	$k_{a,din.1}$ (M1)	0.9582
S	1.17	ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708	$k_{a,din.2}$ (M1)	0.5499
a_{max}	0.445	β Incl. scarpata	0.0	0.0000		
β_m	1.000					
k_h	0.45	γ_{cis}	25.00	[kN/m ³]		
		γ_i rievato	19.00	[kN/m ³]		
k_v	0.22	q_v	20.00	[kN/m ²]		

Tabella 4.6 Parametri spinte terreno

4.6 CARICHI SULL'IMPALCATO

Per i carichi applicati sull'impalcato relativi a

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

Per quanto riguarda i dettagli circa i contributi di carico insistenti sull'impalcato, 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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

normativa in modo tale da minimizzare/massimizzare la sollecitazione scelta fornendo anche i valori delle sollecitazioni concomitanti.

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

Si considera una direzione del vento ortogonale all'asse impalcato, applicando la pressione del vento, valutata con riferimento alla tabella seguente, sulla superficie di prospetto del fusto pila, di larghezza pari a 2.5 m.

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

z (m)	c _r (z)	ce (z)	v _m (z)	l _v (z)	q _p (z)	f _w (N/m ²)
0.00	0.83	1.80	23.31	0.23	882.26	617.58
5.00	0.87	1.93	24.50	0.22	945.37	661.76
10.00	1.01	2.35	28.19	0.19	1152.62	806.84

Tabella 4.7 Definizione Azione Vento Fw

5. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

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

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

Le azioni variabili dominanti sono le seguenti:

- Carichi mobili dominanti
- Variazione Termica dominante
- Vento dominante

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

S.L.U. - STR

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

S.L.U. - Q_k dominante

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

Per Q_{kgr1/2} si intende l'involuppo delle sollecitazioni, elaborato sulla base dei carichi di gruppo 1 e 2

S.L.U. - T_k dominante

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

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

γ_{Q3} 1.2 coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

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

S.L.U. - GEO

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

$\gamma_{G1} 1 - 1$	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio
$\gamma_{G2} 1 - 1$	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
$\gamma_{G3} 1 - 1$	coefficiente moltiplicativo per le azioni di natura geotecnica.
$\gamma_{shLT} 1 - 1$	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro.
$\gamma_{\delta} 1.0 - 1.0$	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute alle distorsioni di progetto.
$\gamma_{settl.} 0 - 1$	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari.
$\gamma_{Q1} 1.15 - 0$	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
$\gamma_{Q2} 1.3 - 0$	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
$\gamma_{Q3} 1.3$	coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento.

S.L.E. - fondamentale

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. fond. - Q_k dominante

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

S.L.E. fond. - T_k dominante

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

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

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

S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. freq. - Q_k dominante

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

S.L.E. freq. - T_k dominante

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

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

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

S.L.E. - quasi permanente

Si considera la seguente combinazione.

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

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:

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

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 γ_{fav} , γ_{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)

Qui di seguito si riporta la sintesi delle verifiche effettuate.

Per gli elementi strutturali afferenti spalle e sostegni intermedi:

- 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:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

wk \leq 0.3 mm comb. S.L.E. frequente
wk \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:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE

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

7.3.1 Resistenza laterale

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

Terreni a grana grossa (sabbie)

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

dove:

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

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

φ' 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;

α 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)	α (-)
≤ 25	0.9
25÷50	0.8
50÷75	0.6
≥ 75	0.4

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

7.3.2 Resistenza di base

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

Terreni a grana fine (limi e argille)

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

dove:

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

σ_{vo} tensione verticale geostatica alla base del palo.

7.3.3 Resistenza dei pali trivellati calcolata da parametri geotecnici

Portata limite per attrito laterale:

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

con

(τ_{us}) = tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo;

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

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

Portata limite di base:

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

con

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

7.3.4 Resistenza di progetto del palo

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

- ξ 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.
- γ_R coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato e della tipologia esecutiva del palo (vedi la tabella seguente in cui sono riportati i fattori parziali relativi a pali trivellati).

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

Tabella 7.2 Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche

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

7.4 RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI

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

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

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

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

7.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO

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

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

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

E_p = modulo di Young del palo

I_p = momento di inerzia del palo

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

y = spostamento orizzontale.

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

- pali interamente 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:

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

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

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

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

con il seguente significato dei simboli:

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

- A e B = coefficienti adimensionali funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti $\frac{L_p}{T}$

e $\frac{z}{T}$, essendo L_p la lunghezza del palo e z la profondità generica riferita alla testa palo.

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

7.6 VERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE

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

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

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

Dove:

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

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

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

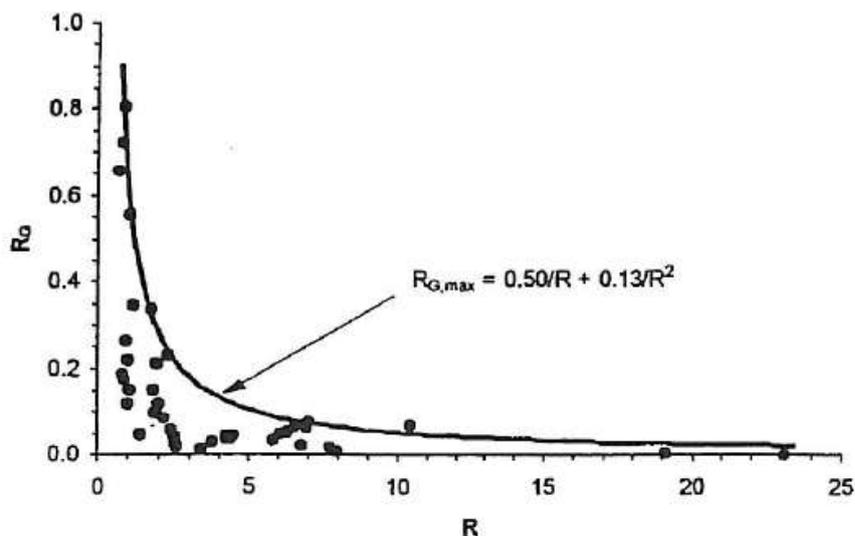


Figura 7.1 Coefficiente R_g (Mandolini et al., 1997).

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 2.11 s.

8.1 ANALISI DINAMICA

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

L'esame dei dati identificativi dell'analisi, riportato nella tabella seguente, conferma un comportamento dinamico della struttura governato quasi esclusivamente dalla sovrastruttura, il cui moto longitudinale e trasversale caratterizza rispettivamente il primo e secondo modo. Ulteriori partecipazioni significative di massa delle pile, si riscontrano a partire dal centesimo modo.

La tabella seguente riporta i dati identificativi dei modi estratti.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	1286.	0.6080	0.6080	-0.8147	0.2439E-06	0.2439E-06	-0.9469E-02	0.3295E-10	0.3295E-10
2	-0.8106	0.2414E-06	0.6080	-1286.	0.6079	0.6079	0.2746E-03	0.2771E-13	0.3298E-10
3	-0.1374	0.6936E-08	0.6080	1.509	0.8371E-06	0.6079	0.4966E-03	0.9062E-13	0.3307E-10
4	0.1835E-01	0.1237E-09	0.6080	10.30	0.3902E-04	0.6080	0.2657E-01	0.2595E-09	0.2925E-09
5	-0.3056E-01	0.3432E-09	0.6080	-0.1589E-02	0.9277E-12	0.6080	527.4	0.1022	0.1022
6	-0.4813E-02	0.8513E-11	0.6080	-21.81	0.1748E-03	0.6081	-0.1835E-02	0.1237E-11	0.1022
7	0.2904E-01	0.3098E-09	0.6080	3.752	0.5173E-05	0.6081	-0.2681	0.2640E-07	0.1022
8	0.1315	0.6352E-08	0.6080	-24.71	0.2243E-03	0.6084	-0.4467	0.7333E-07	0.1022
9	0.3844E-01	0.5429E-09	0.6080	-0.5844E-01	0.1255E-08	0.6084	-1.944	0.1388E-05	0.1022
10	-0.2744E-01	0.2767E-09	0.6080	0.1213E-01	0.5410E-10	0.6084	-1021.	0.3831	0.4853
11	0.1335E-02	0.6552E-12	0.6080	5.859	0.1261E-04	0.6084	0.1243	0.5680E-08	0.4853
12	0.4261E-02	0.6672E-11	0.6080	-1.248	0.5721E-06	0.6084	-0.1715E-01	0.1081E-09	0.4853
13	-0.8911	0.2918E-06	0.6080	-0.3170E-02	0.3693E-11	0.6084	0.4808	0.8494E-07	0.4853
14	0.1535	0.8664E-08	0.6080	-37.22	0.5090E-03	0.6089	-0.2672E-01	0.2624E-09	0.4853
15	0.1620E-02	0.9641E-12	0.6080	-0.2250E-05	0.1860E-17	0.6089	153.3	0.8638E-02	0.4939
16	-0.9960E-01	0.3646E-08	0.6080	-0.9520E-04	0.3331E-14	0.6089	1.025	0.3861E-06	0.4939
17	-0.1684E-01	0.1042E-09	0.6080	5.057	0.9399E-05	0.6089	-0.3423E-01	0.4305E-09	0.4939
18	-0.2640E-02	0.2560E-11	0.6080	0.8298E-02	0.2530E-10	0.6089	120.3	0.5320E-02	0.4992
19	-0.1447	0.7694E-08	0.6080	-0.1122E-01	0.4625E-10	0.6089	1.460	0.7838E-06	0.4992
20	-0.9353E-01	0.3215E-08	0.6080	22.28	0.1825E-03	0.6091	-0.3276E-01	0.3943E-09	0.4992
21	0.2886E-02	0.3061E-11	0.6080	0.2203E-02	0.1783E-11	0.6091	195.9	0.1410E-01	0.5133
22	0.1560E-01	0.8947E-10	0.6080	-3.835	0.5404E-05	0.6091	-0.3282E-01	0.3958E-09	0.5133
23	0.1444	0.7667E-08	0.6080	0.1725E-01	0.1093E-09	0.6091	-29.37	0.3169E-03	0.5137
24	-0.5326E-02	0.1043E-10	0.6080	-0.1374E-03	0.6940E-14	0.6091	-12.58	0.5817E-04	0.5137
25	-0.1878	0.1297E-07	0.6080	0.7447E-04	0.2038E-14	0.6091	-29.07	0.3106E-03	0.5140
26	-0.1954	0.1403E-07	0.6080	0.1272E-03	0.5942E-14	0.6091	17.49	0.1124E-03	0.5141
27	-0.2735	0.2748E-07	0.6080	0.3303E-03	0.4009E-13	0.6091	-0.4033	0.5978E-07	0.5141
28	-0.3821E-02	0.5367E-11	0.6080	-0.1071E-02	0.4213E-12	0.6091	-245.5	0.2214E-01	0.5363
29	0.7475E-02	0.2054E-10	0.6080	-0.1077E-02	0.4265E-12	0.6091	231.6	0.1971E-01	0.5560
30	0.1452	0.7749E-08	0.6080	0.4899E-02	0.8818E-11	0.6091	-8.187	0.2463E-04	0.5560
31	0.2949E-01	0.3195E-09	0.6080	-6.612	0.1607E-04	0.6091	-0.9771E-02	0.3509E-10	0.5560
32	-0.3202E-02	0.3768E-11	0.6080	-0.3381E-03	0.4202E-13	0.6091	1.174	0.5069E-06	0.5560
33	0.5502E-02	0.1113E-10	0.6080	-0.3672E-04	0.4954E-15	0.6091	3.624	0.4825E-05	0.5560
34	-0.1499E-01	0.8260E-10	0.6080	-0.5096E-03	0.9545E-13	0.6091	1.670	0.1025E-05	0.5560
35	-0.4711E-03	0.8155E-13	0.6080	0.2158E-03	0.1712E-13	0.6091	1.933	0.1372E-05	0.5560
36	0.4113E-02	0.6215E-11	0.6080	0.2354E-03	0.2036E-13	0.6091	0.1433	0.7549E-08	0.5560
37	0.1865E-02	0.1278E-11	0.6080	-0.1230E-03	0.5556E-14	0.6091	-0.1173	0.5060E-08	0.5560
38	-0.1521E-02	0.8505E-12	0.6080	0.6971E-04	0.1786E-14	0.6091	-0.2262	0.1880E-07	0.5560
39	-0.1974E-03	0.1433E-13	0.6080	-0.8541E-04	0.2681E-14	0.6091	1.991	0.1457E-05	0.5560
40	-0.3572E-03	0.4690E-13	0.6080	-0.3977E-04	0.5811E-15	0.6091	-0.4406E-01	0.7134E-09	0.5560

Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica – modi 1-40

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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.
41	-0.2682E-03	0.2643E-13	0.6080	-0.2483E-04	0.2266E-15	0.6091	-0.3407	0.4265E-07	0.5560
42	0.2160E-02	0.1715E-11	0.6080	0.5028E-04	0.9291E-15	0.6091	-1.001	0.3681E-06	0.5560
43	-0.6347E-03	0.1481E-12	0.6080	0.1341E-04	0.6612E-14	0.6091	-1.681	0.1039E-05	0.5560
44	-0.5891E-04	0.1275E-14	0.6080	-0.3389E-03	0.4220E-13	0.6091	-0.3650	0.4896E-07	0.5560
45	0.1186E-02	0.5172E-12	0.6080	-0.1017E-03	0.3803E-14	0.6091	-0.6722E-01	0.1661E-08	0.5560
46	-0.3068E-04	0.3460E-15	0.6080	0.7716E-03	0.2188E-12	0.6091	0.3127	0.3593E-07	0.5560
47	-0.1808E-03	0.1202E-13	0.6080	0.3475E-04	0.4439E-15	0.6091	0.8420E-02	0.2605E-10	0.5560
48	-0.9997E-04	0.3673E-14	0.6080	0.2057E-04	0.1555E-15	0.6091	-0.1282	0.6043E-08	0.5560
49	0.3133E-03	0.3606E-13	0.6080	0.1783E-04	0.1169E-15	0.6091	-0.9981E-01	0.3661E-08	0.5560
50	0.9967E-05	0.3651E-16	0.6080	-0.9712E-05	0.3466E-16	0.6091	0.1726	0.1094E-07	0.5560
51	0.4335E-03	0.6906E-13	0.6080	-0.1075E-05	0.4248E-18	0.6091	0.3424E-01	0.4308E-09	0.5560
52	-0.8727E-04	0.2799E-14	0.6080	0.1258E-04	0.5820E-16	0.6091	0.3345E-01	0.4112E-09	0.5560
53	0.8357E-05	0.2566E-16	0.6080	-0.8252E-05	0.2503E-16	0.6091	-0.5377E-02	0.1062E-10	0.5560
54	0.2824E-04	0.2931E-15	0.6080	0.1143E-04	0.4804E-16	0.6091	0.3327E-01	0.4066E-09	0.5560
55	-0.3863E-04	0.5483E-15	0.6080	-0.4977E-05	0.9104E-17	0.6091	0.1344E-01	0.6642E-10	0.5560
56	0.1016E-04	0.3797E-16	0.6080	0.1444E-03	0.7659E-14	0.6091	-0.1209	0.5372E-08	0.5560
57	0.5934E-04	0.1294E-14	0.6080	0.9591E-04	0.3380E-14	0.6091	-1.403	0.7230E-06	0.5560
58	-0.1956E-01	0.1406E-09	0.6080	-0.7628E-04	0.2138E-14	0.6091	0.1363E-01	0.6831E-10	0.5560
59	-0.1111E-01	0.4537E-10	0.6080	0.1992E-02	0.1458E-11	0.6091	32.89	0.3976E-03	0.5564
60	-0.1974	0.1433E-07	0.6080	-0.5759E-01	0.1219E-08	0.6091	-0.6938	0.1769E-06	0.5564
61	-0.9011E-01	0.2984E-08	0.6080	19.38	0.1380E-03	0.6092	0.1023E-01	0.3848E-10	0.5564
62	-0.8636E-02	0.2741E-10	0.6080	1.454	0.7767E-06	0.6092	-0.1361	0.6805E-08	0.5564
63	-0.1442	0.7647E-08	0.6080	0.1586E-01	0.9239E-10	0.6092	-11.72	0.5044E-04	0.5565
64	0.2640E-01	0.2561E-09	0.6080	0.2261E-01	0.1878E-09	0.6092	-59.03	0.1281E-02	0.5578
65	0.1031	0.3910E-08	0.6080	0.8426E-03	0.2609E-12	0.6092	-43.92	0.7089E-03	0.5585
66	0.1613E-01	0.9556E-10	0.6080	0.5414E-01	0.1077E-08	0.6092	27.74	0.2828E-03	0.5587
67	-0.6631E-01	0.1616E-08	0.6080	11.97	0.5267E-04	0.6093	0.1440E-01	0.7621E-10	0.5587
68	-0.2467	0.2236E-07	0.6080	-0.3758E-01	0.5191E-09	0.6093	1.302	0.6227E-06	0.5587
69	0.4955E-01	0.9024E-09	0.6080	-0.3875E-04	0.5517E-15	0.6093	-0.2746	0.2772E-07	0.5587
70	0.3091E-02	0.3511E-11	0.6080	-0.5322E-03	0.1041E-12	0.6093	5.404	0.1073E-04	0.5588
71	0.1805E-01	0.1197E-09	0.6080	0.7559E-03	0.2100E-12	0.6093	0.5602	0.1153E-06	0.5588
72	-0.2315E-03	0.1969E-13	0.6080	-0.3123E-03	0.3585E-13	0.6093	5.919	0.1287E-04	0.5588
73	-0.1290E-01	0.6119E-10	0.6080	0.4266E-04	0.6687E-15	0.6093	0.1799	0.1189E-07	0.5588
74	-0.8408E-03	0.2598E-12	0.6080	-0.2412E-03	0.2138E-13	0.6093	0.4119	0.6234E-07	0.5588
75	0.8888E-04	0.2903E-14	0.6080	-0.2420E-03	0.2153E-13	0.6093	3.652	0.4902E-05	0.5588
76	0.7367E-03	0.1994E-12	0.6080	0.9132E-03	0.3064E-12	0.6093	0.8715	0.2791E-06	0.5588
77	0.1596E-03	0.9360E-14	0.6080	-0.4797E-04	0.8456E-15	0.6093	-0.7782E-01	0.2225E-08	0.5588
78	-0.3244E-03	0.3867E-13	0.6080	0.4762E-06	0.8334E-19	0.6093	-0.9115E-01	0.3053E-08	0.5588
79	0.4806E-02	0.8489E-11	0.6080	0.7026E-04	0.1814E-14	0.6093	0.1625E-01	0.9700E-10	0.5588
80	-0.2484E-02	0.2268E-11	0.6080	0.4617E-04	0.7835E-15	0.6093	0.5307E-01	0.1035E-08	0.5588

Figura 8.1 Risultati analisi dinamica – modi 41-80

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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.
81	0.4671E-02	0.8016E-11	0.6080	0.2005E-03	0.1477E-13	0.6093	-0.1451E-01	0.7741E-10	0.5588
82	-0.7783E-04	0.2226E-14	0.6080	0.6805E-04	0.1702E-14	0.6093	-0.1250	0.5745E-08	0.5588
83	-0.3308E-03	0.4021E-13	0.6080	-0.9823E-05	0.3546E-16	0.6093	-0.3233	0.3842E-07	0.5588
84	-0.1853E-03	0.1261E-13	0.6080	0.9703E-04	0.3460E-14	0.6093	-0.2530	0.2353E-07	0.5588
85	-0.1235E-02	0.5608E-12	0.6080	-0.4530E-04	0.7541E-15	0.6093	-0.6105E-01	0.1370E-08	0.5588
86	-0.2075E-02	0.1582E-11	0.6080	-0.4352E-04	0.6959E-15	0.6093	0.2875E-01	0.3038E-09	0.5588
87	-0.6282E-02	0.1450E-10	0.6080	-0.3282E-03	0.3959E-13	0.6093	0.3416E-01	0.4288E-09	0.5588
88	0.1958E-02	0.1409E-11	0.6080	0.1043E-03	0.3999E-14	0.6093	0.3043	0.3403E-07	0.5588
89	-0.3133E-02	0.3606E-11	0.6080	-0.2291E-03	0.1928E-13	0.6093	0.1955	0.1405E-07	0.5588
90	-0.3341E-02	0.4103E-11	0.6080	-0.1998E-03	0.1466E-13	0.6093	-0.2280E-01	0.1910E-09	0.5588
91	-0.1135E-02	0.4738E-12	0.6080	-0.1904E-03	0.1332E-13	0.6093	0.2459	0.2222E-07	0.5588
92	-0.9365E-03	0.3223E-12	0.6080	-0.2199E-03	0.1777E-13	0.6093	0.3446	0.4363E-07	0.5588
93	0.1742E-03	0.1116E-13	0.6080	0.3804E-04	0.5317E-15	0.6093	-0.2025E-01	0.1507E-09	0.5588
94	-0.2504	0.2303E-07	0.6080	0.1234E-03	0.5598E-14	0.6093	-0.1056	0.4098E-08	0.5588
95	-0.4616E-02	0.7831E-11	0.6080	-0.4278E-02	0.6726E-11	0.6093	-1.978	0.1438E-05	0.5588
96	-0.1237E-01	0.5627E-10	0.6080	2.144	0.1690E-05	0.6093	0.7707E-02	0.2183E-10	0.5588
97	0.1518E-01	0.8473E-10	0.6080	0.2005E-01	0.1478E-09	0.6093	-14.96	0.8224E-04	0.5589
98	0.9102E-01	0.3044E-08	0.6080	-0.9916E-03	0.3614E-12	0.6093	-27.92	0.2864E-03	0.5591
99	-0.1357E-01	0.6767E-10	0.6080	0.7244E-02	0.1928E-10	0.6093	-28.09	0.2900E-03	0.5594
100	0.2275	0.1901E-07	0.6080	0.2181E-01	0.1749E-09	0.6093	-0.5230	0.1005E-06	0.5594
101	-0.5578E-01	0.1143E-08	0.6080	9.234	0.3134E-04	0.6093	-0.1578	0.9156E-08	0.5594
102	-0.1633E-01	0.9802E-10	0.6080	-0.2039E-01	0.1527E-09	0.6093	-6.144	0.1387E-04	0.5594
103	0.1994E-02	0.1462E-11	0.6080	-0.1755	0.1132E-07	0.6093	-0.8789E-01	0.2839E-08	0.5594
104	-0.1182E-01	0.5132E-10	0.6080	-0.2612E-01	0.2508E-09	0.6093	-111.1	0.4537E-02	0.5640
105	0.1901E-01	0.1328E-09	0.6080	-2.471	0.2244E-05	0.6093	-0.2061	0.1561E-07	0.5640
106	0.2360	0.2047E-07	0.6080	0.1585E-01	0.9233E-10	0.6093	-1.207	0.5353E-06	0.5640
107	0.3187	0.3732E-07	0.6080	-0.6840E-02	0.1719E-10	0.6093	6.742	0.1670E-04	0.5640
108	2.286	0.1921E-05	0.6080	-0.3219E-01	0.3807E-09	0.6093	1.077	0.4266E-06	0.5640
109	0.2709	0.2697E-07	0.6080	-0.7376E-01	0.1999E-08	0.6093	-61.07	0.1370E-02	0.5654
110	-0.6337	0.1476E-06	0.6080	83.71	0.2575E-02	0.6119	0.3530	0.4578E-07	0.5654
111	-0.2701	0.2681E-07	0.6080	0.6394	0.1503E-06	0.6119	-54.44	0.1089E-02	0.5665
112	0.1372E-01	0.6913E-10	0.6080	0.3579	0.4706E-07	0.6119	0.1961	0.1413E-07	0.5665
113	-0.6702	0.1650E-06	0.6080	72.32	0.1922E-02	0.6138	-0.1655E-01	0.1006E-09	0.5665
114	-0.2051	0.1546E-07	0.6080	0.1182	0.5133E-08	0.6138	0.6273	0.1446E-06	0.5665
115	-1.037	0.3950E-06	0.6080	116.4	0.4981E-02	0.6188	0.6164E-01	0.1396E-08	0.5665
116	-0.1334E-01	0.6537E-10	0.6080	0.2001	0.1472E-07	0.6188	-52.49	0.1013E-02	0.5675
117	0.4207	0.6503E-07	0.6080	-59.68	0.1309E-02	0.6201	0.1146E-02	0.4825E-12	0.5675
118	0.3781	0.5253E-07	0.6080	-40.76	0.6106E-03	0.6207	-0.7896	0.2291E-06	0.5675
119	0.1326E-01	0.6461E-10	0.6080	-0.5546	0.1130E-06	0.6207	52.65	0.1019E-02	0.5685
120	-0.1874E-01	0.1291E-09	0.6080	0.9799E-01	0.3528E-08	0.6207	1.589	0.9279E-06	0.5685

Figura 8.2 Risultati analisi dinamica – modi 81-120

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.
121	0.7258	0.1936E-06	0.6080	-46.37	0.7902E-03	0.6215	0.6635E-01	0.1618E-08	0.5685
122	0.4913	0.8870E-07	0.6080	-61.26	0.1379E-02	0.6229	-0.2400E-01	0.2118E-09	0.5685
123	-0.1624	0.9692E-08	0.6080	-1.169	0.5022E-06	0.6229	0.7230E-01	0.1921E-08	0.5685
124	0.1988	0.1453E-07	0.6080	-0.1572E-01	0.9079E-10	0.6229	-1.873	0.1289E-05	0.5685
125	-0.7732	0.2197E-06	0.6080	0.5718E-01	0.1202E-08	0.6229	-84.39	0.2617E-02	0.5711
126	-0.4218E-01	0.6540E-09	0.6080	-22.54	0.1866E-03	0.6231	-0.4086	0.6136E-07	0.5711
127	-1.853	0.1262E-05	0.6080	82.58	0.2506E-02	0.6256	1.419	0.7395E-06	0.5711
128	4.083	0.6126E-05	0.6080	0.3640	0.4868E-07	0.6256	-151.6	0.8450E-02	0.5796
129	8.219	0.2482E-04	0.6080	-1.141	0.4781E-06	0.6256	-9.695	0.3454E-04	0.5796
130	62.82	0.1450E-02	0.6095	-13.92	0.7125E-04	0.6257	-0.9795	0.3526E-06	0.5796
131	308.8	0.3504E-01	0.6445	4.149	0.6325E-05	0.6257	4.602	0.7784E-05	0.5796
132	-23.82	0.2085E-03	0.6447	0.6896	0.1747E-06	0.6257	-0.9120	0.3056E-06	0.5796
133	-10.05	0.3708E-04	0.6447	-0.7152	0.1879E-06	0.6257	-2.273	0.1898E-05	0.5796
134	7.420	0.2023E-04	0.6448	1.568	0.9040E-06	0.6257	1.469	0.7930E-06	0.5796
135	-29.86	0.3277E-03	0.6451	-2.682	0.2643E-05	0.6257	-2.105	0.1629E-05	0.5796
136	-30.22	0.3357E-03	0.6454	-11.90	0.5208E-04	0.6257	-18.20	0.1217E-03	0.5797
137	46.43	0.7922E-03	0.6462	-23.14	0.1967E-03	0.6259	-0.8215	0.2480E-06	0.5797
138	-0.4197	0.6474E-07	0.6462	14.59	0.7820E-04	0.6260	-5.566	0.1138E-04	0.5797
139	-6.264	0.1442E-04	0.6462	-5.781	0.1228E-04	0.6260	54.68	0.1099E-02	0.5808
140	0.5368	0.1059E-06	0.6462	2.563	0.2414E-05	0.6260	7.032	0.1817E-04	0.5809

Figura 8.3 Risultati analisi dinamica – modi 121-140

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

$$M_s = 1671670 \text{ kg}$$

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

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

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

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

Risultando pertanto, per i modi orizzontali:

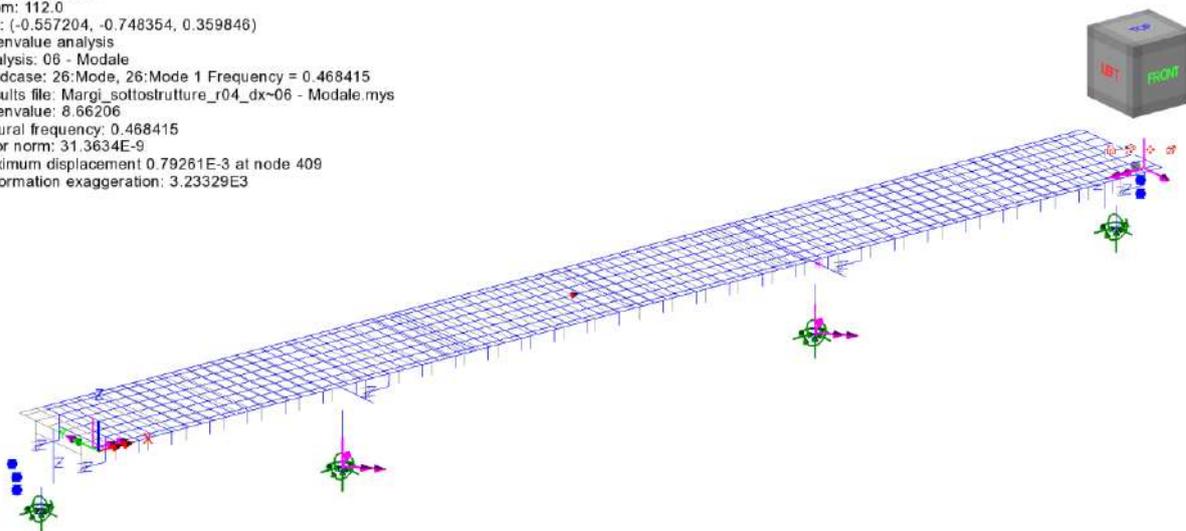
$$M_e/M_{\text{eff}} = 0.92$$

L'analisi può essere considerata accettabile.

Qui di seguito si riportano le deformate modali dei modi più rappresentativi del comportamento longitudinale, trasversale e verticale.

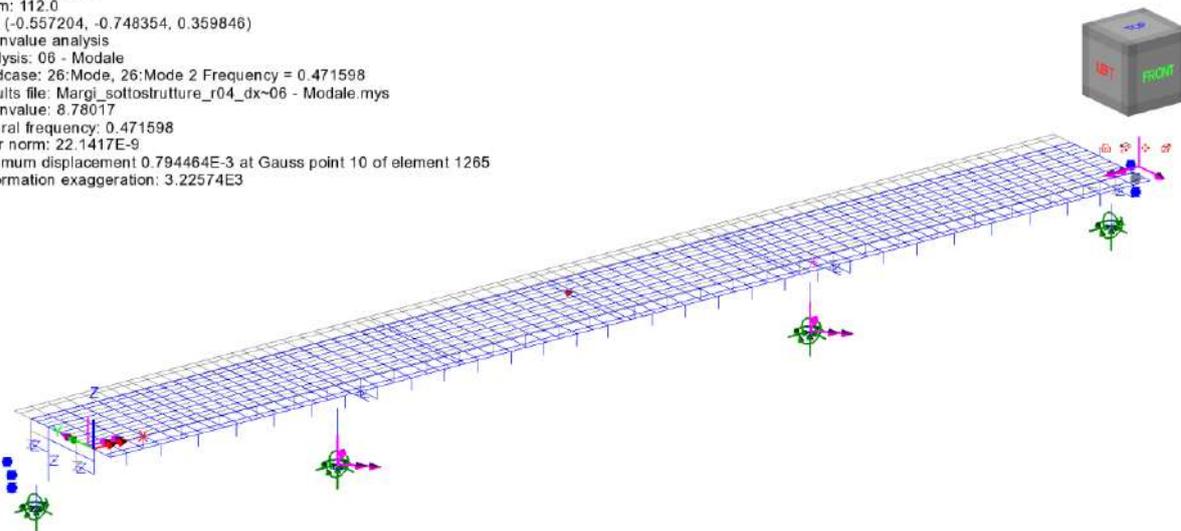
Modo 1 longitudinale (f = 0.468 Hz, T = 2.13 s)

Scale: 1: 427.123
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06 - Modale
Loadcase: 26: Mode, 26: Mode 1 Frequency = 0.468415
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx~06 - Modale.mys
Eigenvalue: 8.66206
Natural frequency: 0.468415
Error norm: 31.3634E-9
Maximum displacement: 0.79261E-3 at node 409
Deformation exaggeration: 3.23329E3



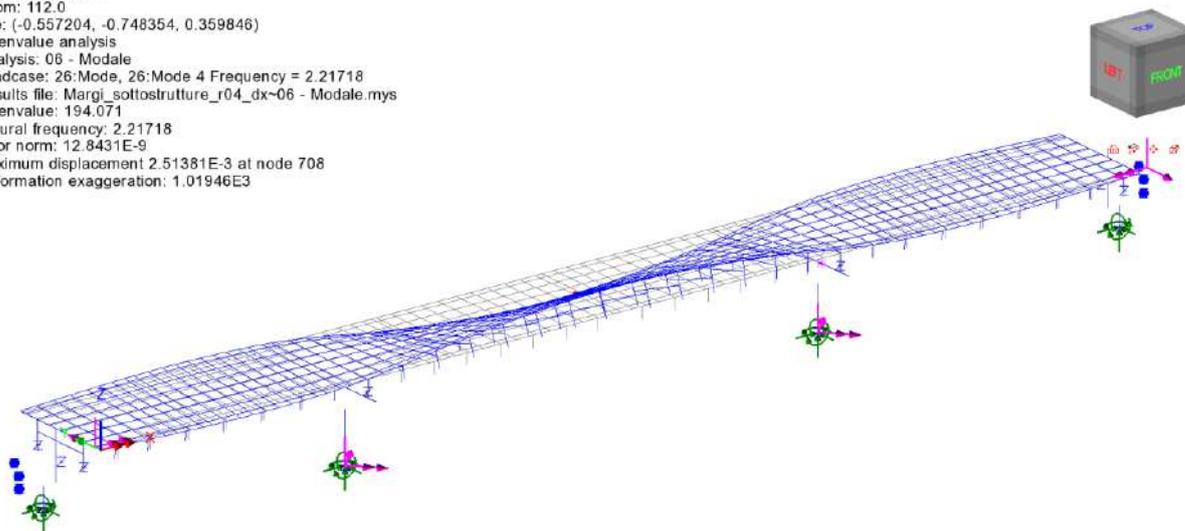
Modo 2 trasversale (f = 0.472 Hz, T = 2.11 s)

Scale: 1: 427.123
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06 - Modale
Loadcase: 26:Mode, 26:Mode 2 Frequency = 0.471598
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx-06 - Modale.mys
Eigenvalue: 8.78017
Natural frequency: 0.471598
Error norm: 22.1417E-9
Maximum displacement 0.794464E-3 at Gauss point 10 of element 1265
Deformation exaggeration: 3.22574E3



Modo 5 (f = 2.34 Hz, T = 0.42 s)

Scale: 1: 427.123
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06 - Modale
Loadcase: 26:Mode, 26:Mode 4 Frequency = 2.21718
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx-06 - Modale.mys
Eigenvalue: 194.071
Natural frequency: 2.21718
Error norm: 12.8431E-9
Maximum displacement 2.51381E-3 at node 708
Deformation exaggeration: 1.01946E3

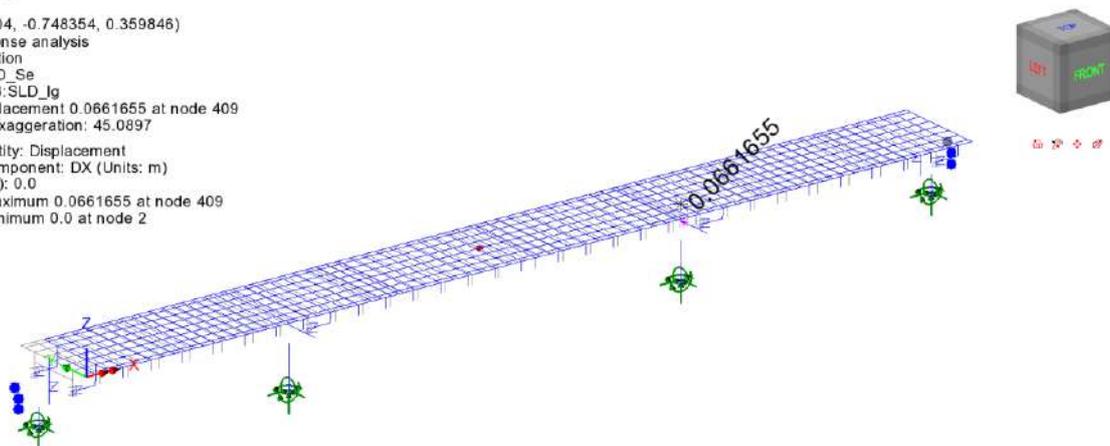


8.1.1 Spostamenti dell'impalcato

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

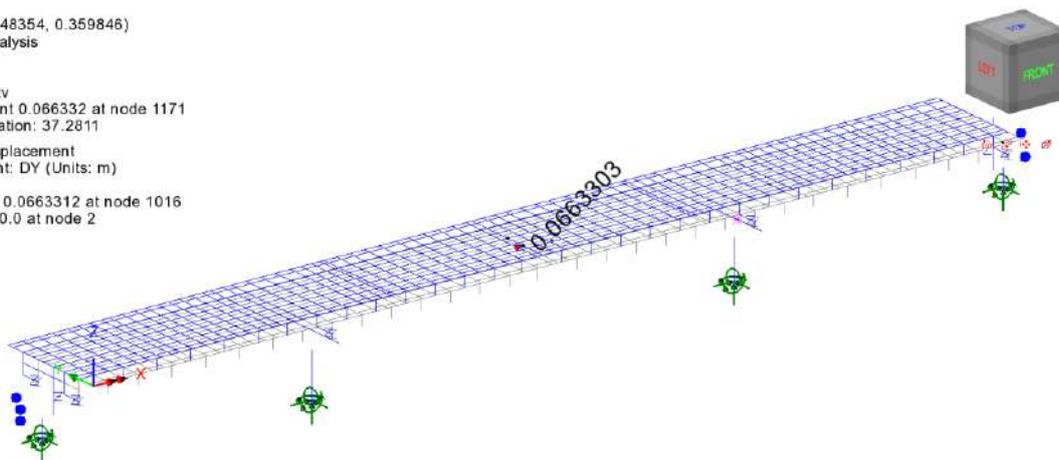
SLD – lg

Scale: 1: 497.23
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 303:SLD_lg
Maximum displacement 0.0661655 at node 409
Deformation exaggeration: 45.0897
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0661655 at node 409
Peak/value minimum 0.0 at node 2



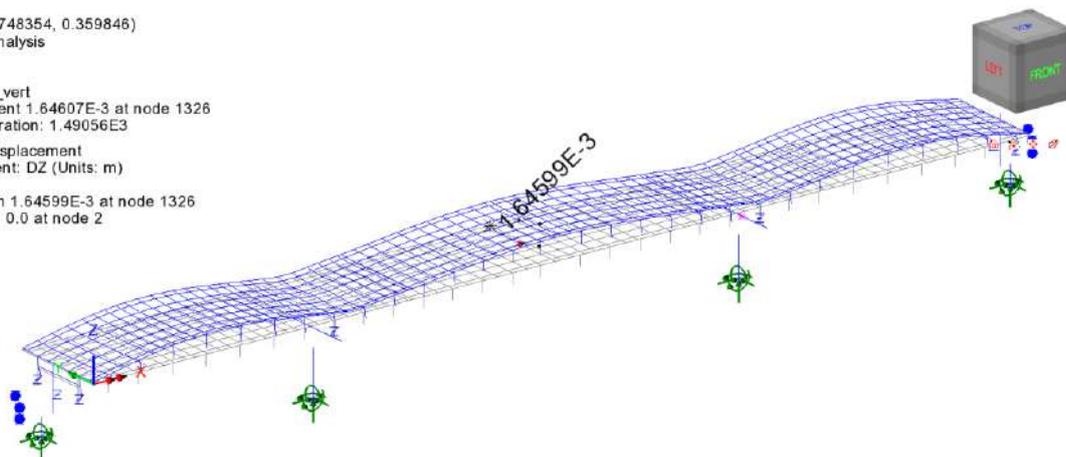
SLD – tv

Scale: 1: 412.155
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 304:SLD_tv
Maximum displacement 0.066332 at node 1171
Deformation exaggeration: 37.2811
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.066332 at node 1016
Peak/value minimum 0.0 at node 2



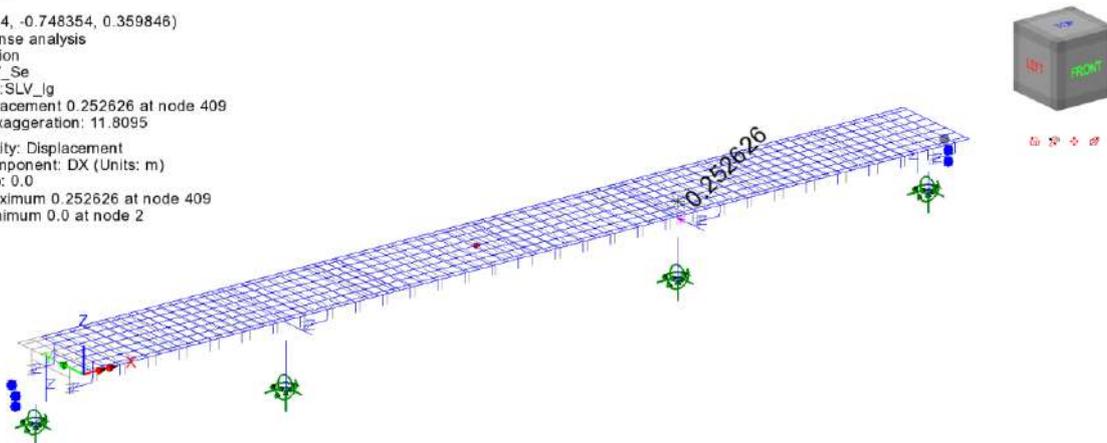
SLD – vert

Scale: 1: 408.928
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Sv
Loadcase: 305:SLD_vert
Maximum displacement: 1.64607E-3 at node 1326
Deformation exaggeration: 1.49056E3
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum: 1.64599E-3 at node 1326
Peak/value minimum: 0.0 at node 2



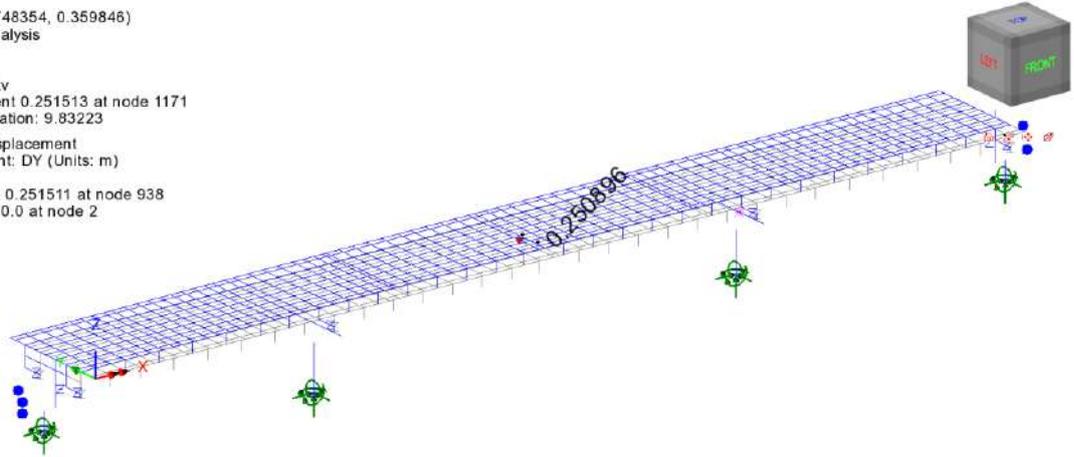
SLV – lg

Scale: 1: 497.23
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 300:SLV_lg
Maximum displacement: 0.252626 at node 409
Deformation exaggeration: 11.8095
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum: 0.252626 at node 409
Peak/value minimum: 0.0 at node 2



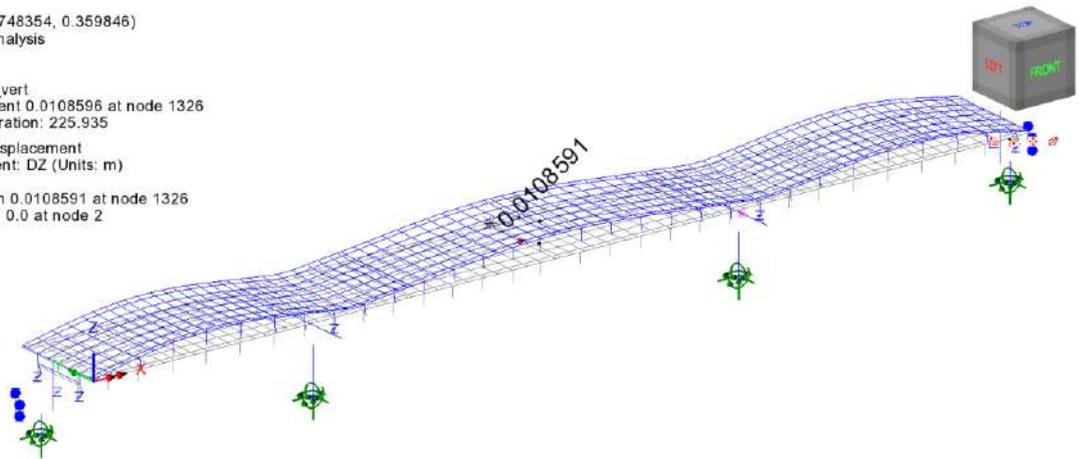
SLV - tv

Scale: 1: 412.156
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 301:SLV_tv
Maximum displacement 0.251513 at node 1171
Deformation exaggeration: 9.83223
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.251511 at node 938
Peak/value minimum 0.0 at node 2



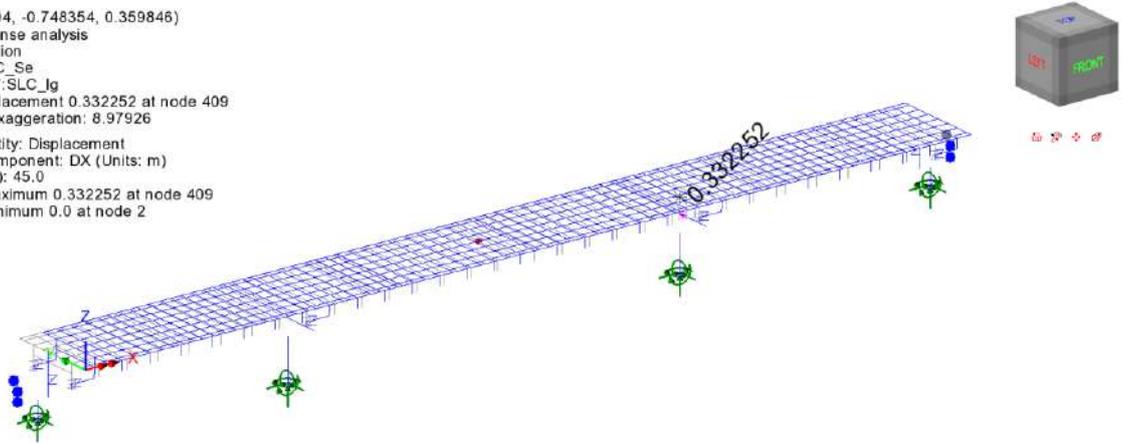
SLV - vert

Scale: 1: 408.928
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 302:SLV_vert
Maximum displacement 0.0108596 at node 1326
Deformation exaggeration: 225.935
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0108591 at node 1326
Peak/value minimum 0.0 at node 2



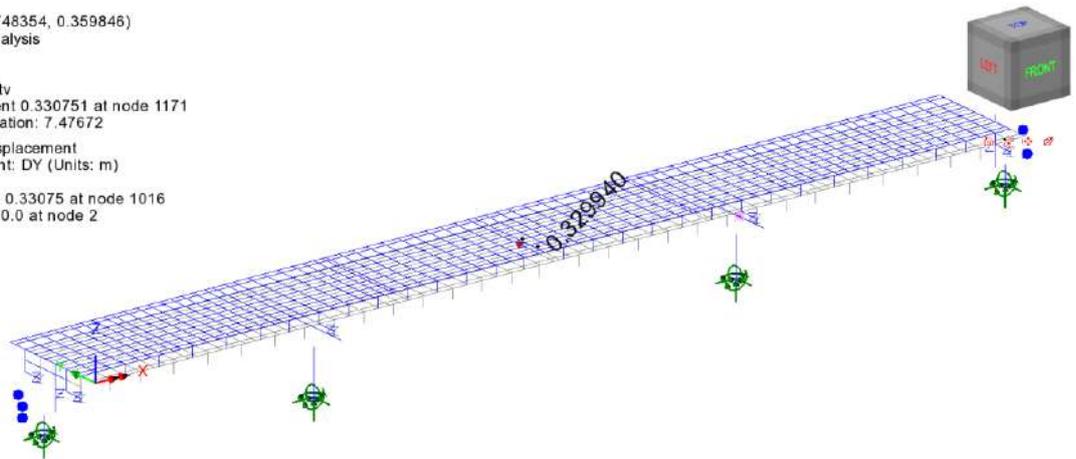
SLC – Ig

Scale: 1: 497.23
Zoom: 112.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Se
Loadcase: 297;SLC_Ig
Maximum displacement 0.332252 at node 409
Deformation exaggeration: 8.97926
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 45.0
Peak/value maximum 0.332252 at node 409
Peak/value minimum 0.0 at node 2



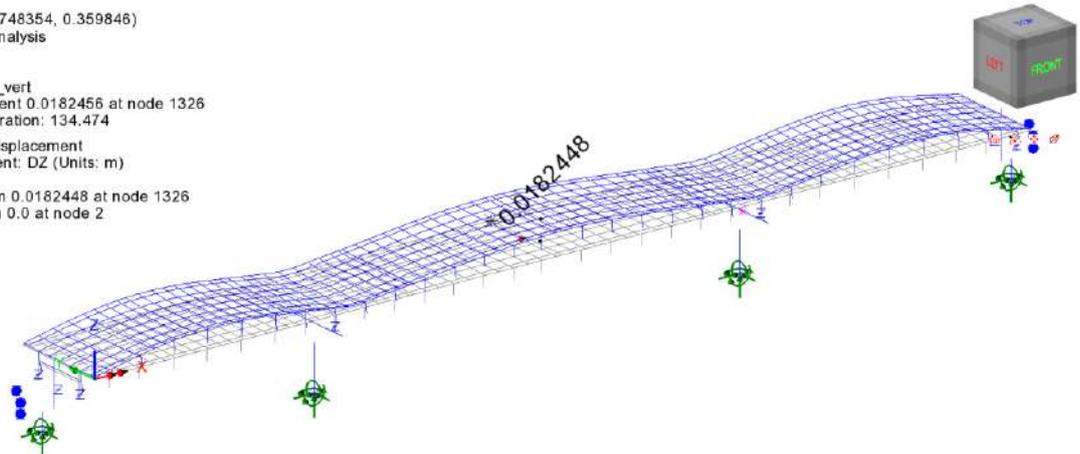
SLC – tv

Scale: 1: 412.156
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Se
Loadcase: 298;SLC_tv
Maximum displacement 0.330751 at node 1171
Deformation exaggeration: 7.47672
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.330751 at node 1016
Peak/value minimum 0.0 at node 2



SLC – vert

Scale: 1: 408.928
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Sv
Loadcase: 299.SLC_vert
Maximum displacement 0.0182448 at node 1326
Deformation exaggeration: 134.474
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0182448 at node 1326
Peak/value minimum 0.0 at node 2



8.2 SOLLECITAZIONI

8.2.1 Elevazioni

Per una visualizzazione immediata dei risultati, si elaborano i diagrammi in forma lineare e di "contour" dell'andamento delle caratteristiche di sollecitazione significative (azioni assiali, tagli momenti nelle due direzioni), elaborazione effettuate con riferimento agli 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

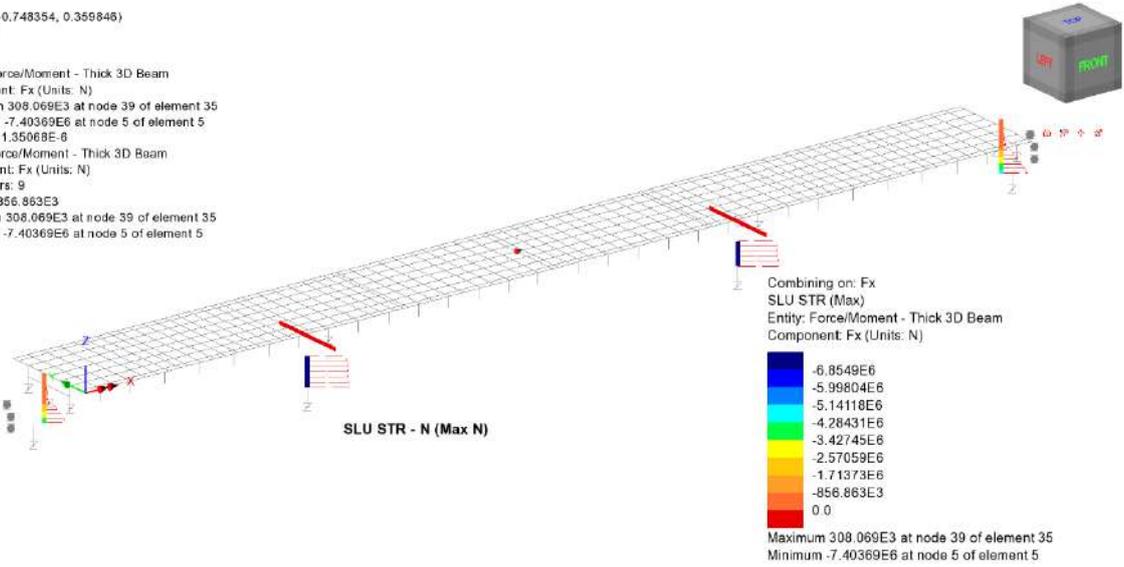
M_y = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse trasversale al ponte

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

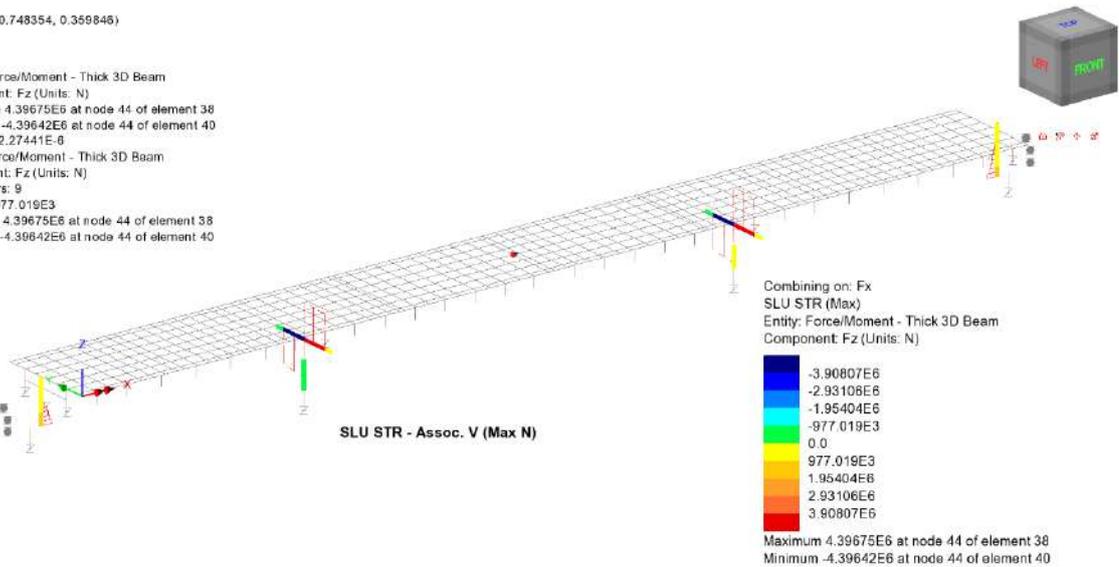
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -7.40369E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.35068E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 856.863E3
Contour maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -7.40369E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

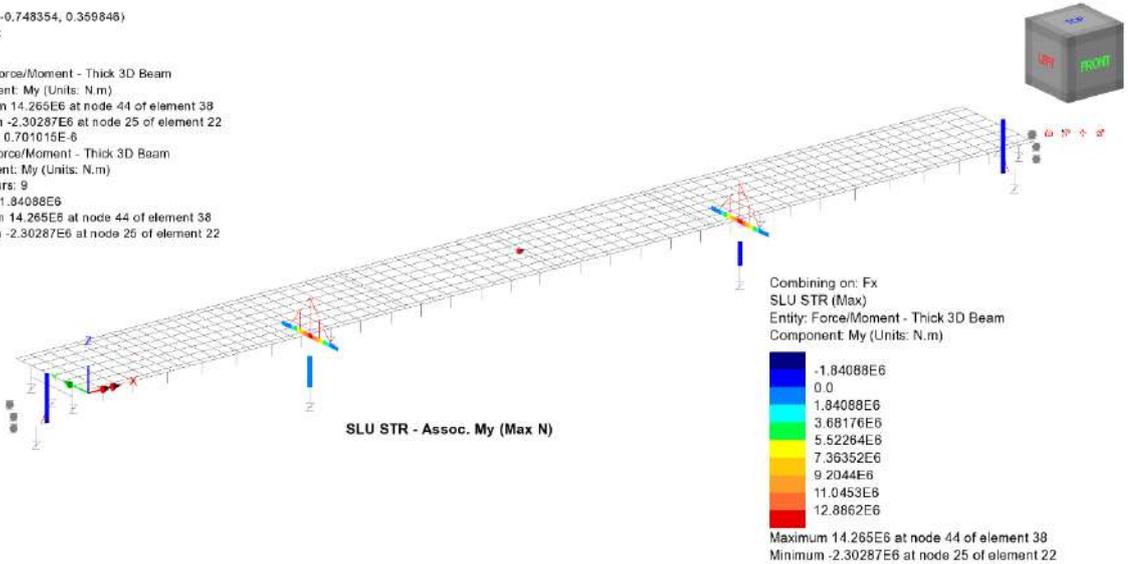
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.39675E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.39642E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.27441E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 977.019E3
Contour maximum 4.39675E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.39642E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

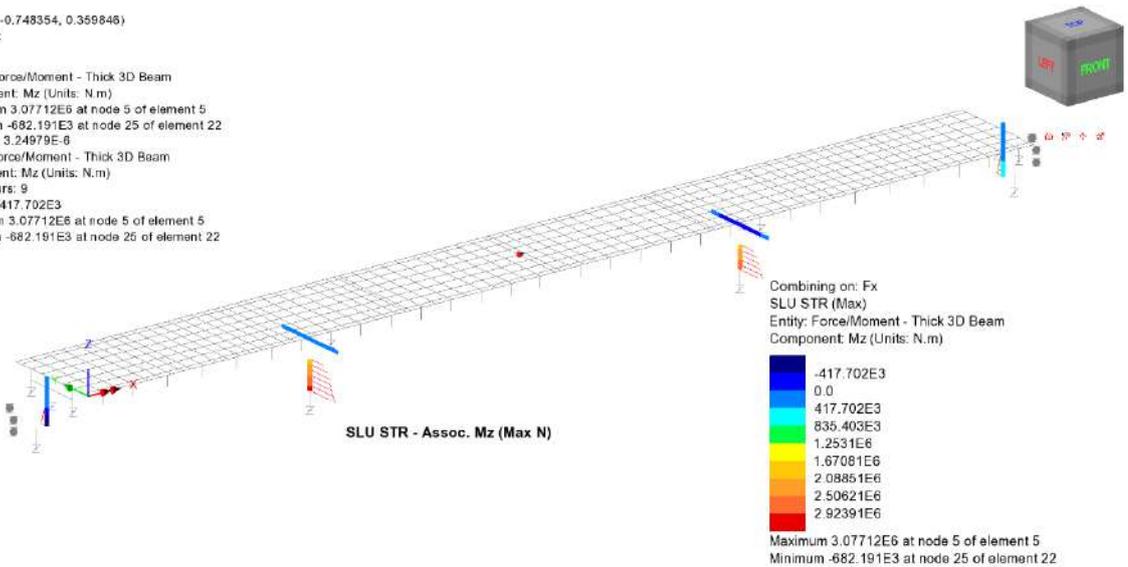
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 14.265E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.30287E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.701015E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.84088E6
Contour maximum 14.265E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -2.30287E6 at node 25 of element 22



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

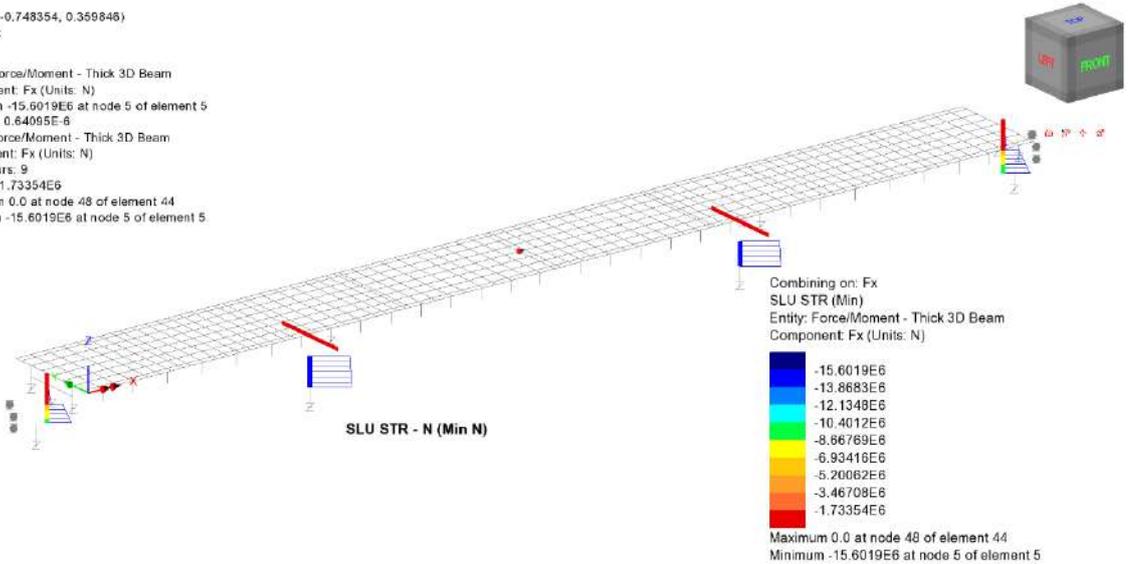
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 3.07712E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -682.191E3 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 3.24979E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 417.702E3
Contour maximum 3.07712E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -682.191E3 at node 25 of element 22



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

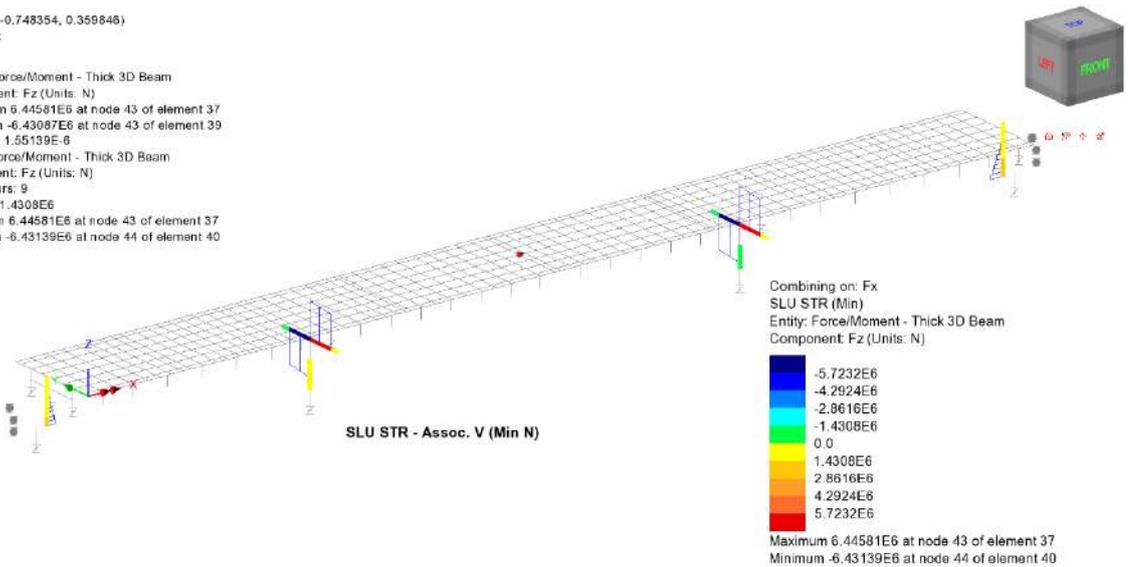
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -15.6019E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.64095E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.73354E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -15.6019E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

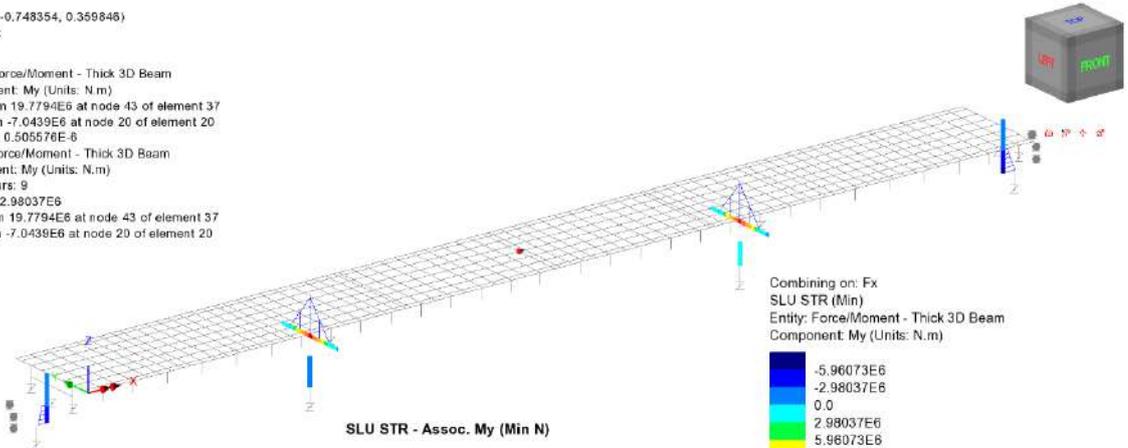
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.44581E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.43087E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 1.55139E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.4308E6
Contour maximum 6.44581E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.43139E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.505576E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.98037E6
Contour maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20



SLU STR - Assoc. My (Min N)

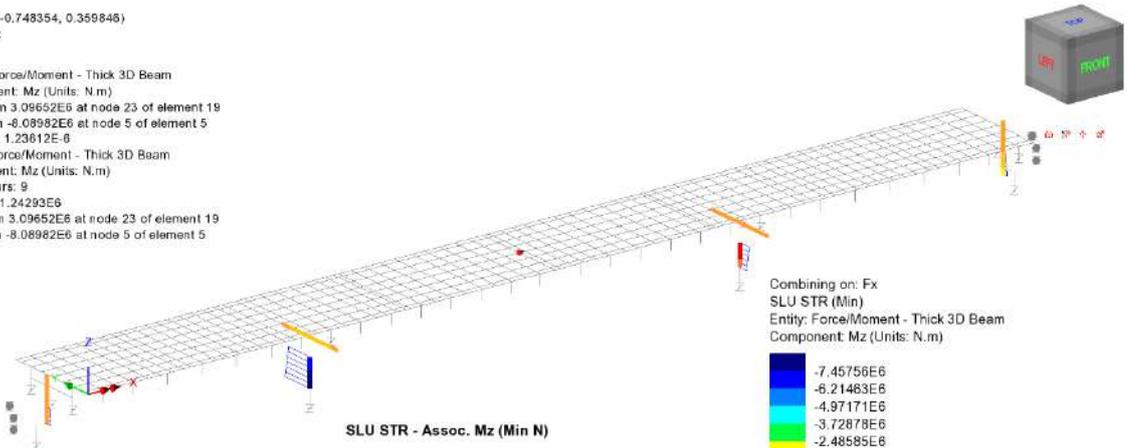
Combining on: Fx
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

5.96073E6
2.98037E6
0.0
2.98037E6
5.96073E6
8.9411E6
11.9215E6
14.9018E6
17.8822E6

Maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Diagram minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.23612E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.24293E6
Contour maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Contour minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5



SLU STR - Assoc. Mz (Min N)

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

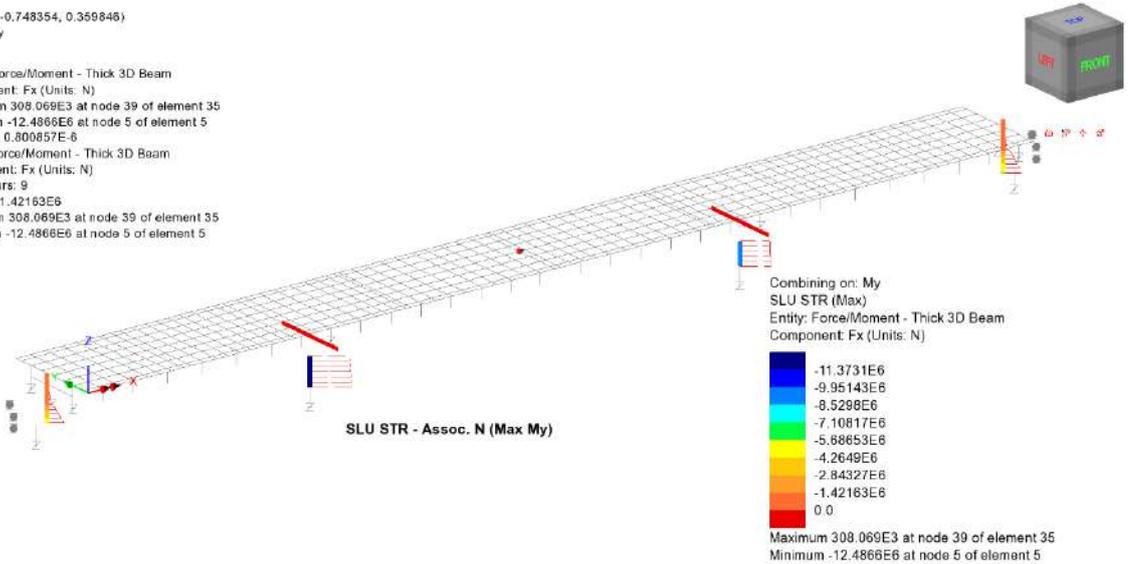
7.45756E6
6.21463E6
4.97171E6
3.72878E6
2.48585E6
1.24293E6
0.0
1.24293E6
2.48585E6

Maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

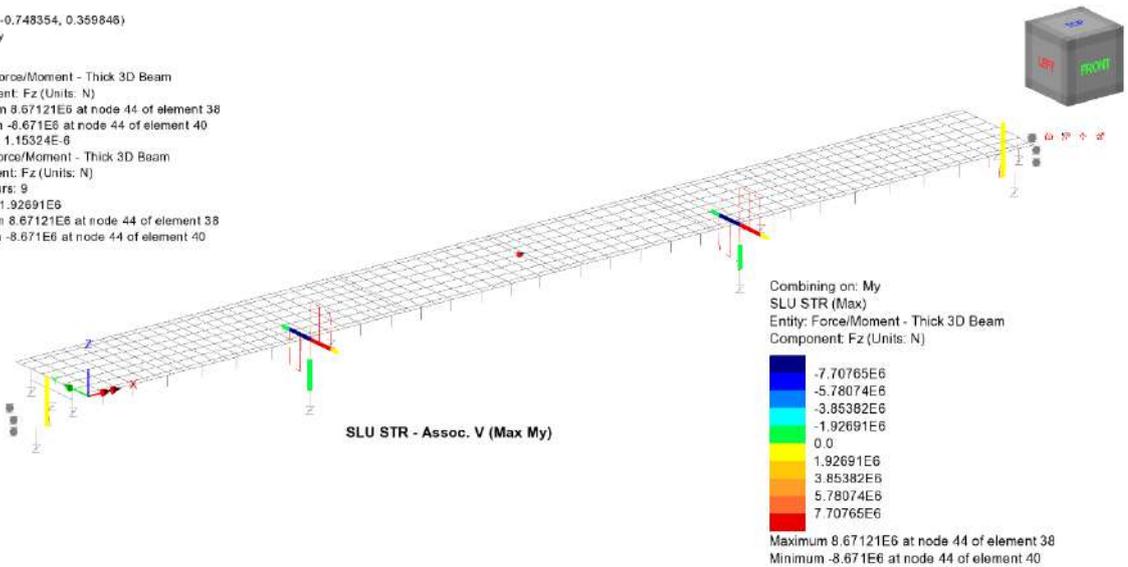
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -12.4866E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.800657E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42163E6
Contour maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -12.4866E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

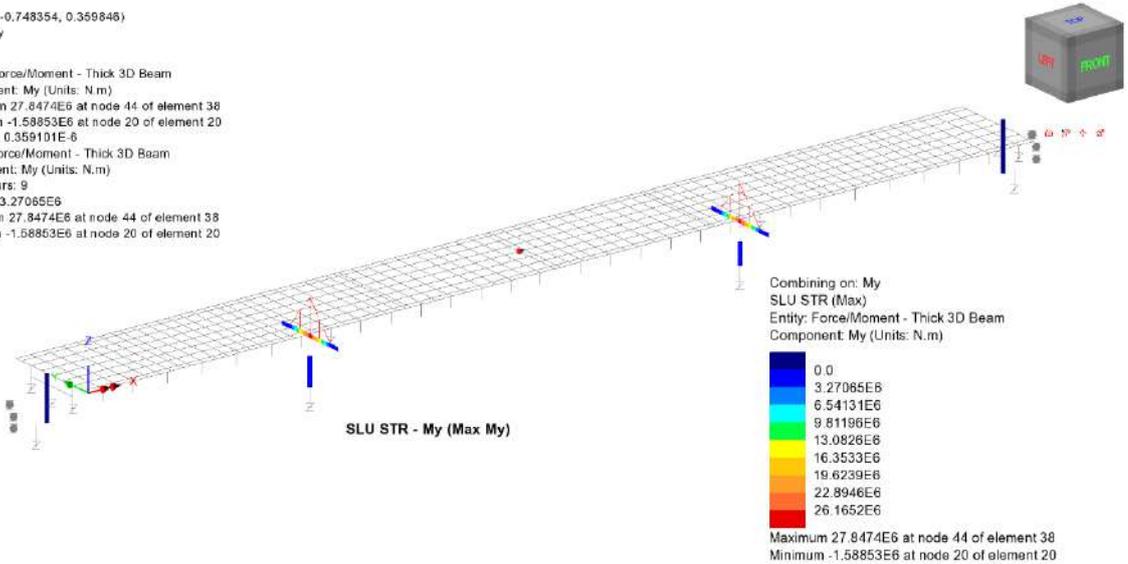
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 8.67121E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -8.671E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 1.15324E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.92691E6
Contour maximum 8.67121E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -8.671E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

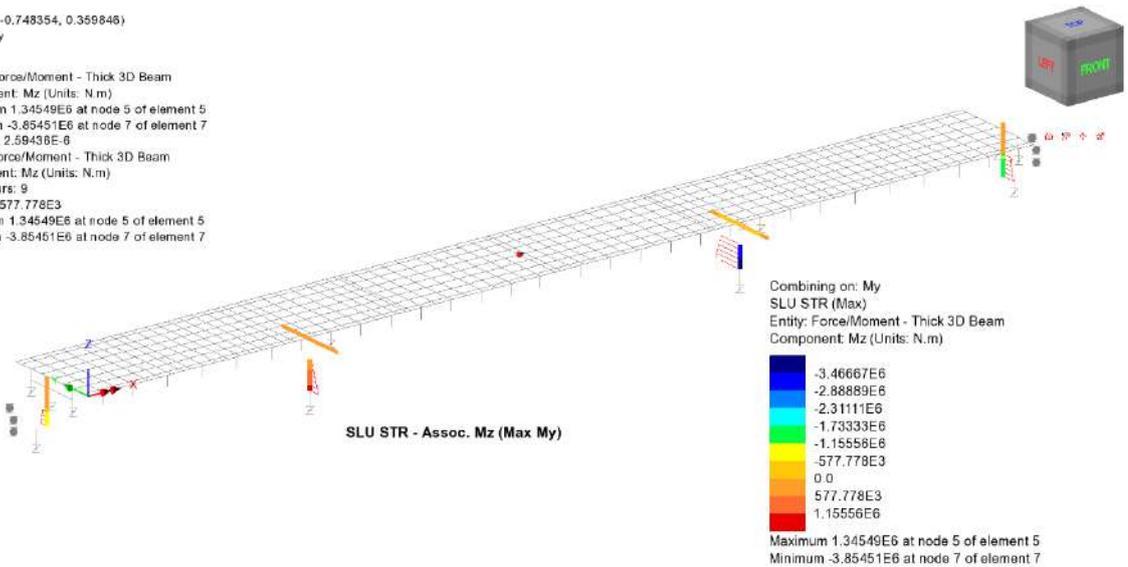
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 27.8474E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -1.58853E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.359101E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.27065E6
Contour maximum 27.8474E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -1.58853E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

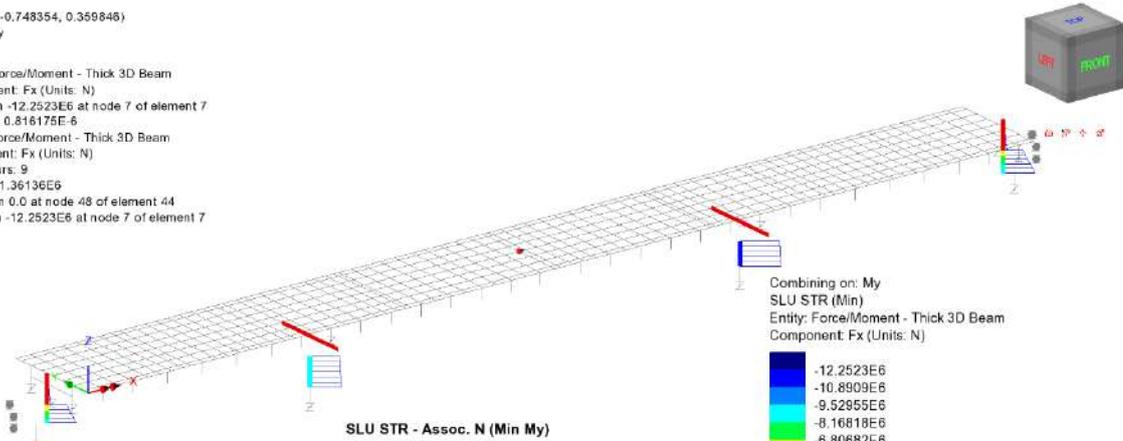
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 1.34549E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -3.85451E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:2.59436E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 577.778E3
Contour maximum 1.34549E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -3.85451E6 at node 7 of element 7



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -12.2523E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 0.816175E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.36136E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -12.2523E6 at node 7 of element 7



SLU STR - Assoc. N (Min My)

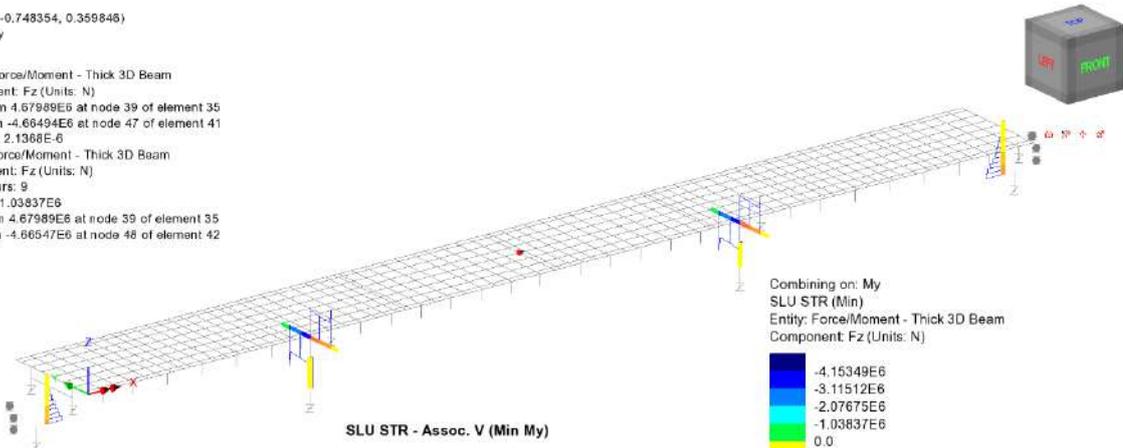
Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)

Dark Blue	-12.2523E6
Blue	-10.8909E6
Light Blue	-9.52955E6
Cyan	-8.16818E6
Green	-6.80682E6
Yellow	-5.44546E6
Orange	-4.08409E6
Red	-2.72273E6
White	-1.36136E6

Maximum 0.0 at node 48 of element 44
Minimum -12.2523E6 at node 7 of element 7

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.67989E6 at node 39 of element 35
Diagram minimum -4.66494E6 at node 47 of element 41
Diagram scale: 1: 2.1368E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.03837E6
Contour maximum 4.67989E6 at node 39 of element 35
Contour minimum -4.66547E6 at node 48 of element 42



SLU STR - Assoc. V (Min My)

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

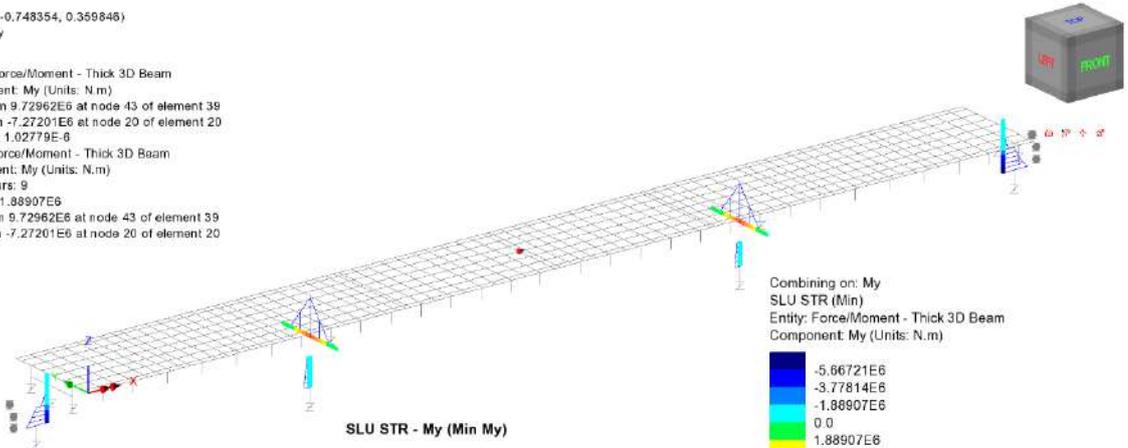
Dark Blue	-4.15349E6
Blue	-3.11512E6
Light Blue	-2.07675E6
Cyan	-1.03837E6
Green	0.0
Yellow	1.03837E6
Orange	2.07675E6
Red	3.11512E6
Dark Red	4.15349E6

Maximum 4.67989E6 at node 39 of element 35
Minimum -4.66547E6 at node 48 of element 42

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Diagram minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:1.02779E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.88907E6
Contour maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20



SLU STR - My (Min My)

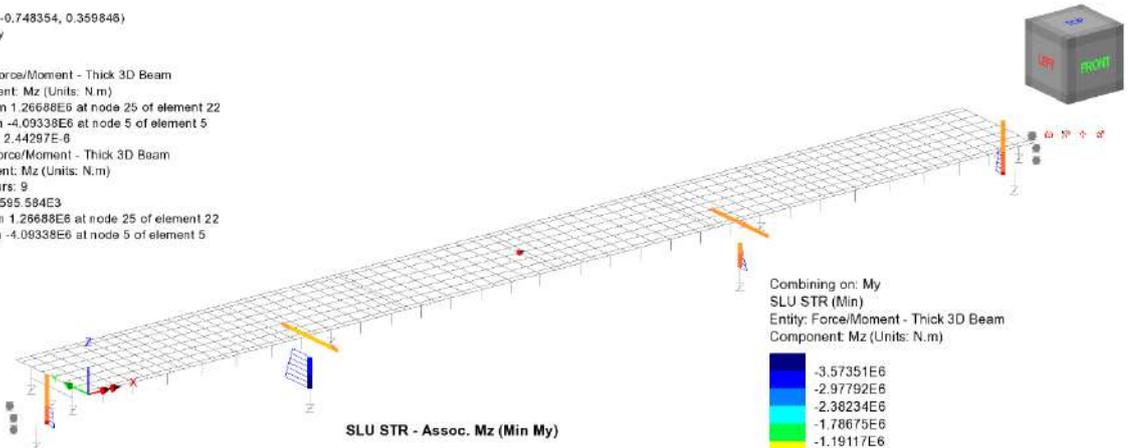
Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

5.66721E6
3.77814E6
1.88907E6
0.0
1.88907E6
3.77814E6
5.66721E6
7.55628E6
9.44535E6

Maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Diagram minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:2.44297E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 595.584E3
Contour maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Contour minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5



SLU STR - Assoc. Mz (Min My)

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

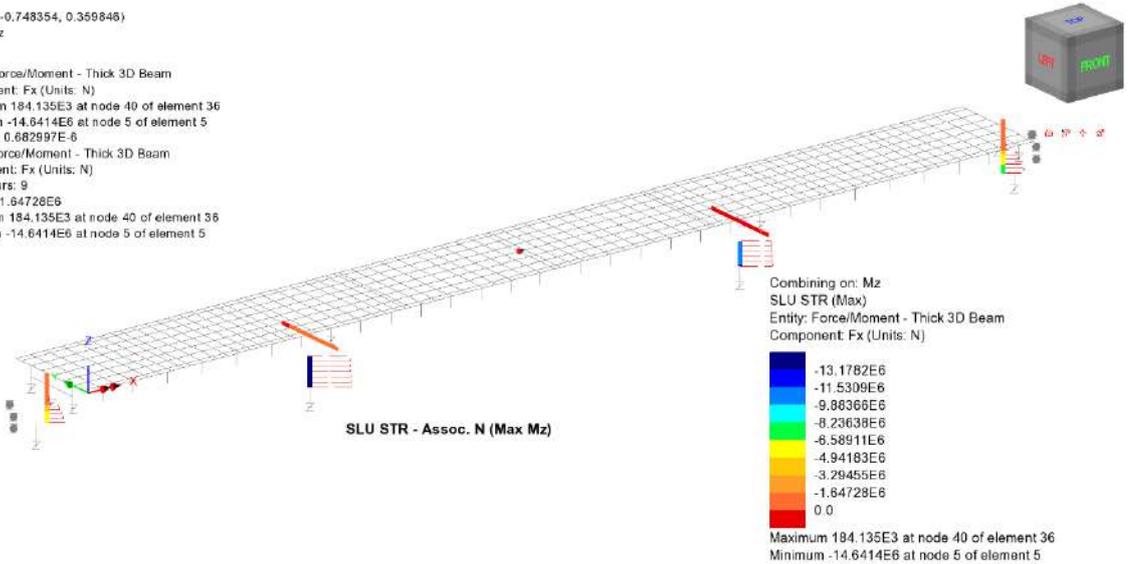
3.57351E6
2.97792E6
2.38234E6
1.78675E6
1.19117E6
595.584E3
0.0
595.584E3
1.19117E6

Maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

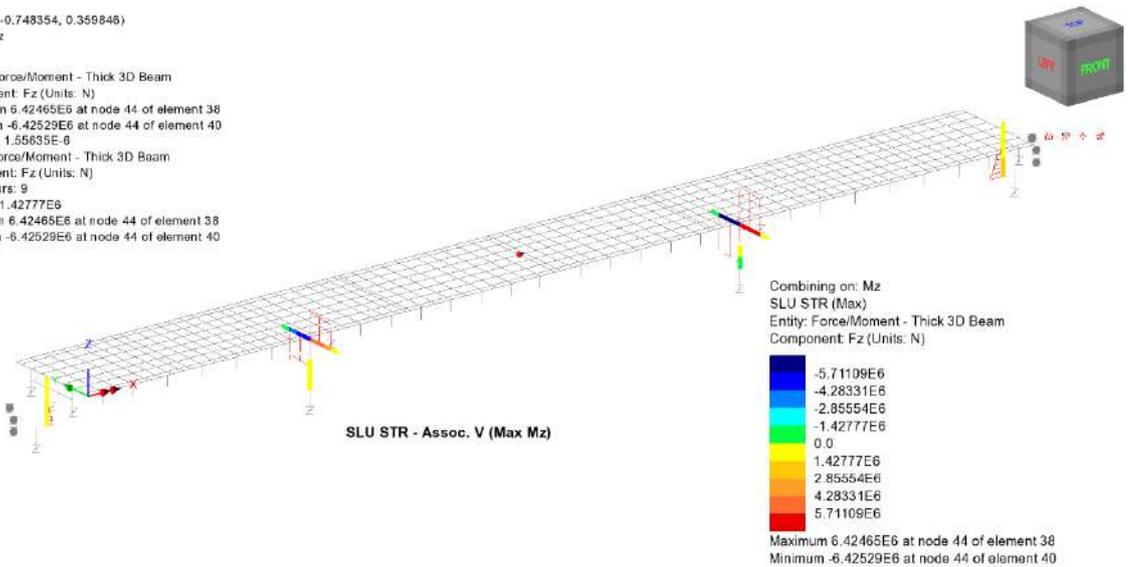
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 184.135E3 at node 40 of element 36
Diagram minimum -14.6414E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:0.682997E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.64728E6
Contour maximum 184.135E3 at node 40 of element 36
Contour minimum -14.6414E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

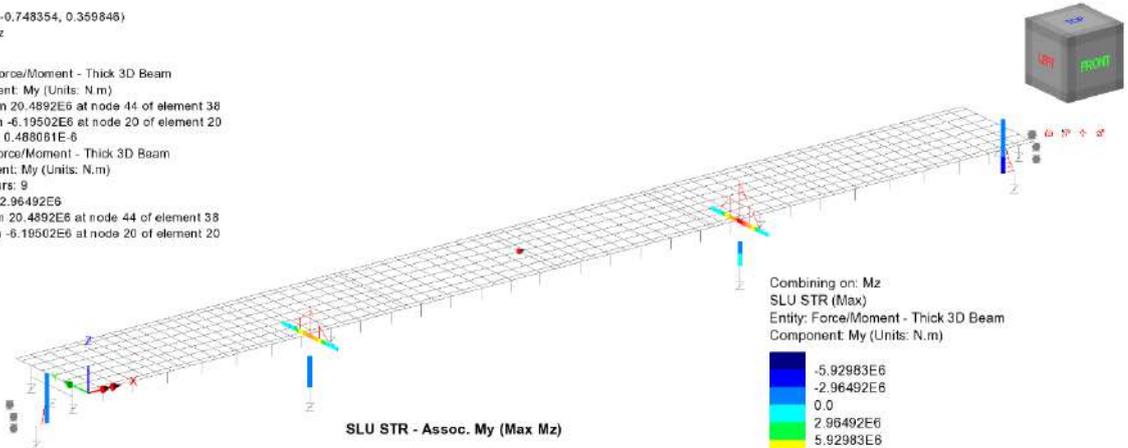
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.42465E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -6.42529E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:1.55835E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42777E6
Contour maximum 6.42465E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -6.42529E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.488081E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.96492E6
Contour maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20



SLU STR - Assoc. My (Max Mz)

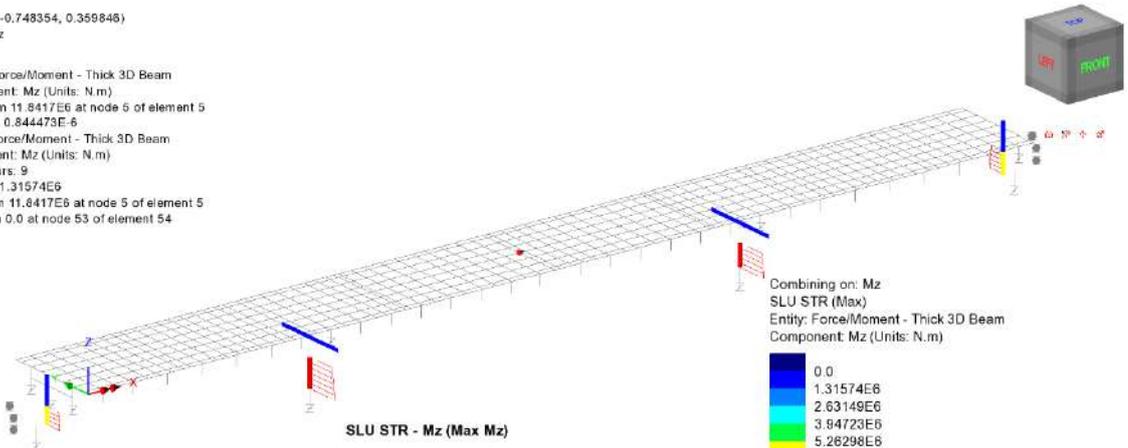
Combining on: Mz
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-5.92983E6
-2.96492E6
0.0
2.96492E6
5.92983E6
8.89475E6
11.8597E6
14.8248E6
17.7895E6

Maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.844473E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.31574E6
Contour maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Contour minimum 0.0 at node 53 of element 54



SLU STR - Mz (Max Mz)

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

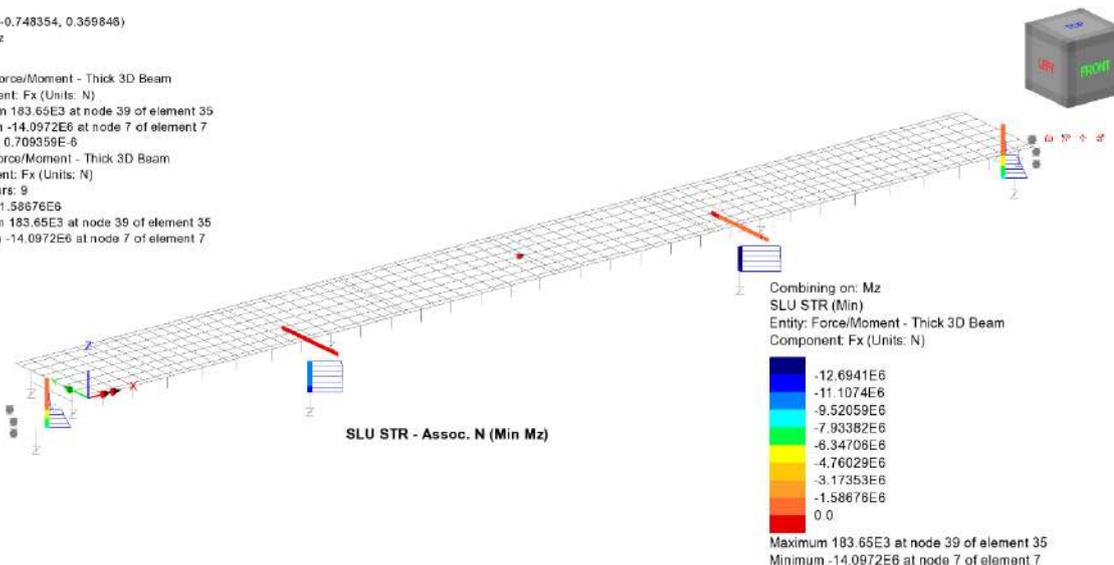
0.0
1.31574E6
2.63149E6
3.94723E6
5.26298E6
6.57872E6
7.89447E6
9.21021E6
10.526E6

Maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Minimum 0.0 at node 53 of element 54

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

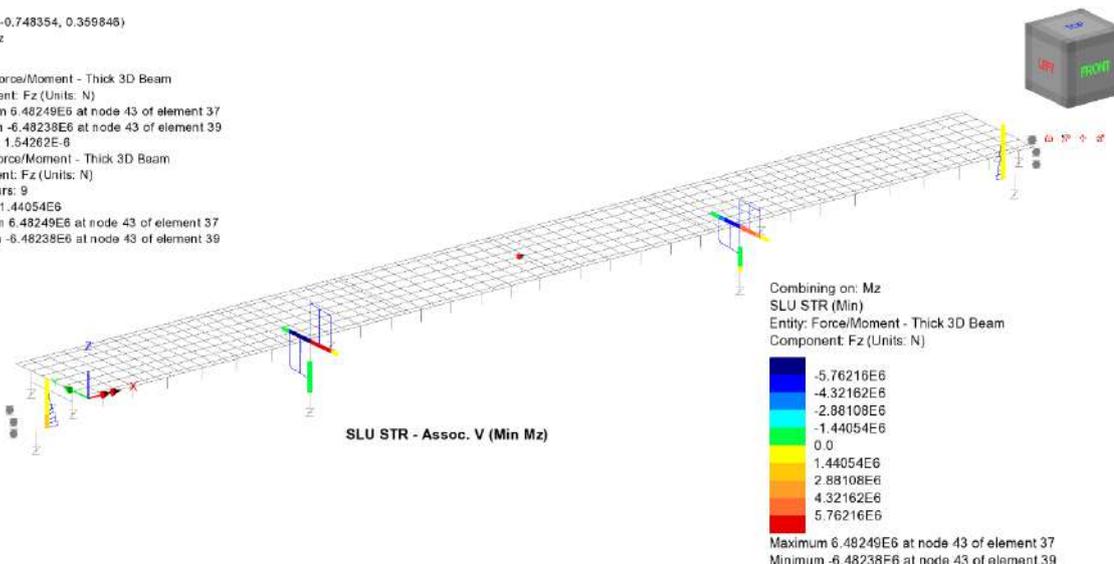
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 183.65E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -14.0972E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 0.709359E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1: 1.58676E6
Contour maximum 183.65E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -14.0972E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

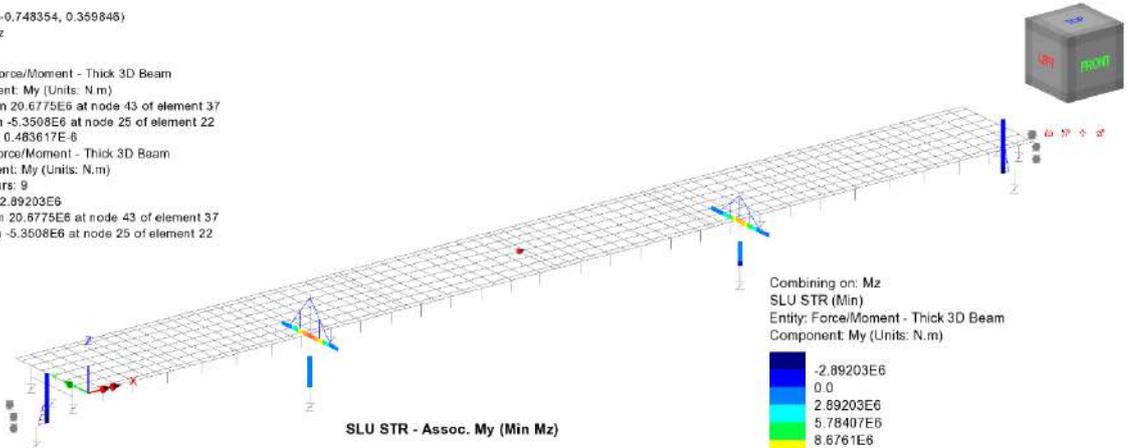
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.48249E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.48238E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 1.54262E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1: 1.44054E6
Contour maximum 6.48249E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.48238E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.483617E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.89203E6
Contour maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22



SLU STR - Assoc. My (Min Mz)

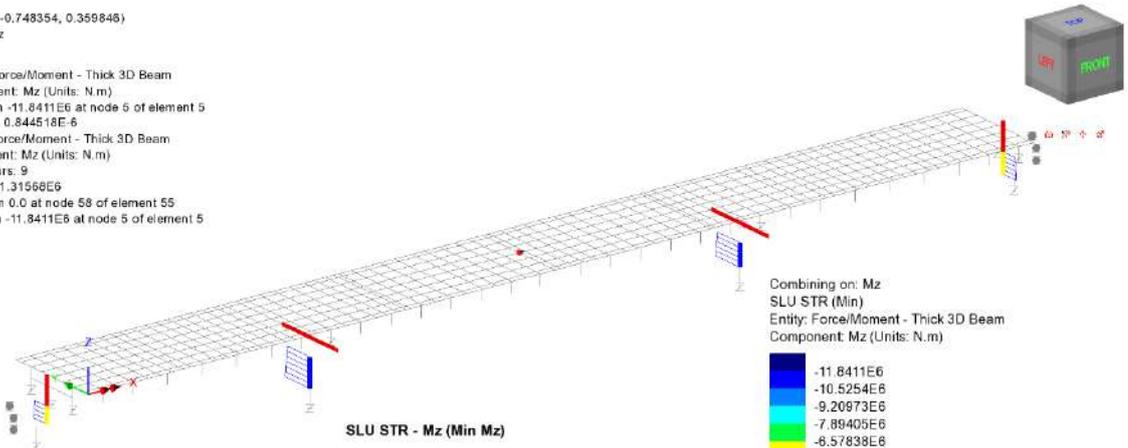
Combining on: Mz
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.89203E6
0.0
2.89203E6
5.78407E6
8.6761E6
11.5681E6
14.4602E6
17.3522E6
20.2442E6

Maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.844518E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.31566E6
Contour maximum 0.0 at node 58 of element 55
Contour minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5



SLU STR - Mz (Min Mz)

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

-11.8411E6
-10.5254E6
-9.20973E6
-7.89405E6
-6.57838E6
-5.2627E6
-3.94703E6
-2.63135E6
-1.31568E6

Maximum 0.0 at node 58 of element 55
Minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5

8.2.2 Fondazioni

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

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

Scale: 1: 385.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.557204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Min)

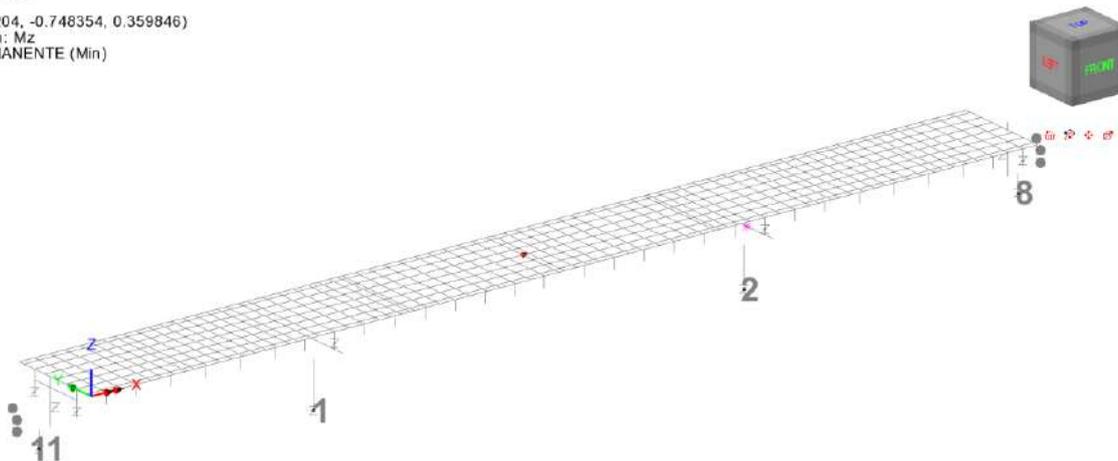


Figura 8.4 Labels Elem. joints Fondazione

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

N.B.

Le sollecitazioni sono riferite in questo caso al sistema di riferimento locale dei "joints"; in particolare, i ha:

F_x = azione agente in direzione longitudinale

F_y = azione agente in direzione trasversale

F_z = azione agente in direzione verticale (= azione assiale)

M_x = momento flettente agente con asse momento parallelo alla direzione longitudinale x

M_y = momento flettente agente con asse momento parallelo alla direzione longitudinale x

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 385.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.274753, -0.688386, 0.671294)
Combining on: Mz
SLE Q.Permanente (Min)

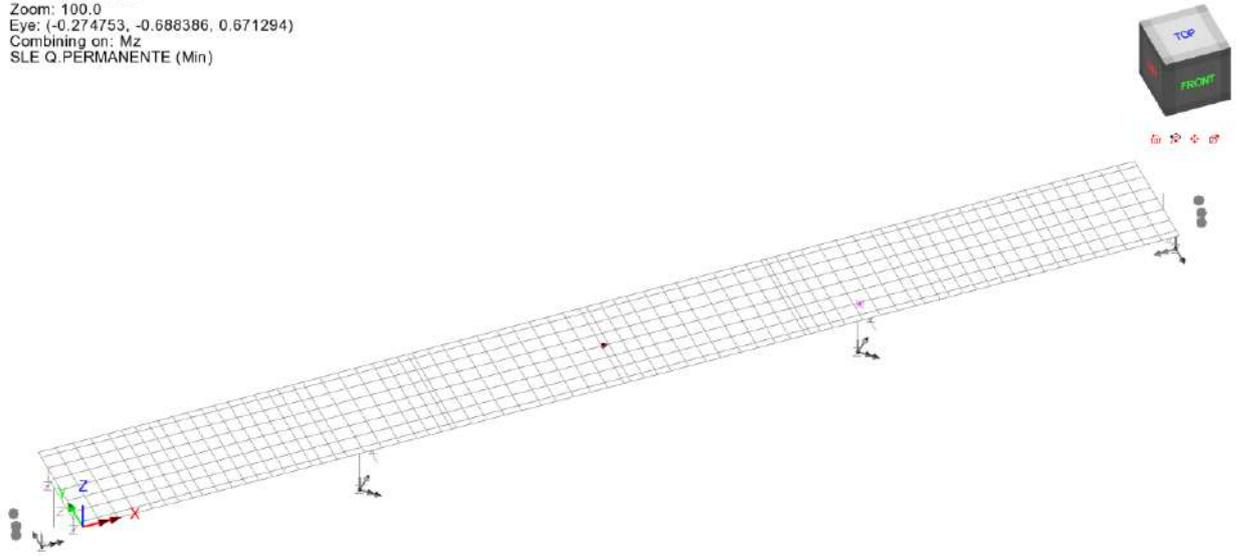


Figura 8.5 Sistema riferimento sollecitazioni in fondazione

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Spalla A - elem. 11

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-22707.15	3161.61	-1585.13	969.34	609.17	-2094.22
SLU STR min N	-35995.73	3242.24	-1177.92	1913.85	-4008.52	-1326.74
SLU STR max My	-32276.61	3131.33	-1121.78	1855.25	-2266.65	6253.63
SLU STR min My	-26722.31	3065.36	-1641.06	1027.32	-866.97	-10002.94
SLU STR max Mx	-32897.85	4102.91	-1991.67	1382.52	6461.31	3627.00
SLU STR min Mx	-27046.53	2282.68	-771.07	1499.89	-9276.29	-4767.66
SLU GEO max N	-22730.83	2349.41	-1203.36	662.27	-354.47	-3946.50
SLU GEO min N	-27214.73	3099.67	-1148.49	1791.84	-2538.77	997.14
SLU GEO max My	-25708.69	2318.60	-801.79	1430.10	-2853.78	1578.97
SLU GEO min My	-24500.75	2947.59	-1549.88	1023.50	186.87	-4813.34
SLU GEO max Mx	-26167.54	3153.01	-1549.67	1014.24	4630.68	-763.12
SLU GEO min Mx	-24837.80	2277.07	-801.91	1439.21	-7026.14	-254.30
Ed SLV max N	-22842.64	11881.91	-2977.49	613.59	6421.62	26616.81
Ed SLV min N	-23993.58	-4519.86	620.80	587.93	-7900.78	-22615.17
Ed SLV max My	-23203.79	11864.97	-2977.49	613.59	6421.59	27230.16
Ed SLV min My	-23667.55	-4522.14	620.81	587.94	-7900.82	-23244.46
Ed SLV max Mx	-23058.20	726.25	-7588.23	11561.21	24405.14	-6302.37
Ed SLV min Mx	-23784.67	4727.71	4410.64	-6988.73	-23011.14	3630.09
SLE RARA max N	-22835.07	2344.76	-1157.02	750.91	-630.30	-3768.44
SLE RARA min N	-26711.10	3001.35	-1149.57	1655.93	-2239.10	504.69
SLE RARA max My	-25401.74	2320.11	-848.10	1341.37	-2513.03	1002.22
SLE RARA min My	-24368.41	2869.98	-1458.34	1065.02	-159.54	-4511.32
SLE RARA max Mx	-25833.80	3042.50	-1458.16	1056.97	3704.62	-985.21
SLE RARA min Mx	-24632.88	2288.70	-848.20	1349.29	-6141.16	-593.65
SLE FREQUENTE max N	-23025.59	2341.56	-1002.53	1046.42	-1547.16	-3420.22
SLE FREQUENTE min N	-26028.90	3006.22	-1303.92	1360.22	-1150.51	-770.56
SLE FREQUENTE max My	-24719.83	2322.35	-1002.45	1045.66	-1424.45	-283.75
SLE FREQUENTE min My	-24369.78	3006.20	-1304.00	1360.99	-1273.30	-3922.97
SLE FREQUENTE max Mx	-25410.74	3040.16	-1303.76	1357.18	1163.35	-1799.10
SLE FREQUENTE min Mx	-24172.19	2296.13	-1002.60	1049.09	-3599.87	-1437.00
SLE Q.PERMANENTE max N	-23236.80	2340.48	-1002.45	1045.85	-1355.19	-3023.53
SLE Q.PERMANENTE min N	-23599.42	2310.42	-1002.44	1045.86	-1355.28	-2463.82
SLE Q.PERMANENTE max My	-23597.95	2323.55	-1002.44	1045.85	-1355.23	-2410.18
SLE Q.PERMANENTE min My	-23273.39	2308.14	-1002.43	1045.87	-1355.32	-3093.11
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-23386.91	2343.84	-1002.45	1045.84	-1355.14	-2723.91
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-23455.96	2296.78	-1002.43	1045.88	-1355.37	-2795.06

Tabella 8.2 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla 1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Pila 1 - elem. 1

elemento 1 gauss point 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-11261.97	-271.34	248.81	4.07	-2608.47	-2783.54
SLU STR min N	-20810.52	272.17	-244.87	-12.31	6131.34	6343.49
SLU STR max My	-15358.14	275.28	-237.06	-18.94	8736.58	9033.55
SLU STR min My	-19531.53	-274.56	237.89	18.51	-8743.16	-9028.08
SLU STR max Mx	-15300.90	237.12	-275.24	-18.96	9033.35	8737.14
SLU STR min Mx	-19588.77	-236.40	276.07	18.54	-9039.92	-8731.66
SLU GEO max N	-11331.14	-240.08	210.72	3.51	-2221.46	-2449.63
SLU GEO min N	-15960.30	237.95	-210.21	-10.54	5244.56	5460.07
SLU GEO max My	-14915.21	241.26	-202.88	-16.18	7458.59	7756.82
SLU GEO min My	-14798.65	-243.19	201.05	15.82	-7444.45	-7771.87
SLU GEO max Mx	-14800.27	200.40	-243.77	-16.21	7776.42	7439.38
SLU GEO min Mx	-14913.59	-202.32	241.94	15.85	-7762.27	-7454.43
Ed SLV max N	-10949.73	1062.94	1081.96	3.28	8613.99	8495.53
Ed SLV min N	-12786.46	-1049.88	-1068.86	-3.26	-8715.88	-8394.15
Ed SLV max My	-11240.01	1040.20	1047.04	10.43	9230.45	9461.05
Ed SLV min My	-12489.53	-1032.11	-1038.90	-10.41	-9293.83	-9398.31
Ed SLV max Mx	-11229.67	1013.43	1020.27	10.41	9438.58	9253.16
Ed SLV min Mx	-12499.87	-1005.34	-1012.13	-10.40	-9501.95	-9190.43
SLE RARA max N	-11412.03	-182.78	163.94	2.74	-1729.01	-1875.42
SLE RARA min N	-15421.15	184.03	-160.39	-8.85	4333.61	4517.29
SLE RARA max My	-14489.05	186.77	-154.17	-13.75	6260.02	6513.31
SLE RARA min My	-14439.98	-185.48	155.54	13.44	-6270.78	-6503.42
SLE RARA max Mx	-14441.35	154.96	-185.98	-13.78	6507.32	6266.30
SLE RARA min Mx	-14487.68	-153.68	187.36	13.46	-6518.08	-6256.41
SLE FREQUENTE max N	-11523.86	-0.37	-0.79	0.31	-44.21	-53.25
SLE FREQUENTE min N	-13853.25	11.36	12.91	-2.94	1156.22	1344.78
SLE FREQUENTE max My	-13255.69	13.91	17.79	-5.77	2267.57	2513.93
SLE FREQUENTE min My	-13244.53	-8.60	-12.40	5.54	-2309.56	-2472.75
SLE FREQUENTE max Mx	-13245.35	-12.85	-8.98	-5.79	2475.69	2306.04
SLE FREQUENTE min Mx	-13254.87	18.17	14.37	5.56	-2517.68	-2264.86
SLE Q.PERMANENTE max N	-11616.16	-0.86	-0.85	0.01	6.59	-6.76
SLE Q.PERMANENTE min N	-12120.04	13.93	13.95	0.02	-108.51	108.12
SLE Q.PERMANENTE max My	-11869.94	17.43	17.45	0.02	-135.72	135.35
SLE Q.PERMANENTE min My	-11859.60	-9.33	-9.32	0.00	72.41	-72.54
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-11859.60	-9.33	-9.32	0.00	72.41	-72.54
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-11869.94	17.43	17.45	0.02	-135.72	135.35

Tabella 8.3 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Pila 2 - elem. 2

elemento 2 gauss point 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-11180.18	-248.39	271.06	-4.18	-2610.56	-2449.80
SLU STR min N	-20700.25	247.39	-274.18	-4.74	-927.66	-1117.57
SLU STR max My	-19296.34	275.99	-238.90	18.97	8627.09	8890.04
SLU STR min My	-15407.32	-276.44	238.57	-19.27	-8624.65	-8893.16
SLU STR max Mx	-19611.75	237.81	-276.88	19.00	8896.71	8619.71
SLU STR min Mx	-15091.91	-238.27	276.55	-19.30	-8894.28	-8622.83
SLU GEO max N	-11249.36	-210.37	239.80	-3.62	-2296.08	-2087.48
SLU GEO min N	-15878.64	212.37	-239.63	-3.98	-737.98	-931.29
SLU GEO max My	-14613.04	244.40	-201.95	16.21	7347.10	7648.05
SLU GEO min My	-14942.55	-242.24	204.19	-16.47	-7362.93	-7632.74
SLU GEO max Mx	-14943.05	203.53	-242.60	16.24	7635.71	7358.66
SLU GEO min Mx	-14612.54	-201.38	244.84	-16.50	-7651.54	-7343.36
Ed SLV max N	-10870.29	983.52	983.00	3.58	7401.42	7407.73
Ed SLV min N	-12702.01	-996.41	-995.71	-3.56	-7311.42	-7499.26
Ed SLV max My	-11040.42	1005.59	1006.23	11.40	8469.44	8595.36
Ed SLV min My	-12525.27	-1013.52	-1014.00	-11.38	-8414.60	-8651.83
Ed SLV max Mx	-11265.95	978.80	979.58	11.41	8658.62	8405.71
Ed SLV min Mx	-12299.75	-986.74	-987.35	-11.39	-8603.78	-8462.18
SLE RARA max N	-11330.22	-163.65	182.60	-2.81	-1758.76	-1624.37
SLE RARA min N	-15339.46	162.30	-185.51	-3.79	-857.93	-1022.49
SLE RARA max My	-14253.78	186.57	-156.30	13.77	6197.82	6412.46
SLE RARA min My	-14516.23	-187.64	155.34	-13.99	-6190.96	-6419.99
SLE RARA max Mx	-14516.62	154.76	-187.95	13.79	6422.50	6187.19
SLE RARA min Mx	-14253.38	-155.83	186.99	-14.01	-6415.64	-6194.73
SLE FREQUENTE max N	-11441.98	0.91	0.46	-0.27	-52.74	-42.98
SLE FREQUENTE min N	-13771.41	-11.60	-12.26	-2.85	-1095.38	-1264.58
SLE FREQUENTE max My	-13057.22	9.33	12.02	5.67	2329.43	2480.79
SLE FREQUENTE min My	-13282.64	-14.44	-17.01	-5.83	-2294.08	-2517.05
SLE FREQUENTE max Mx	-13282.74	-17.46	-14.62	5.69	2518.61	2291.15
SLE FREQUENTE min Mx	-13057.12	12.34	9.64	-5.85	-2483.26	-2327.41
SLE Q.PERMANENTE max N	-11534.26	0.92	0.97	0.01	-6.97	6.41
SLE Q.PERMANENTE min N	-12038.04	-13.81	-13.68	0.02	96.95	-97.96
SLE Q.PERMANENTE max My	-11670.08	9.43	9.44	0.00	-67.13	66.62
SLE Q.PERMANENTE min My	-11895.61	-17.36	-17.21	0.02	122.04	-123.03
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-11895.61	-17.36	-17.21	0.02	122.04	-123.03
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-11670.08	9.43	9.44	0.00	-67.13	66.62

Tabella 8.4 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 2

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Spalla B - elem. 8

elemento 2 gauss point 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-23814.20	2658.18	1366.57	-742.28	-25.34	-3377.38
SLU STR min N	-37487.08	4529.34	1734.91	-2492.23	2897.01	1786.60
SLU STR max My	-33592.38	3546.85	1301.77	-2040.04	2046.55	7500.33
SLU STR min My	-28004.28	3432.88	1799.71	-1195.68	552.39	-9537.72
SLU STR max Mx	-34747.90	2631.89	904.51	-1636.66	9336.32	-2087.76
SLU STR min Mx	-27784.56	4552.25	2197.12	-1595.72	-7058.42	2819.88
SLU GEO max N	-23837.90	2657.10	1335.76	-801.11	131.11	-3337.61
SLU GEO min N	-28319.05	3458.97	1304.13	-1952.09	2312.91	1945.17
SLU GEO max My	-26813.10	2626.41	935.17	-1566.82	2789.04	2166.29
SLU GEO min My	-25607.15	3306.23	1704.72	-1187.51	-577.35	-3948.13
SLU GEO max Mx	-25987.68	2629.61	935.30	-1576.40	6957.66	613.20
SLU GEO min Mx	-27218.06	3483.58	1704.73	-1174.97	-5019.45	-26.87
Ed SLV max N	-23951.81	12909.79	-596.23	4870.75	8494.28	31827.17
Ed SLV min N	-25098.66	-4572.49	3265.75	-6229.31	-7564.41	-24683.35
Ed SLV max My	-24312.91	12892.91	3685.52	207.28	-4356.77	32431.37
Ed SLV min My	-24772.61	-4574.87	-1016.03	-1566.19	5286.65	-25314.43
Ed SLV max Mx	-24264.75	5713.45	-4638.69	7366.47	25381.63	8654.46
Ed SLV min Mx	-24785.73	474.21	8238.05	-12543.31	-27915.46	-9518.05
SLE RARA max N	-23942.14	2652.43	1289.54	-889.64	425.11	-3162.20
SLE RARA min N	-27815.80	3353.95	1302.24	-1813.16	2015.02	1408.41
SLE RARA max My	-26506.50	2627.93	981.40	-1478.17	2429.05	1591.13
SLE RARA min My	-25474.92	3221.96	1610.37	-1225.56	-190.93	-3679.33
SLE RARA max Mx	-25774.25	2630.96	981.51	-1486.58	6053.95	214.30
SLE RARA min Mx	-26895.68	3372.92	1610.38	-1214.64	-4053.64	-247.43
SLE FREQUENTE max N	-24132.70	2649.24	1135.46	-1184.32	1402.44	-2815.67
SLE FREQUENTE min N	-27134.21	3358.79	1456.36	-1518.03	862.27	136.95
SLE FREQUENTE max My	-25825.19	2630.14	1135.52	-1183.08	1276.30	307.46
SLE FREQUENTE min My	-25476.76	3358.62	1456.27	-1519.62	988.42	-3013.06
SLE FREQUENTE max Mx	-25309.06	2632.63	1135.62	-1187.18	3450.16	-661.24
SLE FREQUENTE min Mx	-26479.15	3374.23	1456.28	-1514.32	-1449.86	-1032.64
SLE Q.PERMANENTE max N	-24343.98	2648.21	1135.54	-1183.23	1207.08	-2419.24
SLE Q.PERMANENTE min N	-24706.50	2618.18	1135.49	-1183.64	1207.16	-1876.11
SLE Q.PERMANENTE max My	-24705.08	2631.32	1135.51	-1183.46	1207.17	-1815.05
SLE Q.PERMANENTE min My	-24380.44	2615.79	1135.49	-1183.77	1207.08	-2507.19
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-24593.99	2633.25	1135.50	-1184.06	1207.27	-2016.80
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-24456.49	2633.13	1135.53	-1182.81	1206.97	-2278.55

Tabella 8.5 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla 2

9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE

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

9.1 Verifica geotecnica fondazione pila p1 e pila p2

La fondazione della pila presenta dimensioni in pianta di 6.90 x 11.40 m e spessore pari a 2.0 m, realizzata su n. 6 pali trivellati Φ 1200 ad interasse maggiore di 3 volte il diametro e di lunghezza $L_p = 45$ m. I plinti di fondazione delle pile risultano ruotati di 45° rispetto all'asse longitudinale dell'impalcato.

La figura seguente riporta la pianta della fondazione, unitamente alla rappresentazione schematica degli assi x-y nel piano orizzontale impiegati rispettivamente per il s.r. globale x_g-y_g (su cui viene orientato il s.r. della pila) e del plinto di fondazione x_p-y_p .

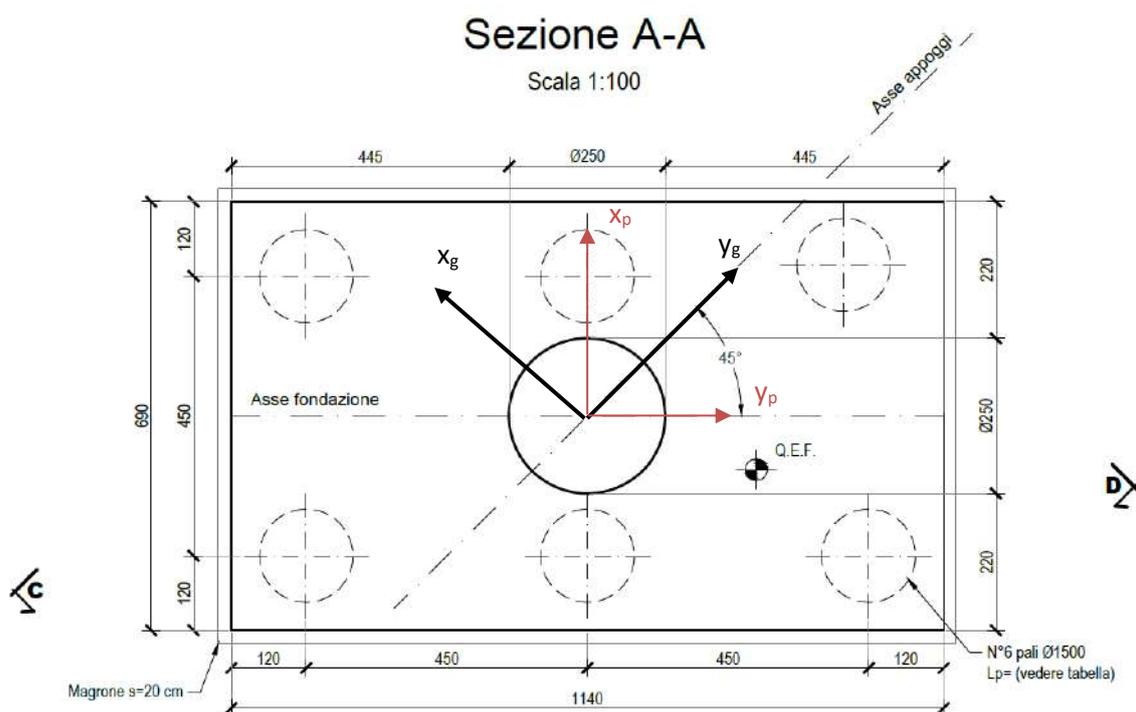


Figura 9.1 : Pianta fondazione pila

Le verifiche delle pile sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione "SLU STR min M_x " per la **pila 1** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 4414$ kN cui va aggiunto il peso proprio del palo e del terreno gravante sopra il plinto per un **totale di 6750 kN**) e la combinazione "SLU STR max M_x " per la **pila 2** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 4401$ kN cui va aggiunto il peso proprio del palo e del terreno gravante sopra il plinto per un **totale di 6737 kN**).

Il palo in progetto di lunghezza pari a 45 m ha una capacità portante pari a $Q_{Rd} = 7158$ kN (di cui 5788 kN laterale e 1369 kN di base) **per la pila 1** e pari a $Q_{Rd} = 7275$ kN (di cui 5908 kN laterale e 1368 kN di base) **per la pila 2**; in entrambi i casi i valori risultano superiori alle azioni agenti, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

Non risultano invece pali in trazione.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la Q_{rd} risulta pari a **868 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a 253 kN.

In allegato si riportano i dettagli di calcolo dei pali di fondazione delle pile.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

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

$$N = 3052 \text{ kN};$$

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

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

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

$$n = 6;$$

$$i = 4.5 \text{ m};$$

$$L = 45 \text{ m};$$

$$R = 0.77;$$

$$R_g = 0.862.$$

$$w_{palo} = 5.50 \text{ mm}$$

$$w_{palificata} = 28.47 \text{ mm}$$

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

9.2 Verifica geotecnica delle spalle

Le spalle delle due vie di corsa risultano strutturalmente indipendenti, e sfalsate in direzione longitudinale.

In linea generale esse presentano carpenteria analoga per le due vie di corsa. Unica differenza risiede nel fatto che la spalla "A" della via di corsa destra e, rispettivamente la spalla "B" della via di corsa sinistra risultano mancanti del muro d'ala posto lato intervia.

La mancanza del muro d'ala laterale induce sulla spalla un quadro tensionale leggermente differente dovuto primariamente alla mancanza dell'effetto di "schermo" offerto dal muro d'ala posto sull'altro lato, e secondariamente da lieve squilibrio delle azioni indotte dal peso proprio del reinterro e dalle spinte del terreno, agenti in maniera decentrata rispetto all'asse spalla.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Questi effetti sono stati debitamente conteggiati, effettuando lo studio della situazione più gravosa, ipotizzando per la via di corsa studiata, la presenza sia della spalla "A" che della spalla "B" in configurazione dissimmetrica.

Le altezze complessive delle strutture di spalla, valutate in corrispondenza dell'asse impalcato, risultano pari a 7 m e rispettivamente 7.45 m, così suddivise:

plinto fondazione:	$h = 2 \text{ m}$
paramento:	$h = 1.80 / 2.25 \text{ m}$
paraghiaia:	$h = 3.20 \text{ m}$

La platea di fondazione, presenta dimensioni pari a $13 \times 10.2 \times 2 \text{ m}$ ed è fondata su 12 pali.

Qui di seguito si riporta lo schema della fondazione delle due spalle affiancate.

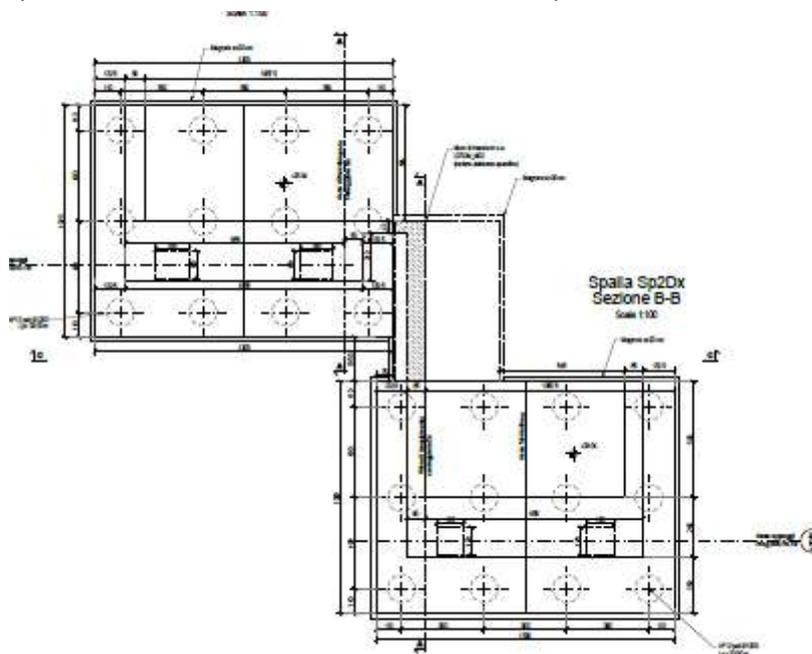


Figura 9.2 Schema fondazioni spalla

Le verifiche delle spalle sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione "SLU STR min N" per la **spalla 1** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 3152 \text{ kN}$ cui va aggiunto il peso proprio del palo per un **totale di 4328 kN**) e la combinazione "SLU STR min N"; per la **spalla 2** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 3260 \text{ kN}$ cui va aggiunto il peso proprio del palo per un **totale di 4436 kN**).

Il palo in progetto di lunghezza pari a 32 m ha una capacità portante pari a $Q_{Rd} = 4725 \text{ kN}$ (di cui 3478 kN laterale e 1248 kN di base) **per la spalla 1** e pari a $Q_{Rd} = 4953 \text{ kN}$ (di cui 3710 kN laterale e 1244 kN di base) **per la spalla 2**; in entrambi i casi i valori risultano superiori alle azioni agenti, per cui la verifica a capacità portante risulta soddisfatta.

Non risultano invece pali in trazione.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la Q_{Rd} risulta pari a **1498 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a 1117 kN.

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

In allegato si riportano i dettagli di calcolo geotecnici e strutturali dei pali di fondazione delle due spalle.

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

$$N = 2289 \text{ kN};$$

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

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

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

$$n = 12;$$

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

$$L = 32 \text{ m};$$

$$R = 1.16;$$

$$R_g = 0.527.$$

$$w_{palo} = 4.13 \text{ mm}$$

$$w_{palificata} = 26.09 \text{ mm}$$

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

10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche strutturali di pile e spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto.

Sia le pile che le spalle saranno caratterizzate dalle medesime proprietà resistenti (spessori, armature, etc.).

10.1 VERIFICA STRUTTURALE PILE

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

- Fusto in elevazione
- Pulvino
- Baggioli
- Fondazione
- Pali

10.1.1 Fusto Pila

Data l'altezza limitata dell'elevazione, le verifiche verranno eseguite con riferimento alla sola sezione di spiccato.

L'armatura predisposta per entrambi i fusti pila è formata dai seguenti elementi principali:

Armatura verticale

n. 46 \varnothing 24 perimetrali

Staffe

Staffe perimetrali \varnothing 16/15

Completano l'armatura ulteriori 12 barre \varnothing 24 verticali interne, 2 + 2 bracci di staffe \varnothing 16 (non incluse nei calcoli), oltre a legature orizzontali \varnothing 12 30x30, disposte a vincolare in maniera alternata le barre verticali.

Qui di seguito lo schema delle armature di verifica.

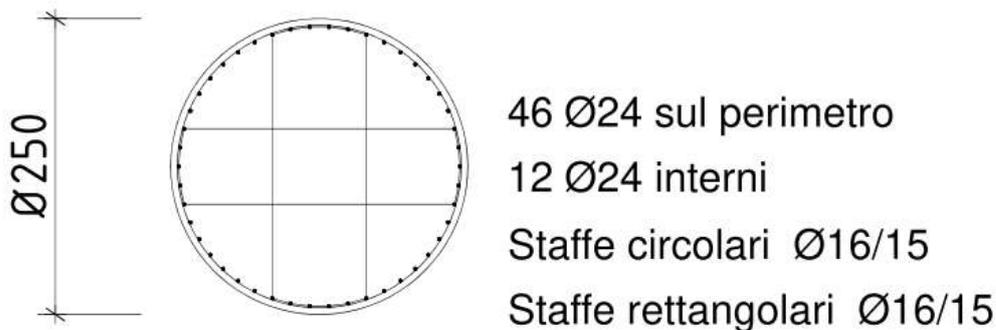


Figura 10.1: Dimensioni ed armatura pila 1

Le tabelle seguenti riepilogano le sollecitazioni insistenti in tale sezione ricavate a valle dell'elaborazione dei vari involucri, allo spiccato delle fondazioni per la pila 1 e 2.

Le sollecitazioni riportate seguono le convenzioni "di trave" seguenti:

$N = F_x$ = azione assiale

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

M_y/M_z = momento flettente longitudinale/trasversale

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 385.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.46396, -0.758411, 0.45777)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

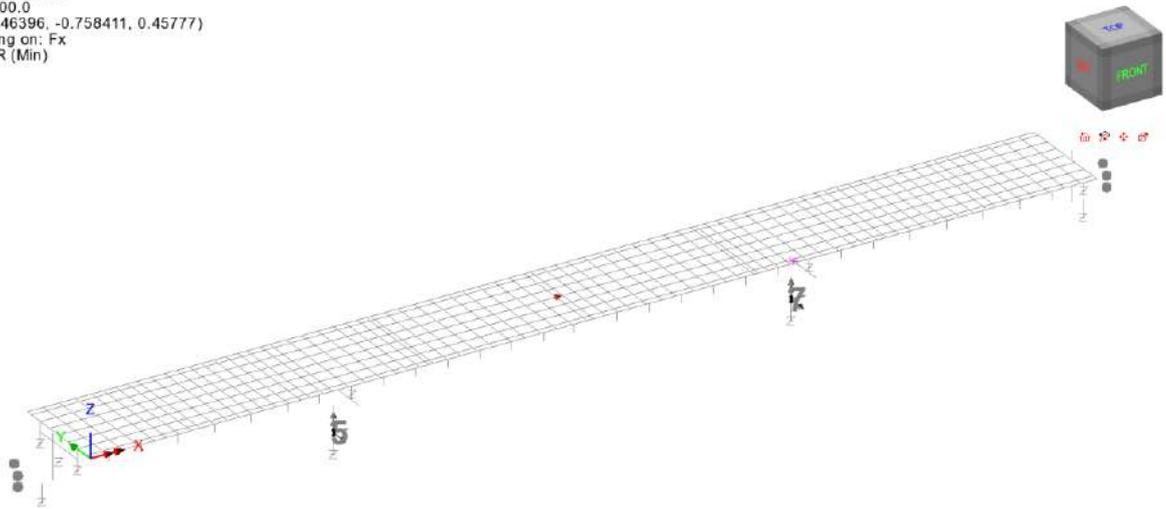


Figura 10.2 Elem. di riferimento verifiche pile e sist. riferimento

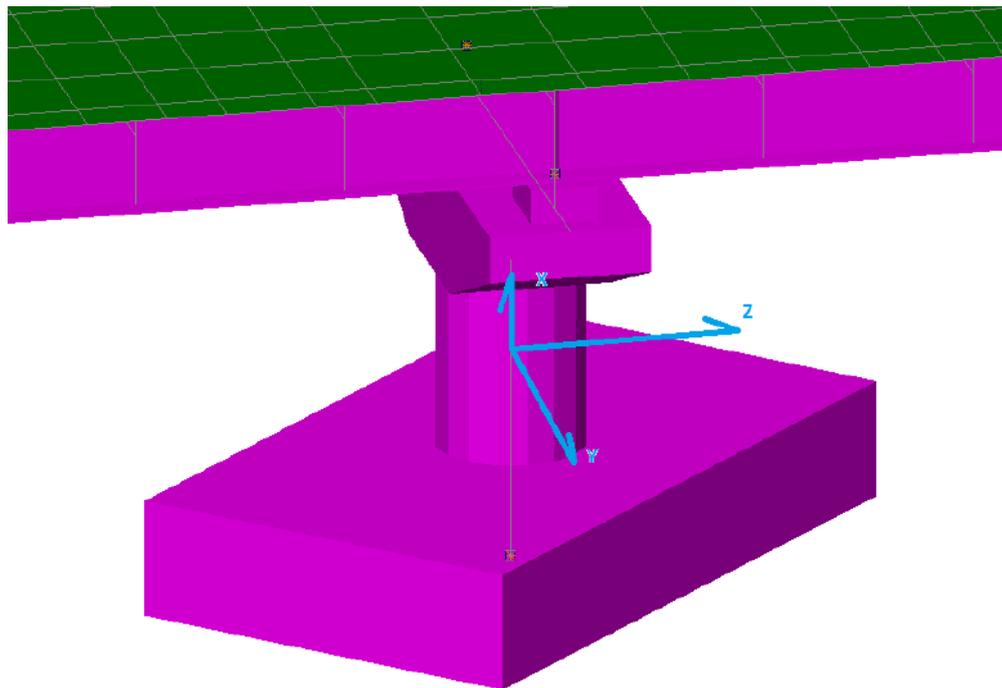


Figura 10.3: Sistema di riferimento elementi pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

ENV	SollInv	El	n	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	5	5	-7403.69	-367.32	-15.93	91.93	3077.12
SLU STR (Min)	Fx	5	5	-15601.90	365.13	19.31	-111.40	-8089.82
SLU STR (Max)	My	5	5	-12486.60	-368.05	-293.82	1695.34	1345.49
SLU STR (Min)	My	5	5	-9260.83	367.15	301.87	-1741.76	-4093.38
SLU STR (Max)	Mz	5	5	-14641.40	-361.89	25.69	-148.25	11841.70
SLU STR (Min)	Mz	5	5	-11181.40	361.81	-24.60	141.93	-11841.10
Ed_SLV (Max)	Fx	5	5	-7091.56	365.55	1189.42	6587.70	2677.70
Ed_SLV (Min)	Fx	5	5	-8928.08	-365.57	-1170.92	-6694.44	-2677.37
Ed_SLV (Max)	My	5	5	-7335.01	365.56	1177.44	6656.80	2677.54
Ed_SLV (Min)	My	5	5	-8677.99	-365.58	-1165.96	-6723.02	-2677.25
Ed_SLV (Max)	Mz	5	5	-7599.56	1103.36	392.17	1898.48	8391.84
Ed_SLV (Min)	Mz	5	5	-8413.43	-1103.39	-380.70	-1964.70	-8391.47
SLE RARA (Max)	Fx	5	5	-7553.76	-244.85	-13.32	76.88	2058.37
SLE RARA (Min)	Fx	5	5	-11562.90	243.22	16.72	-96.45	-5771.45
SLE RARA (Max)	My	5	5	-9221.53	-245.39	-219.61	1267.15	775.67
SLE RARA (Min)	My	5	5	-8972.23	244.72	226.64	-1307.69	-2811.11
SLE RARA (Max)	Mz	5	5	-10847.10	-240.83	21.85	-126.06	8550.66
SLE RARA (Min)	Mz	5	5	-10365.40	240.77	-19.97	115.22	-8550.16
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	5	5	-7665.59	0.29	-0.82	4.75	69.50
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	5	5	-9994.98	-1.09	17.16	-99.01	-1770.66
SLE FREQUENTE (Max)	My	5	5	-9248.44	-0.24	-19.19	110.71	-1213.50
SLE FREQUENTE (Min)	My	5	5	-8942.35	-0.44	28.09	-162.08	-821.93
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	5	5	-9614.31	2.68	21.04	-121.41	3387.15
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	5	5	-9169.36	-2.73	-13.47	77.74	-3386.69
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	5	5	-7757.88	-0.01	-1.21	7.01	0.10
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	5	5	-8261.76	-0.02	19.71	-113.75	0.24
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	5	5	-8001.33	-0.01	-13.19	76.11	0.08
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	5	5	-8011.67	-0.02	24.67	-142.33	0.23
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	5	5	-8229.38	-0.02	22.70	-130.99	0.25
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	5	5	-7783.61	0.00	-11.23	64.77	0.06

Tabella 10.1 : Involuppi sollecitazioni spiccato pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

ENV	Sollinv	El	n	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	7	7	-7321.90	-366.85	16.03	-81.61	2843.61
SLU STR (Min)	Fx	7	7	-15491.60	368.36	-18.94	96.40	2183.81
SLU STR (Max)	My	7	7	-9293.44	366.89	-301.91	1536.72	-3854.51
SLU STR (Min)	My	7	7	-12252.30	-367.19	294.31	-1498.03	1097.91
SLU STR (Max)	Mz	7	7	-11549.00	-363.71	-19.70	100.25	11658.70
SLU STR (Min)	Mz	7	7	-14097.20	363.59	9.06	-46.10	-11658.40
Ed_SLV (Max)	Fx	7	7	-7012.12	354.19	1063.50	5399.05	2449.78
Ed_SLV (Min)	Fx	7	7	-8843.62	-354.32	-1081.61	-5306.89	-2448.95
Ed_SLV (Max)	My	7	7	-7373.47	354.14	1037.72	5530.25	2449.68
Ed_SLV (Min)	My	7	7	-8475.67	-354.25	-1048.83	-5473.74	-2448.86
Ed_SLV (Max)	Mz	7	7	-7401.25	1098.01	301.31	1728.17	7675.18
Ed_SLV (Min)	Mz	7	7	-8454.50	-1098.15	-319.41	-1636.02	-7674.27
SLE RARA (Max)	Fx	7	7	-7471.95	-244.53	13.40	-68.22	1902.57
SLE RARA (Min)	Fx	7	7	-11481.20	245.63	-16.41	83.54	1821.53
SLE RARA (Max)	My	7	7	-8987.10	244.55	-226.64	1153.61	-2651.33
SLE RARA (Min)	My	7	7	-9035.99	-244.78	219.99	-1119.73	609.49
SLE RARA (Max)	Mz	7	7	-10657.90	-242.21	-16.94	86.22	8432.32
SLE RARA (Min)	Mz	7	7	-10403.50	242.11	7.10	-36.14	-8431.98
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	7	7	-7583.71	0.32	0.97	-4.95	68.32
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	7	7	-9913.14	0.46	-16.87	85.89	1669.68
SLE FREQUENTE (Max)	My	7	7	-8957.70	-0.34	-27.84	141.70	-815.22
SLE FREQUENTE (Min)	My	7	7	-9062.40	0.10	19.31	-98.28	-1226.61
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	7	7	-9417.84	1.82	-16.93	86.19	3405.69
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	7	7	-9212.08	-1.93	2.79	-14.19	-3405.22
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	7	7	-7675.99	-0.03	1.33	-6.79	0.33
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	7	7	-8179.76	-0.10	-19.44	98.95	0.52
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	7	7	-8037.34	-0.10	-24.44	124.41	0.49
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	7	7	-7811.81	-0.01	13.34	-67.90	0.35
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	7	7	-8030.81	-0.10	-19.14	97.41	0.56
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	7	7	-7824.94	-0.03	1.03	-5.26	0.29

Tabella 10.2 : Iniluppi sollecitazioni spiccato pila 2

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

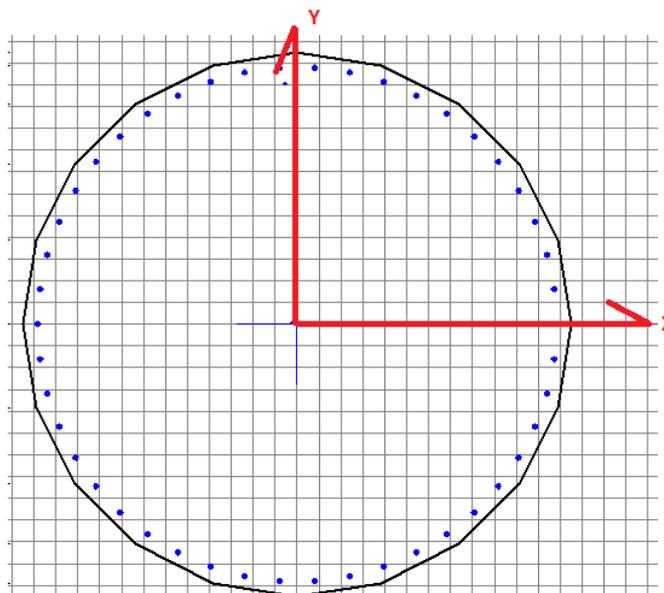


Figura 10.4: Sistema di riferimento software RC-SEZ

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

N = azione assiale

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

M_x/M_y = momento flettente longitudinale/trasversale

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

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: Margi_Pila1

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Margi\Pile\Margi_Pila1.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Molto aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C28/35

Resis. compr. di progetto f_{cd} : 15.860 MPa

Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 7.930 MPa

Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020

Def.unit. ultima ecu : 0.0035

Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale E_c : 32308.0 MPa

Resis. media a trazione f_{ctm} : 2.760 MPa

Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 168.00 daN/cm²

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 450.00 MPa

Resist. caratt. rottura f_{tk} : 450.00 MPa

Resist. snerv. di progetto f_{yd} : 391.30 MPa

Resist. ultima di progetto f_{td} : 391.30 MPa

Deform. ultima di progetto E_{pu} : 0.068

Modulo Elastico E_f 2000000 daN/cm²

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50

Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice: X [cm] Y [cm]

1	101.1	-73.5
2	73.5	-101.1
3	38.6	-118.9
4	0.0	-125.0
5	-38.6	-118.9
6	-73.5	-101.1
7	-101.1	-73.5
8	-118.9	-38.6
9	-125.0	0.0
10	-118.9	38.6
11	-101.1	73.5
12	-73.5	101.1
13	-38.6	118.9
14	0.0	125.0
15	38.6	118.9
16	73.5	101.1
17	101.1	73.5
18	118.9	38.6
19	125.0	0.0
20	118.9	-38.6

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra X [cm] Y [cm] DiamØ[mm]

1	118.2	0.0	24
2	117.1	-16.1	24
3	113.8	-31.9	24
4	108.4	-47.1	24
5	101.0	-61.4	24
6	91.7	-74.6	24
7	80.7	-86.4	24
8	68.2	-96.6	24
9	54.4	-105.0	24
10	39.6	-111.4	24
11	24.1	-115.7	24
12	8.1	-117.9	24
13	-8.1	-117.9	24
14	-24.1	-115.7	24
15	-39.6	-111.4	24

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

16	-54.4	-105.0	24
17	-68.2	-96.6	24
18	-80.7	-86.4	24
19	-91.7	-74.6	24
20	-101.0	-61.4	24
21	-108.4	-47.1	24
22	-113.8	-31.9	24
23	-117.1	-16.1	24
24	-118.2	0.0	24
25	-117.1	16.1	24
26	-113.8	31.9	24
27	-108.4	47.1	24
28	-101.0	61.4	24
29	-91.7	74.6	24
30	-80.7	86.4	24
31	-68.2	96.6	24
32	-54.4	105.0	24
33	-39.6	111.4	24
34	-24.1	115.7	24
35	-8.1	117.9	24
36	8.1	117.9	24
37	24.1	115.7	24
38	39.6	111.4	24
39	54.4	105.0	24
40	68.2	96.6	24
41	80.7	86.4	24
42	91.7	74.6	24
43	101.0	61.4	24
44	108.4	47.1	24
45	113.8	31.9	24
46	117.1	16.1	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
Passo staffe: 15.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N° Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	22	26	45	3
2	15	33	38	10

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.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	7403.69	-3077.12	91.93	-367.32	15.93
2	15601.90	8089.82	-111.40	365.13	-19.31
3	12486.60	-1345.49	1695.34	-368.05	293.82
4	9260.83	4093.38	-1741.76	367.15	-301.87
5	14641.40	-11841.70	-148.25	-361.89	-25.69
6	11181.40	11841.10	141.93	361.81	24.60
7	7091.56	-2677.70	6587.70	365.55	-1189.42
8	8928.08	2677.37	-6694.44	-365.57	1170.92
9	7335.01	-2677.54	6656.80	365.56	-1177.44
10	8677.99	2677.25	-6723.02	-365.58	1165.96
11	7599.56	-8391.84	1898.48	1103.36	-392.17
12	8413.43	8391.47	-1964.70	-1103.39	380.70

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	7553.76	-2058.37	76.88
2	11562.90	5771.45	-96.45
3	9221.53	-775.67	1267.15
4	8972.23	2811.11	-1307.69
5	10847.10	-8550.66	-126.06
6	10365.40	8550.16	115.22

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

1	7665.59	-69.50 (0.00)	4.75 (0.00)
2	9994.98	1770.66 (0.00)	-99.01 (0.00)
3	9248.44	1213.50 (0.00)	110.71 (0.00)
4	8942.35	821.93 (0.00)	-162.08 (0.00)
5	9614.31	-3387.15 (-54425.29)	-121.41 (-1950.84)
6	9169.36	3386.69 (36222.93)	77.74 (831.48)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	7757.88	-0.10 (0.00)	7.01 (0.00)
2	8261.76	-0.24 (0.00)	-113.75 (0.00)
3	8001.33	-0.08 (0.00)	76.11 (0.00)
4	8011.67	-0.23 (0.00)	-142.33 (0.00)
5	8229.38	-0.25 (0.00)	-130.99 (0.00)
6	7783.61	-0.06 (0.00)	64.77 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.1	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	13.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5	cm

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

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	7403.69	-3077.12	91.93	7403.87	-11686.23	349.38	3.80	208.1(144.9)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

2	S	15601.90	8089.82	-111.40	15602.01	16842.56	-231.69	2.08	208.1(144.9)
3	S	12486.60	-1345.49	1695.34	12486.78	-9328.91	11754.12	6.93	208.1(144.9)
4	S	9260.83	4093.38	-1741.76	9260.91	11923.41	-5074.71	2.91	208.1(144.9)
5	S	14641.40	-11841.70	-148.25	14641.48	-16295.01	-203.88	1.38	208.1(144.9)
6	S	11181.40	11841.10	141.93	11181.25	14200.80	170.44	1.20	208.1(144.9)
7	S	7091.56	-2677.70	6587.70	7091.28	-4319.66	10626.56	1.61	208.1(144.9)
8	S	8928.08	2677.37	-6694.44	8927.93	4728.02	-11819.10	1.77	208.1(144.9)
9	S	7335.01	-2677.54	6656.80	7335.15	-4344.68	10800.68	1.62	208.1(144.9)
10	S	8677.99	2677.25	-6723.02	8678.12	4648.49	-11670.48	1.74	208.1(144.9)
11	S	7599.56	-8391.84	1898.48	7599.81	-11532.72	2608.63	1.37	208.1(144.9)
12	S	8413.43	8391.47	-1964.70	8413.41	12056.44	-2821.93	1.44	208.1(144.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00112	0.0	-125.0	0.00103	8.1	-117.9	-0.00196	-8.1	117.9
2	0.00161	0.0	125.0	0.00150	-8.1	117.9	-0.00196	8.1	-117.9
3	0.00142	101.1	-73.5	0.00133	91.7	-74.6	-0.00196	-91.7	74.6
4	0.00123	-38.6	118.9	0.00114	-39.6	111.4	-0.00196	39.6	-111.4
5	0.00155	0.0	-125.0	0.00145	-8.1	-117.9	-0.00196	8.1	117.9
6	0.00135	0.0	125.0	0.00125	8.1	117.9	-0.00196	-8.1	-117.9
7	0.00110	118.9	-38.6	0.00102	108.4	-47.1	-0.00196	-108.4	47.1
8	0.00121	-118.9	38.6	0.00112	-108.4	47.1	-0.00196	108.4	-47.1
9	0.00111	118.9	-38.6	0.00103	108.4	-47.1	-0.00196	-108.4	47.1
10	0.00119	-118.9	38.6	0.00111	-108.4	47.1	-0.00196	108.4	-47.1
11	0.00113	38.6	-118.9	0.00105	24.1	-115.7	-0.00196	-24.1	115.7
12	0.00118	-38.6	118.9	0.00109	-24.1	115.7	-0.00196	24.1	-115.7

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					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

1	0.00000378	-0.000012653	-0.000461368	---	---
2	-0.00000202	0.000014662	-0.000225894	---	---
3	0.000010887	-0.000008640	-0.000313840	---	---
4	-0.000005141	0.000012082	-0.000407282	---	---
5	-0.000000181	-0.000014431	-0.000253281	---	---
6	0.000000163	0.000013597	-0.000351837	---	---
7	0.000011650	-0.000004735	-0.000470514	---	---
8	-0.000012104	0.000004841	-0.000416315	---	---
9	0.000011725	-0.000004716	-0.000463261	---	---
10	-0.000012054	0.000004800	-0.000423636	---	---
11	0.000002803	-0.000012389	-0.000455255	---	---
12	-0.000002942	0.000012567	-0.000431302	---	---

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff	
1	S	367.63	12226.91	5894.84	208.0	179.6	227.0	2.500	1.097	2.1	33.5(0.0)
2	S	365.36	12876.48	5508.47	206.7	170.5	229.4	2.500	1.204	2.2	33.0(0.0)
3	S	458.95	12644.24	8051.54	206.9	173.4	229.2	2.500	1.163	2.7	47.5(0.0)
4	S	456.03	12375.83	7558.70	207.6	177.2	227.8	2.500	1.121	2.6	43.6(0.0)
5	S	362.18	12792.54	5534.03	206.9	171.5	229.0	2.500	1.191	2.2	33.0(0.0)
6	S	362.08	12535.70	5640.56	207.2	174.9	228.7	2.500	1.146	2.1	33.0(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

7	S	1239.52	12175.16	7845.77	208.3	180.3	226.0	2.500	1.093	7.0	44.5(0.0)
8	S	1222.95	12363.03	7707.30	207.5	177.5	228.1	2.500	1.117	7.0	44.4(0.0)
9	S	1228.80	12211.47	7814.11	208.1	179.8	226.6	2.500	1.096	7.0	44.4(0.0)
10	S	1218.48	12328.91	7722.58	207.7	177.9	227.6	2.500	1.113	7.0	44.4(0.0)
11	S	1162.70	12217.15	6917.70	208.2	179.6	226.3	2.500	1.099	6.6	39.4(0.0)
12	S	1161.12	12288.04	6909.95	208.0	178.5	226.9	2.500	1.110	6.7	39.6(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.71	0.0	-125.0	4.4	-8.1	117.9	---	---
2	S	5.93	0.0	125.0	-21.2	8.1	-117.9	1403	27.1
3	S	2.69	101.1	-73.5	14.2	-101.0	61.4	---	---
4	S	3.60	-38.6	118.9	-0.3	54.4	-105.0	273	9.0
5	S	8.99	0.0	-125.0	-100.8	8.1	117.9	3344	45.2
6	S	9.09	0.0	125.0	-110.8	-8.1	-117.9	3459	49.8

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.53	0.0	-125.0	21.8	-8.1	117.9	---	---
2	S	3.01	0.0	125.0	14.0	8.1	-117.9	---	---
3	S	2.53	0.0	125.0	16.6	-8.1	-117.9	---	---
4	S	2.24	-38.6	118.9	18.9	24.1	-115.7	---	---
5	S	3.91	0.0	-125.0	-1.0	8.1	117.9	281	9.0
6	S	3.83	0.0	125.0	-2.3	-8.1	-117.9	187	4.5

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e_{sm} - e_{cm} Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 S_{max} / E_s [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 M_x fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 M_y fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								
5	S	-0.00001	0	0.500	24.0	45	0.00000 (0.00000)	281	0.001 (0.20)
-54425.29	-1950.84								
6	S	-0.00002	0	0.500	24.0	45	0.00001 (0.00001)	323	0.002 (0.20)
36222.93	831.48								

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.51	125.0	0.0	22.6	-118.2	0.0	---	---
2	S	1.68	-125.0	0.0	23.1	118.2	0.0	---	---
3	S	1.60	125.0	0.0	22.7	-118.2	0.0	---	---
4	S	1.64	-125.0	0.0	22.2	118.2	0.0	---	---
5	S	1.68	-125.0	0.0	22.9	118.2	0.0	---	---
6	S	1.55	125.0	0.0	22.2	-118.2	0.0	---	---

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	0.000	(0.20)
0.00	0.00								

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

3	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000	(0.20)
0.00	0.00									
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000	(0.20)
0.00	0.00									
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000	(0.20)
0.00	0.00									
6	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000	(0.20)
0.00	0.00									

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: Margi_Pila2

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Margi\Pila\Margi_Pila2.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro

Normativa di riferimento: N.T.C.

Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante

Condizioni Ambientali: Molto aggressive

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C28/35

Resis. compr. di progetto fcd: 15.860 MPa

Resis. compr. ridotta fcd': 7.930 MPa

Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020

Def.unit. ultima ecu: 0.0035

Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec: 32308.0 MPa

Resis. media a trazione fctm: 2.760 MPa

Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 168.00 daN/cm²

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO -Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa

Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa

Resist. snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa

Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa

Deform. ultima di progetto Epu: 0.068

Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm²

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice: X [cm] Y [cm]

1	101.1	-73.5
2	73.5	-101.1
3	38.6	-118.9
4	0.0	-125.0
5	-38.6	-118.9
6	-73.5	-101.1
7	-101.1	-73.5
8	-118.9	-38.6
9	-125.0	0.0
10	-118.9	38.6
11	-101.1	73.5
12	-73.5	101.1
13	-38.6	118.9
14	0.0	125.0
15	38.6	118.9
16	73.5	101.1
17	101.1	73.5
18	118.9	38.6
19	125.0	0.0
20	118.9	-38.6

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra X [cm] Y [cm] DiamØ[mm]

1	118.2	0.0	24
2	117.1	-16.1	24
3	113.8	-31.9	24
4	108.4	-47.1	24
5	101.0	-61.4	24
6	91.7	-74.6	24
7	80.7	-86.4	24
8	68.2	-96.6	24
9	54.4	-105.0	24
10	39.6	-111.4	24
11	24.1	-115.7	24
12	8.1	-117.9	24

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

13	-8.1	-117.9	24
14	-24.1	-115.7	24
15	-39.6	-111.4	24
16	-54.4	-105.0	24
17	-68.2	-96.6	24
18	-80.7	-86.4	24
19	-91.7	-74.6	24
20	-101.0	-61.4	24
21	-108.4	-47.1	24
22	-113.8	-31.9	24
23	-117.1	-16.1	24
24	-118.2	0.0	24
25	-117.1	16.1	24
26	-113.8	31.9	24
27	-108.4	47.1	24
28	-101.0	61.4	24
29	-91.7	74.6	24
30	-80.7	86.4	24
31	-68.2	96.6	24
32	-54.4	105.0	24
33	-39.6	111.4	24
34	-24.1	115.7	24
35	-8.1	117.9	24
36	8.1	117.9	24
37	24.1	115.7	24
38	39.6	111.4	24
39	54.4	105.0	24
40	68.2	96.6	24
41	80.7	86.4	24
42	91.7	74.6	24
43	101.0	61.4	24
44	108.4	47.1	24
45	113.8	31.9	24
46	117.1	16.1	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	16	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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	7321.90	-2843.61	-81.61	-366.85	-16.03
2	15491.60	-2183.81	96.40	368.36	18.94
3	9293.44	3854.51	1536.72	366.89	301.91
4	12252.30	-1097.91	-1498.03	-367.19	-294.31
5	11549.00	-11658.70	100.25	-363.71	19.70
6	14097.20	11658.40	-46.10	363.59	-9.06
7	7012.12	-2449.78	5399.05	354.19	-1063.50
8	8843.62	2448.95	-5306.89	-354.32	1081.61
9	7373.47	-2449.68	5530.25	354.14	-1037.72
10	8475.67	2448.86	-5473.74	-354.25	1048.83
11	7401.25	-7675.18	1728.17	1098.01	-301.31
12	8454.50	7674.27	-1636.02	-1098.15	319.41

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	7471.95	-1902.57	-68.22
2	11481.20	-1821.53	83.54
3	8987.10	2651.33	1153.61
4	9035.99	-609.49	-1119.73
5	10657.90	-8432.32	86.22
6	10403.50	8431.98	-36.14

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	7583.71	-68.32 (0.00)	-4.95 (0.00)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

2	9913.14	-1669.68 (0.00)	85.89 (0.00)
3	8957.70	815.22 (0.00)	141.70 (0.00)
4	9062.40	1226.61 (0.00)	-98.28 (0.00)
5	9417.84	-3405.69 (-42500.76)	86.19 (1075.59)
6	9212.08	3405.22 (36021.74)	-14.19 (-150.11)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	7675.99	-0.33 (0.00)	-6.79 (0.00)
2	8179.76	-0.52 (0.00)	98.95 (0.00)
3	8037.34	-0.49 (0.00)	124.41 (0.00)
4	7811.81	-0.35 (0.00)	-67.90 (0.00)
5	8030.81	-0.56 (0.00)	97.41 (0.00)
6	7824.94	-0.29 (0.00)	-5.26 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.1	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	13.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5	cm

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

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	7321.90	-2843.61	-81.61	7321.89	-11629.79	-333.99	4.09	208.1(144.9)
2	S	15491.60	-2183.81	96.40	15491.50	-16758.85	739.14	7.67	208.1(144.9)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

3	S	9293.44	3854.51	1536.72	9293.21	12051.28	4805.82	3.13	208.1(144.9)
4	S	12252.30	-1097.91	-1498.03	12252.02	-8789.24	-11992.42	8.01	208.1(144.9)
5	S	11549.00	-11658.70	100.25	11549.04	-14433.94	124.31	1.24	208.1(144.9)
6	S	14097.20	11658.40	-46.10	14097.36	15981.99	-63.10	1.37	208.1(144.9)
7	S	7012.12	-2449.78	5399.05	7012.12	-4716.76	10394.70	1.93	208.1(144.9)
8	S	8843.62	2448.95	-5306.89	8843.45	5310.19	-11505.91	2.17	208.1(144.9)
9	S	7373.47	-2449.68	5530.25	7373.72	-4725.44	10667.11	1.93	208.1(144.9)
10	S	8475.67	2448.86	-5473.74	8475.88	5074.05	-11340.11	2.07	208.1(144.9)
11	S	7401.25	-7675.18	1728.17	7401.35	-11400.95	2566.78	1.49	208.1(144.9)
12	S	8454.50	7674.27	-1636.02	8454.33	12135.88	-2586.50	1.58	208.1(144.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00112	0.0	-125.0	0.00103	-8.1	-117.9	-0.00196	8.1	117.9
2	0.00160	0.0	-125.0	0.00150	8.1	-117.9	-0.00196	-8.1	117.9
3	0.00123	38.6	118.9	0.00114	39.6	111.4	-0.00196	-39.6	-111.4
4	0.00141	-101.1	-73.5	0.00131	-91.7	-74.6	-0.00196	91.7	74.6
5	0.00137	0.0	-125.0	0.00127	8.1	-117.9	-0.00196	-8.1	117.9
6	0.00152	0.0	125.0	0.00142	-8.1	117.9	-0.00196	8.1	-117.9
7	0.00109	118.9	-38.6	0.00101	108.4	-47.1	-0.00196	-108.4	47.1
8	0.00120	-118.9	38.6	0.00112	-108.4	47.1	-0.00196	108.4	-47.1
9	0.00111	118.9	-38.6	0.00103	108.4	-47.1	-0.00196	-108.4	47.1
10	0.00118	-118.9	38.6	0.00110	-108.4	47.1	-0.00196	108.4	-47.1
11	0.00111	38.6	-118.9	0.00103	24.1	-115.7	-0.00196	-24.1	115.7
12	0.00118	-38.6	118.9	0.00110	-24.1	115.7	-0.00196	24.1	-115.7

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	-0.000000363	-0.000012633	-0.000463836	---	---

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

2	0.00000645	-0.000014610	-0.000228479	---	---
3	0.00004862	0.000012195	-0.000405785	---	---
4	-0.000011174	-0.000008189	-0.000321108	---	---
5	0.000000118	-0.000013688	-0.000341416	---	---
6	-0.000000057	0.000014307	-0.000269006	---	---
7	0.000011432	-0.000005187	-0.000472850	---	---
8	-0.000011816	0.000005453	-0.000418709	---	---
9	0.000011561	-0.000005121	-0.000461958	---	---
10	-0.000011795	0.000005277	-0.000429377	---	---
11	0.000002779	-0.000012343	-0.000461153	---	---
12	-0.000002693	0.000012631	-0.000429959	---	---

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 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 (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	367.16	12222.41	4713.53	208.0 179.7	227.0	2.500	1.096	2.1	26.8(0.0)
2	S	367.17	12867.00	4474.50	206.7 170.6	229.4	2.500	1.202	2.2	26.8(0.0)
3	S	452.61	12386.01	4644.25	207.5 177.1	228.1	2.500	1.121	2.6	26.8(0.0)
4	S	454.44	12605.96	4560.80	207.2 173.9	228.5	2.500	1.160	2.7	26.8(0.0)
5	S	363.87	12559.95	4578.23	207.2 174.6	228.6	2.500	1.151	2.1	26.8(0.0)
6	S	363.62	12755.81	4510.73	206.9 172.0	229.0	2.500	1.184	2.2	26.8(0.0)
7	S	1114.82	12151.04	4735.83	208.6 180.6	225.4	2.500	1.092	6.3	26.8(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

8	S	1130.55	12334.34	4662.66	207.8 177.8	227.4	2.500	1.115	6.5	26.8(0.0)
9	S	1092.23	12198.55	4718.07	208.3 179.9	226.2	2.500	1.096	6.2	26.8(0.0)
10	S	1102.05	12300.80	4676.03	207.9 178.3	227.1	2.500	1.111	6.3	26.8(0.0)
11	S	1137.38	12205.15	4716.01	208.2 179.8	226.3	2.500	1.097	6.5	26.8(0.0)
12	S	1140.61	12300.69	4676.35	207.9 178.3	227.2	2.500	1.110	6.5	26.8(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.60	0.0	-125.0	5.5	8.1	117.9	---	---
2	S	3.33	0.0	-125.0	17.9	-8.1	117.9	---	---
3	S	3.48	38.6	118.9	1.6	-54.4	-105.0	---	---
4	S	2.52	-101.1	-73.5	15.5	101.0	61.4	---	---
5	S	8.87	0.0	-125.0	-100.1	-8.1	117.9	3356	45.2
6	S	8.92	0.0	125.0	-105.3	8.1	-117.9	3403	45.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.52	0.0	-125.0	21.5	8.1	117.9	---	---
2	S	2.94	0.0	-125.0	14.6	-8.1	117.9	---	---
3	S	2.24	38.6	118.9	19.1	-24.1	-115.7	---	---
4	S	2.50	0.0	125.0	15.9	8.1	-117.9	---	---
5	S	3.89	0.0	-125.0	-1.7	-8.1	117.9	190	4.5
6	S	3.85	0.0	125.0	-2.3	8.1	-117.9	179	4.5

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max * (e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20) 0.00	0.00			
2	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20) 0.00	0.00			
3	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20) 0.00	0.00			
4	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20) 0.00	0.00			
5	S	-0.00002	0	0.500	24.0	45	0.00001 (0.00001)	325	0.002 (0.20)	-42500.76	1075.59
6	S	-0.00002	0	0.500	24.0	45	0.00001 (0.00001)	315	0.002 (0.20)	36021.74	-150.11

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.50	-125.0	0.0	22.3	118.2	0.0	---	---
2	S	1.65	125.0	0.0	23.0	-118.2	0.0	---	---
3	S	1.64	125.0	0.0	22.4	-118.2	0.0	---	---
4	S	1.56	-125.0	0.0	22.2	118.2	0.0	---	---
5	S	1.62	125.0	0.0	22.6	-118.2	0.0	---	---
6	S	1.53	-125.0	0.0	22.8	118.2	0.0	---	---

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk
Mx fess	My fess								
1	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	---	---	-----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

Le verifiche appaiono soddisfatte con ampio margine per tutti gli S.L. considerati.

10.1.2 Pulvino

I pulvini sono formati da mensole aggettanti dal fusto pila, e presentano altezza variabile da un massimo di 2 m in prossimità dello spiccato, fino ad un minimo di 0.80 m nella sezione di estremità.

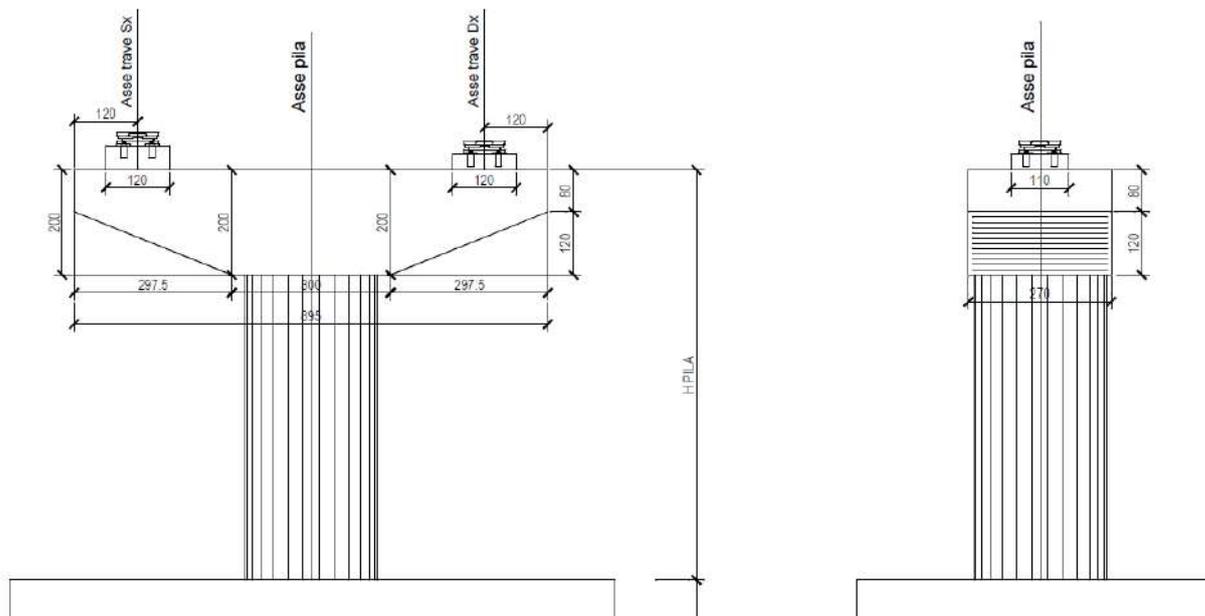


Figura 10.5 configurazione pulvino

Considerati i rapporti dimensionali, che inquadrano l'elemento come sostanzialmente "snello", le verifiche vengono effettuate con riferimento ad uno schema a mensola snella, in cui la sezione di incastro viene cautelativamente posizionata in prossimità del baricentro della mezza sezione fusto, posto a circa 50 cm dall'asse pila.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

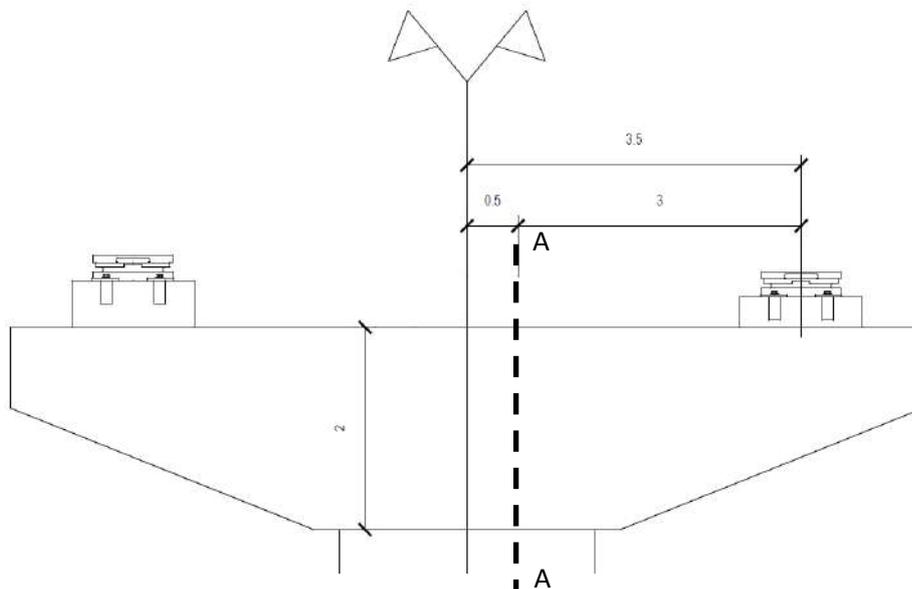


Figura 10.6 Sezione di verifica mensola

Il quadro delle sollecitazioni nell'ambito delle varie combinazioni di carico viene direttamente estratto dal modello E.F. , predisponendo opportuni "samplig points" sugli elementi di competenza, in corrispondenza dell'ascissa desiderata.

Qui di seguito si riporta la posizione dei samplig points unitamente alla label degli elementi coinvolti nell'estrazione delle sollecitazioni.

Scale: 1: 385.869
Zoom: 221.068
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

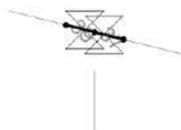
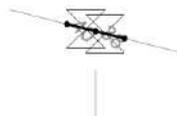


Figura 10.7 Estrazione sollecitazioni di verifica pulvino

Verifiche per tensioni normali

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Si predispongono le armature a flessione riepilogate nello schema seguente, che prevede:

Corrente superiore:

- | | |
|---|----------------|
| n. 21 doppi \varnothing 24 ($A_s = 18984 \text{ mm}^2$) | primo strato |
| n. 21 doppi \varnothing 24 ($A_s = 18984 \text{ mm}^2$) | secondo strato |
| n. 21 doppi \varnothing 24 ($A_s = 18984 \text{ mm}^2$) | terzo strato |

Il primo strato viene posizionato all'interno della staffatura trasversale ($d = 72 \text{ mm}$), il secondo ed il terzo strato verranno posizionati ad interasse verticale pari a 100 mm.

Corrente inferiore:

- | | |
|--|------------------------------------|
| n. 21 \varnothing 24 ($A_s = 9492 \text{ mm}^2$) | primo strato inferiore |
| n. 11 \varnothing 24 ($A_s = 4972 \text{ mm}^2$) | secondo strato inferiore (interno) |

Il corrente inferiore è posizionato all'interno della staffatura principale.

Tutti gli strati di armatura verranno prolungati oltre l'asse appoggio.

Qui di seguito lo schema dell'armatura in corrispondenza della sezione di verifica.

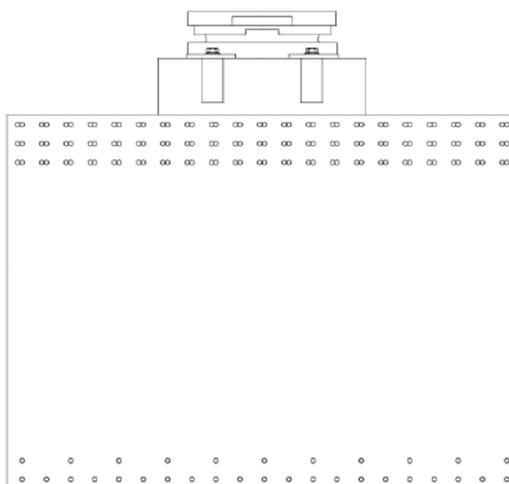


Figura 10.8 schema armatura a flessione pulvino

Le verifiche vengono condotte direttamente con riferimento alla sola caratteristica flettente verticale (M_y di trave), risultando le rimanenti componenti sollecitanti di scarso valore relativo.

Qui di seguito si riportano i diagrammi di momento flettente estratto per le combinazioni max M_y nell'ambito degli S.L.:

- S.L.U.
- Gk + Ed
- S.L.E.
- S.L.E. frequente
- S.L.E. quasi permanente

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 27.8474E6 at node 44 of element 38
Diagram scale: 1: 0.359101E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 23.5345E6 at inspection location sampling_1 - (80.0, 5.125, -2.9)
Peak/value minimum 23.5106E6 at inspection location sampling_2 - (30.0, 6.125, -2.9)

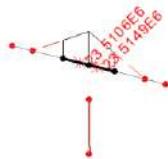
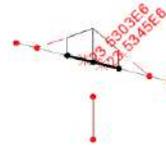


Figura 10.9 S.L.U. - max M_{Ed}

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.2267E6 at node 44 of element 38
Diagram scale: 1: 0.659742E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 12.9558E6 at inspection location sampling_1 - (80.0, 5.125, -2.9)
Peak/value minimum 12.9379E6 at inspection location sampling_2 - (30.0, 6.125, -2.9)

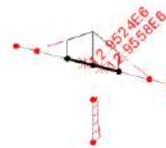


Figura 10.10 Sisma - max M_{Ed}

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.5826E6 at node 44 of element 38
Diagram scale: 1: 0.485847E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 17.3915E6 at inspection location sampling_1 - (80.0, 5.125, -2.9)
Peak/value minimum 17.3746E6 at inspection location sampling_2 - (30.0, 6.125, -2.9)

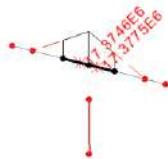
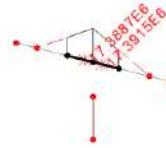


Figura 10.11 S.L.E. - max M_{Ed}

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 16.3656E6 at node 44 of element 38
Diagram scale: 1: 0.611037E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 13.7889E6 at inspection location sampling_2 - (80.0, 6.125, -2.9)
Peak/value minimum 13.7841E6 at inspection location sampling_1 - (30.0, 5.125, -2.9)

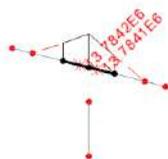
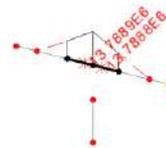


Figura 10.12 S.L.E. frequente - max M_{Ed}

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.2812E6 at node 43 of element 37
Diagram scale: 1: 0.814252E6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum: 10.3282E6 at inspection location sampling_2 - (30.0, 6.125, -2.9)
Peak/value minimum: 10.3279E6 at inspection location sampling_1 - (80.0, 5.125, -2.9)

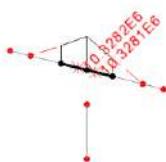
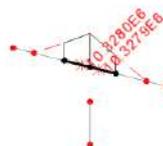
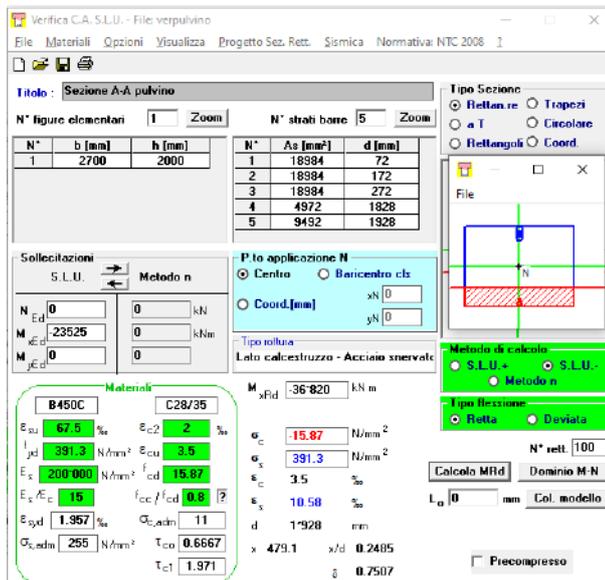


Figura 10.13 S.L.E. quasi permanente - max M_{Ed}

S.L.U. per tensioni normali



Verifica C.A. S.L.U. - File: verpulvino

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

Titolo: Sezione A-A pulvino

N° figure elementari: 1 | Zoom | N° strati barre: 5 | Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	2700	2000	1	18984	72
			2	18984	172
			3	18984	272
			4	4972	1828
			5	9492	1928

Sollecitazioni
S.L.U. | Metodo n

N_{Ed} : 0 kN
 M_{Ed} : 23525 kNm
 M_{Ed} : 0 kNm

P.to applicazione N
Centro | Baricentro cls
Coord. [mm]: xN: 0, yN: 0

Materiali
B450C | C28/35

ϵ_{cu} : 67.5 ‰ | ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yk} : 391.3 N/mm² | ϵ_{cu} : 3.9 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² | f_{cd} : 15.87
 $E_s \cdot \epsilon_{c2}$: 15 | f_{cc} / f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ | $\sigma_{s,adm}$: 11
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² | τ_{c0} : 0.6667
 τ_{c1} : 1.971

Calcolo
M: -36 820 kNm
 σ_c : -15.87 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_s : 3.5 ‰
 ϵ_s : 10.58 ‰
d: 1928 mm
x: 479.1 | x/d: 0.2485
 δ : 0.7507

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

Tipi Sezione
Retta | Deviata

Calcolo MRd | Dominio M-N
L₀: 0 mm | Col. modello

Precompresso

Risulta:

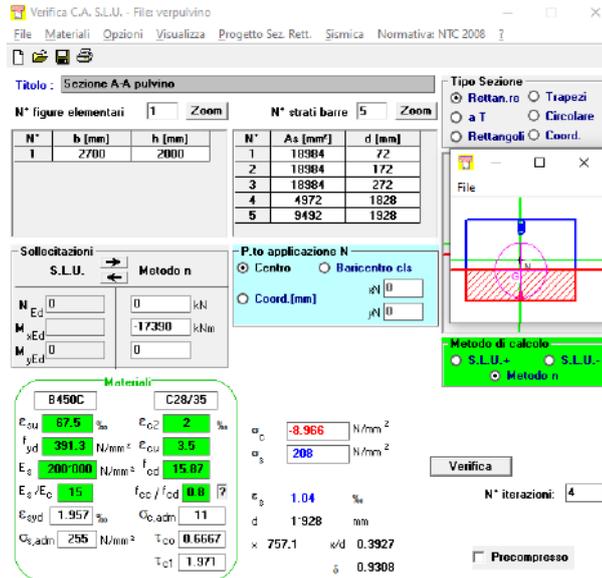
$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.64$$

La verifica risulta soddisfatta

Il calcolo del rapporto di sfruttamento in fase sismica non appare significativo.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.E. – limitazione delle tensioni



Si rilevano le seguenti tensioni di punta:

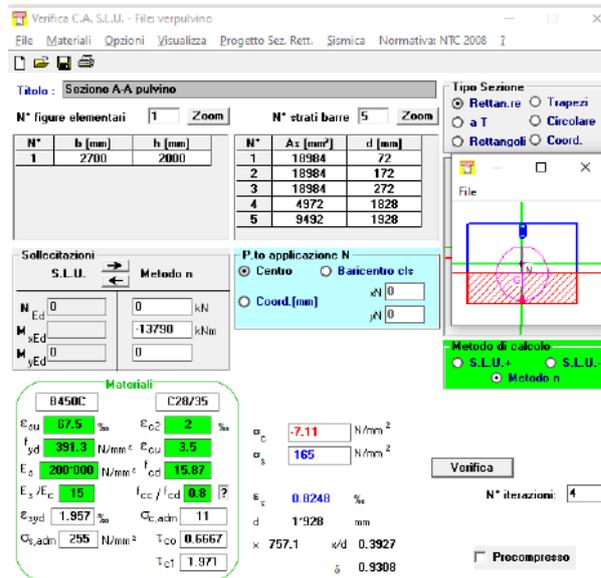
$$\sigma_{c,min} = -8.97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 208 \text{ MPa}$$

La limitazione delle tensioni appare soddisfatta ($|\sigma_{c,min}| > 0.6 f_{ck}$, $\sigma_{s,max} < 0.8 f_{yk}$)

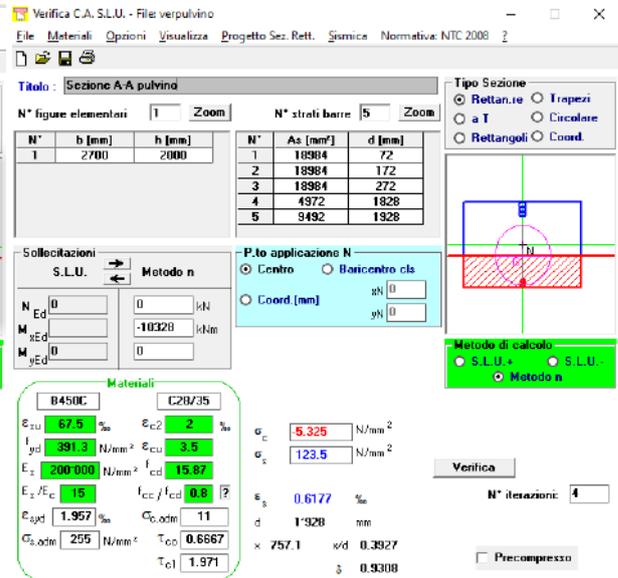
S.L.E. – fessurazione

Qui di seguito il calcolo delle tensioni in corrispondenza della combinazione frequente e quasi permanente.



$$\sigma_{c,min} = -7.11 \text{ Mpa}$$

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



$$\sigma_{c,min} = -5.325 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 124 \text{ MPa}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Si effettua il calcolo dell'ampiezza delle fessure per le combinazioni S.L.E. frequente e S.L.E. quasi permanente.

Allo scopo, si considera un diametro equivalente delle barre accoppiate pari a $\phi_{eq} = \phi (n)^{0.5}$, con:

ϕ_{eq} = diametro equivalente risultante

ϕ = diametro effettivo barre

n = numero di barre costituenti l'accoppiamento

La tabella seguente riassume il calcolo, effettuato con riferimento ai criteri contenuti in EN 1992-1-1 cap. 7.3.4.

Verifica a fessurazione - EN 1992-1-1 cap. 7.3.4

Elemento:	Pulvino v. Margi - sez. A-A	
Comb.	S.L.E. frequente	
$\sigma_{c,Ed}$	-7.11 MPa	tensione nel cls, comb. frequente
$\sigma_{s,Ed}$	165.00 MPa	tensione nelle barre (strato + esterno), comb. frequente
f_{ck}	28.00 MPa	Resistenza car. cil.
$f_{ct,eff}$	2.77 MPa	Resistenza a trazione efficace ($f_{ct,eff} = f_{cm}$)
E_{cm}	32308.25 MPa	Modulo elastico calcestruzzo
$E_{cm inf}$	12923.30	Modulo elastico calcestruzzo a lungo termine
E_s	210000.00 MPa	Modulo elastico acciaio
α_e	6.50	E_s/E_{cm} (7.3.4(2))
ϕ	33.94	mm
A_s	21093.00 mm ²	Armatura di progetto al lembo teso
h	2000.00 mm	Altezza complessiva sezione
c_{nom}	72.00	Copriferro netto nominale
c_{med}	181.00 mm	Copriferro medio (riferito al totale A_s)
i	128.00 mm	Interasse barre
i_{max}	989.85 mm	
d	1819.00 mm	Altezza utile sezione
k_t	0.4	fattore per carichi lunga durata (7.3.4(2))
k_1	0.8	barre nervate (7.3.4(3))
k_2	0.5	predom. flessione (7.3.4(3))
k_3	3.4	(7.3.4(3)+N.A.D.)
k_4	0.425	(7.3.4(3)+N.A.D.)
x	787.04 mm	posizione a.n.
A_{ceff}	404321.08 mm ²	Area efficace cls (7.3.2.(3))
$\rho_{p,eff}$	5.22E-02	(7.3.4(2), formula 7.10)
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	6.50E-04 mm/mm	def. barre nella fessura (7.3.4(2), formula 7.9)
$S_{r,max}$	355.40 mm	distanza max fessure (7.3.4(3), formula 7.11)
w_k	2.31E-01 mm	ampiezza fessure (7.3.4(1), formula 7.8)
limite	0.3 mm	
	verifica soddisfatta	

Figura 10.14 Calcolo ampiezza fessure - S.L.E. frequente

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a fessurazione - EN 1992-1-1 cap. 7.3.4

Elemento:	Pulvino v. Margi - sez. A-A	
Comb:	S.L.E. quasi permanente	
$\sigma_{c,Ed}$	-5.33 MPa	tensione nel cls, comb. frequente
$\sigma_{s,Ed}$	124.00 MPa	tensione nelle barre (strato + esterno), comb. frequente
f_{ck}	28.00 MPa	Resistenza car. cil.
$f_{ct,eff}$	2.77 MPa	Resistenza a trazione efficace ($f_{ct,eff} = f_{cm}$)
E_{cm}	32308.25 MPa	Modulo elastico calcestruzzo
$E_{cm inf}$	12923.30	Modulo elastico calcestruzzo a lungo termine
E_s	210000.00 MPa	Modulo elastico acciaio
α_e	6.50	E_s/E_{cm} (7.3.4(2))
ϕ	33.94	mm
A_s	21093.00 mm ²	Armatura di progetto al lembo teso
h	2000.00 mm	Altezza complessiva sezione
c_{nom}	72.00	Copriferro netto nominale
c_{med}	181.00 mm	Copriferro medio (riferito al totale A_s)
i	128.00 mm	Interasse barre
i_{max}	989.8528	
d	1819.00 mm	Altezza utile sezione
k_t	0.4	fattore per carichi lunga durata (7.3.4(2))
k_1	0.8	barre nervate (7.3.4(3))
k_2	0.5	predom. flessione (7.3.4(3))
k_3	3.4	(7.3.4(3)+N.A.D.)
k_4	0.425	(7.3.4(3)+N.A.D.)
x	785.89 mm	posizione a.n.
A_{ceff}	404704.76 mm ²	Area efficace cls (7.3.2.(3))
$\rho_{p,eff}$	5.21E-02	(7.3.4(2), formula 7.10)
$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$	4.55E-04 mm/mm	def. barre nella fessura (7.3.4(2), formula 7.9)
$s_{r,max}$	355.51 mm	distanza max fessure (7.3.4(3), formula 7.11)
w_k	1.62E-01 mm	ampiezza fessure (7.3.4(1), formula 7.8)
limite	0.2 mm	

verifica soddisfatta

Figura 10.15 Calcolo ampiezza fessure - S.L.E. quasi permanente

S.L.U. per azioni taglianti

Di seguito si riportano i valori di azione tagliante di progetto V_{Ed} . Dato che, come anche riscontrabile dai diagrammi, l'azione tagliante presenta un andamento pressochè costante, si considera direttamente, per semplicità ed a favore di sicurezza, il valore di progetto riscontrato nella sezione A-A, senza effettuare alcuna traslazione.

Vista la simmetria di comportamento, per brevità, si riportano solamente i diagrammi inerenti la massimizzazione di F_z .

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 385.869
Zoom: 197.382
Eye: (-0.778574, -0.425986, 0.460824)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 8.67121E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -3.30728E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 1.15324E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 8.58181E6 at inspection location sampling_1 - (80.0, 5.125, -2.9)
Peak/value minimum -3.24106E6 at inspection location sampling_2 - (30.0, 6.125, -2.9)

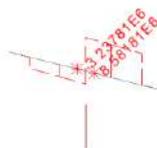


Figura 10.16 V_{Ed} S.L.U. - max Fz

Di seguito si riporta lo sviluppo del calcolo, che comprende la valutazione preliminare di $V_{R,cd}$ e la verifica della specifica armatura a taglio, con valutazione dei vari contributi resistenti.

Si predispone una specifica staffatura formata da n. 6 bracci di staffe $\varnothing 20/20$.

La staffatura verrà prolungata sull'intero sviluppo della mensola fino all'asse appoggi.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	8581 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	2700 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
A_c	5.40E+06 mm ²	Area sezione
A_{sl}	5.70E+04 mm ³	Armatura al lembo teso
c	181 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1819 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	1.160E-02	$\min(A_{sl}/b_w d)$; 0.02) 6.2.2(1)
z_{app}	1637.1 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1637.1 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	28 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_m barre
f_{cd}	15.87 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	1.94 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{ctd}	1.29 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yd}	391.30 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.33	$\min ([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 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. 2.7 Mpa)
$V_{min} =$	0.28 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	1257.88	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	2503.64 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Figura 10.17 Verifica a taglio sez. A-A - passo 1 calcolo $V_{R,c,d}$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
A_{sw}	9424.78 mm ²	
$\max A_{sw}$	27370.00 mm ²	
$s =$	1000 mm	passo di riferimento per A_{sw}
$\sigma_{s,w}$	321.09 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	10457.35 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{cw} =$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
v	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
v_1	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max} =$	15184.32 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		
ΔF_{td}	7431.36 kN	6.2.3(7) formula 6.18

Figura 10.18 Verifica a taglio sez. A-A – calcolo $V_{Rd,s}$ e $V_{Rd,max}$

10.1.3 Baggioli pila

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

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

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

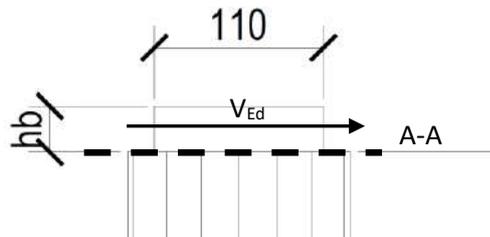


Figura 10.19 Sezione di verifica meccanismo "shear friction "

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

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ($c = 0$)
- Si considerano solamente le barre "passanti" in prossimità dell'area di impronta del dispositivo ($A_{s,min,pres} = 22 \varnothing 14$)
- Si considera un'area di impronta "ridotta" del baggiolo, pari approssimativamente all'area delle piastre di contatto del dispositivo.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

- 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

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	59	1	710	215	742	-2670
383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	59	1	-705	-214	737	-4006
382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	59	1	206	716	745	-2304
383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	59	1	-201	-716	743	-4372
382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	59	1	212	715	746	-2279
383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	59	1	-203	-715	744	-4401

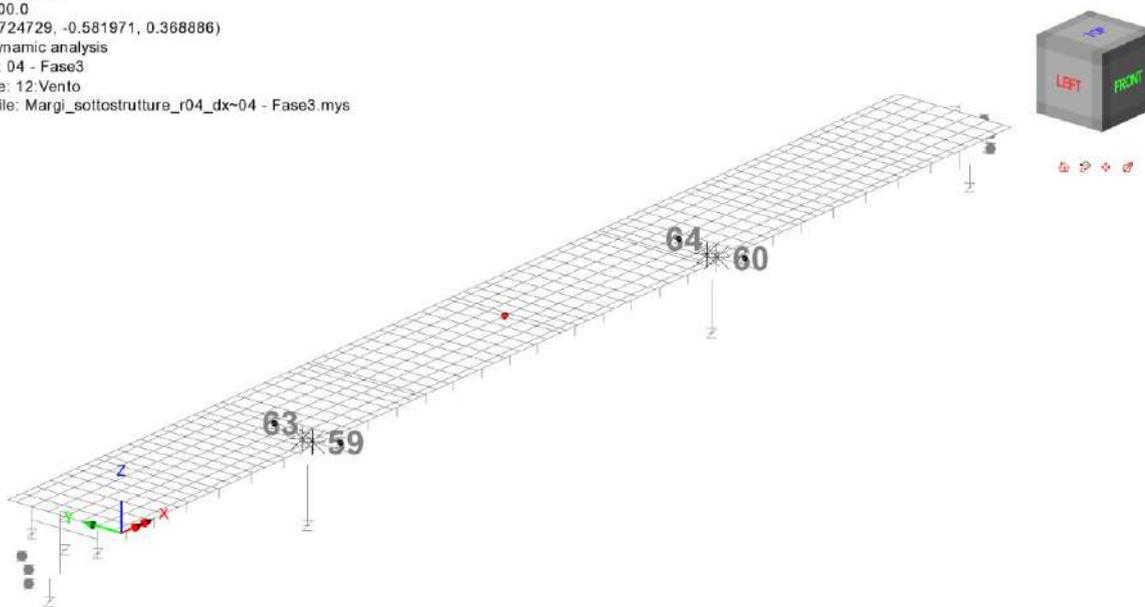
Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	63	1	710	216	742	-2668
383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	63	1	-704	-216	737	-4008
382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	63	1	223	716	750	-2514
383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	63	1	-217	-716	748	-4162
382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	63	1	211	715	745	-2278
383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	63	1	-202	-715	742	-4402

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	60	1	705	216	738	-2612
383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	60	1	-711	-216	743	-4067
382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	60	1	218	716	749	-2284
383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	60	1	-223	-716	750	-4392
382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	60	1	213	716	747	-2271
383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	60	1	-222	-716	750	-4408

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	64	1	706	215	738	-2612
383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	64	1	-711	-215	743	-4064
382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	64	1	202	716	744	-2507
383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	64	1	-207	-716	746	-4169
382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	64	1	214	715	746	-2272
383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	64	1	-223	-715	749	-4407

Tabella 10.3 Reazioni SLC appoggi Pila

Scale: 1: 385.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.724729, -0.581971, 0.368886)
Linear/dynamic analysis
Analysis: D4 - Fase3
Loadcase: 12:Vento
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx~04 - Fase3.mys



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Figura 10.20 Mappa elementi joints appoggi di pila

Si fa riferimento pertanto a:

$$\max V_{Ed} = 749 \text{ kN}$$

$$\max F_{z,ass} = -2284 \text{ kN}$$

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

Caratteristiche materiali		Baggioli pile	
γ_c	1.50	b_{eff}	850 mm larghezza eff. sezione di contatto
f_{ck}	32.00	l_{eff}	850 mm lunghezza eff. sezione di contatto
f_{ctk}	2.12	tipo sup.	1 tipo superficie: 0=molto liscia/1=liscia/2=scabra/3 = dentata
f_{cd}	21.33		
f_{ctd}	1.41	c	0.00 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 0
ν	0.50	μ	0.60 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 1
γ_s	1.15	Caratteristiche sez. resistente	
f_{yk}	450.00	$A_{s,pres.}$	3388.00 mm ² Barre vert. Passanti
f_{yd}	391.30	$A_{c,eff}$	722500 mm ² Area cis di riferimento ($b_{eff} \times l_{eff}$)
Sollecitazioni e tensioni agenti			
V_{Ed}	749 kN	Risultante azione tagliante di progetto	
$N_{Ed,conc}$	2284 kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)	
$V_{Ed,i}$	1.04 Mpa	Azione tangenziale di progetto interfaccia (valutata su A_{eff})	
σ_N	3.16 Mpa	tens. Compressione su area rif.	
$\sigma_{N,max}$	12.8 Mpa (0.6 fcd)	limite tens. Compressione	
Calcolo contributi resistenti e verifica			
$V_{Rd,s}$	795.44 kN	Risultante contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times \mu \times f_{yd}$	
$V_{Rd,c}$	0.00 kN	Risultante contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times c$	
$V_{Rd,N}$	1370.36 kN	Risultante contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Rd,s}, V_{Rd,c}, V_{Rd,N}$	2165.80 kN	Risultante azione resistente di interfaccia	
$V_{Rd,i}$	3.00 Mpa	Azione tangenziale resistente(EN1992-1-1 6.2.5.(1 eq. 6.25)	
$V_{Rd,max}$	10.67 Mpa	Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))	
V_{Ed}/V_{Rd}	0.35	rapporto di sfruttamento complessivo verificato	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd,s}$	0.94	rapporto di sfruttamento sole armature verificato	

Tabella 10.4 Verifica taglio baggiolo pile

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

10.1.4 Palo di fondazione

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

L'andamento delle sollecitazioni lungo il fusto palo mostra un discreto impegno a flessione e taglio nella zona sommitale, mentre a quote inferiori, il regime è prevalentemente assiale. I diagrammi seguenti riportano l'andamento dell'azione flettente e tagliante S.L.U. rilevati lungo i pali. Le pile 1 e 2 presentano analogo comportamento, per cui ci si riferirà alla pila 1, caratterizzata da sollecitazioni leggermente superiori.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

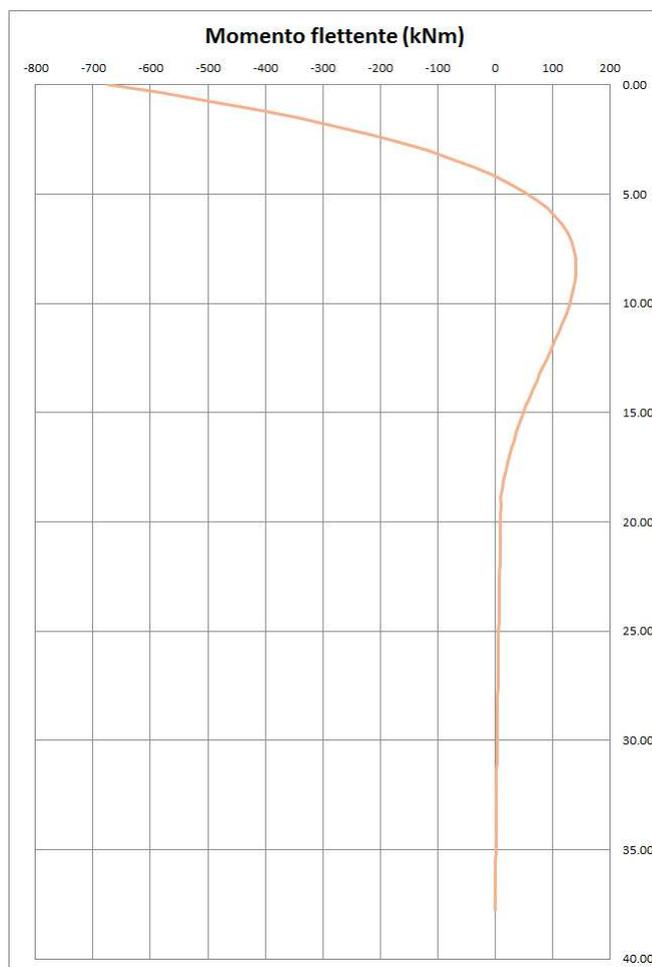


Figura 10.21 Andamento momento flettente lungo i pali - Pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

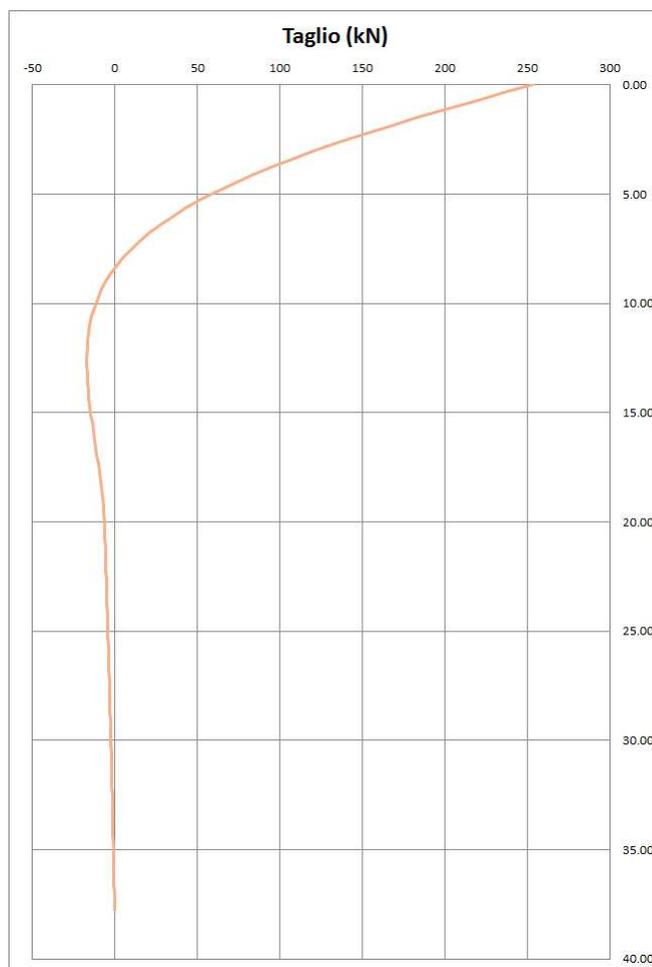


Figura 10.22 Andamento azione tagliante lungo i pali - pila 1

Come si può notare:

Il diagramma di momento flettente, che assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, cambia di segno a circa 4 m dalla sezione di incastro, smorzandosi quindi a valori poco significativi per $z < -15$ m.

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

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

- Armatura verticale: n. 16 $\varnothing 24$
- Staffatura: spirale $\varnothing 12/20$

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica sez. 1-1

	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
S.L.U. min N	-4414.00	61.00	161.00
S.L.U. max N	-1401.00	61.00	161.00
Sisma - min N	-3294.00	253.00	674.00
Sisma - max N	-660.00	253.00	674.00
S.L.E. min N	-3245.00		109.00
S.L.E. max N	-1577.00		109.00

Tabella 10.5 Riepilogo sollecitazioni di verifica pali pila

Di seguito si riporta l'esito delle verifiche per tensioni normali e taglianti (S.L.U.) e la verifica S.L.E. limitazione delle tensioni. Si è assunta una possibile tolleranza di 1,5 cm nella dimensione del copriferro.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Pila_Sez1

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Margi\pali\Pali_Pila_Sez1.sez)

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento: EC2/EC8
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

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 ²
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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

4	0.0	-60.0
5	-18.5	-57.1
6	-35.3	-48.5
7	-48.5	-35.3
8	-57.1	-18.5
9	-60.0	0.0
10	-57.1	18.5
11	-48.5	35.3
12	-35.3	48.5
13	-18.5	57.1
14	0.0	60.0
15	18.5	57.1
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.1	0.0	24
2	46.3	-19.2	24
3	35.4	-35.4	24
4	19.2	-46.3	24
5	0.0	-50.1	24
6	-19.2	-46.3	24
7	-35.4	-35.4	24
8	-46.3	-19.2	24
9	-50.1	0.0	24
10	-46.3	19.2	24
11	-35.4	35.4	24
12	-19.2	46.3	24
13	0.0	50.1	24
14	19.2	46.3	24
15	35.4	35.4	24
16	46.3	19.2	24

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4414.00	-161.00	0.00	61.00	0.00
2	1401.00	-161.00	0.00	61.00	0.00
3	3294.00	-674.00	0.00	253.00	0.00
4	660.00	-674.00	0.00	253.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3245.00	-109.00	0.00
2	1577.00	-109.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4414.00	-161.00	0.00	4413.82	-2749.44	0.00	17.08	72.4(33.4)
2	S	1401.00	-161.00	0.00	1400.79	-1897.61	0.00	11.79	72.4(33.4)
3	S	3294.00	-674.00	0.00	3294.22	-2487.11	0.00	3.69	72.4(33.4)
4	S	660.00	-674.00	0.00	659.89	-1625.43	0.00	2.41	72.4(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	0.00270	0.0	-50.1	-0.00542	0.0	50.1
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00226	0.0	-50.1	-0.01028	0.0	50.1
3	0.00350	0.0	-60.0	0.00258	0.0	-50.1	-0.00670	0.0	50.1
4	0.00350	0.0	-60.0	0.00206	0.0	-50.1	-0.01251	0.0	50.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000081017	-0.001361014	----	----
2	0.000000000	-0.000125163	-0.004009802	----	----
3	0.000000000	-0.000092629	-0.002057737	----	----
4	0.000000000	-0.000145419	-0.005225121	----	----

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	N	61.00	2957.43	929.56	97.8 84.0	108.5	2.500	1.000	0.7	11.3(0.0)
2	N	61.00	2957.28	1027.05	101.2 92.8	98.2	2.500	1.000	0.7	11.3(0.0)
3	N	253.00	2988.38	961.11	98.7 86.9	106.1	2.500	1.000	3.0	11.3(0.0)
4	N	253.00	2923.06	1053.28	102.2 95.2	94.7	2.500	1.000	2.7	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.24	0.0	-60.0	32.6	0.0	50.1	----	----
2	S	1.87	0.0	-60.0	12.1	0.0	50.1	----	----

10.1.5 Platea di fondazione

La platea di fondazione presenta dimensioni complessive pari a 11.5 x 6.9 x 2 m.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

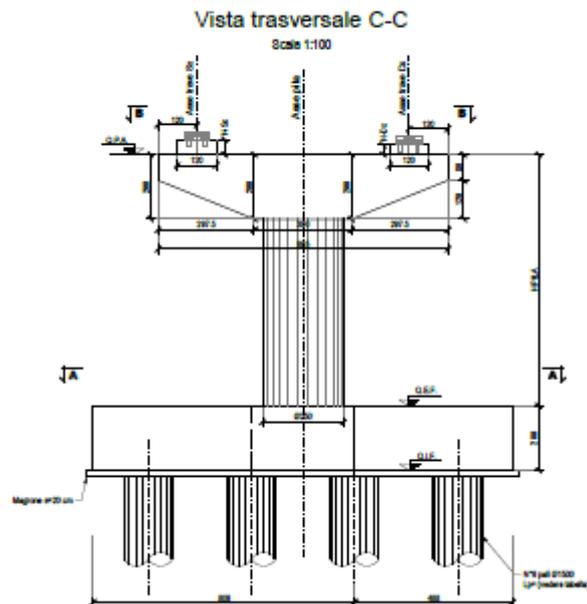


Figura 10.23: Vista del plinto in sezione trasversale impalcato (*)

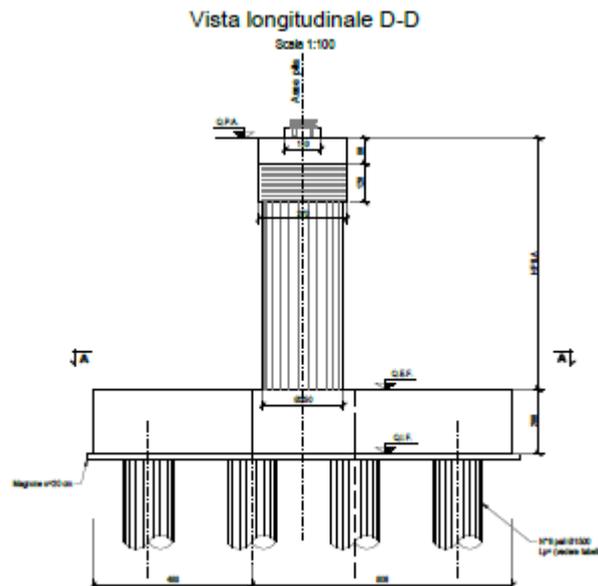


Figura 10.24: Vista del plinto in sezione longitudinale impalcato (*)

(*) Si tenga conto che gli schemi sono riferiti alla sezione longitudinale e trasversale in asse impalcato, e che il plinto risulta ruotato rispetto a tali sezioni.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

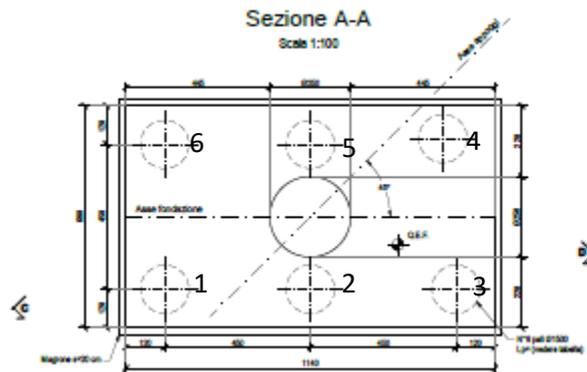


Figura 10.25: Pianta del plinto con numerazione pali

Visti i rapporti dimensionali dell'elemento, ai fini del dimensionamento/verifica degli elementi resistenti, si farà riferimento, separatamente per l'analisi in direzione trasversale e longitudinale, ad uno schema a mensola snella, ipotizzata incastrata, per semplicità ed a favore di sicurezza, nelle sezioni trasversali e longitudinali (A-A e B-B dello schema seguente) passanti per l'asse della pila.

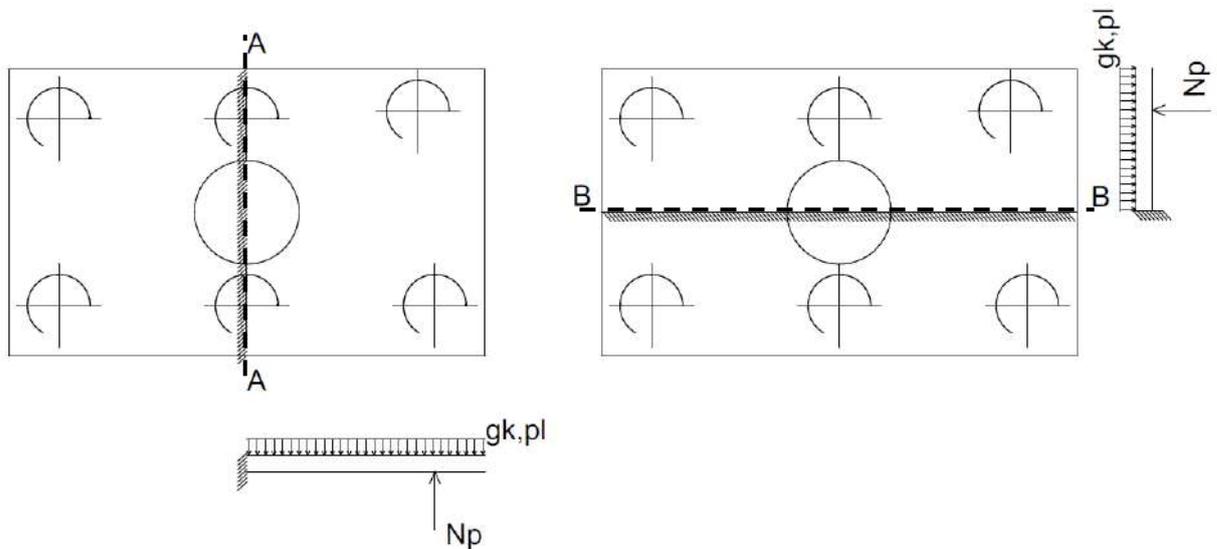


Figura 10.26: Schemi di calcolo per statica trasversale e longitudinale

Con riferimento agli schemi, si porrà:

- $N_p =$ azione assiale sul palo maggiormente caricato (palo di spigolo).
- $g_k = \gamma_{cls} \times t_{cls} \times b$ carico distribuito dovuto al peso proprio della mensola, valutato con riferimento alla mensola di ampiezza unitaria.

Le sollecitazioni di progetto in direzione trasversale e longitudinali risulteranno pertanto, riferite alla larghezza unitaria:

In direzione trasversale (sez. A-A):

$$V_{Ed} = N_p / b_{dx} - g_k \times l_y$$

$$M_{Ed} = N_p \times b_y / b_{dx} - g_k \times l_y^2 / 2$$

Con:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

$b_{dx} = 3.45$ m ampiezza di diffusione di competenza del palo di spigolo, proiettata sulla sez. A-A
 $b_y = 4.50$ m braccio dell'azione del palo rispetto alla sezione AA.
 $l_y = 5.70$ lunghezza teorica mensola in direzione trasversale.

In direzione longitudinale (sez. B-B):

$$V_{Ed} = N_p / b_{dy} - g_k \times l_x$$

$$M_{Ed} = N_p \times b_x / b_{dy} - g_k \times l_x^2 / 2$$

Con:

$b_{dy} = 3.45$ m ampiezza di diffusione di competenza del palo di spigolo, proiettata sulla sez. B-B
 $b_x = 2.25$ m braccio dell'azione del palo rispetto alla sezione B-B.
 $l_y = 3.45$ lunghezza teorica mensola in direzione longitudinale.

Il calcolo delle sollecitazioni di verifica viene effettuato sistematicamente con riferimento alle sollecitazioni rilevate sui pali per tutte le combinazioni strutturali di interesse:

S.L.U. STR

S.L.U. Sisma SLV

S.L.E.

S.L.E. frequente

S.L.E. quasi permanente

La valutazione dell'effetto del peso proprio viene effettuata considerando di volta in volta il medesimo coefficiente moltiplicativo applicato al contributo "g_k" in fase di valutazione dell'azione assiale nei pali.

Qui di seguito si riportano le tabelle recanti V_{Ed} e M_{Ed} .

	Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. A-A - (min. pali 1 - 3 - 4 - 6)						
	$N_{p,min}$ (kN)	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suola		Sollecitazioni di verifica	
		V_p (kN/m)	M_p (kNm/m)	$V_{(gk)}$ (kN)	$M_{(gk)}$ (kNm/m)	$V_{Ed,A-A}$ (kN)	$M_{Ed A-A}$ (kNm/m)
SLU STR max N	-2228.10	-645.83	-2906.21	285.00	812.25	-360.83	-2093.96
SLU STR min N	-4278.94	-1240.27	-5581.22	384.75	1096.54	-855.52	-4484.69
SLU STR max My	-3714.21	-1076.58	-4844.62	285.00	812.25	-791.58	-4032.37
SLU STR min My	-4409.73	-1278.18	-5751.83	384.75	1096.54	-893.43	-4655.29
SLU STR max Mx	-3699.20	-1072.23	-4825.04	285.00	812.25	-787.23	-4012.79
SLU STR min Mx	-4413.80	-1279.36	-5757.13	285.00	812.25	-994.36	-4944.88
Ed SLV max N	-2932.81	-850.09	-3825.40	285.00	812.25	-565.09	-3013.15
Ed SLV min N	-3237.08	-938.28	-4222.28	285.00	812.25	-653.28	-3410.03
Ed SLV max My	-3086.96	-894.77	-4026.47	285.00	812.25	-609.77	-3214.22
Ed SLV min My	-3294.08	-954.81	-4296.63	285.00	812.25	-669.81	-3484.38
Ed SLV max Mx	-3081.40	-893.16	-4019.21	285.00	812.25	-608.16	-3206.96
Ed SLV min Mx	-3291.97	-954.19	-4293.87	285.00	812.25	-669.19	-3481.62
SLE RARA max N	-2136.98	-619.42	-2787.37	285.00	812.25	-334.42	-1975.12
SLE RARA min N	-3145.56	-911.76	-4102.91	285.00	812.25	-626.76	-3290.66
SLE RARA max My	-3245.09	-940.61	-4232.72	285.00	812.25	-655.61	-3420.47
SLE RARA min My	-3236.77	-938.20	-4221.88	285.00	812.25	-653.20	-3409.63
SLE RARA max Mx	-3232.58	-936.98	-4216.41	285.00	812.25	-651.98	-3404.16
SLE RARA min Mx	-3240.17	-939.18	-4226.30	285.00	812.25	-654.18	-3414.05
SLE FREQUENTE max N	-1927.04	-558.56	-2513.54	285.00	812.25	-273.56	-1701.29
SLE FREQUENTE min N	-2472.72	-716.73	-3225.29	285.00	812.25	-431.73	-2413.04
SLE FREQUENTE max My	-2521.47	-730.86	-3288.88	285.00	812.25	-445.86	-2476.63
SLE FREQUENTE min My	-2518.90	-730.11	-3285.52	285.00	812.25	-445.11	-2473.27
SLE FREQUENTE max Mx	-2515.91	-729.25	-3281.63	285.00	812.25	-444.25	-2469.38
SLE FREQUENTE min Mx	-2516.78	-729.50	-3282.76	285.00	812.25	-444.50	-2470.51

Tabella 10.6 Sollecitazioni sezione A-A

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

	Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. A-A - (min. pali 1 - 3 - 4 - 6)						Sollecitazioni di verifica	
	$N_{p,min}$ (kN)	Contributo az. Pali		Contributo carichi su soola		$V_{Ed,B-B}$ (kN)	$M_{Ed,B-B}$ (kNm/m)	
		V_p (kN/m)	M_p (kN/m)	V_{lgk} (kN)	M_{lgk} (kNm/m)			
SLU STR max N	-2228.10	-645.83	-1453.11	172.50	297.56	-473.33	-1155.54	
SLU STR min N	-4278.94	-1240.27	-2790.61	232.88	401.71	-1007.40	-2388.90	
SLU STR max My	-3714.21	-1076.58	-2422.31	172.50	297.56	-904.08	-2124.75	
SLU STR min My	-4409.73	-1278.18	-2875.91	232.88	401.71	-1045.31	-2474.20	
SLU STR max Mx	-3699.20	-1072.23	-2412.52	172.50	297.56	-899.73	-2114.96	
SLU STR min Mx	-4413.80	-1279.36	-2878.57	172.50	297.56	-1106.86	-2581.00	
Ed SLV max N	-2932.81	-850.09	-1912.70	172.50	297.56	-677.59	-1615.14	
Ed SLV min N	-3237.08	-938.28	-2111.14	172.50	297.56	-765.78	-1813.58	
Ed SLV max My	-3086.96	-894.77	-2013.23	172.50	297.56	-722.27	-1715.67	
Ed SLV min My	-3294.08	-954.81	-2148.31	172.50	297.56	-782.31	-1850.75	
Ed SLV max Mx	-3081.40	-893.16	-2009.61	172.50	297.56	-720.66	-1712.04	
Ed SLV min Mx	-3291.97	-954.19	-2146.94	172.50	297.56	-781.69	-1849.37	
SLE RARA max N	-2136.98	-619.42	-1393.68	172.50	297.56	-446.92	-1096.12	
SLE RARA min N	-3145.56	-911.76	-2051.45	172.50	297.56	-739.26	-1753.89	
SLE RARA max My	-3245.09	-940.61	-2116.36	172.50	297.56	-768.11	-1818.80	
SLE RARA min My	-3236.77	-938.20	-2110.94	172.50	297.56	-765.70	-1813.38	
SLE RARA max Mx	-3232.58	-936.98	-2108.20	172.50	297.56	-764.48	-1810.64	
SLE RARA min Mx	-3240.17	-939.18	-2113.15	172.50	297.56	-766.68	-1815.59	
SLE FREQUENTE max N	-1927.04	-558.56	-1256.77	172.50	297.56	-386.06	-959.21	
SLE FREQUENTE min N	-2472.72	-716.73	-1612.65	172.50	297.56	-544.23	-1315.08	
SLE FREQUENTE max My	-2521.47	-730.86	-1644.44	172.50	297.56	-558.36	-1346.88	
SLE FREQUENTE min My	-2518.90	-730.11	-1642.76	172.50	297.56	-557.61	-1345.20	
SLE FREQUENTE max Mx	-2515.91	-729.25	-1640.81	172.50	297.56	-556.75	-1343.25	
SLE FREQUENTE min Mx	-2516.78	-729.50	-1641.38	172.50	297.56	-557.00	-1343.82	

Tabella 10.7 Sollecitazioni sezione B-B

Verifiche per tensioni normali - armature trasversali (lungo lato maggiore)

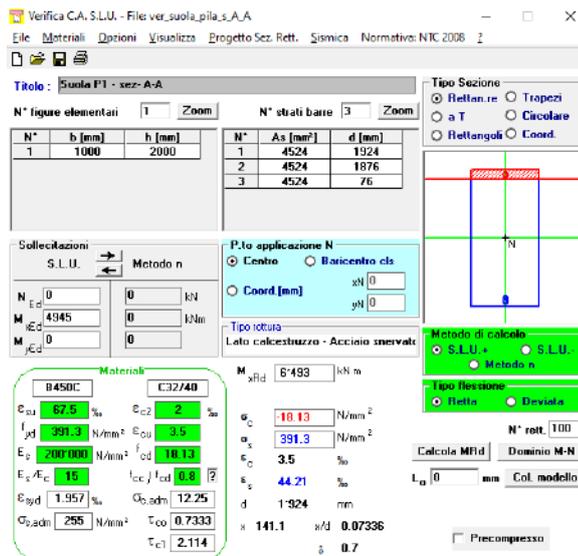
L'armatura trasversale viene disposta all'interno rispetto a quella longitudinale.

Si predispongono la seguente armatura:

- Inferiore: \varnothing 24/10 primo strato
- \varnothing 24/10 secondo strato
- Superiore: \varnothing 24/10 strato unico

S.L.U. per tensioni normali

Si fa riferimento direttamente alla condizione S.L.U. STR, caratterizzata dalle maggiori sollecitazioni



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

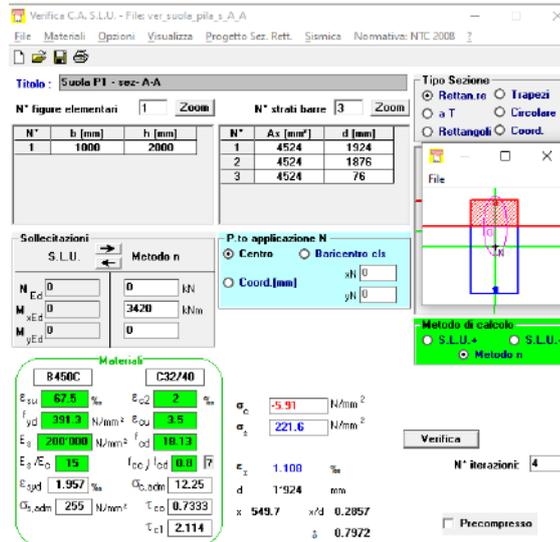
Risulta:

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.76$$

La verifica risulta soddisfatta

Il calcolo del rapporto di sfruttamento in fase sismica non appare significativo.

S.L.E. – limitazione delle tensioni



Si rilevano le seguenti tensioni di punta:

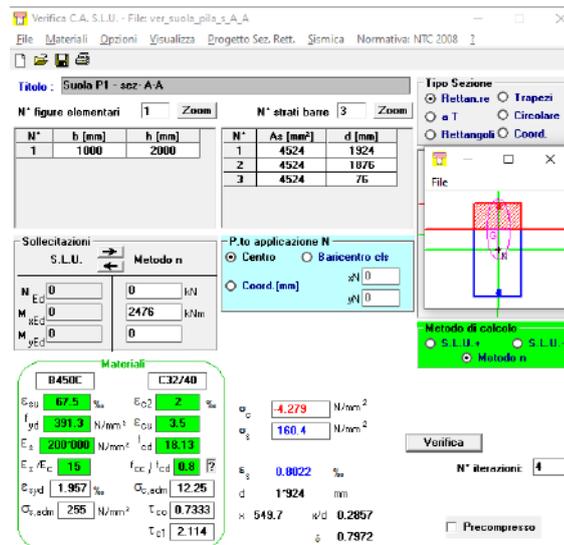
$$\sigma_{c,min} = -5.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 221 \text{ MPa}$$

La limitazione delle tensioni appare soddisfatta ($|\sigma_{c,min}| > 0.6 f_{ck}$, $\sigma_{s,max} < 0.8 f_{yk}$)

S.L.E. – fessurazione

Qui di seguito il calcolo delle tensioni in corrispondenza della combinazione frequente e quasi permanente.



Si rilevano le seguenti tensioni di punta:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

$$\sigma_{c,min} = -4.29 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s,max} = 161 \text{ Mpa}$$

Le tensioni rilevate in corrispondenza della combinazione S.L.E. frequente appaiono soddisfacentemente limitate.

Il controllo della fessurazione senza calcolo diretto secondo i criteri di EN 1992-1-1, restituisce infatti una spaziatura massima ammissibile più elevata di quella prevista in progetto, anche con riferimento alla classe più restrittiva inerente l'ampiezza ammissibile di fessura.

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Spaziatura massima delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4 \text{ mm}$	$w_k = 0,3 \text{ mm}$	$w_k = 0,2 \text{ mm}$
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 10.8 Prospetto 7.2 N EN 1992-1-1 - controllo fessurazione senza calcolo diretto

Verifiche per tensioni normali - armature longitudinali (lungo lato minore)

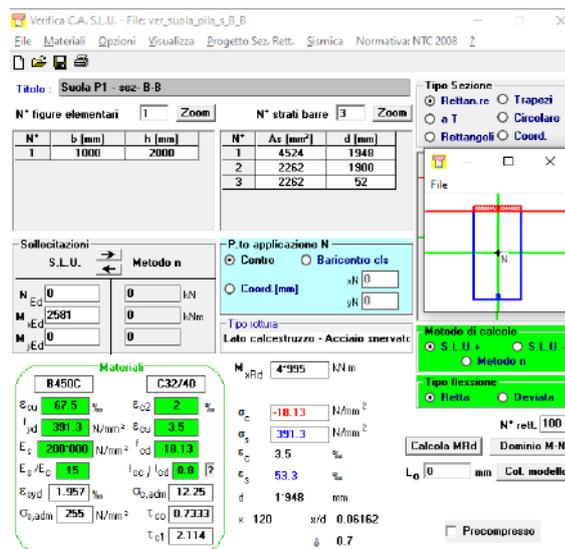
L'armatura longitudinale viene disposta al lembo più esterno della sezione.

Si predispone la seguente armatura:

- Inferiore: $\varnothing 24/10$ primo strato
- $\varnothing 24/20$ secondo strato
- Superiore: $\varnothing 24/20$ strato unico

S.L.U. per tensioni normali

Si fa riferimento direttamente alla condizione S.L.U. STR, caratterizzata dalle maggiori sollecitazioni



The screenshot shows a software window titled "Verifica C.A. S.L.U." with various tabs and data fields. Key sections include:

- Table: Suola P1 - sez. B-B**: Shows section dimensions (b=1000, h=2000) and reinforcement details (3 bars, As=4524 mm²).
- Sollecitazioni**: Shows applied loads (N=0, M=2981 kNm).
- Materiali**: Lists materials B450C and C32/40 with their respective properties (e.g., $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 18.13$).
- Calcolo**: Shows calculated stresses ($\sigma_c = -18.13 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$) and other parameters like $\rho = 0.7$.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

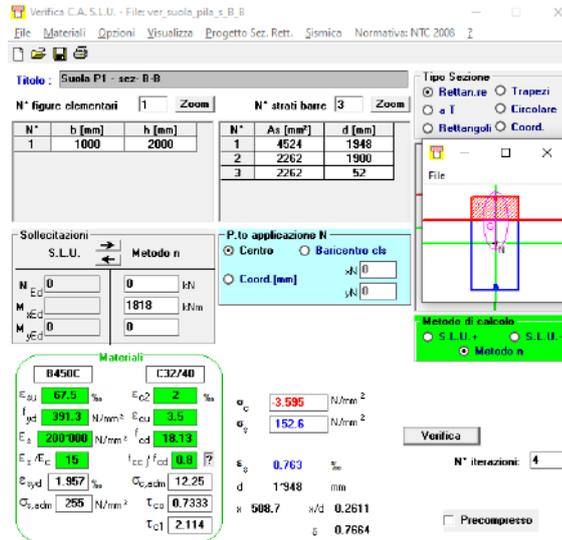
Risulta:

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.52$$

La verifica risulta soddisfatta

Il calcolo del rapporto di sfruttamento in fase sismica non appare significativo.

S.L.E. – limitazione delle tensioni



Si rilevano le seguenti tensioni di punta:

$$\sigma_{c,min} = -3.59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 153 \text{ MPa}$$

La limitazione delle tensioni appare soddisfatta ($|\sigma_{c,min}| > 0.6 f_{ck}$, $\sigma_{s,max} < 0.8 f_{yk}$)

S.L.E. – fessurazione

I risultati delle tensioni ottenuti in corrispondenza della combinazione S.L.E. caratteristica consentono di ritenere ampiamente verificata la sicurezza a fessurazione.

S.L.U. per azioni taglianti

La verifica nei confronti delle azioni taglianti viene effettuata, per semplicità, considerando direttamente lo stato di sforzo individuato in corrispondenza della sezione di incastro tramite la modellazione semplificata vista poco sopra, ed effettuando in prima battuta le verifiche secondo i criteri contenuti in EN 1992-1-1, cap. 6 separatamente per le due direzioni.

Si predispone una specifica armatura a taglio, composta da staffe $\varnothing 24$ a due braccia, posizionate a passo longitudinale x trasversale 1.20 x 0.60 m (n. 1 braccio attivo ogni 0.6x0.6m).

Per la verifica della mensola trasversale, si ha:

$$V_{Ed} = 994 \text{ kN}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	994 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
A_c	2.00E+06 mm ²	Area sezione
Asl	9.05E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	100 mm	Distanza armature tese da lembo esterno
d	1900 mm	Altezza utile sezione
$\rho_1 =$	4.762E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$; 0.02) 6.2.2(1)
z _{app}	1710 mm	Braccio coppia interna approssimato
z _{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
Z	1710 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	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)
$V_{Rd,c,min} =$	516.05	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	748.65 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Tabella 10.9 Verifica a taglio - calcolo V_{cd}

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{swV,min}$	857.66 mm ² /m	Armatura di parete minima/m
$A_{sw,pres}$	1256.64 mm ² /m	Armatura di parete prevista/m
$\max A_{sw,V}$	11585.19 mm ² /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	267.07 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	1456.40 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$; 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
$V_{E,d}$	994.00 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.
$V_{Rd,max} =$	6713.43 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		
ΔF_{td}	860.83 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.10 Verifica a taglio - calcolo $V_{Rd,s}$ e $V_{Rd,max}$

In direzione trasversale, si rileva un'azione tagliante simile e pertanto la verifica non viene effettuata.

S.L.U. – punzonamento

A completamento delle verifiche effettuate sulla base degli schemi semplificati "a trave", si valutano i meccanismi resistenti inerenti il punzonamento, con riferimento ai criteri contenuti in EN 1992-1-1 cap. 4.

Esaminate le impronte degli elementi insistenti sul plinto, si individuano due possibili "perimetri di controllo", u_{1-A} ed u_{1-B} indicati negli schemi seguenti.

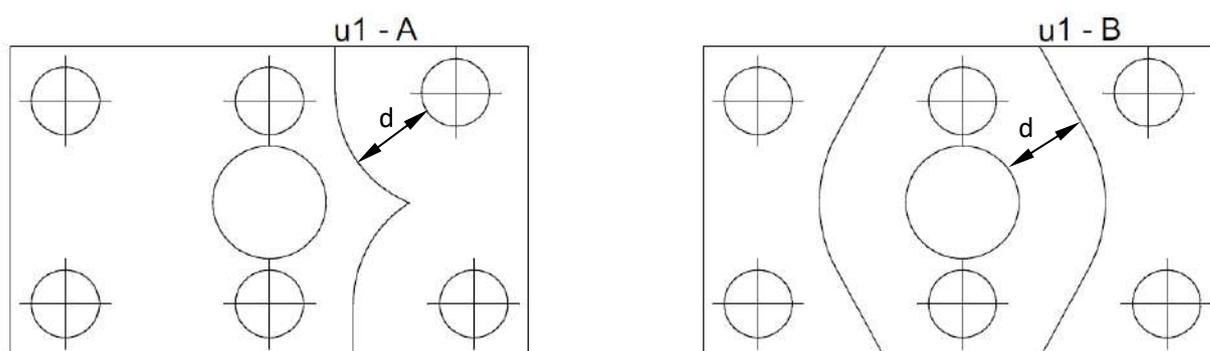


Figura 10.27 Perimetri di controllo per verifica a punzonamento

Il perimetro u_{1-A} è riferito allo spacco indotto dal sistema di pali, mentre il perimetro u_{1-B} afferisce ad una ipotetica rottura indotta dalle azioni trasmesse dalla pila.

In ambedue i casi, si farà, per semplicità, riferimento alle azioni introdotte dai due pali, assunte a favore di sicurezza identiche e di valore pari al massimo rilevato allo spigolo.

La lunghezza dei perimetri di controllo risulta:

$$u_{0-A} = 8.39 \text{ m}$$

$$u_{0-B} = 7.57 \text{ m}$$

Si effettua il controllo del punzonamento, considerando la presenza dell'armatura a taglio indicata al punto precedente, che risulta diffusa sull'intera superficie della fondazione, di quantità pari a:

$$A_{sw} = 1257 \text{ mm}^2/\text{m}^2$$

L'armatura predisposta soddisfa i criteri di EN 1992-1-1 cap. 9.4.3, risultando:

$$s_{max} = 600 \text{ mm} < 0.75 d = 1425 \text{ mm} \quad \text{cap. 9.4.3. (1)}$$

$$A_{s,i} = 452 \text{ mm} > A_{sw,min} = 0.08 \times (32^{0.5}/450) \times (600 \times 600)/1.5 = 241 \text{ mm}^2 \quad \text{cap. 9.4.3.(2)}$$

Il calcolo dei parametri coinvolti e la verifica sono riportati nella tabella seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a punzonamento - EN 1992-1-1 cap. 6.4 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
V_{Ed}	8820.00 kN	Azione di punzonamento di progetto
$\Delta V_{E,d}$	-655.50 kN	Azione agente entro il perimetro di punzonamento
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Caratteristiche sezione		
u_0	8390.00 mm	Perimetro di controllo
b	1000.00 mm	Larghezza di riferimento
d_1	1900.00 mm	braccio coppia interna, direzione x
d_2	1932.00 mm	braccio coppia interna, direzione y
d_{med}	1916.00 mm	braccio coppia interna medio
$A_{sl,x} \equiv$	9048.00 mm	Armatura lembo inf. direzione x
$A_{sl,y} \equiv$	6786.00 mm	Armatura lembo inf. direzione y
$\rho_{lx} =$	4.76E-03 mm ²	perc. Geom. Armatura lembo sup. direzione x
$\rho_{ly} =$	4.68E-03 mm ²	perc. Geom. Armatura lembo sup. direzione y
$\rho_l =$	4.72E-03	perc. Geom. Armatura lembo, medio (EN 1992-1-1, 6.4.4(1))
$C_{Rd,c} =$	0.12	EN 1992-1-1 6.2.2 - nota (par. scelta naz.)
$k =$	1.32	EN 1992-1-1 6.2.2 - nota (par. scelta naz.)
V_{Ed}	0.51 Mpa	Tensione unitaria di progetto lungo il perimetro di controllo
V_{min}	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c}$	0.39 MPa	Resistenza unitaria a punzonamento (el. Privi di armatura)
necessita verifica armature a punzonamento		
A_{sw}	1256.64 mm ² /m	Armatura a punzonamento presente (/m ²)
$f_{yw,ef}$	391.30	Snervamento efficace (EN 1992-1-1 6.4.5. (1))
$V_{Rd,cs}$	1.03 MPa	Resistenza unitaria a punzonamento (EN 1992-1-1 6.4.5(1))
$V_{Rd,cs,w}$	0.74 MPa	Resistenza unitaria a punzonamento, sole armature
$V_{Rd,max}$	4.27 MPa	Resistenza massima a punzonamento (EN 1992-1-1 6.4.5(3) - nota)
verifica soddisfatta		

Tabella 10.11 Verifica a punzonamento

La verifica conferma sostanzialmente i risultati ottenuti attraverso la verifica a taglio degli schemi resistenti semplificati, presentandosi un rapporto di sfruttamento delle sole armature del tutto analogo.

10.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SPALLE

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

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

Le verifiche vengono effettuate con riferimento ai seguenti elementi strutturali:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

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

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

10.2.1 Muro frontale

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

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. 22 e n. 20) per l'estrazione delle sollecitazioni di verifica della sezione di incastro paramento (spalla 1 e spalla 2).

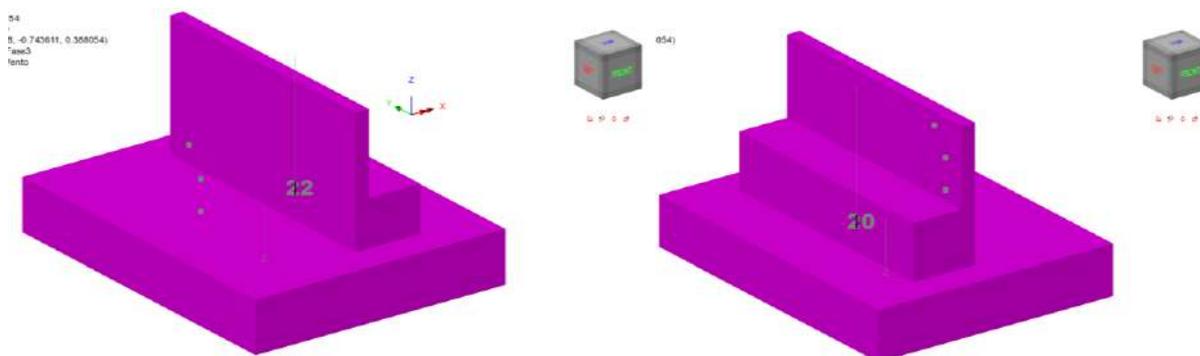


Figura 10.28 : Elementi per la verifica del muro frontale della spalla 1 e 2

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni rilevate in corrispondenza della sezione di incastro paramento, rispettivamente per la spalla 1 e 2, con riferimento agli involuppi 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 10.35 (ampiezza effettiva del paramento).

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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)	22	25	-443.15	223.86	-443.55
190:SLU STR (Min)(V)	22	25	-718.09	83.20	-198.14
189:SLU STR (Max)(M)	22	25	-483.19	85.61	-107.76
190:SLU STR (Min)(M)	22	25	-839.76	204.28	-595.50
199:Gk + Ed_SLV (Max)(V)	22	25	-418.35	426.18	-600.39
200:Gk + Ed_SLV (Min)(V)	22	25	-516.33	-38.41	-251.94
199:Gk + Ed_SLV (Max)(M)	22	25	-414.95	101.29	102.24
200:Gk + Ed_SLV (Min)(M)	22	25	-519.73	286.47	-954.57
193:SLE RARA (Max)(V)	22	25	-444.73	166.17	-326.74
194:SLE RARA (Min)(V)	22	25	-535.76	88.35	-197.81
193:SLE RARA (Max)(M)	22	25	-432.50	90.31	-137.77
194:SLE RARA (Min)(M)	22	25	-667.78	151.49	-432.40
195:SLE FREQUENTE (Max)(V)	22	25	-448.44	153.06	-298.91
196:SLE FREQUENTE (Min)(V)	22	25	-479.90	101.45	-193.03
195:SLE FREQUENTE (Max)(M)	22	25	-432.63	103.47	-168.12
196:SLE FREQUENTE (Min)(M)	22	25	-602.45	151.54	-391.66
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(V)	22	25	-456.43	107.02	-191.17
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(V)	22	25	-478.24	102.06	-193.40
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(M)	22	25	-453.03	103.36	-180.64
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(M)	22	25	-481.64	105.72	-203.93

Tabella 10.12 Sollecitazioni paramento spalla 1

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

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(V)	20	20	-501.69	257.55	-561.80
190:SLU STR (Min)(V)	20	20	-797.74	103.73	-243.06
189:SLU STR (Max)(M)	20	20	-551.86	106.13	-153.48
190:SLU STR (Min)(M)	20	20	-908.13	237.93	-702.61
199:Gk + Ed_SLV (Max)(V)	20	20	-477.03	489.41	-778.08
200:Gk + Ed_SLV (Min)(V)	20	20	-574.60	-31.07	-310.70
199:Gk + Ed_SLV (Max)(M)	20	20	-473.62	109.07	120.32
200:Gk + Ed_SLV (Min)(M)	20	20	-578.02	349.26	-1209.10
193:SLE RARA (Max)(V)	20	20	-503.25	191.12	-414.52
194:SLE RARA (Min)(V)	20	20	-594.76	108.89	-245.49
193:SLE RARA (Max)(M)	20	20	-490.94	110.83	-186.12
194:SLE RARA (Min)(M)	20	20	-726.01	176.42	-511.84
195:SLE FREQUENTE (Max)(V)	20	20	-506.92	177.97	-379.32
196:SLE FREQUENTE (Min)(V)	20	20	-538.37	122.03	-247.68
195:SLE FREQUENTE (Max)(M)	20	20	-491.09	124.04	-223.86
196:SLE FREQUENTE (Min)(M)	20	20	-660.76	176.46	-471.16
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(V)	20	20	-514.92	127.60	-248.92
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(V)	20	20	-536.71	122.64	-248.39
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(M)	20	20	-511.51	123.94	-236.34
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(M)	20	20	-540.13	126.30	-260.97

Tabella 10.13 Sollecitazioni paramento spalla 2

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

$h = 2650 \text{ mm}$

Armature (B450C):

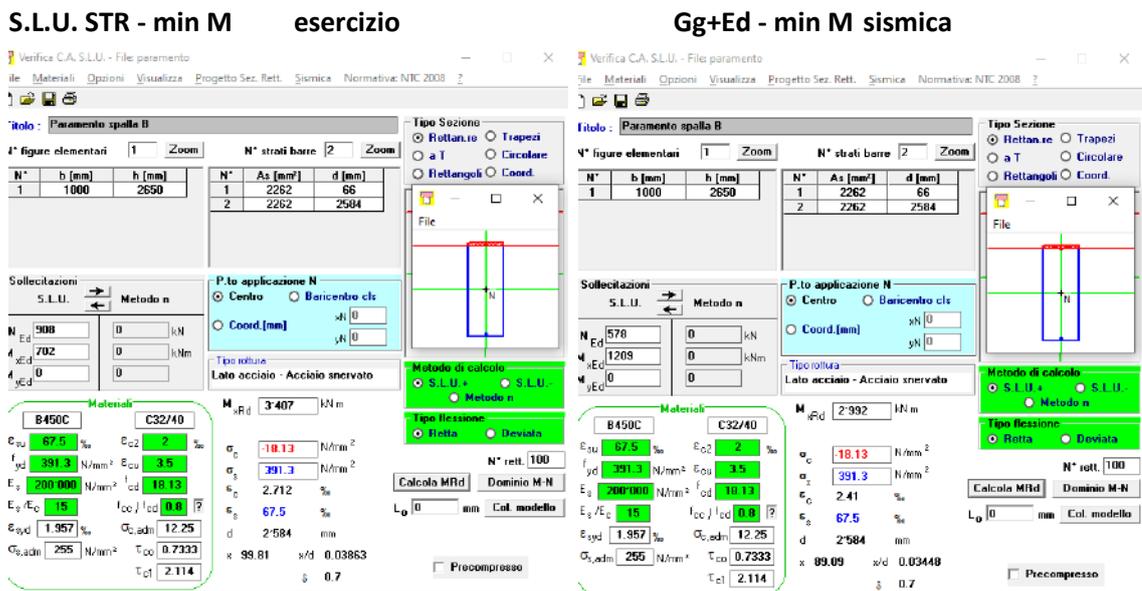
$A_{s,e} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$ $\varnothing 24/20$ lembo esterno paramento

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

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

Si prendono in esame le sollecitazioni ricavate per la spalla 2, risultate più impegnative, con specifico riferimento alle combinazioni "min M"

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



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

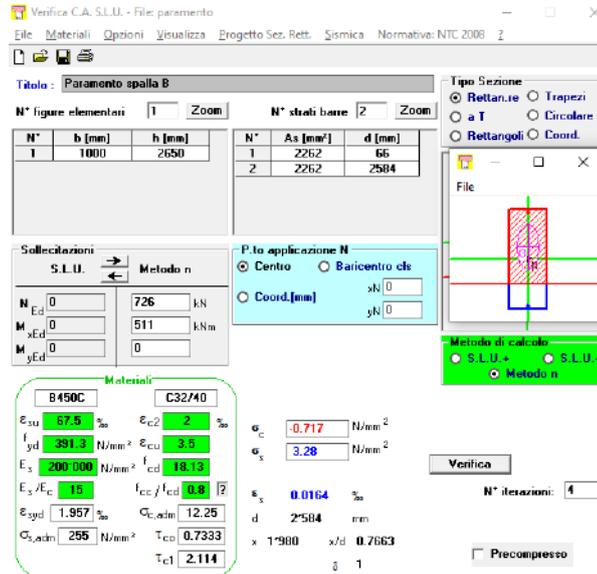
S.L.U. - esercizio: $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.21$

S.L.U. - sismica : $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.40$

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.E. caratteristica - min M



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

$$\sigma_{c,min} = -0.72 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s,max} = 3.28 \text{ Mpa}$$

Avendo rilevato una tensione massima nelle barre d'armatura pari a 1.97 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:

$$V_{Ed} = 490 \text{ kN}$$

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	477.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	490 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2650 mm	Altezza totale
A_c	2.65E+06 mm ²	Area sezione
A_{sl}	2.26E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo esterno
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
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	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)
$\sigma_{cp} =$	0.18 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)
$V_{Rd,c,min} =$	728.19	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	809.10 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.14 Verifica a taglio spiccato paramento. Calcolo $V_{Rd,c}$

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

10.2.2 Paraghiaia

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

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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:

$$V_{Qh} = 35.8 \text{ kN/m}$$

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

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

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

Scale: 1: 544.356
Zoom: 547.357
Eye: (-0.544478, -0.743611, 0.388054)
Analysis: 04 - Fase3
Loadcase: 12 - Vento

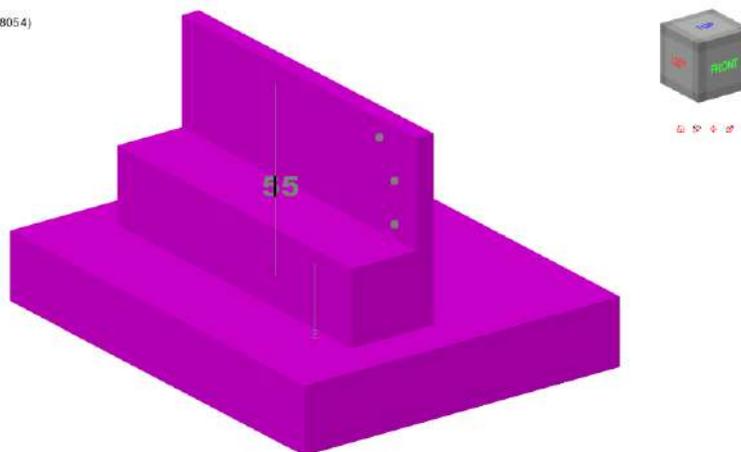


Figura 10.29 Elementi verifica sezione incastro paraghiaia

Le tabelle seguenti restituiscono le sollecitazioni insistenti a quota incastro paraghiaia per effetto dei carichi a tergo spalla e, separatamente, considerando i valori combinati della frenatura.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(Fz)	78	66	-118.19	139.72	-306.33
190:SLU STR (Min)(Fz)	78	66	-101.44	87.82	-204.77
189:SLU STR (Max)(My)	78	66	-101.44	87.82	-204.77
190:SLU STR (Min)(My)	78	66	-118.19	139.72	-306.33
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	78	66	-86.33	175.46	-284.56
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	78	66	-86.33	20.22	-19.18
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	78	66	-86.33	20.22	-19.18
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	78	66	-86.33	175.46	-284.56
193:SLE RARA (Max)(Fz)	78	66	-98.74	103.49	-226.91
194:SLE RARA (Min)(Fz)	78	66	-86.33	75.27	-164.62
193:SLE RARA (Max)(My)	78	66	-86.33	75.27	-164.62
194:SLE RARA (Min)(My)	78	66	-98.74	103.49	-226.91
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	78	66	-98.74	67.65	-112.20
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	78	66	-86.33	39.43	-49.91
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	78	66	-86.33	39.43	-49.91
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	78	66	-98.74	67.65	-112.20
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	78	66	-86.33	39.43	-49.91
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	78	66	-86.33	39.43	-49.91
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	78	66	-86.33	39.43	-49.91
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	78	66	-86.33	39.43	-49.91

Tabella 10.15 Sollecitazioni 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):

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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:

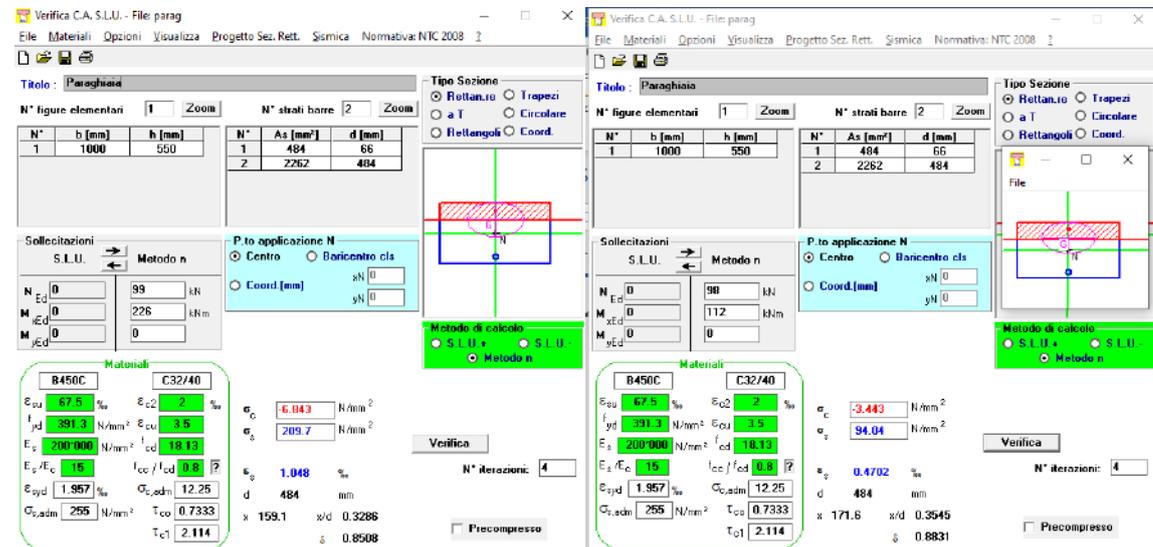
S.L.U. - esercizio: $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.71$

S.L.U. - sismica: $M_{Ed}/M_{Rd} = 0.67$

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

S.L.E. caratteristica - min M

S.L.E. frequente - min M



Considerato il limitato tasso di lavoro nelle barre d'armatura rilevato in corrispondenza di S.L.E. frequente (σ_{s,max} = 94 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. STR:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

$$V_{Ed} = 140 \text{ kN}$$

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

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Paraghiaia	
Combinazione:	S.L.U.	
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	86.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	175 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	550 mm	Altezza totale
A_c	5.50E+05 mm ²	Area sezione
A_{sl}	2.26E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo esterno
d	484 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.673E-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
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.64	$\min([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.16 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)
$V_{Rd,c,min} =$	191.82	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	246.43 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.16 Verifica a taglio spiccato paraghiaia – calcolo $V_{Rd,c}$

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

10.2.3 Muro di risvolto

Calcolo delle sollecitazioni

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

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

Gli elementi presentano dimensione caratteristica pari a circa 25 cm.

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

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

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 123.989
Eye: (-0.76752, 0.572336, 0.288695)
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1: gk1

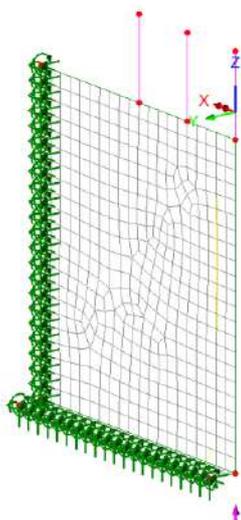


Figura 10.30 Muro ala - schema mesh E.F.

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 123.989
Eye: (-0.76752, 0.572336, 0.288695)
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1: gk1

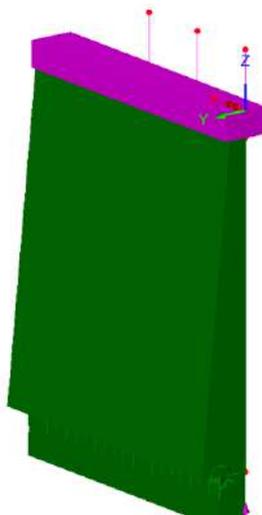


Figura 10.31 Muro ala - rendering modello E.F.

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:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

- g_{k1} peso proprio degli elementi strutturali, valutato con riferimento una densità del calcestruzzo pari a 25 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 da 100 kN applicata ai due paletti d'estremità; azione da 50 kN, applicato al paletto più interno (cfr. schema seguente).
 - $E_{d, gkt}$ sovraspinta sismica indotta dal terreno (*)
 - $E_{d, inerzia}$ effetti inerziali sulle masse del muro
- (*) gli effetti sismici vengono considerati, dato che per la via destra risulta mancante l'effetto di "shermo" offerto dal muro d'ala presente lato intervia.

La sovrappressione sismica viene valutata con riferimento ai parametri identificativi di tabella.

Caratterizz. sismica (SLV)		Caratteristiche terreno			Coefficienti di spinta	
Cat. Suolo	C		[°]	[rad]	θ_A	0.5199
ag	0.382	$\phi_{\text{rilevato}} (M1)$	35.0	0.6109	θ_B	0.3491
F0	2.334	δ Attrito terra-muro	17.5	0.3054	$k_{0, \text{statico}} (M1)$	0.4264
Ss	1.165	$\phi_{\text{rilevato}} (M2)$	29.3	0.5106	$k_{a, \text{statico}} (M1)$	0.2461
St	1.000	δ Attrito terra-muro	14.6	0.2553	$k_{a, \text{din.1}} (M1)$	0.9582
S	1.17	ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708	$k_{a, \text{din.2}} (M1)$	0.5499
α_{max}	0.445	β Incl. scarpata	0.0	0.0000		
β_m	1.000					
k_h	0.45	γ_{cis}	25.00	[kN/m ³]		
		γ_t rilevato	19.00	[kN/m ³]		
k_v	0.22	q_v	20.00	[kN/m ²]		

Tabella 10.17 parametri sismici e geotecnici calcolo spinte

Con riferimento ad un'altezza di calcolo $h = 5.45 \text{ m}$, si ottiene pertanto:

$$g_{k, Ed, 1} = 0.5 \times 19 \times 5.45 \times ((1-0.22) \times 0.9582 - 0.246) = 25.8 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k, Ed, 2} = 0.5 \times 19 \times 5.45 \times ((1+0.22) \times 0.5499 - 0.246) = 22.06 \text{ kN/m}^2$$

La pressione verrà applicata come carico uniformemente distribuito lungo il muro.

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

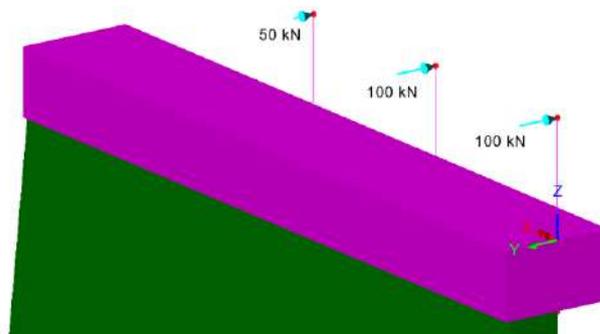


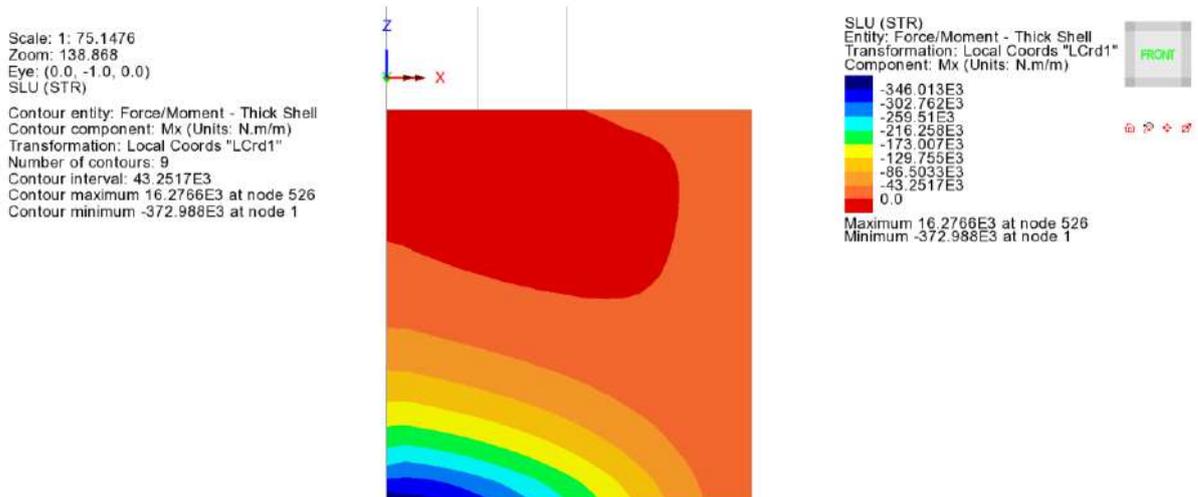
Figura 10.32 Muro ala - dettaglio modellazione urto

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

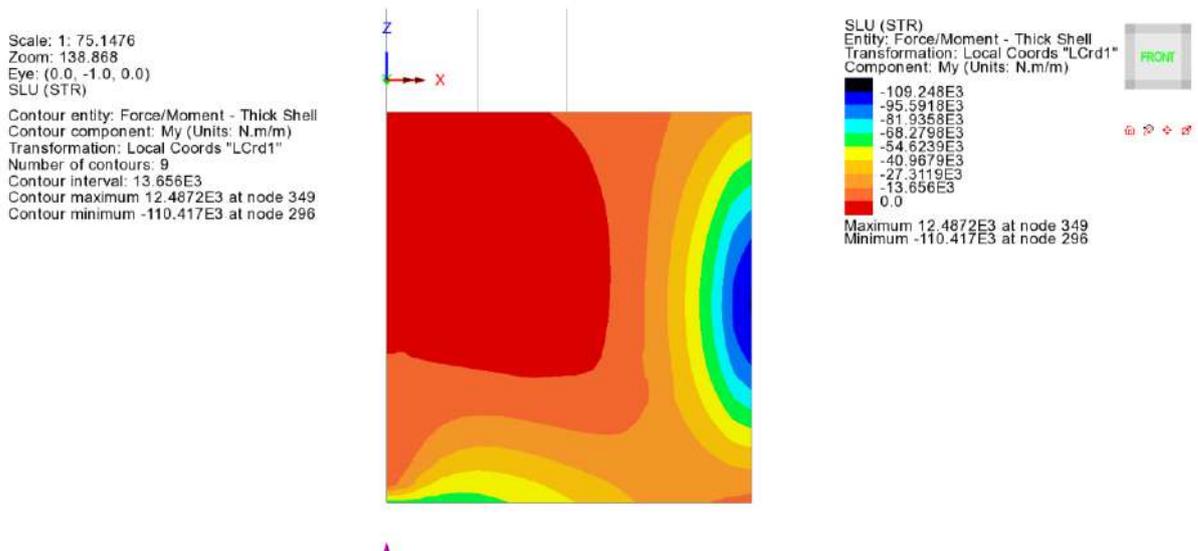
S.L.U. (STR) : $S = 1.35 \times S(g_{k1}) + 1.3 \times S(g_{kt}) + 1.35 \times s(g_{kt,(Qk)})$
 S.L.U.(Sisma) : $S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(E_d)$
 S.L.U.(A) : $S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(g_{kt,(Qk)}) + S(urto)$
 S.L.E. : $S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(g_{kt,(Qk)})$
 S.L.E. fr. : $S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + 0.7 \times S(g_{kt,(Qk)})$

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

Combinazione S.L.U. – Mx



Combinazione S.L.U. – My

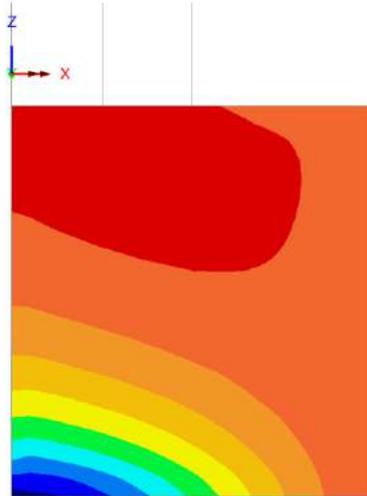


RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

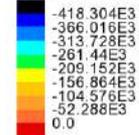
Combinazione S.L.U. (Sisma) – Mx

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (Sisma)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 52.288E3
Contour maximum 22.9544E3 at node 526
Contour minimum -447.637E3 at node 1



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



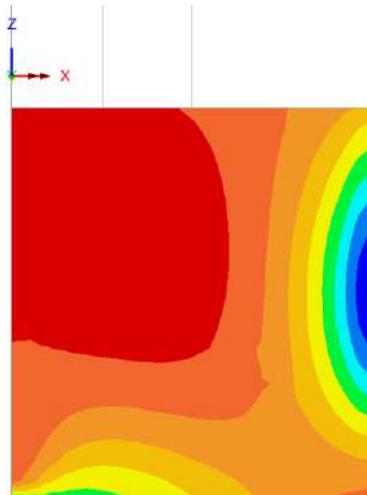
Maximum 22.9544E3 at node 526
Minimum -447.637E3 at node 1



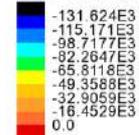
Combinazione S.L.U. (Sisma) - My

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (Sisma)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 16.4529E3
Contour maximum 13.9181E3 at node 367
Contour minimum -134.158E3 at node 317



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



Maximum 13.9181E3 at node 367
Minimum -134.158E3 at node 317

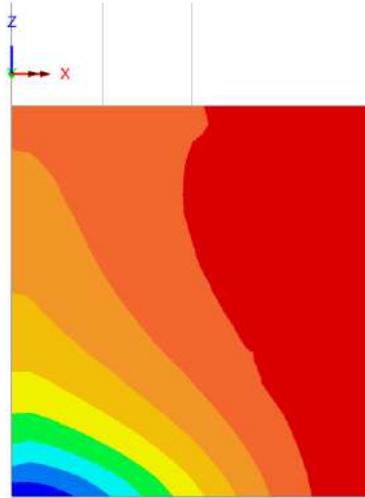


RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Combinazione S.L.U. (A) - Mx

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urto)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 52.695E3
Contour maximum -1.71929E3 at node 21
Contour minimum -475.975E3 at node 1



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

-474.255E3
-421.56E3
-368.865E3
-316.17E3
-263.475E3
-210.78E3
-158.085E3
-105.39E3
-52.695E3

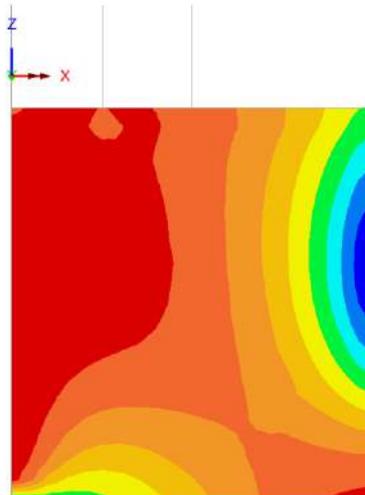
Maximum -1.71929E3 at node 21
Minimum -475.975E3 at node 1



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

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urto)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 14.0419E3
Contour maximum -601.285 at node 295
Contour minimum -126.978E3 at node 339



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

-126.377E3
-112.335E3
-98.293E3
-84.2511E3
-70.2093E3
-56.1674E3
-42.1256E3
-28.0837E3
-14.0419E3

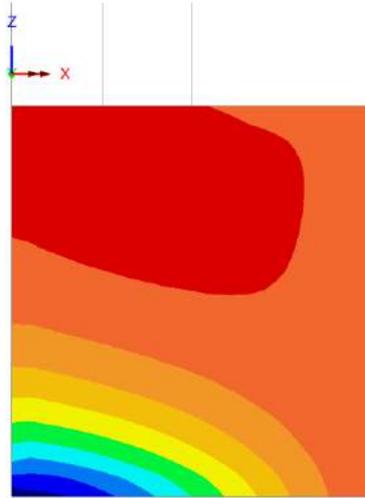
Maximum -601.285 at node 295
Minimum -126.978E3 at node 339



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Combinazione S.L.E. – Mx

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 32.0383E3
Contour maximum 12.0567E3 at node 526
Contour minimum -276.288E3 at node 1



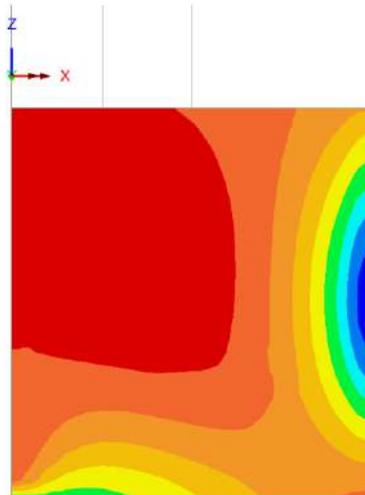
SLE
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m/m)

256.306E3
224.268E3
192.23E3
160.191E3
128.153E3
96.1148E3
64.0765E3
32.0383E3
0.0

Maximum 12.0567E3 at node 526
Minimum -276.288E3 at node 1

Combinazione S.L.E. – My

Scale: 1: 75.1476
Zoom: 138.868
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 10.1155E3
Contour maximum 9.24976E3 at node 349
Contour minimum -81.79E3 at node 296



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

80.9242E3
70.8087E3
60.6932E3
50.5777E3
40.4621E3
30.3466E3
20.2311E3
10.1155E3
0.0

Maximum 9.24976E3 at node 349
Minimum -81.79E3 at node 296

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.

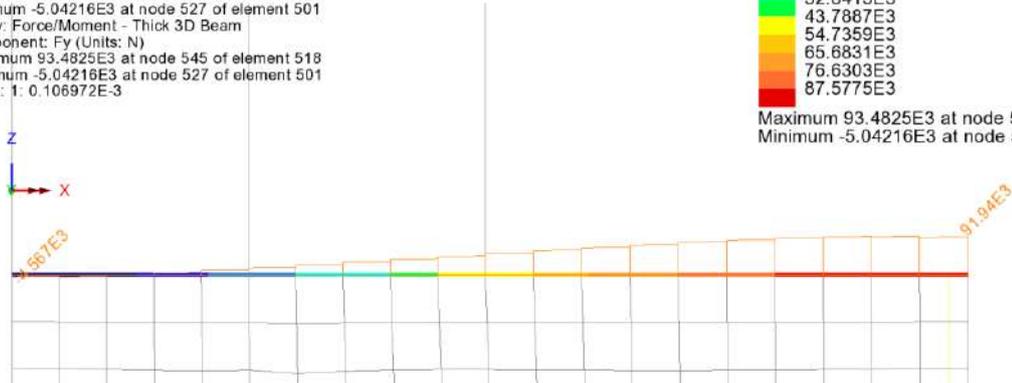
Combinazione S.L.U. – Fy (V)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fy (Units: N)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 10.9472E3
Contour maximum 93.4825E3 at node 545 of element 518
Contour minimum -5.04216E3 at node 527 of element 501
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 93.4825E3 at node 545 of element 518
Diagram minimum -5.04216E3 at node 527 of element 501
Diagram scale: 1: 0.106972E-3

SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Fy (Units: N)

0.0
10.9472E3
21.8944E3
32.8415E3
43.7887E3
54.7359E3
65.6831E3
76.6303E3
87.5775E3

Maximum 93.4825E3 at node 545 of element
Minimum -5.04216E3 at node 527 of element



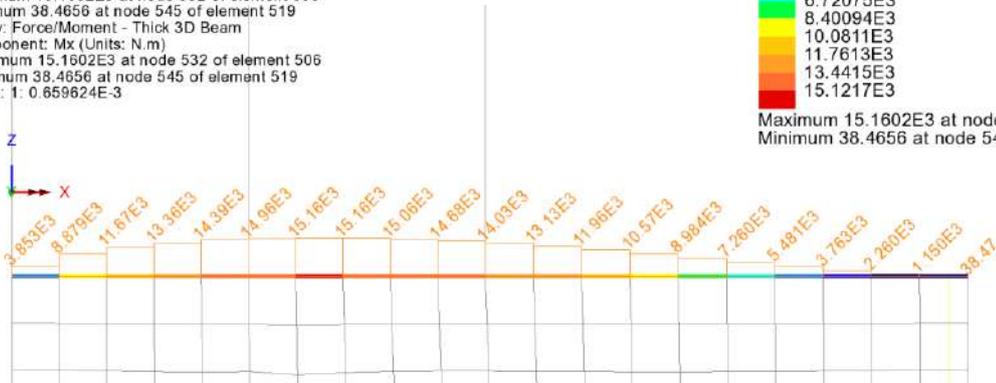
Combinazione S.L.U. – Mx (T)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 1.68019E3
Contour maximum 15.1602E3 at node 532 of element 506
Contour minimum 38.4656 at node 545 of element 519
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 15.1602E3 at node 532 of element 506
Diagram minimum 38.4656 at node 545 of element 519
Diagram scale: 1: 0.659624E-3

SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m)

1.68019E3
3.36038E3
5.04057E3
6.72075E3
8.40094E3
10.0811E3
11.7613E3
13.4415E3
15.1217E3

Maximum 15.1602E3 at node 532 of element
Minimum 38.4656 at node 545 of element 519



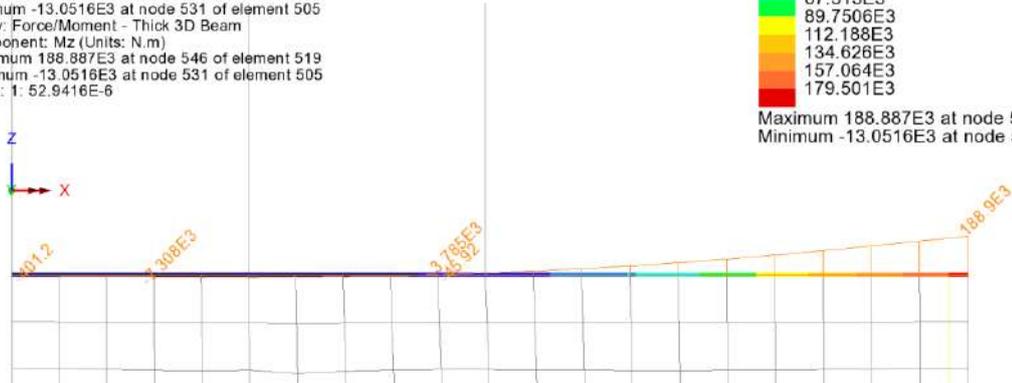
Combinazione S.L.U. – Mz (M)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 22.4377E3
Contour maximum 188.887E3 at node 546 of element 519
Contour minimum -13.0516E3 at node 531 of element 505
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 188.887E3 at node 546 of element 519
Diagram minimum -13.0516E3 at node 531 of element 505
Diagram scale: 1: 52.9416E-6

SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mz (Units: N.m)

0.0
22.4377E3
44.8753E3
67.313E3
89.7506E3
112.188E3
134.626E3
157.064E3
179.501E3

Maximum 188.887E3 at node 546 of element
Minimum -13.0516E3 at node 531 of element



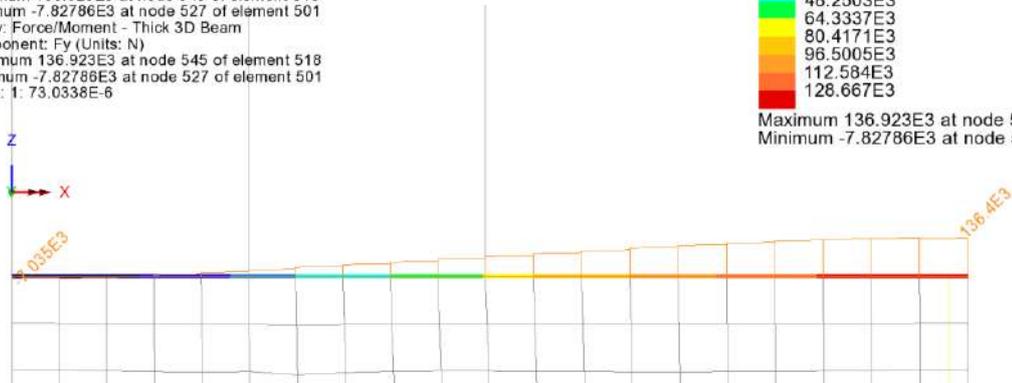
Combinazione S.L.U. - Sisma – Fy (V)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (Sisma)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fy (Units: N)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 16.0834E3
Contour maximum 136.923E3 at node 545 of element 518
Contour minimum -7.82786E3 at node 527 of element 501
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 136.923E3 at node 545 of element 518
Diagram minimum -7.82786E3 at node 527 of element 501
Diagram scale: 1: 73.0338E-6

SLU (Sisma)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Fy (Units: N)

0.0
16.0834E3
32.1668E3
48.2503E3
64.3337E3
80.4171E3
96.5005E3
112.584E3
128.667E3

Maximum 136.923E3 at node 545 of element
Minimum -7.82786E3 at node 527 of element



Combinazione S.L.U. - Sisma – Mx (T)

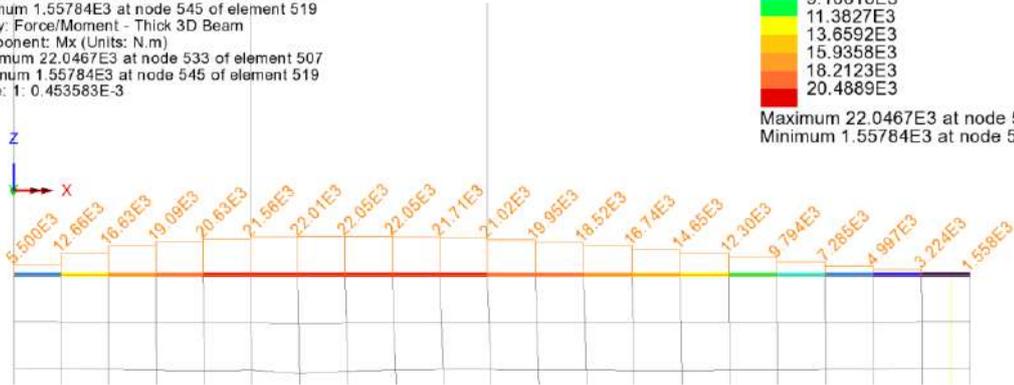
Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (Sisma)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 2.27654E3
Contour maximum 22.0467E3 at node 533 of element 507
Contour minimum 1.55784E3 at node 545 of element 519
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 22.0467E3 at node 533 of element 507
Diagram minimum 1.55784E3 at node 545 of element 519
Diagram scale: 1: 0.453583E-3

SLU (Sisma)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m)

2.27654E3
4.55308E3
6.82962E3
9.10616E3
11.3827E3
13.6592E3
15.9358E3
18.2123E3
20.4889E3

Maximum 22.0467E3 at node 533 of element
Minimum 1.55784E3 at node 545 of element



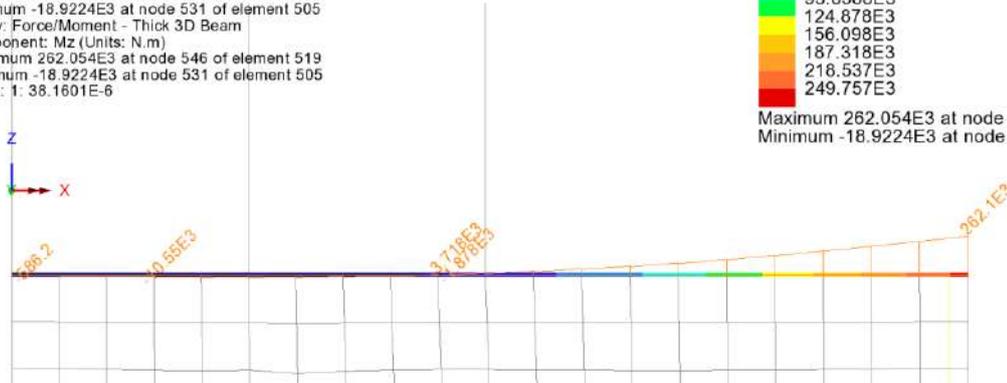
Combinazione S.L.U. – Sisma – Mz (M)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (Sisma)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 31.2196E3
Contour maximum 262.054E3 at node 546 of element 519
Contour minimum -18.9224E3 at node 531 of element 505
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 262.054E3 at node 546 of element 519
Diagram minimum -18.9224E3 at node 531 of element 505
Diagram scale: 1: 38.1601E-6

SLU (Sisma)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mz (Units: N.m)

0.0
31.2196E3
62.4392E3
93.6588E3
124.878E3
156.098E3
187.318E3
218.537E3
249.757E3

Maximum 262.054E3 at node 546 of element
Minimum -18.9224E3 at node 531 of element



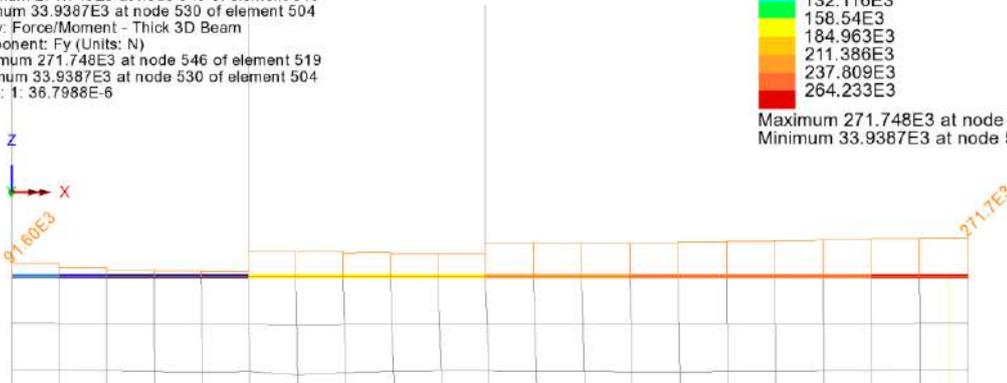
Combinazione S.L.U. - A – Fy (V)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urto)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fy (Units: N)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 26.4233E3
Contour maximum 271.748E3 at node 546 of element 519
Contour minimum 33.9387E3 at node 530 of element 504
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 271.748E3 at node 546 of element 519
Diagram minimum 33.9387E3 at node 530 of element 504
Diagram scale: 1: 36.7988E-6

A (urto)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Fy (Units: N)

52.8466E3
79.2698E3
105.693E3
132.116E3
158.54E3
184.963E3
211.386E3
237.809E3
264.233E3

Maximum 271.748E3 at node 546 of element
Minimum 33.9387E3 at node 530 of element



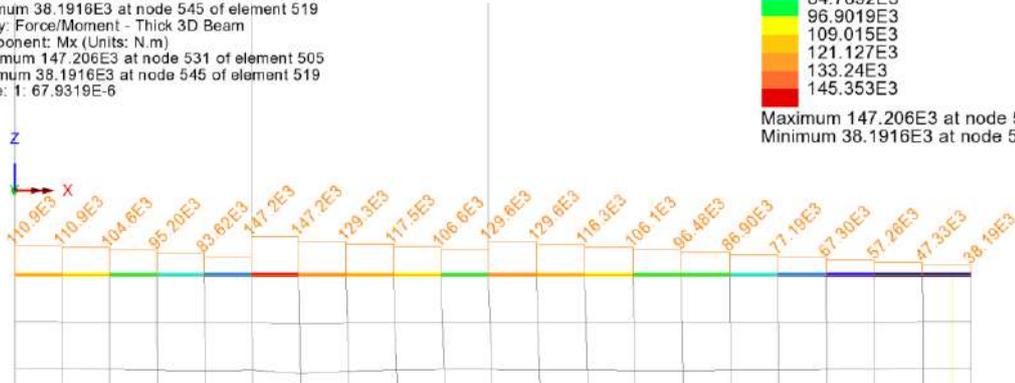
Combinazione S.L.U. - A - Mx (T)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urto)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 12.1127E3
Contour maximum 147.206E3 at node 531 of element 505
Contour minimum 38.1916E3 at node 545 of element 519
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 147.206E3 at node 531 of element 505
Diagram minimum 38.1916E3 at node 545 of element 519
Diagram scale: 1: 67.9319E-6

A (urto)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m)

48.451E3
60.5637E3
72.6765E3
84.7892E3
96.9019E3
109.015E3
121.127E3
133.24E3
145.353E3

Maximum 147.206E3 at node 531 of element
Minimum 38.1916E3 at node 545 of element



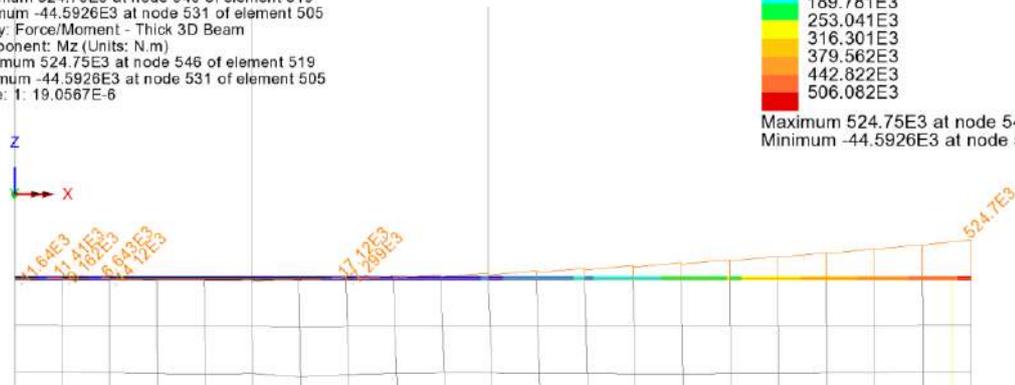
Combinazione S.L.U. - A - Mz (M)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urto)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 63.2603E3
Contour maximum 524.75E3 at node 546 of element 519
Contour minimum -44.5926E3 at node 531 of element 505
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 524.75E3 at node 546 of element 519
Diagram minimum -44.5926E3 at node 531 of element 505
Diagram scale: 1: 19.0567E-6

A (urto)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mz (Units: N.m)

0.0
63.2603E3
126.521E3
189.781E3
253.041E3
316.301E3
379.562E3
442.822E3
506.082E3

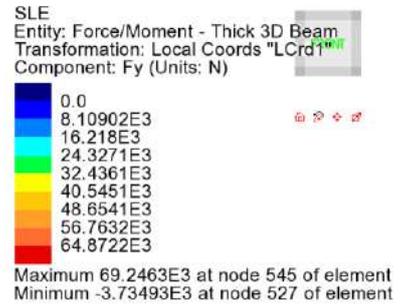
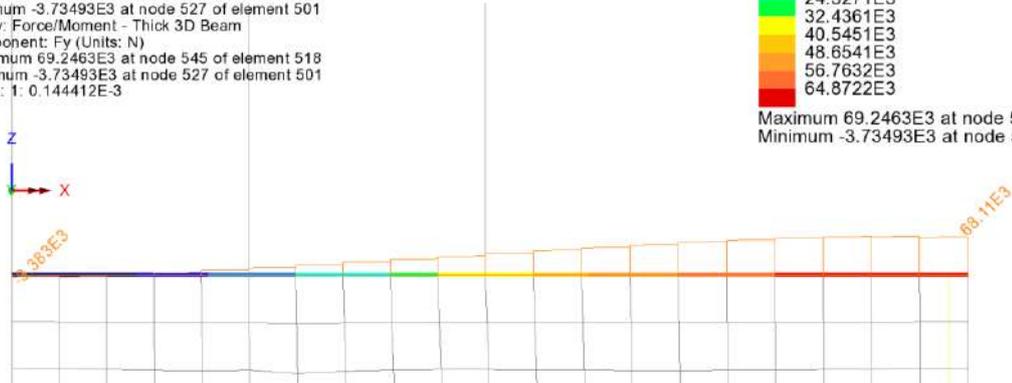
Maximum 524.75E3 at node 546 of element 5
Minimum -44.5926E3 at node 531 of element



Combinazione S.L.E. – Fy (V)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE

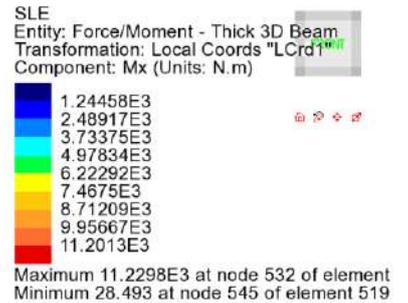
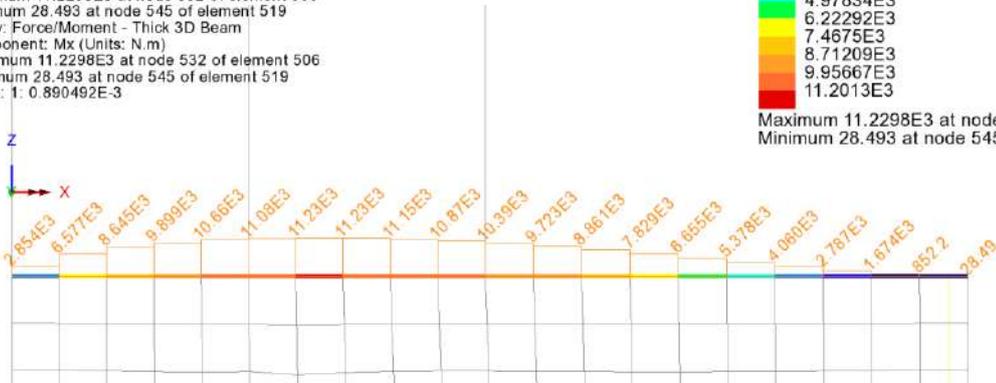
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fy (Units: N)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 8.10902E3
Contour maximum 69.2463E3 at node 545 of element 518
Contour minimum -3.73493E3 at node 527 of element 501
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 69.2463E3 at node 545 of element 518
Diagram minimum -3.73493E3 at node 527 of element 501
Diagram scale: 1: 0.144412E-3



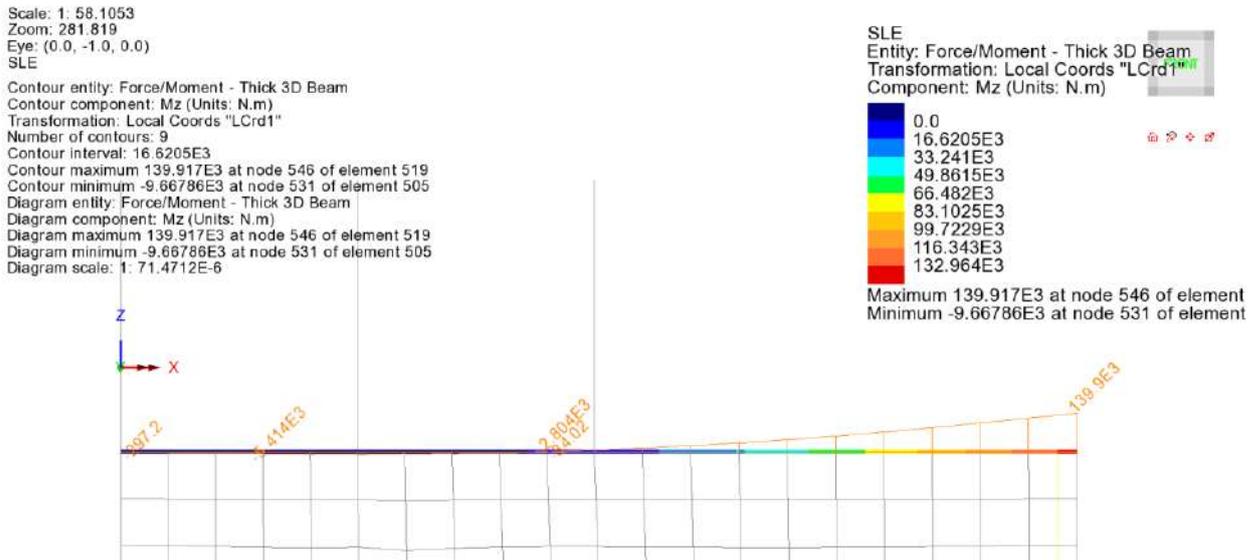
Combinazione S.L.E. – Mx (T)

Scale: 1: 58.1053
Zoom: 281.819
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 1.24458E3
Contour maximum 11.2298E3 at node 532 of element 506
Contour minimum 28.493 at node 545 of element 519
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 11.2298E3 at node 532 of element 506
Diagram minimum 28.493 at node 545 of element 519
Diagram scale: 1: 0.890492E-3



Combinazione S.L.E. – Mz (M)



Verifiche muro

Si predispongono le seguenti armature

Armature verticali - correnti

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

Armature verticali – integrazione (attiva per $0 \leq z < 2.5\text{m}$)

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

Armature orizzontali

- $A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$ $\phi 20/20$ lembo interno paramento
- $A_{s,e} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$ $\phi 16/20$ lembo esterno paramento

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

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 0.8 m
- sez. 2-2v: $z = 2.5 \text{ m}$ spessore muro 0.55 m

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

Scale: 1: 115.746
Zoom: 140.493
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1: gk1
Results file: muro_ala_barbaiani~Analysis 1.mys

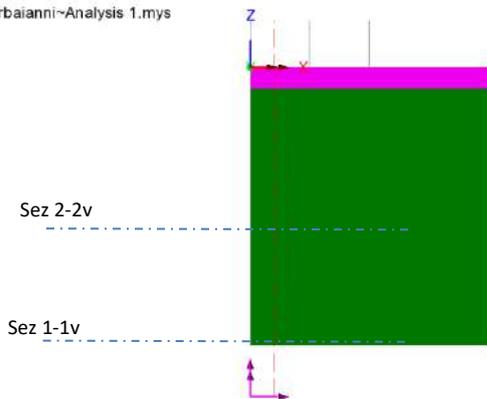


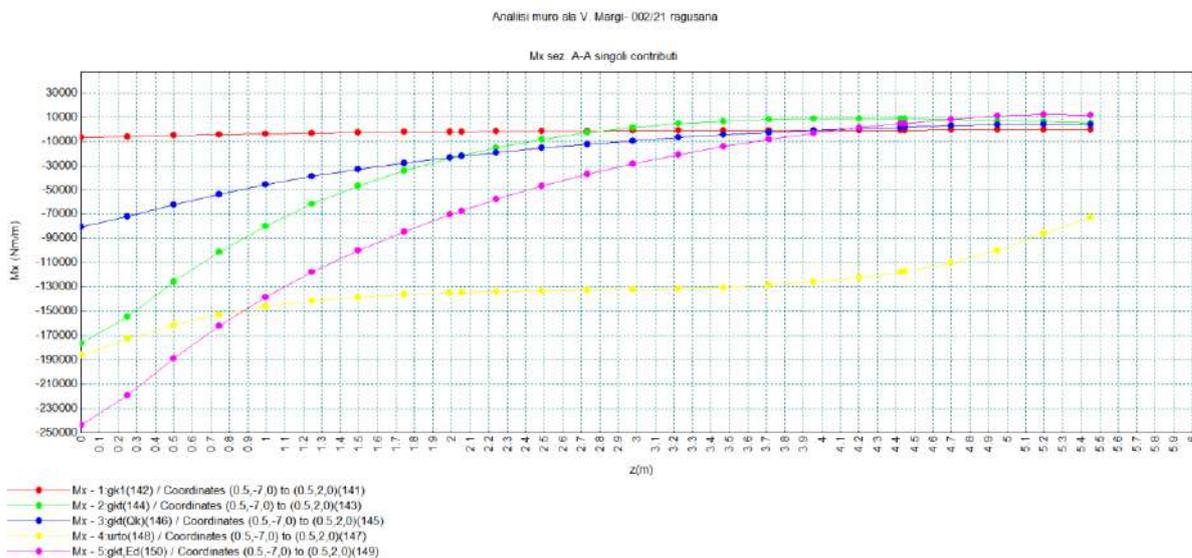
Figura 10.33 Sezioni di verifica arm. vert. muro ala

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

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

LUSAS 19.0-3c5

May 02, 2021



D:\05 lavoro\04 Alhambra_vadoli acciaio cb\03 margi\07 altri modelli\muro_ala_margi_01.mdl

Units: N.m/kg,s,C

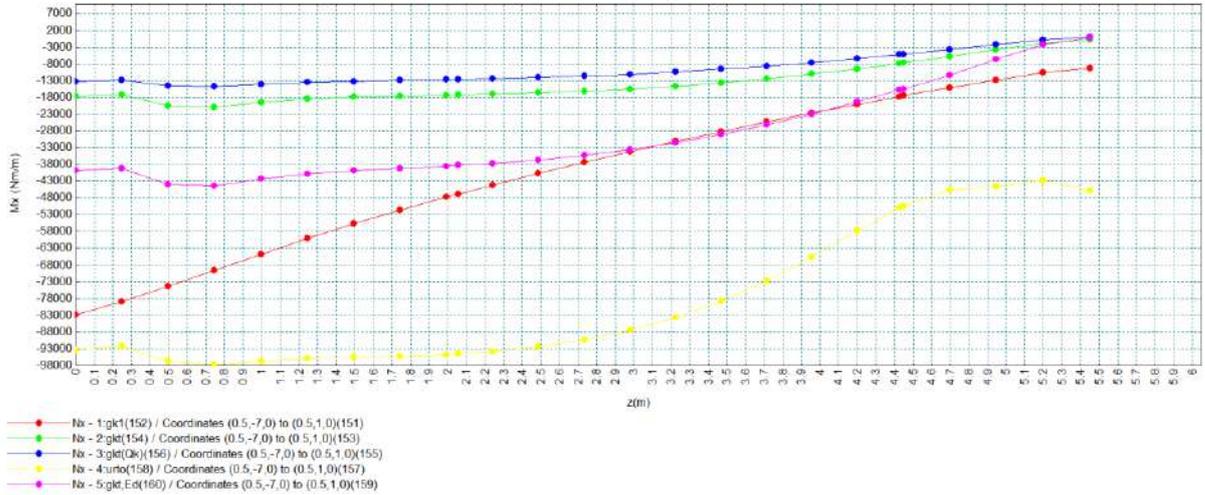
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

LUSAS 19.0-3e5

May 02, 2021

Analisi muro ala V Margi- 002/21 ragusana

Assoc. Niv sez. A-A singoli contributi



D:\05 lavoro\04 Alhambra_vadotti acciaio cb\03 margi\07 altri modelli\muro ala_margi_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

Qui di seguito i diagrammi inerenti alle sollecitazioni combinate.

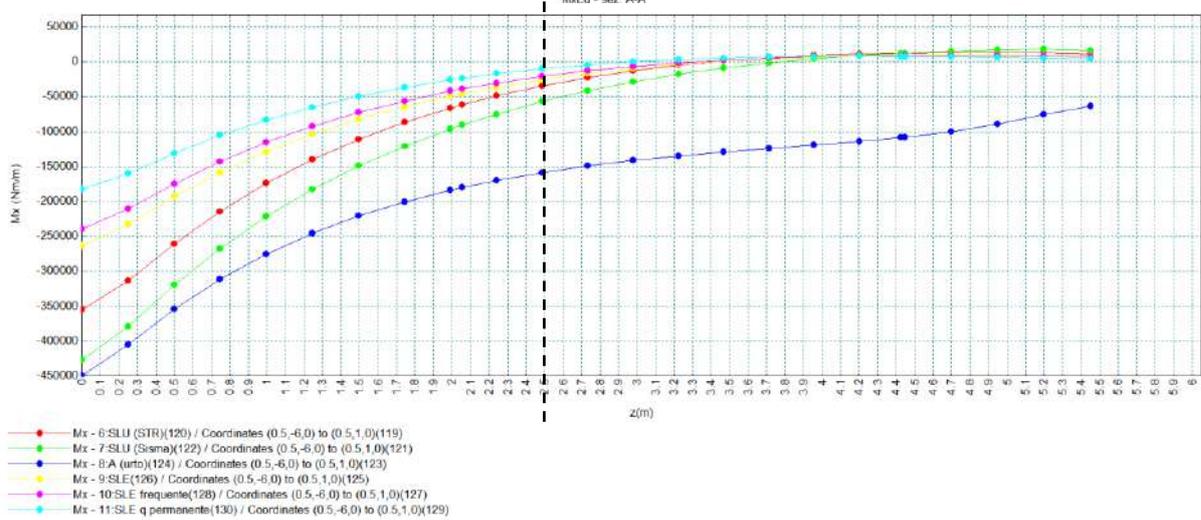
La linea a tratteggio indica la posizione entro la quale risulta attiva l'integrazione di armatura al lembo interno.

LUSAS 19.0-3e5

May 02, 2021

Analisi muro ala V Margi- 002/21 ragusana

MxEd - sez. A-A



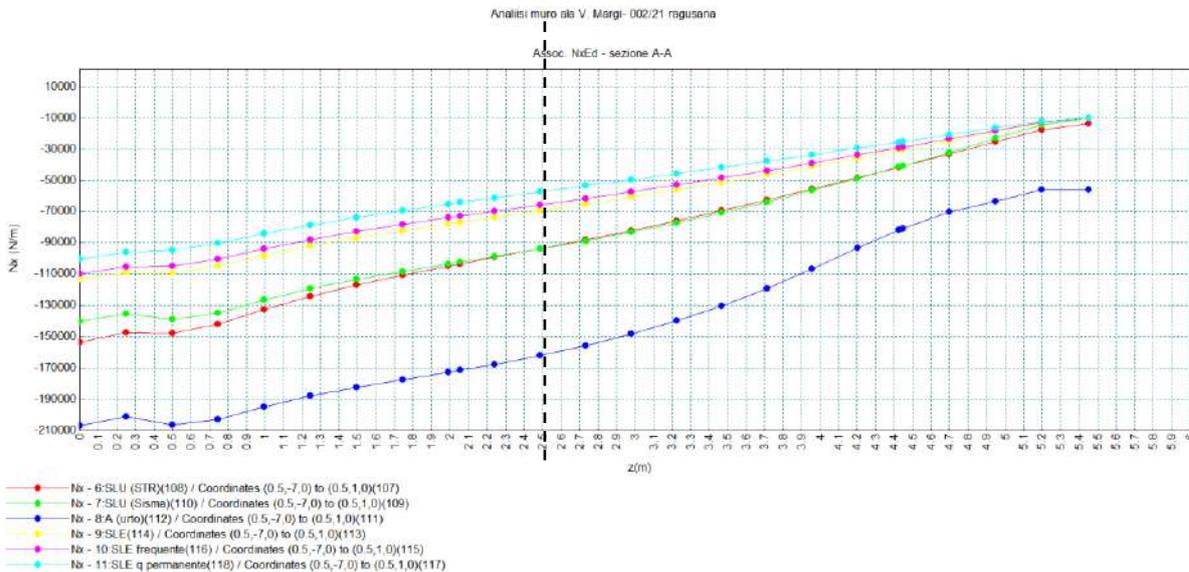
D:\05 lavoro\04 Alhambra_vadotti acciaio cb\03 margi\07 altri modelli\muro ala_margi_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

LUSAS 19.0-3e5

May 02, 2021



D:\05 lavoro\04 Alhambra_vadotti acciaio cls\03 margi\07 altri modelli\muro ala_margi_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.- Sisma e A – Urto (quest’ultima valutata con riferimento a γ_m unitari).

Comb. S.L.U. Sisma

Verifica CA, S.L.U. - File: sz1_1.v

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1v

N°	b [mm]	h [mm]
1	1000	800

N°	As [mm²]	d [mm]
1	3140	70
2	1571	734

Materiali:
 B450C: E_{su} 67.5%, f_{yk} 391.3 N/mm², E_s 200000 N/mm², E_s/E_c 15, σ_{yk} 1.957%, $\sigma_{yk,adm}$ 255 N/mm², τ_{ct} 2.114
 C32/40: E_{c2} 2%, σ_{cu} 3.5, f_{cd} 18.13, $\sigma_{c,adm}$ 12.25, τ_{ct} 0.7333

Calcolato MEd: -900.9 kNm, η 0.7

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.47$

Le verifiche S.L.U. risultano soddisfatte.

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

Anche in questo caso si fa riferimento alla combinazione S.L.U. – sisma, leggermente più gravosa rispetto alla S.L.U. STR.

Comb. A

Verifica CA, S.L.U. - File: sz1_L.v

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1v

N°	b [mm]	h [mm]
1	1000	800

N°	As [mm²]	d [mm]
1	3140	70
2	1571	734

Materiali:
 B450C: E_{su} 67.5%, f_{yk} 391.3 N/mm², E_s 200000 N/mm², E_s/E_c 15, σ_{yk} 1.957%, $\sigma_{yk,adm}$ 255 N/mm², τ_{ct} 2.114
 C32/40: E_{c2} 2%, σ_{cu} 3.5, f_{cd} 18.13, $\sigma_{c,adm}$ 12.25, τ_{ct} 0.7333

Calcolato MEd: -1064 kNm, η 0.7

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.42$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Comb. S.L.U. Sisma

Verifica C.A. S.L.U. - File: sz2_2_v

Titolo: Muro Ala - sez- 2-2v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	550	1	1571	70
			2	1571	484

Sollecitazioni S.L.U.: N=94, M_{Ed}=57, M_{yEd}=0

Materiali: B450C, C32/40

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

Calcola MRd | Dominio M-N

Comb. A (*)

Verifica C.A. S.L.U. - File: sz2_2_v

Titolo: Muro Ala - sez- 2-2v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	550	1	1571	70
			2	1571	484

Sollecitazioni S.L.U.: N=162, M_{Ed}=-157, M_{yEd}=0

Materiali: B450C, C32/40

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

Calcola MRd | Dominio M-N

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

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.41$

Le verifiche S.L.U. appaiono 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.1-1v

Verifica C.A. S.L.U. - File: sz1_1_v

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1v

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

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	800	1	3140	70
			2	1571	734

Sollecitazioni S.L.U.: N=0, M_{Ed}=114, M_{yEd}=-264, M_{zEd}=0

Materiali: B450C, C32/40

Metodo di calcolo: S.L.E. - Metodo n

Verifica

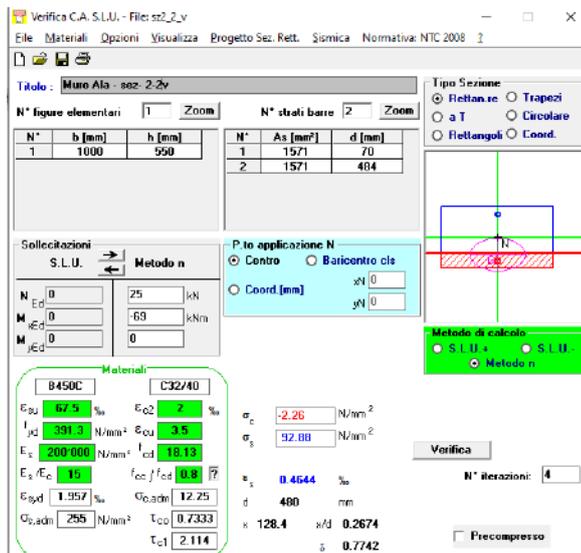
N° iterazioni: 4

$\sigma_{c,min} = -3.46 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 111 \text{ Mpa}$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sez.2-2v



$$\sigma_{c,min} = -2.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 93 \text{ Mpa}$$

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

Verifica armature orizzontali

Ai fini delle verifiche in direzione orizzontale, esaminato l'andamento delle sollecitazioni, si decide di prendere in esame le sezioni collocate rispettivamente a z = 2.5 m (sez.1-1h) e 3.5 m (sez. 2-2h), ove si sviluppano le azioni flettenti più marcate.

Lo spessore resistente in tali sezioni risulta pari a:

sez. 1-1h: t = 0.55 m

sez. 2-2h: t = 0.45 m

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.

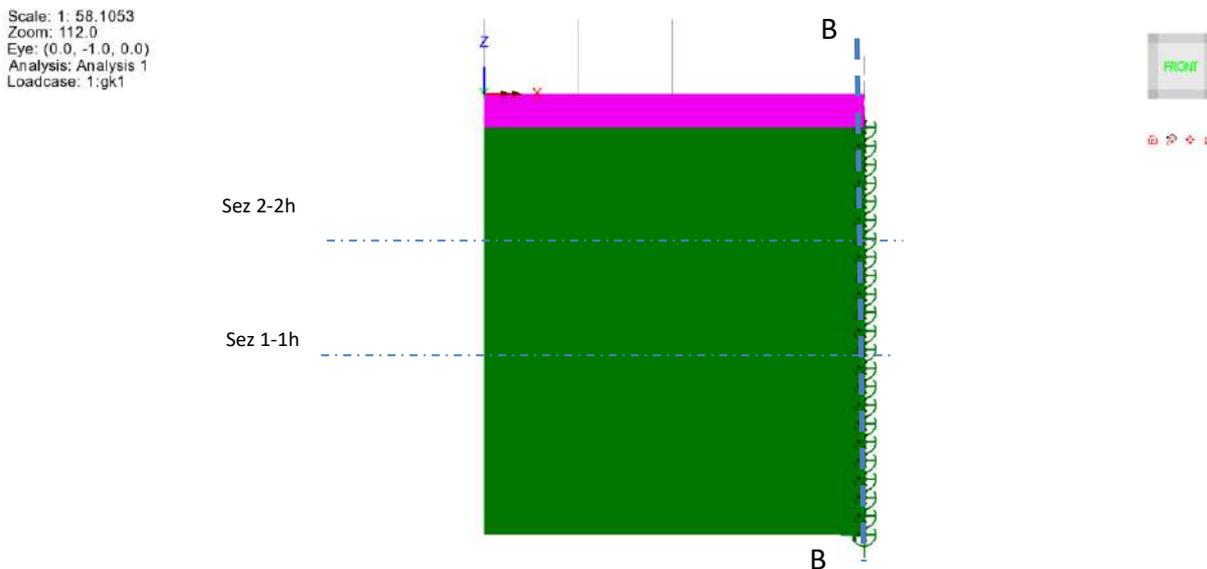
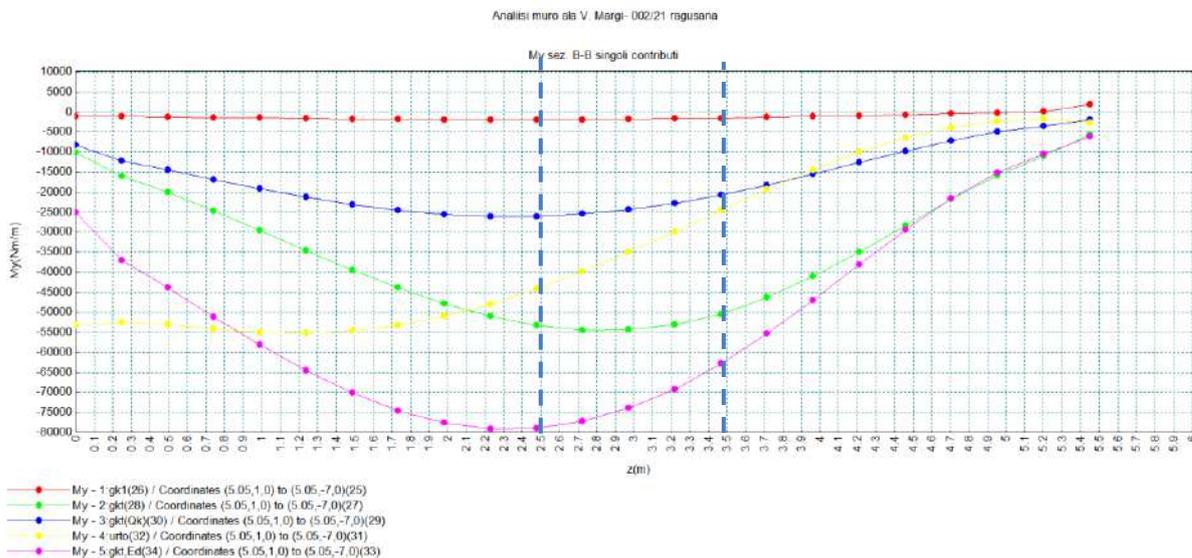


Figura 10.34 Sezione di tracciamento andamento M_y B-B e posizione sezioni di verifica

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

LUSAS 19.0-3c5

May 03, 2021



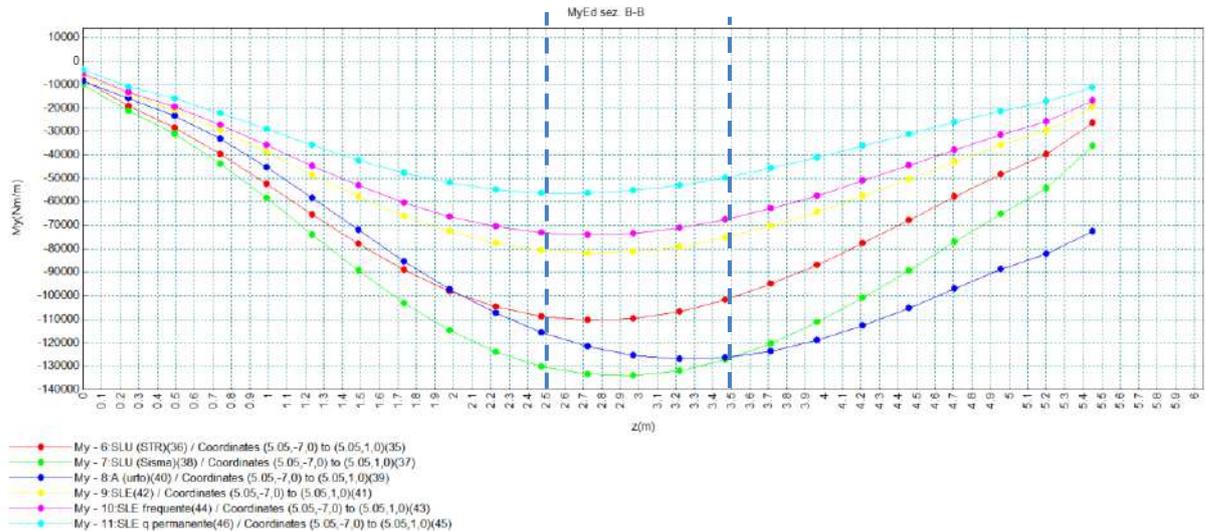
D:\05 lavoro\04 Alhambra_viadotti acciaio cb\03 margi\07 altri modelli\muro ala_margi_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

LUSAS 19.0-3e5

May 03, 2021

Analisi muro ala V Margi- 002/21 ragusana



D:\05 lavoro\04 Alhambra_viadotti acciaio cls\03 margi\07 altri modelli\muro ala_margi_01.mdl

Units: N,m,kg,s,C

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

S.L.U. per tensioni normali

Sez. 1-1h (z = 2.5 m)

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

Comb. S.L.U. Sisma

Verifica C.A. S.L.U. - File: szl_1h

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1h

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	950	1	1571	50
			2	1005	502

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} -131 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baicentro cls
Coord. [mm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo S.L.U. Metodo n

Materiali B450C C32/40

E_{su} 67.5 % E_{c0} 2 %
 f_{yd} 291.3 N/mm² E_{cu} 3.5 %
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 18.13 %
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.9 [?] $\sigma_{c,adm}$ 12.25 %
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{c0} 0.7333
 T_{c1} 2.114

M_{Ed} -297.2 kNm
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ρ 3.5 %
 ρ_s 35.4 %
d 500 mm
x 44.98 x/d 0.08957
 δ 0.7

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.44$

Le verifiche S.L.U. risultano soddisfatte.

Sez.2-2h (z = 3.5 m)

Anche in questo caso si fa riferimento alla combinazione S.L.U. – sisma, leggermente più gravosa rispetto alla S.L.U. STR.

Comb. A

Verifica C.A. S.L.U. - File: szl_1h

Titolo: Muro Ala - sez- 1-1h

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	550	1	1571	50
			2	1005	502

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} -116 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baicentro cls
Coord. [mm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo S.L.U. Metodo n

Materiali B450C C32/40

E_{su} 67.5 % E_{c0} 2 %
 f_{yd} 450 N/mm² E_{cu} 3.5 %
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 27.2 %
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.9 [?] $\sigma_{c,adm}$ 12.25 %
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{c0} 0.7333
 T_{c1} 2.114

M_{Ed} -346.3 kNm
 σ_c -27.2 N/mm²
 σ_s 450 N/mm²
 ρ 3.5 %
 ρ_s 41.18 %
d 500 mm
x 39.17 x/d 0.07834
 δ 0.7

$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.33$

Comb. S.L.U. Sisma

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

Comb. A (*)

$$\eta = M_{Ed}/M_{Rd} = 0.46$$

Le verifiche S.L.U. appaiono 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.

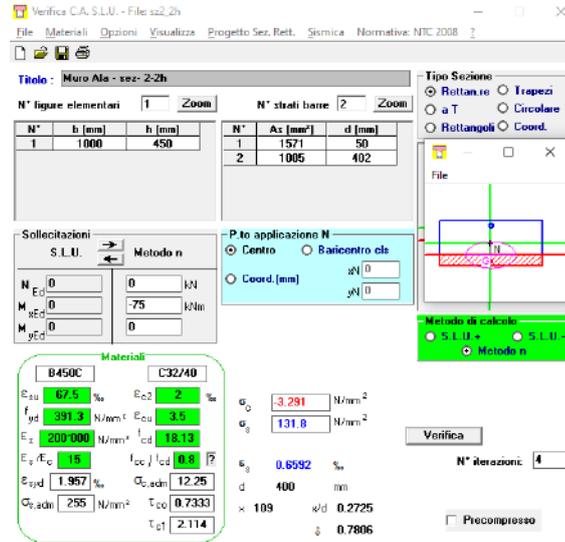
Sez.1-1h

$$\sigma_{c,min} = -2.48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 113 \text{ Mpa}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sez.2-2h



$$\sigma_{c,min} = -3.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,max} = 132 \text{ Mpa}$$

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

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 10 barre $\varnothing 24$, di cui quattro sono disposte rispettivamente al lembo superiore e inferiore.

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

Le tabelle seguenti riportano i massimi valori di sollecitazione flettente M (Mz), tagliante V (Fy) e torcente T (Mx) rilevati lungo il cordolo.

La selezione delle sezioni di verifica viene effettuata considerando le zone sedi delle maggiori azioni flettenti, taglianti e torcenti rispettivamente.

I valori estremi delle sollecitazioni vengono rilevati in corrispondenza di:

el. 519, nodo 546 (in prossimità dell'incastro paramento)

el. 505, nodo 531 (incastro II paletto barriera)

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni rilevate nelle sezioni di verifica, e lo snapshot allegato mostra la posizione degli elementi e delle sezioni di verifica.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

	Loadcase	Element	Node	X	Y	Z	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
20	6:SLU (STR)	519	546	5.05	0.00	-0.45	91.94	0.04	188.89
40	7:SLU (Sisma)	519	546	5.05	0.00	-0.45	136.40	1.56	262.05
60	8:A (urto)	519	546	5.05	0.00	-0.45	271.75	38.19	524.75
80	9:SLE	519	546	5.05	0.00	-0.45	68.11	0.03	139.92
100	10:SLE frequente	519	546	5.05	0.00	-0.45	58.02	-0.20	121.88
120	11:SLE q permanente	519	546	5.05	0.00	-0.45	34.49	-0.72	79.79

	Loadcase	Element	Node	X	Y	Z	Fy[kN]	Mx[kN.m]	Mz[kN.m]
1	6:SLU (STR)	505	531	1.25	0.00	-0.45	17.21	14.96	-13.05
11	7:SLU (Sisma)	505	531	1.25	0.00	-0.45	23.19	21.56	-18.92
21	8:A (urto)	505	531	1.25	0.00	-0.45	173.95	147.21	-44.59
31	9:SLE	505	531	1.25	0.00	-0.45	12.75	11.08	-9.67
41	10:SLE frequente	505	531	1.25	0.00	-0.45	11.21	9.53	-8.30
51	11:SLE q permanente	505	531	1.25	0.00	-0.45	7.61	5.92	-5.11

Tabella 10.18 Sollecitazioni nelle sezioni di verifica



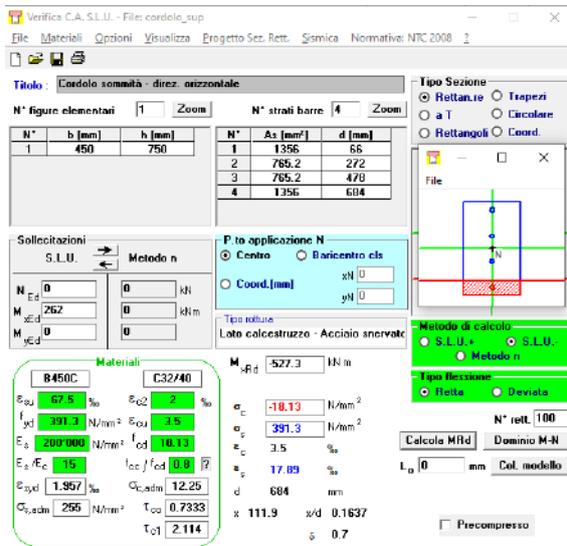
Figura 10.35 Posizione sezioni di verifica cordolo testa

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. 519 nodo 546), sede delle maggiori azioni flettenti trasversali.

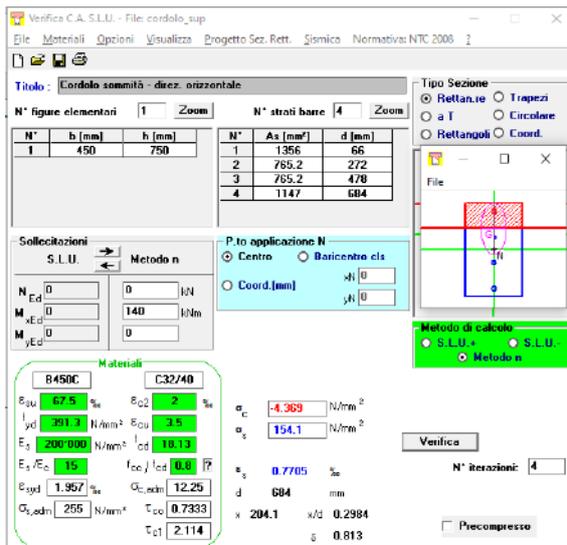
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Condizione S.L.U. - sisma



$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.49$

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



$\sigma_{c,min} = -4.4$ Mpa

$\sigma_{s,max} = 140.0$ Mpa

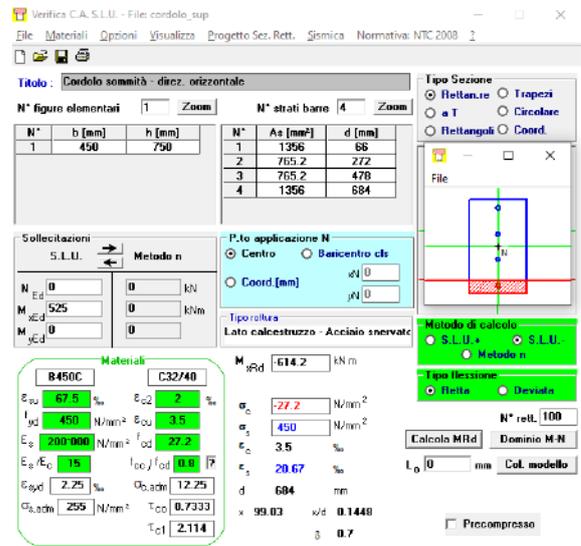
Le tensioni rilevate in corrispondenza della combinazione "S.L.E. frequente" appaiono soddisfacentemente limitate. La verifica di apertura delle fessure viene ritenuta pertanto automaticamente soddisfatta.

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.

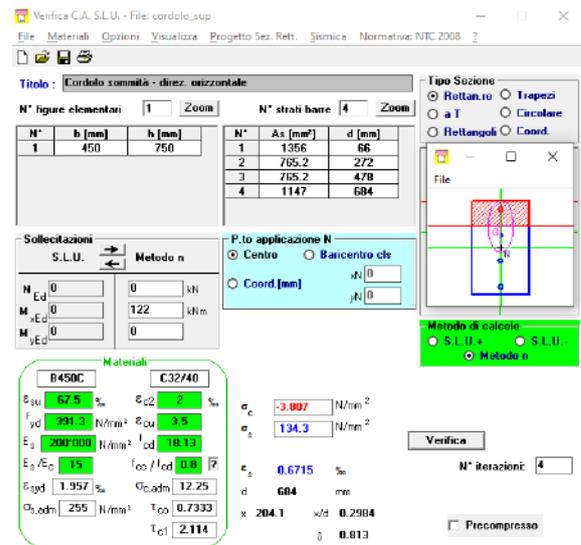
Tale valutazione viene effettuata a titolo cautelativo, dato che la statica del cordolo di sommità non contempla, a rigore, il comportamento a torsione quale fonte primaria di equilibrio.

Condizione "A" (eccezionale)



$M_{Ed}/M_{Rd} = 0.86$

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



$\sigma_{s,max} = -3.81$ Mpa

$\sigma_{s,max} = 134$ Mpa

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Si prendono in esame le sezioni maggiormente impegnate a taglio e torsione, rispettivamente nella condizione di esercizio (el. 519 – incastro paramento) e di urto (el. 505, in prossimità della piantana guardavia).

Condizione S.L.U. sisma, el. 519

$$V_{Ed} = 136 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} \cong 0$$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Cordolo testa muro - sezione incastro	
Combinazione:	S.L.U. - Sisma	
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
V_{Ed}	136 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
A_c	3.38E+05 mm ²	Area sezione
A_{sl}	1.36E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	4.405E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z,app	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z,calc	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
Z	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.54	$\min((1+(200/d)^{0.5}); 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 MPa)
$V_{min} =$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	137.48 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.19 Sezione incastro – ver taglio comb. S.L.U.-sisma – calcolo $V_{R,cd}$

La verifica S.L.U. appare soddisfatta senza dimensionamento di specifiche armature a taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Condizione eccezionale, el. 519

$V_{Ed} = 272 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 38 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Cordolo testa muro - sezione incastro	
Combinazione:	A - eccezionale	
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	272 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
A_c	3.38E+05 mm ²	Area sezione
A_{sl}	1.36E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_1 =$	4.405E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z_{app}	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1	γ_m calcestruzzo
γ_s	1	γ_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_{td}	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yd}	450.00 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.18	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.54	$\min((1+(200/d)^{1.5}); 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 4.62 MPa)
$V_{min} =$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Tabella 10.20 Sezione incastro – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo $V_{Rd,c}$

Risultando $V_{Rd,c} < V_{Ed}$, si procede tenendo conto dell'armatura a taglio formata da staffe chiuse $\emptyset 16/20$ (n. 2 braccia/staffa attive).

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{s,wV,min}$	566.89 mm ² /m	Armatura di parete minima/m
$A_{s,w,prea}$	2010.00 mm ² /m	Armatura di parete prevista/m
$\max A_{s,wV}$	6800.00 mm ² /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3 (4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	126.92 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	964.42 kN	$\frac{A_{s,w}}{s} z f_{yd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{c,w} =$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
$v =$	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
$v_1 =$	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max} =$	1631.36 kN	$\alpha_{c,w} b_w z v_1 f_{td} (\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3):6.9 crisi lato cis
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
ΔF_{td}	235.56 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.21 Sezione incastro – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo $V_{Rd,s}$ e $V_{Rd,max}$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Cordolo testa muro - sezione incastro	
Combinazione:	A - eccezionale	
T	38.00 kNm	Az. Torcente di progetto
b	450.00 mm	Larghezza sezione
h	750.00 mm	Altezza sezione
A	337500.00 mm ²	Area effettiva
2P	2400.00 mm	Perimetro esterno effettivo
phi	24.00 mm	Diam barre longitudinali
c	40.00 mm	Copriferro barre lg
t _{ef,min}	104.00 mm	spessore minimo parete equiv (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
t _{ef}	140.63 mm	spessore parete equivalente (EN 1992-1-1 6.3.2.(1))
A _k	188525.39 mm ²	area equivalente
u _k	1837.50	perim equivalente
τ _t	0.72 Mpa	tensione tangenziale da torsione
V _{Ed,T(b)}	31.18 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V _{Ed,T(h)}	61.41 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V _{Rd,c} =	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Dimensionamento armatura a torsione		
θ =	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
cot _{an} θ	1.73	
A _{s,l,min}	712.79 mm ²	Armatura longitudinale minima
A _{s,w,T,min}	128.00 mm ² /m	Armatura di parete minima a torsione
T _{Rd,max}	236.47 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
A _{s,w(V+T),min}	411.44 mm ² /m	
A _{s,w(V+T),pres}	1005.00 mm ² /m	Armatura presente su di una parete
V _{Ed} /V _{Rd,max}	0.17	
T _{Ed} /T _{Rd,max}	0.16	
Verifica	0.33 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2. (4))

Tabella 10.22 Sezione incastro – ver torsione comb. "A-Urto"

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Condizione eccezionale, el. 505

$V_{Ed} = 174 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 147 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Cordolo testa muro - sezione intermedia	
Combinazione:	A - eccezionale	
Azioni Esterne		
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
V_{Ed}	174 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
A_c	3.38E+05 mm ²	Area sezione
Asl	1.36E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	684 mm	Altezza utile sezione
$\rho_1 =$	4.405E-03	$\min(A_{s1}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z _{app}	615.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z _{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	615.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1	γ_m calcestruzzo
γ_s	1	γ_m barre
f_{ctd}	27.20 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,0.05}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{ctd}	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yd}	450.00 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.18	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.54	$\min([1+(200/d)^{0.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 4.62 MPa)
$V_{min} =$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	104.89	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.23 Sezione intermedia – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo $V_{R,c,d}$

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.

Dimensionamento staffatura a taglio		
$\theta =$	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\tan \theta$	0.58	
$\cotan \theta$	1.73	
$A_{s,w,min}$	362.64 mm ² /m	Armatura di parete minima/m
$A_{s,w,prev}$	2010.00 mm ² /m	Armatura di parete prevista/m
$\max A_{s,w,V}$	6800.00 mm ² /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
$\sigma_{s,w}$	81.19 MPa	tensione di lavoro barre
$V_{Rd,s} =$	964.42 kN	$\frac{A_{s,w}}{s} z f_{yd} \cot \theta$; 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
Verifica lato acciaio soddisfatta		
$\alpha_{c,w} =$	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
$\nu =$	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
$\nu_1 =$	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
$V_{Rd,max} =$	1631.36 kN	$\alpha_{c,w} b_w z \nu_1 f_{cd} (\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3):6.9 crisi lato cls
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
ΔF_{rd}	150.89 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.24 Sezione intermedia – ver taglio comb. "A-Urto" – calcolo $V_{R,s}$ e $V_{Rd,max}$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento:	Cordolo testa muro - sezione intermedia	
Combinazione:	A - eccezionale	
T	147.00 kNm	Az. Torcente di progetto
b	450.00 mm	Larghezza sezione
h	750.00 mm	Altezza sezione
A	337500.00 mm ²	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 ²	area equivalente
uk	1837.50	perim equivalente
τ,t	2.77 Mpa	tensione tangenziale da torsione
V _{Ed,T(b)}	120.62 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V _{Ed,T(h)}	237.58 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V _{Rd,c}	206.21 kN	6.2.2.(1):6.2a
E' necessario predisporre armatura a taglio		

Dimensionamento armatura a torsione		
θ =	30.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
cotan θ	1.73	
A _{sl,min}	2757.36 mm ²	Armatura longitudinale minima
A _{sw,T min}	495.14 mm ² /m	Armatura di parete minima a torsione
T _{Rd,max}	236.47 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
A _{sw(V+T)min}	676.46 mm ² /m	
A _{sw(V+T)pres}	1005.00 mm ² /m	Armatura presente su di una parete
V _{Ed} /V _{Rd,max}	0.11	
T _{Ed} /T _{Rd,max}	0.62	
Verifica	0.73 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2.(4))

Tabella 10.25 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:

$A_{sl,min} = 2757 \text{ mm}^2$ per la sezione posta in prossimità della seconda piantana del guardavia.

$A_{sl,min} = 713 \text{ mm}^2$ per la sezione posta in prossimità dell'incastro.

L'armatura longitudinale effettivamente presente sul cordolo risulta pari a 4520 mm^2 .

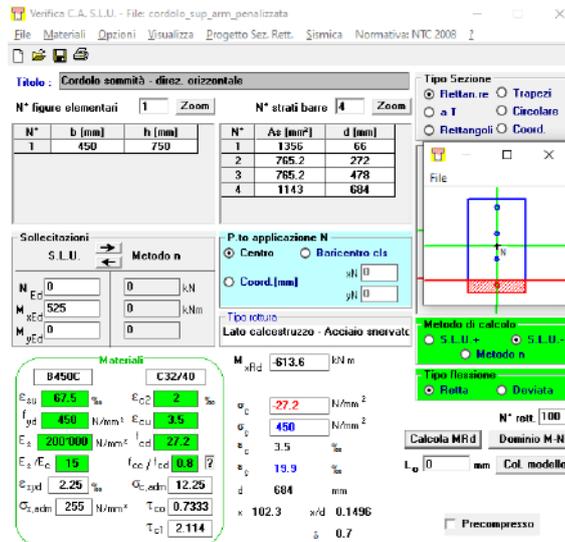
Considerando il quantitativo effettivamente impegnato dalla statica a torsione, l'armatura effettivamente "disponibile" per il soddisfacimento dello S.L.U. per tensioni normali ne risulta penalizzata.

Tale influenza viene valutata per la sezione di incastro nel paramento, maggiormente impegnata a flessione, ripetendo il calcolo di M_{Rd} nella condizione eccezionale, con riferimento ad un'armatura longitudinale composta da barre di area complessiva pari a $4520-713 = 3807 \text{ mm}^2$ ($381 \text{ mm}^2/\text{barra}$). Tale valutazione non viene eseguita per la sezione caratterizzata da massima torsione di progetto, dato che la sollecitazione di flessione risulta particolarmente bassa.

La penalizzazione viene operata solamente per le barre poste in trazione (EN 1992.1.1 6.3.2.(3))

Il calcolo di $M_{Rd,u}$ per la situazione eccezionale riporta quanto segue.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



La verifica risulta soddisfatta, in presenza della penalizzazione operata sulla barra n. 4 dello screenshot superiore, con $\eta = 525/614 = 0.86$

10.2.4 Platea di fondazione spalla

Il dimensionamento delle armature della platea di fondazione della spalla viene effettuato con riferimento a schemi di calcolo semplificati, applicati separatamente alla direzione longitudinale e trasversale.

Ai fini del calcolo si fa riferimento alle azioni assiali nei pali, valutate a partire dalle azioni globali di intradosso fondazione con riferimento ad una ripartizione "rigida", applicando le usuali formule di geometria della masse:

Per il generico palo posto a distanza x_{pi} , y_{pi} rispetto al baricentro fondazione:

$$N_{Ed,pi} = N_{Ed} / n_p + M_x / W_{xx,i} + M_y / W_{yy,i}$$

Essendo:

N_p = numero totale di pali

$J_{xx} = \sum (y_{pi}^2)$ inerzia della palificata attorno asse x

$J_{yy} = \sum (x_{pi}^2)$ inerzia della palificata attorno asse y

$W_{xxi} = J_{xx} / y_i$ modulo di resistenza palo "i" rispetto asse x

$W_{yyi} = J_{yy} / x_i$ modulo di resistenza palo "i" rispetto asse y

La tabella seguente riporta la valutazione delle azioni nei pali 1-5-9 e 4-8-12, che risultano maggiormente significativi per la valutazione del quadro tensionale nella suola di fondazione.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

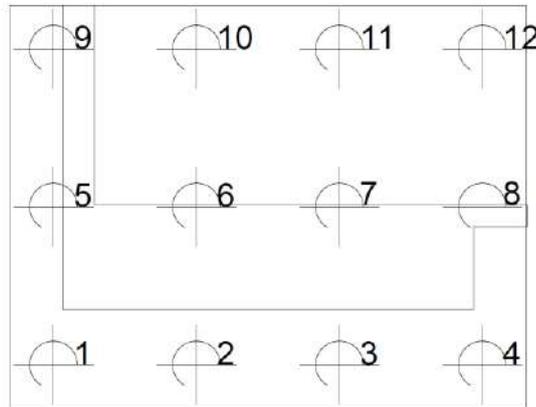


Figura 10.36 Schema numerazione pali spalle

Sollecitazioni nei pali spalla A

	Np1	Np4	Np5	Np8	Np9	Np12
SLU STR max N	-1843.74	-1809.90	-1909.18	-1875.34	-1974.63	-1940.79
SLU STR min N	-2846.84	-3069.53	-2888.30	-3110.99	-2929.76	-3152.45
SLU STR max My	-2822.18	-2948.11	-2626.76	-2752.68	-2431.33	-2557.25
SLU STR min My	-1890.18	-1938.35	-2202.78	-2250.94	-2515.37	-2563.53
SLU STR max Mx	-3034.31	-2675.35	-2920.97	-2562.01	-2807.62	-2448.66
SLU STR min Mx	-1847.21	-2362.56	-1996.20	-2511.55	-2145.19	-2660.54
SLU GEO max N	-1761.06	-1780.75	-1884.39	-1904.08	-2007.72	-2027.41
SLU GEO min N	-2228.53	-2369.58	-2197.37	-2338.42	-2166.21	-2307.25
SLU GEO max My	-2112.46	-2271.01	-2063.12	-2221.66	-2013.78	-2172.32
SLU GEO min My	-1896.50	-1886.12	-2046.92	-2036.54	-2197.34	-2186.96
SLU GEO max Mx	-2285.41	-2028.15	-2309.26	-2052.00	-2333.11	-2075.85
SLU GEO min Mx	-1866.70	-2257.04	-1874.65	-2264.99	-1882.59	-2272.93
Ed SLV max N	-2913.71	-2556.95	-2081.93	-1725.17	-1250.16	-893.40
Ed SLV min N	-1073.28	-1512.21	-1780.00	-2218.93	-2486.72	-2925.66
Ed SLV max My	-2962.97	-2606.21	-2112.03	-1755.27	-1261.08	-904.33
Ed SLV min My	-1026.44	-1465.37	-1752.83	-2191.76	-2479.22	-2918.15
Ed SLV max Mx	-2402.49	-1046.65	-2599.44	-1243.60	-2796.39	-1440.54
Ed SLV min Mx	-1456.30	-2734.69	-1342.86	-2621.25	-1229.42	-2507.81
SLE RARA max N	-1767.65	-1802.67	-1885.41	-1920.43	-2003.18	-2038.19
SLE RARA min N	-2179.50	-2303.89	-2163.73	-2288.12	-2147.96	-2272.35
SLE RARA max My	-2078.32	-2217.94	-2047.00	-2186.62	-2015.69	-2155.30
SLE RARA min My	-1885.29	-1894.15	-2026.27	-2035.13	-2167.25	-2176.11
SLE RARA max Mx	-2224.94	-2019.12	-2255.72	-2049.91	-2286.51	-2080.70
SLE RARA min Mx	-1863.60	-2204.78	-1882.15	-2223.33	-1900.70	-2241.88
SLE FREQUENTE max N	-1768.94	-1854.89	-1875.82	-1961.78	-1982.70	-2068.66
SLE FREQUENTE min N	-2113.04	-2176.95	-2137.12	-2201.03	-2161.20	-2225.11
SLE FREQUENTE max My	-2011.55	-2090.69	-2020.42	-2099.55	-2029.28	-2108.42
SLE FREQUENTE min My	-1872.85	-1943.59	-1995.45	-2066.18	-2118.04	-2188.78
SLE FREQUENTE max Mx	-2093.66	-2029.02	-2149.88	-2085.25	-2206.10	-2141.47
SLE FREQUENTE min Mx	-1869.45	-2069.44	-1914.35	-2114.35	-1959.26	-2159.25
SLE Q.PERMANENTE max N	-1804.27	-1879.56	-1898.76	-1974.04	-1993.24	-2068.53
SLE Q.PERMANENTE min N	-1851.98	-1927.27	-1928.97	-2004.26	-2005.97	-2081.26
SLE Q.PERMANENTE max My	-1853.53	-1928.82	-1928.85	-2004.14	-2004.17	-2079.46
SLE Q.PERMANENTE min My	-1805.14	-1880.44	-1901.80	-1977.10	-1998.46	-2073.76
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-1826.14	-1901.43	-1911.27	-1986.55	-1996.39	-2071.67
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-1829.67	-1904.97	-1917.01	-1992.31	-2004.36	-2079.66

Tabella 10.26: Sollecitazioni nei pali spalla 1 – all. 1-4-5- / 8-9-12

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni nei pali spalla B

	Np1	Np4	Np5	Np8	Np9	Np12
SLU STR max N	-1878.27	-1879.68	-1983.81	-1985.22	-2089.36	-2090.76
SLU STR min N	-3099.28	-3152.93	-3043.45	-3204.40	-2987.62	-3148.56
SLU STR max My	-2976.90	-3014.80	-2742.52	-2856.21	-2508.13	-2621.83
SLU STR min My	-2020.29	-2030.52	-2318.35	-2349.03	-2616.40	-2647.09
SLU STR max Mx	-2571.07	-2743.97	-2636.32	-3155.00	-2701.56	-3220.24
SLU STR min Mx	-2599.57	-2468.86	-2511.45	-2119.31	-2423.33	-2031.19
SLU GEO max N	-1878.55	-1880.98	-1982.85	-1990.13	-2087.15	-2094.43
SLU GEO min N	-2356.46	-2399.29	-2295.67	-2424.17	-2234.89	-2363.38
SLU GEO max My	-2224.65	-2276.30	-2156.95	-2311.90	-2089.26	-2244.20
SLU GEO min My	-2026.59	-2015.90	-2149.97	-2117.89	-2273.35	-2241.27
SLU GEO max Mx	-1991.53	-2120.38	-1972.37	-2358.91	-1953.21	-2339.75
SLU GEO min Mx	-2406.76	-2313.81	-2407.60	-2128.74	-2408.44	-2129.58
Ed SLV max N	-2754.63	-2911.93	-1760.03	-2231.94	-765.43	-1237.34
Ed SLV min N	-1530.32	-1390.24	-2301.68	-1881.43	-3073.03	-2652.79
Ed SLV max My	-3160.58	-3079.90	-2147.10	-1905.05	-1133.62	-891.57
Ed SLV min My	-1126.46	-1224.36	-1917.53	-2211.24	-2708.61	-3002.31
Ed SLV max Mx	-1587.47	-2057.50	-1317.02	-2727.11	-1046.56	-2456.66
Ed SLV min Mx	-2543.47	-2026.51	-2840.91	-1290.05	-3138.35	-1587.49
SLE RARA max N	-1884.55	-1892.42	-1983.37	-2006.99	-2082.19	-2105.81
SLE RARA min N	-2306.02	-2343.34	-2262.01	-2373.96	-2218.00	-2329.94
SLE RARA max My	-2191.12	-2236.11	-2141.40	-2276.35	-2091.68	-2226.63
SLE RARA min My	-2013.23	-2009.70	-2128.21	-2117.61	-2243.19	-2232.59
SLE RARA max Mx	-1986.39	-2098.50	-1979.69	-2316.02	-1972.99	-2309.32
SLE RARA min Mx	-2346.18	-2271.11	-2353.91	-2128.71	-2361.64	-2136.44
SLE FREQUENTE max N	-1884.11	-1910.08	-1972.10	-2050.02	-2060.09	-2138.00
SLE FREQUENTE min N	-2241.51	-2257.48	-2237.23	-2285.14	-2232.95	-2280.86
SLE FREQUENTE max My	-2126.25	-2149.89	-2116.65	-2187.55	-2107.04	-2177.94
SLE FREQUENTE min My	-2001.45	-2019.75	-2095.61	-2150.52	-2189.77	-2244.68
SLE FREQUENTE max Mx	-1992.59	-2056.48	-2013.25	-2204.93	-2033.91	-2225.59
SLE FREQUENTE min Mx	-2214.60	-2187.75	-2246.87	-2166.32	-2279.14	-2198.59
SLE Q.PERMANENTE max N	-1919.53	-1941.89	-1995.14	-2062.19	-2070.74	-2137.80
SLE Q.PERMANENTE min N	-1966.71	-1989.07	-2025.34	-2092.41	-2083.97	-2151.04
SLE Q.PERMANENTE max My	-1968.50	-1990.86	-2025.22	-2092.29	-2081.94	-2149.01
SLE Q.PERMANENTE min My	-1919.82	-1942.18	-1998.17	-2065.23	-2076.52	-2143.58
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-1952.94	-1975.30	-2015.96	-2083.03	-2078.99	-2146.06
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-1933.31	-1955.66	-2004.51	-2071.57	-2075.72	-2142.77

Tabella 10.27 Sollecitazioni nei pali spalla 2 – all. 1-4-5- / 8-9-12

Si fa riferimento diretto alla spalla "B", caratterizzata da un quadro tensionale più marcato.

L'armatura longitudinale della suola è composta da barre $\varnothing 24/10$, disposte sia al lembo inferiore, sia al lembo superiore.

Il dimensionamento e verifica in direzione longitudinale è effettuato con riferimento alle sezioni A-A e B-B, rispettivamente di incastro della suola anteriore e posteriore, prendendo in esame le sollecitazioni degli allineamenti longitudinali di pali 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.

Si prende in esame quindi la fascia indicata nello schema planimetrico di figura, staccata dalla sezione 1-1 e caratterizzata da una massima ampiezza di distribuzione, pari a:

$$b_{diff} = 1.10 + 3.6/2 = 2.9 \text{ m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

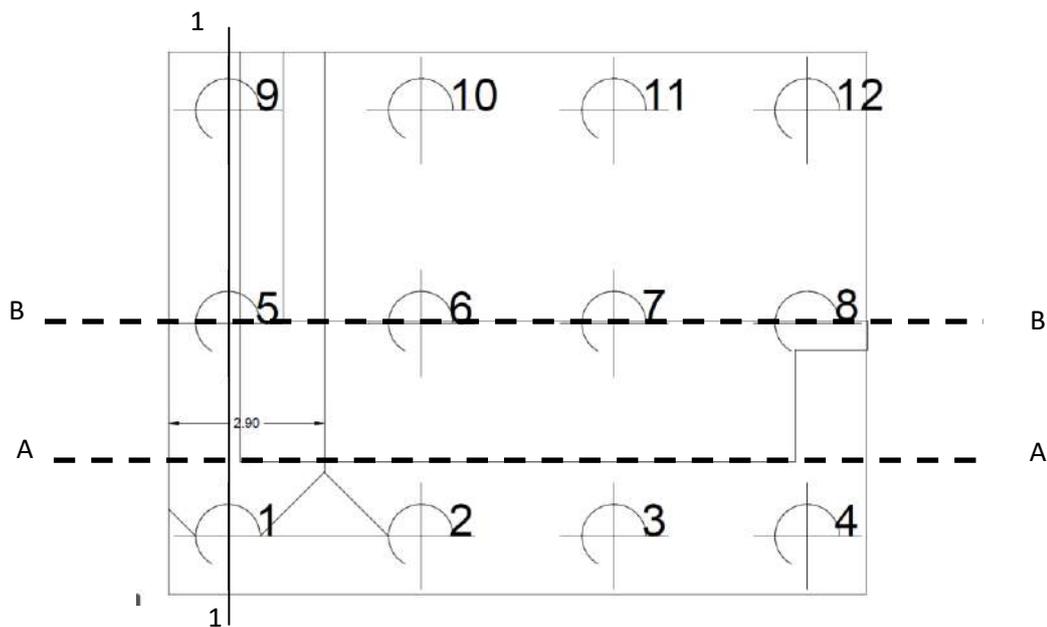


Figura 10.37 Schema planimetrico diff. platea

Per la valutazione del comportamento della suola anteriore, i rapporti geometrici orientano verso l'utilizzo di uno schema "strut and tie" come quello indicato in figura. L'azione del palo viene diffusa verso l'incastro mensola secondo uno schema a 45° spiccato a partire dalle estremità palo.

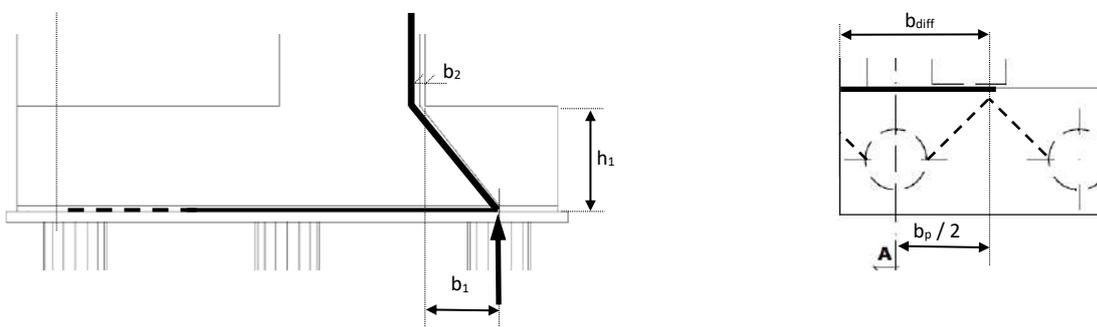


Figura 10.38 Schema strut and tie suola anteriore e schema diffusivo planimetrico

L'armatura inferiore della suola è formata da barre $\varnothing 24/10$ disposte uniformemente sull'intera larghezza della suola.

Ai fini della verifica delle azioni nel tirante, si trascurano per semplicità, e perché di effetto favorevole, i contributi inerenti flessione e taglio agenti in testa palo, ed il contributo del peso proprio del plinto stesso.

La tabella seguente riassume i semplici calcoli che portano alla valutazione delle tensioni nell'acciaio delle barre longitudinali della platea di fondazione. L'azione sollecitante, per ciascuna combinazione di verifica, è la minima valutata tra i pali di spigolo 1 e 4.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica suola anteriore spalla B - sez. A-A				
Caratteristiche geometriche traliccio (m)				
	h_1	$b_{1,x}$	$b_{2,x}$	b_{diff}
	1.9	1.4	0.4	2.9
Armature presenti in b_{diff}				
n	29	num. Barre		
\emptyset	24 mm	diam. Barre		
$A_{s,pres.}$	13119.29 mm ²			
Azioni trasmesse dal palo 1/4 (kN)				
	S.L.U.	Gk+Ed	S.L.E.	S.L.E. fr
N_{Ed}	-3152.93	-3160.58	-2346.18	-2257.48
V_{Ed}	0.00	0.00	0.00	0.00
M_{Ed}	0.00	0.00	0.00	0.00
Azioni nel tirante				
Z (kN)	2986.99	2994.23	2222.69	2138.66
σ_s (Mpa)	227.68	228.23	169.42	163.02

Tabella 10.28 Verifica traliccio longitudinale suola anteriore

Come si vede, le tensioni di lavoro nelle barre d'armatura permangono soddisfacentemente limitate in tutti gli S.L.

Dato il limitato tasso di lavoro rilevato in corrispondenza della combinazione S.L.E. frequente, la verifica a fessurazione viene ritenuta soddisfatta senza calcolo diretto (cfr. EN 1992-1-1 tab. 7.1 / 7.2N), attesa la disposizione ed il quantitativo di armatura impiegato.

Lo schema statico assunto per la suola posteriore è a "mensola", con incastro posizionato nella sezione di spiccato dal paramento, secondo lo schema indicato qui sotto.

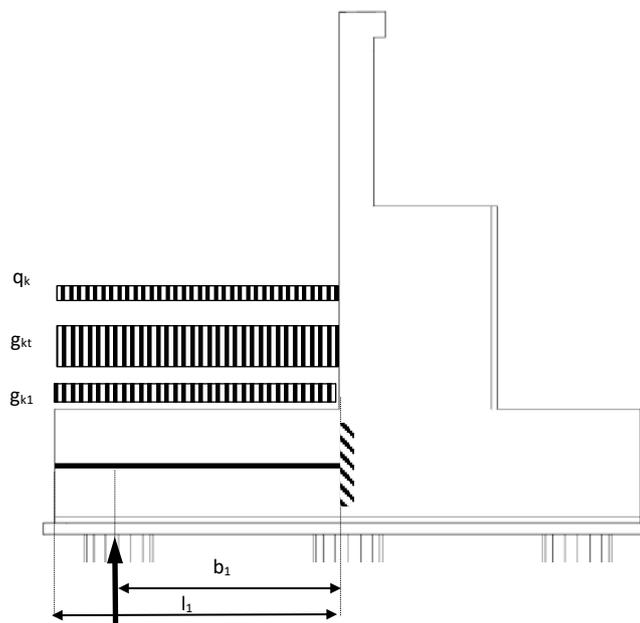


Figura 10.39 schema di calcolo suola posteriore

Il calcolo delle sollecitazioni nella sezione B-B viene effettuato associando all'azione originata dal palo posteriore (involuppo sollecitazioni rilevate rispettivamente su palo di spigolo posteriore 9 e 12), i

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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.
$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1 / 1$
$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1 / 1$
$\gamma(q_k) = 1.35 / 0$	$\gamma(q_k) = 1.35 / 0$	$\gamma(q_k) = 1 / 0$

Verifica suola posteriore spalla B
Caratteristiche geometriche mensola (m)

b_L	3.95 m
l_i	5.05 m
h_m	2 m
h_i	5.45 m
b_{diff}	2.9 m

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

	g_k	g_{kt}	q_k
$V_{ed,ck}$ (kN/m)	252.50	522.93	101.00
$M_{ed,ck}$ (kNm/m)	637.56	1320.39	255.03

Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento esterno, pali 1 / 5 / 9

	N_{p5} (kN)	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suola		Sollecitazioni di verifica	
		V_{p15} (kN/m)	M_{p15} (kNm)	$V_{(g_k,g_{kt},q_k)}$ (kN)	$M_{(g_k,g_{kt},q_k)}$ (kNm/m)	$V_{Ed,B-B}$ (kN)	$M_{Ed,B-B}$ (kNm/m)
SLU STR max N	-2089.36	-720.47	-2845.85	775.43	1957.95	54.96	-887.89
SLU STR min N	-2987.62	-1030.21	-4069.34	1183.18	2987.52	152.96	-1081.82
SLU STR max My	-2508.13	-864.87	-3416.25	863.80	2181.10	-1.07	-1235.15
SLU STR min My	-2616.40	-902.21	-3563.72	1094.80	2764.38	192.60	-799.34
SLU STR max Mx	-2701.56	-931.57	-3679.71	1046.83	2643.24	115.26	-1036.47
SLU STR min Mx	-2423.33	-835.63	-3300.74	1046.83	2643.24	211.20	-657.50
Ed SLV max N	-765.43	-263.94	-1042.57	775.43	1957.95	511.49	915.38
Ed SLV min N	-3073.03	-1059.67	-4185.68	876.43	2212.98	-183.24	-1972.70
Ed SLV max My	-1133.62	-390.90	-1544.06	775.43	1957.95	384.53	413.89
Ed SLV min My	-2708.61	-934.00	-3689.31	876.43	2212.98	-57.58	-1476.33
Ed SLV max Mx	-1046.56	-360.88	-1425.49	775.43	1957.95	414.54	532.46
Ed SLV min Mx	-3138.35	-1082.19	-4274.64	775.43	1957.95	-306.76	-2316.69
SLE RARA max N	-2082.19	-718.00	-2836.08	775.43	1957.95	57.43	-878.13
SLE RARA min N	-2218.00	-764.83	-3021.07	876.43	2212.98	111.60	-808.09
SLE RARA max My	-2091.68	-721.27	-2849.01	775.43	1957.95	54.16	-891.06
SLE RARA min My	-2243.19	-773.51	-3055.38	876.43	2212.98	102.91	-842.40
SLE RARA max Mx	-1972.99	-680.34	-2687.35	775.43	1957.95	95.09	-729.40
SLE RARA min Mx	-2361.64	-814.36	-3216.72	775.43	1957.95	-38.93	-1258.76
SLE FREQUENTE max N	-2060.09	-710.38	-2805.99	775.43	1957.95	65.05	-848.03
SLE FREQUENTE min N	-2232.95	-769.98	-3041.43	876.43	2212.98	106.44	-828.46
SLE FREQUENTE max My	-2107.04	-726.56	-2869.93	775.43	1957.95	48.86	-911.98
SLE FREQUENTE min My	-2189.77	-755.09	-2982.61	876.43	2212.98	121.34	-769.63
SLE FREQUENTE max Mx	-2033.91	-701.35	-2770.33	775.43	1957.95	74.08	-812.38
SLE FREQUENTE min Mx	-2279.14	-785.91	-3104.35	775.43	1957.95	-10.48	-1146.39

Tabella 10.29 Sollecitazioni verifica sez. B-B - all. 1-5-9 (rif. Palo 9)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

	Contributo az. Pali			Contributo carichi su suola		Sollecitazioni di verifica	
	N _{p12} (kN)	V _{p15} (kN/m)	M _{p15} (kN/m)	V _(gk,gkt,qk) (kN)	M _(gk,gkt,qk) (kNm/m)	V _{Ed,B-B} (kN)	M _{Ed B-B} (kNm/m)
SLU STR max N	-2090.76	-720.95	-2847.76	775.43	1957.95	54.47	-889.81
SLU STR min N	-3148.56	-1085.71	-4288.56	1183.18	2987.52	97.47	-1301.04
SLU STR max My	-2621.83	-904.08	-3571.11	863.80	2181.10	-40.28	-1390.01
SLU STR min My	-2647.09	-912.79	-3605.52	1094.80	2764.38	182.01	-841.14
SLU STR max Mx	-3220.24	-1110.43	-4386.19	1046.83	2643.24	-63.60	-1742.96
SLU STR min Mx	-2031.19	-700.41	-2766.62	1046.83	2643.24	346.42	-123.38
SLU GEO max N	-1237.34	-426.67	-1685.34	775.43	1957.95	348.76	272.62
SLU GEO min N	-2652.79	-914.75	-3613.28	876.43	2212.98	-38.33	-1400.30
SLU GEO max My	-891.57	-307.44	-1214.39	775.43	1957.95	467.99	743.57
SLU GEO min My	-3002.31	-1035.28	-4089.35	876.43	2212.98	-158.85	-1876.38
SLU GEO max Mx	-2456.66	-847.12	-3346.13	775.43	1957.95	-71.70	-1388.18
SLU GEO min Mx	-1587.49	-547.41	-2162.27	775.43	1957.95	228.02	-204.31
Ed SLV max N	-2105.81	-726.14	-2868.25	775.43	1957.95	49.29	-910.30
Ed SLV min N	-2329.94	-803.43	-3173.54	876.43	2212.98	73.00	-960.56
Ed SLV max My	-2226.63	-767.80	-3032.82	775.43	1957.95	7.63	-1074.86
Ed SLV min My	-2232.59	-769.86	-3040.94	876.43	2212.98	106.57	-827.96
Ed SLV max Mx	-2309.32	-796.32	-3145.46	775.43	1957.95	-20.89	-1187.50
Ed SLV min Mx	-2136.44	-736.70	-2909.98	775.43	1957.95	38.72	-952.02
SLE RARA max N	-2138.00	-737.24	-2912.11	775.43	1957.95	38.18	-954.16
SLE RARA min N	-2280.86	-786.50	-3106.68	876.43	2212.98	89.93	-893.70
SLE RARA max My	-2177.94	-751.02	-2966.51	775.43	1957.95	24.41	-1008.55
SLE RARA min My	-2244.68	-774.03	-3057.41	876.43	2212.98	102.40	-844.43
SLE RARA max Mx	-2225.59	-767.44	-3031.41	775.43	1957.95	7.98	-1073.45
SLE RARA min Mx	-2198.59	-758.14	-2994.63	775.43	1957.95	17.29	-1036.68

Tabella 10.30 Sollecitazioni di verifica sez. B-B - all. 4-8-12 (rif. Palo 12)

Verifiche per 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 (armatura identica estradosso/intradosso) l'estrazione mi $M_{Rd,u}$ viene effettuata su un solo verso, per brevità.

Queste le sollecitazioni di verifica, estratte dalle tabelle precedenti.

S.L.U. STR Gk + Ed (sisma SLV)

$M_{Ed,max} = -123 \text{ kNm}$ $M_{Ed,max} = 915 \text{ kNm}$

$M_{Ed,min} = -1742 \text{ kNm}$ $M_{Ed,min} = -2316 \text{ kNm}$

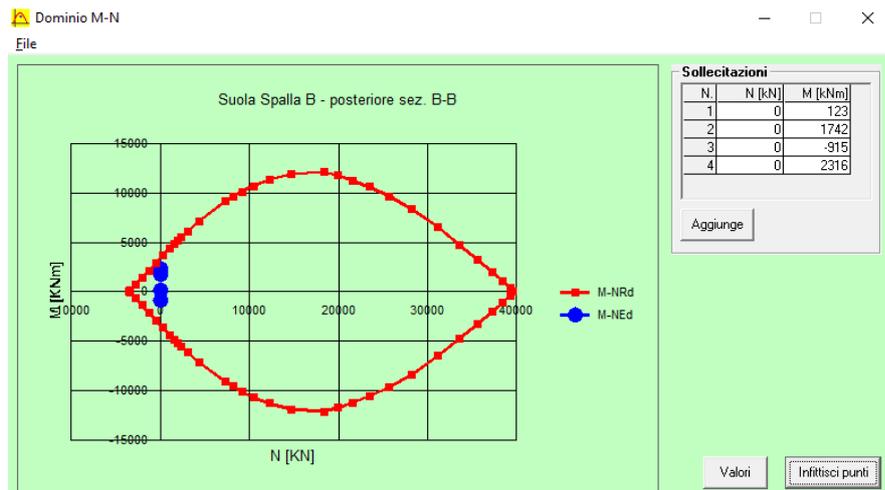


Figura 10.40 Dominio di resistenza sezione B-B

La situazione più sfavorevole si rileva in fase sismica, con un rapporto di sfruttamento massimo pari a:

$$\eta = 2316/3379 = 0.69$$

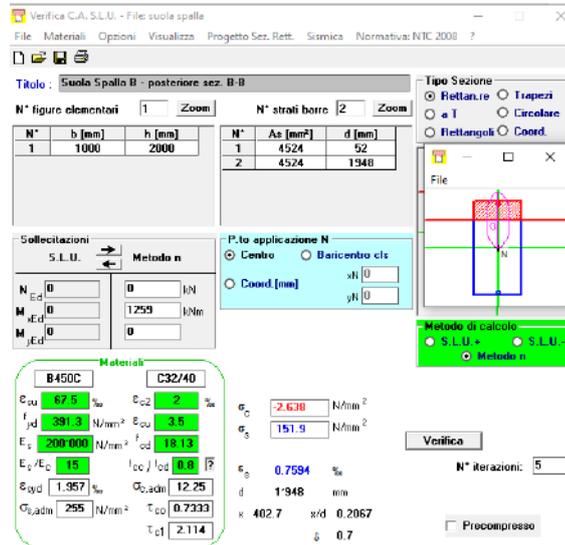
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

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

Min $M_{Ed,S.L.E.} = -1259$ kNm/m

Max $M_{Ed,S.L.E.} = -729$ kNm/m



Si rileva:

$\sigma_{c,min} = -2.64$ MPa

$\sigma_{s,max} = 152$ MPa

Come si evince dall'esame delle tensioni di punta rilevate nel calcestruzzo e nell'acciaio, lo S.L.E. limitazione delle tensioni appare ampiamente verificato.

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

S.L.U. per azioni taglianti

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

$V_{Ed,max} = 512$ kN (condizione sisma SLV)

In prima battuta, si effettua la verifica con riferimento ai criteri validi per elementi privi di armatura a taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Suola interna Spalla B	
Combinazione	Sisma SLV	
$N_{ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	512 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
Ac	2.00E+06 mm ²	Area sezione
Asl	4.52E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	52 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1948 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	2.322E-03	$\min(A_s/b_w d) ; 0.02) \quad 6.2.2(1)$
$z_{,app}$	1753.2 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{,calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1753.2 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k =	1.32	$\min ([1+(200/d)^{0.5}]; 2) \quad 6.2.2(1)$
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$v_{min} =$	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	526.68	6.2.2(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	602.34 kN	6.2.2(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.31 Verifica a taglio - calcolo $V_{Rd,c}$

La verifica a taglio appare soddisfatta senza ricorrere al dimensionamento di una specifica armatura.

Comportamento in direzione trasversale

Si fissa l'attenzione essenzialmente sulla suola posteriore.

Il dimensionamento e verifica in direzione trasversale viene effettuato esaminando il comportamento della striscia individuata nella figura seguente, compresa tra il bordo piastra e la mezzeria tra i due allineamenti estremi di pali.

La larghezza della striscia esaminata è pari a:

$$b_s = 1.10 + 4/2 = 3.1 \text{ m}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

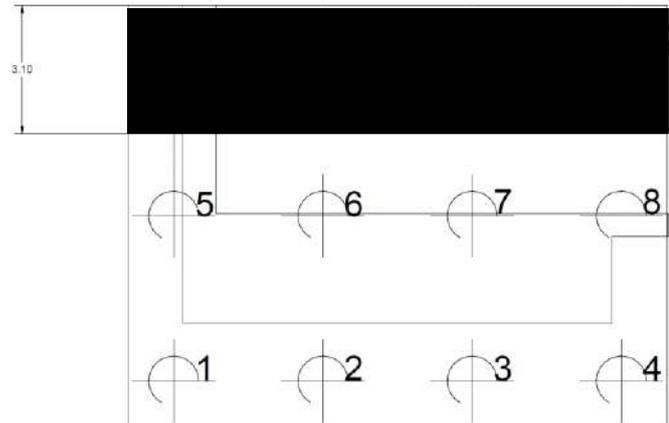


Figura 10.41 Schema planimetrico diff. platea

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

- Pesi propri suola g_k
- Peso reinterro g_{kt}
- Peso sovraccarico Q_k
- Azioni trasmesse 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	5.45 m	γ_{cls}	25 kN/m ³	k_0	0.426
t1	0.3 m	γ_t	19 kN/m ³	k_v	0.223
t2	0.8 m	Q_k	20 kN/m ²	k_a	0.246
				$k_{a,din}$	0.958

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)
Gk	74.94	0.00	0.00	Gk	74.94	0.00	0.00	0.00
$g_{k,t}$	0.00	120.33	218.59	$g_{k,t}$	0.00	120.33	338.92	
$\Delta g_{k,t,Ed}$	0.00	140.76	383.58	$\Delta g_{k,t,Ed}$	0.00	140.76	524.35	
$g_k(Q_k)$	0.00	46.48	126.66	$g_k(Q_k)$	0.00	46.48	173.14	

Tabella 10.32 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.

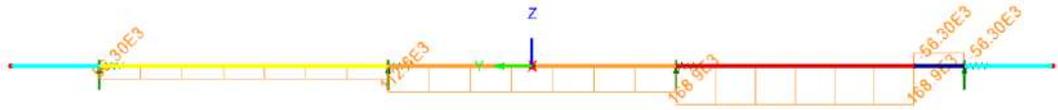
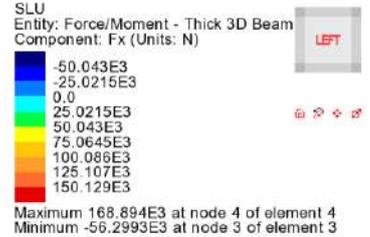
Qui di seguito si riportano i diagrammi di N, V ed M per le combinazioni S.L.E. e S.L.U. fondamentali, riferiti alla striscia di ampiezza unitaria, ricavati dalla risoluzione della trave continua, effettuata mediante il sistema E.F. Lusas.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.U. STR – N (Fx)

Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU

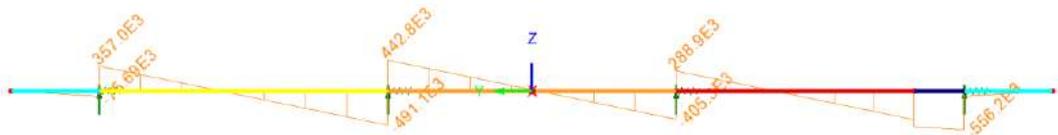
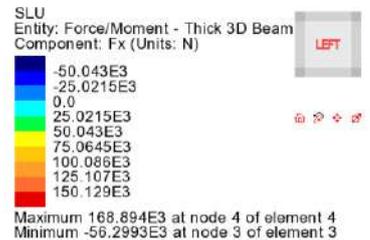
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 168.894E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -56.2993E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 59.2087E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 25.0215E3
Contour maximum 168.894E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -56.2993E3 at node 3 of element 3



S.L.U. STR – V (Fz)

Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 442.818E3 at node 17 of element 16
Diagram minimum -556.188E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 17.9795E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 25.0215E3
Contour maximum 168.894E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -56.2993E3 at node 3 of element 3



S.L.U. STR – M (My)

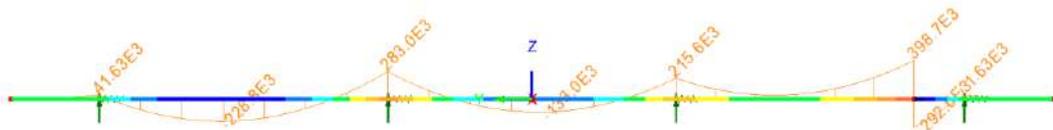
Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 398.731E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -292.55E3 at node 4 of element 3
Diagram scale: 1: 25.0796E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 76.809E3
Contour maximum 398.731E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -292.55E3 at node 4 of element 3

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

Blue	-230.427E3
Dark Blue	-153.618E3
Light Blue	-76.809E3
White	0.0
Yellow	76.809E3
Orange	153.618E3
Red	230.427E3
Dark Red	307.236E3
Light Red	384.045E3

Maximum 398.731E3 at node 4 of element 4
Minimum -292.55E3 at node 4 of element 3



S.L.U. Sisma – N (Fx)

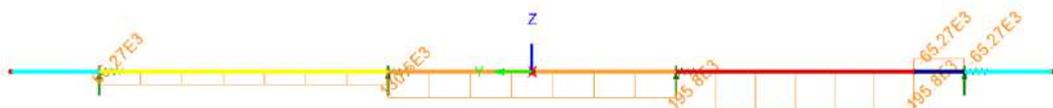
Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU-sisma

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 195.816E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -65.2736E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 51.0682E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 29.01E3
Contour maximum 195.816E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -65.2736E3 at node 3 of element 3

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

Blue	-58.02E3
Dark Blue	-29.01E3
Light Blue	0.0
White	29.01E3
Yellow	58.02E3
Orange	87.03E3
Red	116.04E3
Dark Red	145.05E3
Light Red	174.06E3

Maximum 195.816E3 at node 4 of element 4
Minimum -65.2736E3 at node 3 of element 3



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.U. Sisma – V (Fz)

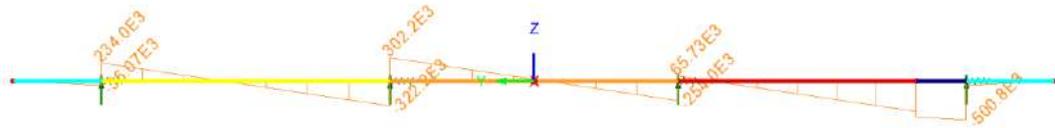
Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU-sisma

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 302.239E3 at node 17 of element 16
Diagram minimum -500.759E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 19.9897E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 29.01E3
Contour maximum 195.816E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -65.2736E3 at node 3 of element 3

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

Blue	-58.02E3
Dark Blue	-29.01E3
Light Blue	0.0
Cyan	29.01E3
Green	58.02E3
Yellow-Green	87.03E3
Yellow	116.04E3
Orange	145.05E3
Red	174.06E3

Maximum 195.816E3 at node 4 of element 4
Minimum -65.2736E3 at node 3 of element 3



S.L.U. Sisma – M (My)

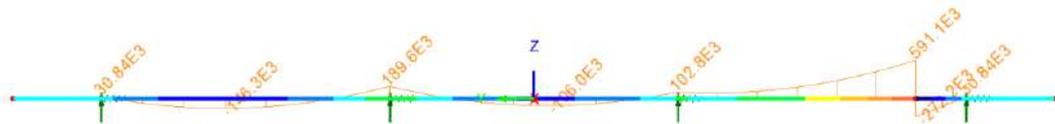
Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU-sisma

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 591.086E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -272.184E3 at node 4 of element 3
Diagram scale: 1: 16.918E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 95.9189E3
Contour maximum 591.086E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -272.184E3 at node 4 of element 3

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

Blue	-191.838E3
Dark Blue	-95.9189E3
Light Blue	0.0
Cyan	95.9189E3
Green	191.838E3
Yellow-Green	287.757E3
Yellow	383.676E3
Orange	479.594E3
Red	575.513E3

Maximum 591.086E3 at node 4 of element 4
Minimum -272.184E3 at node 4 of element 3



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.E. - N (Fx)

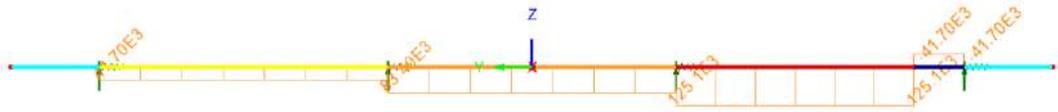
Scale: 1; 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 125.107E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -41.7032E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1; 79.9317E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 18.5344E3
Contour maximum 125.107E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -41.7032E3 at node 3 of element 3

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

Blue	-37.0689E3
Dark Blue	-18.5344E3
Light Blue	0.0
Cyan	18.5344E3
Green	37.0689E3
Yellow	55.6033E3
Orange	74.1378E3
Red-Orange	92.6722E3
Red	111.207E3

Maximum 125.107E3 at node 4 of element 4
Minimum -41.7032E3 at node 3 of element 3



S.L.E. - V (Fz)

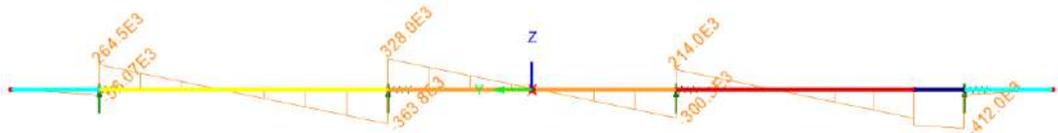
Scale: 1; 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 328.013E3 at node 17 of element 16
Diagram minimum -411.991E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1; 24.2724E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 18.5344E3
Contour maximum 125.107E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -41.7032E3 at node 3 of element 3

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

Blue	-37.0689E3
Dark Blue	-18.5344E3
Light Blue	0.0
Cyan	18.5344E3
Green	37.0689E3
Yellow	55.6033E3
Orange	74.1378E3
Red-Orange	92.6722E3
Red	111.207E3

Maximum 125.107E3 at node 4 of element 4
Minimum -41.7032E3 at node 3 of element 3



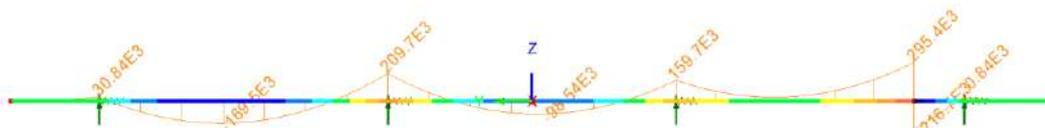
S.L.E. - M (My)

Scale: 1: 48.7549
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 295.356E3 at node 4 of element 4
Diagram minimum -216.704E3 at node 4 of element 3
Diagram scale: 1: 33.8574E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 56.8956E3
Contour maximum 295.356E3 at node 4 of element 4
Contour minimum -216.704E3 at node 4 of element 3

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

Maximum 295.356E3 at node 4 of element 4
Minimum -216.704E3 at node 4 of element 3



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.

Ci si riferisce pertanto direttamente alla sezione maggiormente sollecitata.

Si considera la condizione S.L.U. - sisma

S.L.U. per tensioni normali

Verifica C.A. S.L.U. - File ver_suolo_post.lrv

Titolo: Suola posteriore - da travv

N°	b [mm]	h [mm]	N°	As [mm²]	d [mm]
1	1000	2000	1	2262	76
			2	2262	1924

Materiali

B450C		C32/40	
σ_{yk}	67.5 %	σ_{yk}	2 %
f_{yk}	201.3 N/mm²	σ_{yk}	3.5 %
E_s	200'000 N/mm²	σ_{yk}	18.13 %
E_s / E_c	15 %	f_{cc} / f_{cd}	0.8
σ_{yk}	1.957 %	$\sigma_{c,edn}$	12.25 %
$\sigma_{s,edn}$	255 N/mm²	τ_{cc}	0.7333
		τ_{ct}	2.114

Tipologia
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipologia sezione
Flessa - Deviate

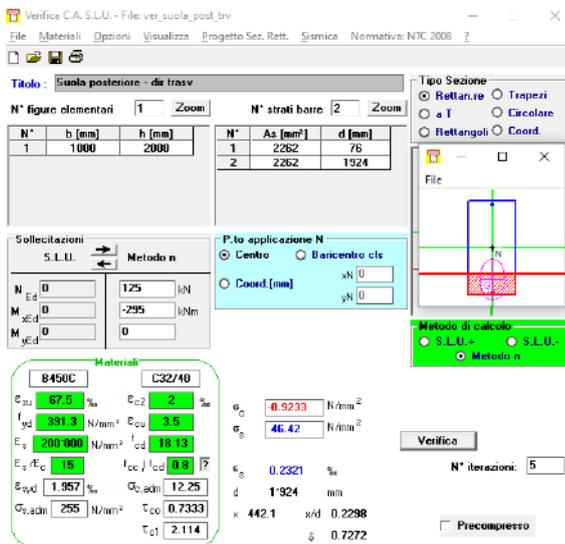
Calcoli
M_{Ed}: -1'564 kNm
M_{Rd}: 18.13 N/mm²
M_{Rd}: 391.3 N/mm²
M_{Rd}: 2.454 %
M_{Rd}: 67.5 %
M_{Rd}: 1'924 mm
M_{Rd}: 67.49 w/d 0.03508
M_{Rd}: 0.7

$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd,u} = 0.38$$

La verifica risulta soddisfatta

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

S.L.E. per tensioni normali



$\sigma_{c,min} = -0.92 \text{ MPa}$

$\sigma_{s,max} = 46.4 \text{ MPa}$

S.L.U. per taglio

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

Per semplicità, ed a favore di sicurezza, la verifica nei confronti di $V_{R,cd}$ viene effettuata in prima battuta direttamente in asse palo.

Le azioni di progetto sono pertanto le seguenti:

$V_{Ed} = 442 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 168$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Suola interna Spalla B - dir trasversale	
Combinazione	S.L.U.	
$N_{ed,conc}$	-168.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	442 kN	Azione tagliante di progetto
$M_{ed,conc}$	0 kN	Momento flettente concomitante
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
A_c	2.00E+06 mm ²	Area sezione
A_{sl}	2.26E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	76 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1924 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	1.176E-03	$\min(A_{sl}/b_w d)$; 0.02) 6.2.2(1)
z_{app}	1731.6 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1731.6 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_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	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	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)
$\sigma_{cp} =$	-0.08 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)
$V_{Rd,c,min} =$	499.55	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	555.05 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.33 Verifica a taglio - calcolo $V_{Rd,c}$

Non risulta quindi necessario il dimensionamento di una specifica armatura a taglio.

10.2.5 Baggioli spalla

I baggioli in c.a. presentano dimensioni complessive pari a 1.20 x 1.45 m. Essi sono configurati in modo da avere una espansione laterale, atta all'alloggiamento dei martinetti di calaggio/sollevamento dell'impalcato.

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

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.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ($c = 0$)
- Si considerano solamente le barre "passanti" in prossimità dell'area di impronta del dispositivo ($\min A_{s,pres} = 22 \varnothing 14$)
- 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

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	58	1	486	138	505	-276
2 383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	58	1	-483	-139	503	-1246
3 382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	58	1	135	461	480	-122
4 383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	58	1	-132	-462	480	-1400
5 382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	58	1	157	460	486	-12
6 383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	58	1	-149	-461	485	-1506

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	62	1	486	140	506	-273
2 383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	62	1	-483	-139	503	-1248
3 382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	62	1	158	462	488	-67
4 383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	62	1	-155	-461	486	-1455
5 382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	62	1	156	462	487	-12
6 383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	62	1	-148	-461	484	-1507

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	61	1	486	139	505	-280
2 383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	61	1	-483	-138	503	-1241
3 382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	61	1	158	460	486	-105
4 383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	61	1	-155	-459	484	-1417
5 382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	61	1	156	460	485	-30
6 383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	61	1	-148	-459	482	-1488

Loadcase	Element	GP	Fx[kN]	Fy[kN]	Fh[kN]	Fz[kN]
1 382:Gk + Ed_ (Max)(Fx)	73	1	490	137	508	-283
2 383:Gk + Ed_ (Min)(Fx)	73	1	-486	-138	505	-1239
3 382:Gk + Ed_ (Max)(Fy)	73	1	135	459	478	-179
4 383:Gk + Ed_ (Min)(Fy)	73	1	-131	-460	478	-1342
5 382:Gk + Ed_ (Max)(Fz)	73	1	158	458	485	-31
6 383:Gk + Ed_ (Min)(Fz)	73	1	-149	-459	483	-1488

Tabella 10.34 Reazioni SLC appoggi Spalle

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 525.591
Zoom: 100.0
Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 04 - Fase3
Loadcase: 12:Vento
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx~04 - Fase3.mys

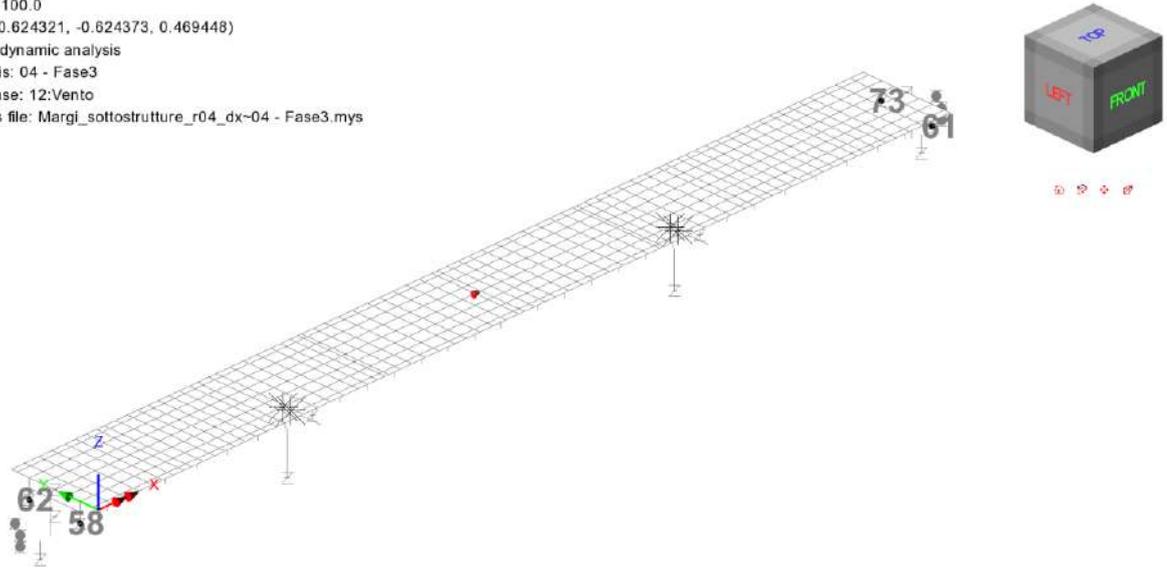


Figura 10.42 Mappa elementi joints appoggi Spalle

Si fa riferimento pertanto a:

$$\max V_{Ed} = 508 \text{ kN}$$

$$\max F_{z,ass} = -31 \text{ kN}$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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

Baggioli spalle

Caratteristiche materiali		Caratteristiche superficie	
γ_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	c	0.00 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 0
f_{ctd}	1.41	μ	0.60 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 1
ν	0.50	Caratteristiche sez. resistente	
γ_s	1.15	$A_{s,pres.}$	3388.00 mm ² Barre vert. Passanti
f_{yk}	450.00	$A_{c,eff}$	490000 mm ² Area cis di riferimento ($b_{eff} \times l_{eff}$)
f_{yd}	391.30	Sollecitazioni e tensioni agenti	
V_{Ed}	508 kN	Risultante azione tagliante di progetto	
$N_{Ed,conc}$	31 kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)	
$V_{Ed,i}$	1.04 Mpa	Azione tangenziale di progetto interfaccia (valutata su A_{eff})	
σ_N	0.06 Mpa	tens. Compressione su area rif. (0 se trazione)	
$\sigma_{N,max}$	12.8 Mpa (0.6 fcd)	limite tens. Compressione	
	0 1325.73913	Calcolo contributi resistenti e verifica	
$V_{Rd,s}$	795.44 kN	Risultante netta contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times \mu \times f_{yd}$	
$V_{Rd,c}$	0.00 kN	Risultante contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times c$	
$V_{Rd,N}$	18.60 kN	Risultante contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Rd,s}, V_{Rd,c}, V_{Rd,N}$	814.04 kN	Risultante azione resistente di interfaccia	
$V_{Rd,i}$	1.66 Mpa	Azione tangenziale resistente(EN1992-1-1 6.2.5.(1 eq. 6.25)	
$V_{Rd,max}$	10.67 Mpa	Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))	
V_{Ed}/V_{Rd}	0.62	rapporto di sfruttamento complessivo verificato	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd,s}$	0.64	rapporto di sfruttamento sole armature verificato	

Tabella 10.35 Verifica taglio baggiolo spalle

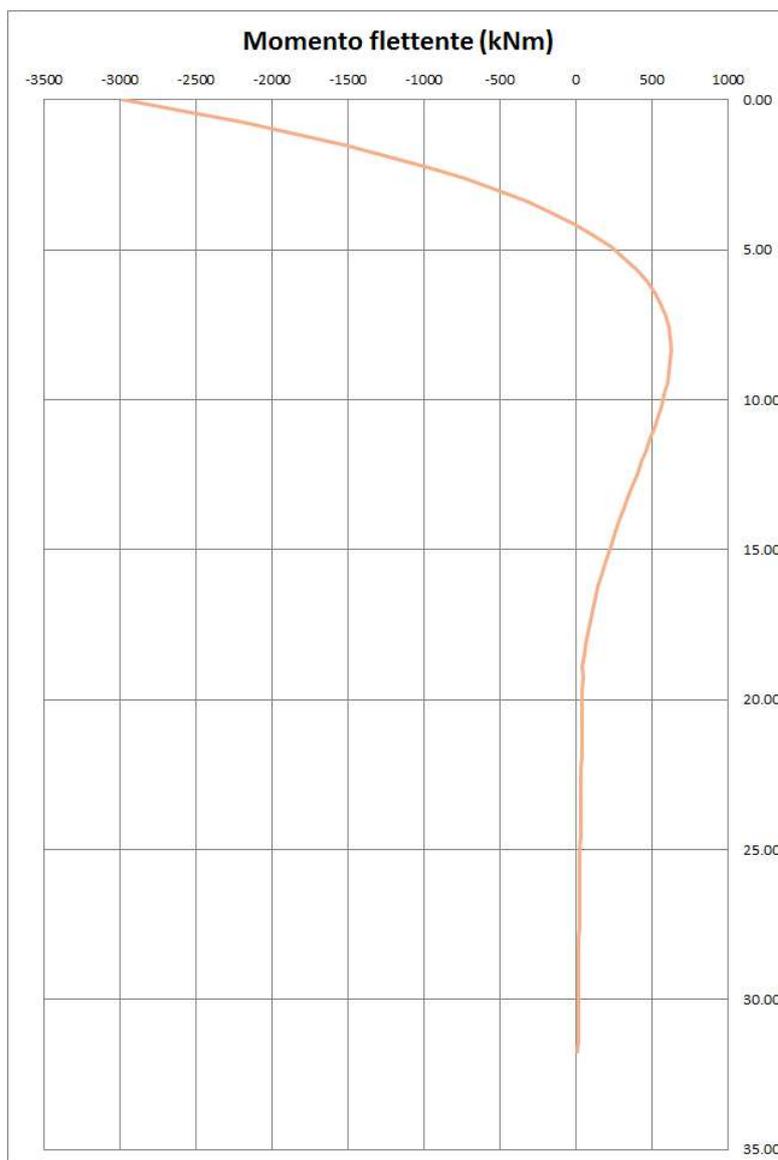
Come si evince dalla tabella, l'interfaccia appare ampiamente verificata; l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante.

10.2.6 Palo di fondazione

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

L'andamento delle sollecitazioni lungo il fusto palo mostra un significativo impegno a flessione e taglio nella zona sommitale, mentre a quote inferiori, il regime è prevalentemente assiale. I diagrammi seguenti riportano l'andamento dell'azione flettente e tagliante S.L.U. rilevati lungo i pali della spalla maggiormente sollecitata (spalla 2).

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



Figura 10.43 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 3.5 metri da intradosso, il valore S.L.U. risulta praticamente dimezzato.

Si prevede pertanto di adottare 2 tipologie di gabbie d'armatura.

Gabbia 1

- Armatura verticale: n. 24 doppi $\varnothing 26$
- Staffatura tipo1: staffe $\varnothing 12/10$ per $-3.5 \leq z \leq 0$
- Staffatura tipo 2: spirale $\varnothing 12/15$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Gabbia 2-3-4

Armatura verticale: n. 24 $\varnothing 24$

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 -9.60m 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

Nelle verifiche strutturali di sezioni armate con barre accoppiate, la considerazione per ciascuna coppia di una barra di area equivalente, è influente solo nelle verifiche a fessurazione e nella determinazione dell'interfero netto minimo fra i gruppi di barre. Nel caso con 2 barre diametro 26 mm il diametro equivalente è pari a $26 \cdot 1.41 = 39$ 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 tabelle seguente riepiloga le sollecitazioni di verifica.

Sollecitazioni di verifica pali spalla

Verifica sez. 1-1 - gabbia 1

	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
Sisma min N	-3227.00	1117.00	2977.00
Sisma max N	-765.00	1117.00	2977.00
S.L.E. min N	-2418.00		830.00
S.L.E. max N	-1885.00		830.00

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

	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
Sisma min N	-3360.60	510.00	320.00
Sisma max N	-863.96	510.00	320.00
S.L.E. min N	-2516.96		100.00
S.L.E. max N	-1983.96		100.00

Verifica sez. 3-3 - gabbia 2 (z = -9.80 m)

	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
Sisma min N	-3601.07	80.00	550.00
Sisma max N	-1042.09	80.00	550.00
S.L.E. min N	-2695.09		180.00
S.L.E. max N	-2162.09		180.00

Tabella 10.36 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. Si è assunta una possibile tolleranza di 1,5 cm nella dimensione del copriferro.

Verifica sezione 1-1 – gabbia 1

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Spalla_Sez1

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastrò
Normativa di riferimento:	EC2/EC8
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

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 ²
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
16	35.3	48.5
17	48.5	35.3

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	48.3	-12.9	24
3	43.3	-25.0	24
4	35.4	-35.4	24
5	25.0	-43.3	24
6	12.9	-48.3	24
7	0.0	-50.0	24
8	-12.9	-48.3	24
9	-25.0	-43.3	24
10	-35.4	-35.4	24
11	-43.3	-25.0	24
12	-48.3	-12.9	24
13	-50.0	0.0	24
14	-48.3	12.9	24
15	-43.3	25.0	24
16	-35.4	35.4	24
17	-25.0	43.3	24
18	-12.9	48.3	24
19	0.0	50.0	24
20	12.9	48.3	24
21	25.0	43.3	24
22	35.4	35.4	24
23	43.3	25.0	24
24	48.3	12.9	24
25	50.0	-2.0	24
26	47.7	-14.9	24
27	42.3	-26.7	24
28	33.9	-36.7	24
29	23.3	-44.3	24
30	11.0	-48.8	24
31	-2.0	-50.0	24
32	-14.9	-47.7	24
33	-26.7	-42.3	24
34	-36.7	-33.9	24
35	-44.3	-23.3	24
36	-48.8	-11.0	24
37	-50.0	2.0	24
38	-47.7	14.9	24
39	-42.3	26.7	24
40	-33.9	36.7	24
41	-23.3	44.3	24
42	-11.0	48.8	24
43	2.0	50.0	24
44	14.9	47.7	24
45	26.7	42.3	24
46	36.7	33.9	24
47	44.3	23.3	24
48	48.8	11.0	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 10.0 cm

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	3227.00	-2977.00	0.00	1117.00	0.00
2	765.00	-2977.00	0.00	1117.00	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	2418.00	-830.00	0.00
2	1885.00	-830.00	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)
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	3227.00	-2977.00	0.00	3226.93	-4378.63	-2.09	1.47	217.1(33.4)
2	S	765.00	-2977.00	0.00	764.92	-3806.08	-0.21	1.28	217.1(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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrip. 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 corrip. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	0.00270	0.0	-50.0	-0.00533	0.0	50.0
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00250	0.0	-50.0	-0.00755	0.0	50.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000080262	-0.001315735	----	----
2	0.000000000	-0.000100466	-0.002527980	----	----

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1117.00	2951.42	1855.70	97.8 83.9	108.5	2.500	1.000	13.6	22.6(0.0)
2	S	1117.00	3002.05	1956.61	99.2 88.4	104.7	2.500	1.000	12.9	22.6(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.70	0.0	-60.0	-32.3	0.0	50.0	626	27.1
2	S	5.60	0.0	-60.0	-47.7	0.0	50.0	858	31.7

Verifica sezione 2-2 – gabbia 1

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Spalla_Sez2

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Margi\pali\Pali_Spalla_Sez2.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

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 ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: 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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	48.3	-12.9	24
3	43.3	-25.0	24
4	35.4	-35.4	24
5	25.0	-43.3	24
6	12.9	-48.3	24
7	0.0	-50.0	24
8	-12.9	-48.3	24
9	-25.0	-43.3	24
10	-35.4	-35.4	24
11	-43.3	-25.0	24
12	-48.3	-12.9	24
13	-50.0	0.0	24
14	-48.3	12.9	24
15	-43.3	25.0	24
16	-35.4	35.4	24
17	-25.0	43.3	24
18	-12.9	48.3	24
19	0.0	50.0	24
20	12.9	48.3	24
21	25.0	43.3	24
22	35.4	35.4	24
23	43.3	25.0	24
24	48.3	12.9	24
25	50.0	-2.0	24
26	47.7	-14.9	24
27	42.3	-26.7	24
28	33.9	-36.7	24
29	23.3	-44.3	24
30	11.0	-48.8	24
31	-2.0	-50.0	24
32	-14.9	-47.7	24
33	-26.7	-42.3	24
34	-36.7	-33.9	24
35	-44.3	-23.3	24
36	-48.8	-11.0	24
37	-50.0	2.0	24
38	-47.7	14.9	24
39	-42.3	26.7	24
40	-33.9	36.7	24
41	-23.3	44.3	24
42	-11.0	48.8	24
43	2.0	50.0	24
44	14.9	47.7	24
45	26.7	42.3	24
46	36.7	33.9	24
47	44.3	23.3	24
48	48.8	11.0	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	3360.60	-320.00	0.00	510.00	0.00
2	863.96	-320.00	0.00	510.00	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	2516.96	-100.00	0.00
2	1983.96	-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)
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	3360.60	-320.00	0.00	3360.74	-4404.84	-2.75	13.77	217.1(33.4)
2	S	863.96	-320.00	0.00	864.00	-3833.85	-0.88	11.98	217.1(33.4)

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00271	0.0	-50.0	-0.00523	0.0	50.0
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00251	0.0	-50.0	-0.00744	0.0	50.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000079378	-0.001262698	----	----
2	0.000000000	-0.000099460	-0.002467607	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.0 cm]

Ver	S = comb. verificata / 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 ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /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	510.00	2944.24	1234.41	97.8 83.7	108.5	2.500	1.000	6.2	15.1(0.0)
2	S	510.00	2997.11	1302.39	99.2 88.3	104.7	2.500	1.000	5.9	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 ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.18	0.0	-60.0	20.9	0.0	50.0	----	----
2	S	1.81	0.0	-60.0	15.3	0.0	50.0	----	----

Verifica sezione 3-3 – gabbia 2

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Spalla_Se3

(Percorso File: C:\PROJECTS\ICT-RG\Margi\pali\Pali_Spalla_Se3.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

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 ²
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
16	35.3	48.5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	48.3	-12.9	24
3	43.3	-25.0	24
4	35.4	-35.4	24
5	25.0	-43.3	24
6	12.9	-48.3	24
7	0.0	-50.0	24
8	-12.9	-48.3	24
9	-25.0	-43.3	24
10	-35.4	-35.4	24
11	-43.3	-25.0	24
12	-48.3	-12.9	24
13	-50.0	0.0	24
14	-48.3	12.9	24
15	-43.3	25.0	24
16	-35.4	35.4	24
17	-25.0	43.3	24
18	-12.9	48.3	24
19	0.0	50.0	24
20	12.9	48.3	24
21	25.0	43.3	24
22	35.4	35.4	24
23	43.3	25.0	24
24	48.3	12.9	24

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3601.07	-550.00	0.00	80.00	0.00
2	1042.09	-550.00	0.00	80.00	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)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2695.09	-180.00	0.00
2	2162.09	-180.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7 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	3601.07	-550.00	0.00	3601.07	-3045.22	0.00	5.54	108.6(33.4)
2	S	1042.09	-550.00	0.00	1042.35	-2325.54	0.00	4.23	108.6(33.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00265	0.0	-50.0	-0.00589	0.0	50.0
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00231	0.0	-50.0	-0.00960	0.0	50.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000085326	-0.001619572	----	----
2	0.000000000	-0.000119123	-0.003647409	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e D_{med} .
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura proiettata sulla direzione del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	80.00	2989.69	938.73	97.8 84.8	108.6	2.500	1.000	1.0	11.3(0.0)
2	S	80.00	2976.85	1016.13	100.7 91.8	99.9	2.500	1.000	0.9	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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.02	0.0	-60.0	20.3	0.0	50.0	----	----
2	S	2.60	0.0	-60.0	14.1	0.0	50.0	----	----

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 rigidità complessiva del sistema, tarata in modo da conferire un adeguato grado di disaccoppiamento.

Le caratteristiche effettive dei dispositivi vengono ricavate dalla produzione in serie di uno dei maggiori produttori nazionali.

Si adottano dispositivi di differenti caratteristiche per le spalle e per le pile.

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Dispositivi HDRB

Parametri di base (dispositivi HDRB - mescola "N")				
M	1.67E+06	kg		
Tobiettivo	2.2			
keff	13.64			
ξ_{esi}	15	%		
ag(SLV)	0.212	(g)		
d2esi	255.37	mm		
	spalla	pila		
num.	4	4		
keq	1.48	2.23	kN/mm	rigidezza elastica
$\xi_{eff,i}$	15	15	%	
Proprietà del sistema				
kesi	14.84	kN/mm	= Σ keff	
ξ_{esi}	15.00	%		
T (keff)	2.11	s		
ag (SLV)	0.222	(g)	ag (SLC)	0.291
d2esi	244.78	mm	d2esi	321.88 mm
F2esi(2)	3632.60	kN	F2esi(2)	4776.67 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.

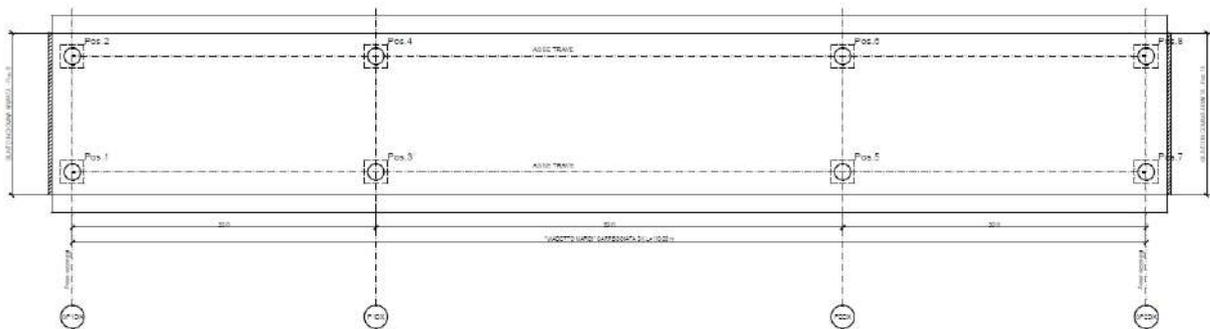


Figura 11.1 Pianta appoggi

Si individua con:

Pos. 1-2-7-8: appoggi sulle spalle

Pos. 3-4-5-6: appoggi sulle pile

Pos. 9-10: giunti

Allo scopo di evitare la decompressione degli appoggi di spalla in tutti gli Stati Limite previsti, viene predisposta una distorsione di progetto equivalente ad una differenza di quota tra gli appoggi delle spalle e quelli della pila pari a 30 cm.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Operativamente, tale distorsione verrà impressa in fase 1, prima del getto della soletta.

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 max/min F_x , F_y , F_z dal modello FEM in corrispondenza degli elementi indicati.

Vista la tipologia delle apparecchiature, le sollecitazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicata con F_h .

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase esercizio

posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	Max F_h	Max F_z	Max F_h	Max F_z	Max F_h	Max F_z	Max F_h	Max F_z
1	196.07	2965.64	131.29	2212.95	29.73	1653.02	14.27	849.95
2	195.99	2965.83	131.22	2213.07	29.64	1653.00	14.28	849.93
3	301.96	8024.33	201.71	5936.91	42.01	4711.54	12.35	3465.60
4	301.75	8024.16	201.56	5936.81	41.94	4711.58	12.34	3465.64
5	301.88	8030.71	201.59	5941.47	41.93	4713.07	12.23	3465.55
6	302.08	8030.50	201.76	5941.34	42.03	4713.07	12.24	3465.56
7	195.28	2958.36	130.72	2207.89	29.59	1651.59	14.18	849.89
8	195.46	2958.49	130.88	2207.96	30.20	1651.52	14.58	849.81

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
	Max F_h	F_z	Max F_h	F_z	Max F_h	F_z
1	111.36	954.63	387.28	1308.13	505.37	1506.42
2	111.82	954.89	387.68	1308.65	505.74	1507.02
3	157.12	3598.81	567.41	4093.27	746.16	4400.63
4	157.36	3599.22	570.83	4094.04	749.50	4401.56
5	157.44	3600.43	571.25	4098.98	750.08	4408.15
6	157.18	3600.22	569.98	4098.39	748.90	4407.49
7	111.68	950.90	387.44	1294.33	505.46	1488.40
8	112.27	950.76	389.72	1293.80	508.46	1487.73

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	1-2-7-8	200.00	3000.00	200.00	2300.00	100.00	1700.00	100.00	900.00
Pila P1 - P2	3-4-5-6	400.00	8100.00	300.00	6000.00	100.00	4800.00	100.00	3500.00

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	1-2-7-8	200.00	1000.00	400.00	1400.00	600.00	1600.00
Pila P1 - P2	3-4-5-6	200.00	3600.00	600.00	4100.00	800.00	4500.00

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 involuipi.

Deformazioni massime dispositivi elastomerici (mm) - fase di esercizio e sismica

posiz.	S.L.U. max δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
1	132.48	88.71	20.09	9.64	75.24	261.67	341.47
2	132.43	88.66	20.02	9.65	75.55	261.94	341.72
3	135.41	90.45	18.84	5.54	70.46	254.44	334.60
4	135.31	90.38	18.81	5.54	70.57	255.98	336.10
5	135.37	90.40	18.80	5.48	70.60	256.17	336.36
6	135.46	90.48	18.85	5.49	70.49	255.59	335.83
7	131.94	88.32	19.99	9.58	75.46	261.78	341.52
8	132.06	88.44	20.40	9.85	75.86	263.33	343.55

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 δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
Sp A-B	1-2-7-8	133.00	89.00	21.00	10.00	76.00	264.00	344.00
Pila P1 - P2	3-4-5-6	136.00	91.00	19.00	6.00	71.00	256.00	337.00

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

Si effettua il controllo delle minime azioni di compressione insistenti sui dispositivi.

Si evidenzia che, a causa dei vincoli imposti dalla preesistenze, la geometrizzazione delle campate contempla un discreto sbilanciamento verso le campate interne, che non garantisce sulle spalle lo sviluppo di una adeguata azione di compressione.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

E' stata quindi predisposta una specifica distorsione di progetto, implementata in fase di montaggio della carpenteria metallica, atta a garantire a tutti i dispositivi un buon grado di compressione sotto tutti gli S.L. di rilievo.

La verifica viene effettuata con diretto riferimento agli involuipi:

S.L.U. STR – max Fz

Gk + Ed - Sisma SLV – max Fz

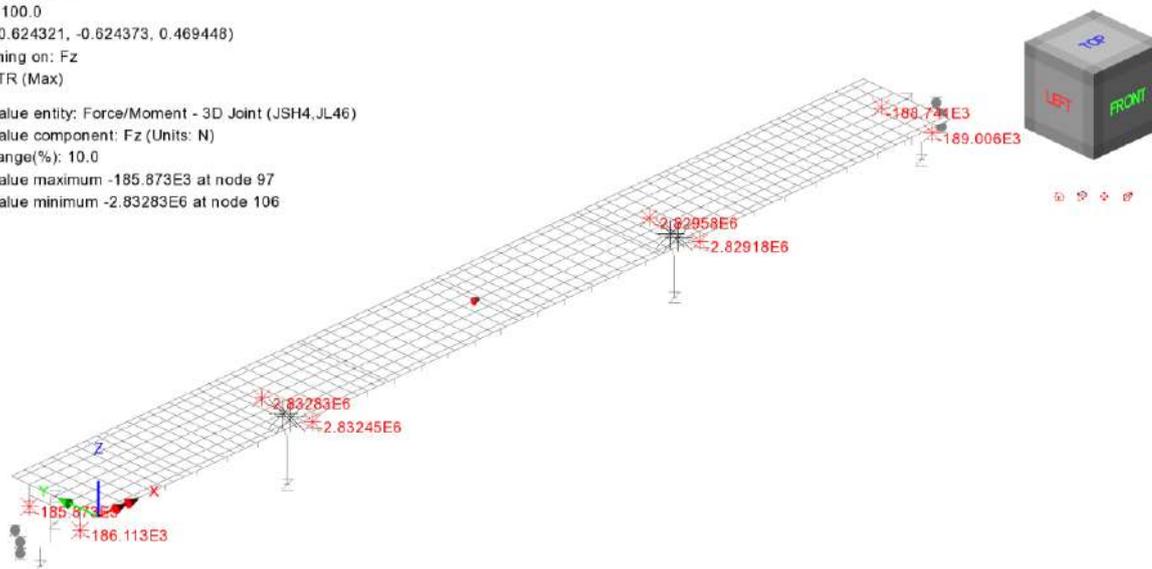
S.L.E. – max Fz

Il valore delle massime reazioni rilevate (minimo valore di compressione) viene riportato direttamente sul modello per tutti i dispositivi. (NB nei diagrammi, le compressioni presentano valore negativo – Fz < 0).

S.L.U. STR

Scale: 1: 525.591
Zoom: 100.0
Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)
Combining on: Fz
SLU STR (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4.JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum -185.873E3 at node 97
Peak/value minimum -2.83283E6 at node 30



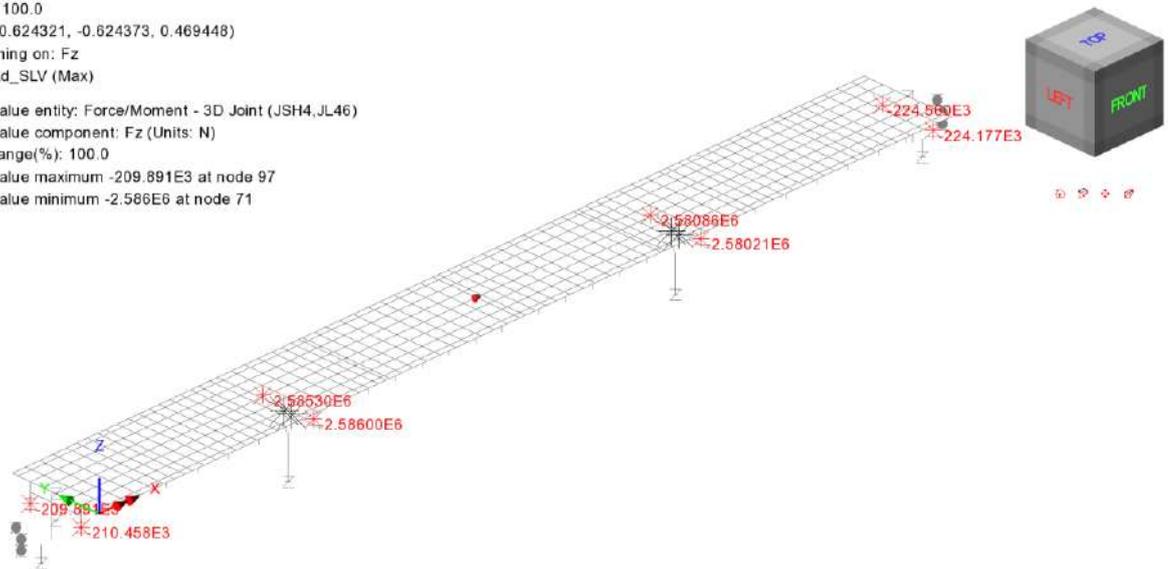
Max N = -189 kN

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Gk + Ed SLV

Scale: 1: 525.591
Zoom: 100.0
Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)
Combining on: Fz
Gk + Ed_SLV (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -209.891E3 at node 97
Peak/value minimum -2.586E6 at node 71

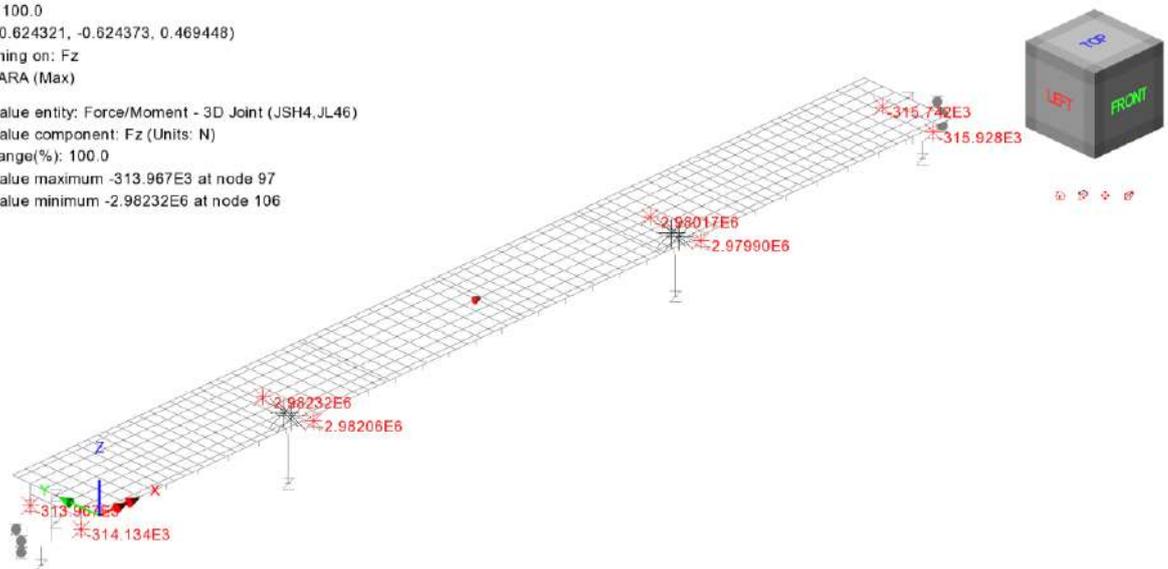


Max N = -224 kN

S.L.E. caratteristica

Scale: 1: 525.591
Zoom: 100.0
Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)
Combining on: Fz
SLE RARA (Max)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4, JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -313.967E3 at node 97
Peak/value minimum -2.98232E6 at node 106



Max N = -314 kN

I dispositivi di vincolo mostrano la permanenza di un buon grado di compressione in tutti gli S.L. considerati.

11.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC

Le apparecchiature prescelte da catalogo presentano uno spostamento massimo ammissibile pari a 350 mm.

Il confronto di tale valore con il massimo valore SLC rilevato, riporta un soddisfacente rapporto di sfruttamento:

$$\delta_{SLC}/\delta u = 344/350 = 0.98$$

Il dispositivo prescelto appare pertanto idoneo.

11.2.4 Verifica massime rotazioni

Le massime rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti, tratti direttamente dal modello FEM.

Il numero in rosso evidenzia la massima rotazione positiva, mentre il numero in blu la minima rotazione negativa ricavata dagli involuipi.

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: 525.591
Zoom: 100.0
Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)
Combining on: By
SLU STR (Max)

Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4, JL46)
Peak/value component: By (Units: 1/m)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0190152 at node 62
Peak/value minimum -0.0134267 at node 86

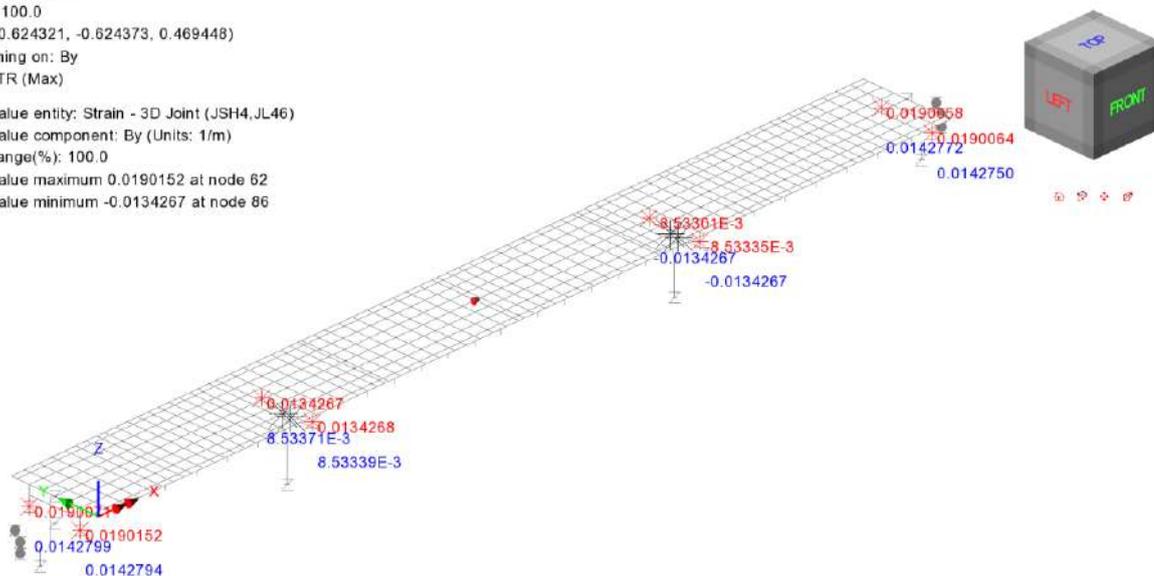


Figura 11.2 Massime Rotazioni By, SLU

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 525.591

Zoom: 100.0

Eye: (-0.624321, -0.624373, 0.469448)

Combining on: By

SLE RARA (Max)

Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4, JL46)

Peak/value component: By (Units: 1/m)

Peak range(%): 100.0

Peak/value maximum 0.0155755 at node 62

Peak/value minimum -0.0107453 at node 86

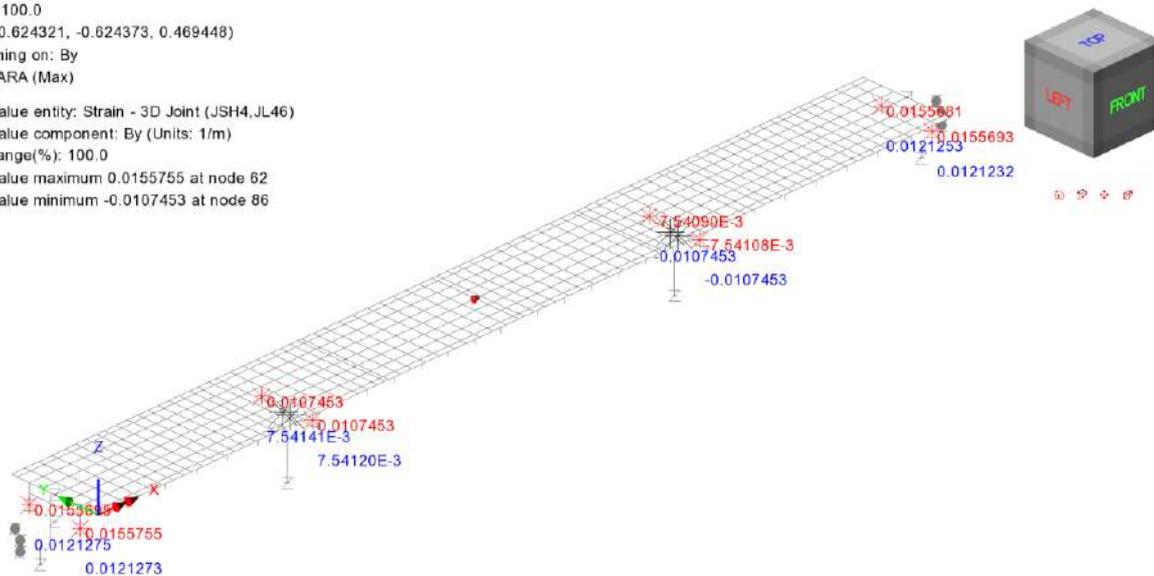


Figura 11.3 Massime Rotazioni B_y , SLE

Le rotazioni estratte dal modello FEM 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, esse devono venire depurate dalla rotazione imposta alla trave dalla presenza delle contromonte di officina (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.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Compensazione rotazioni assi appoggio (*)

Spalla A	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,cr}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	η ($b_{y,cr}/b_{y,lim}$)
S.L.U., max	1.90E-02	1.25E-02	6.50E-03	1.00E-02	0.65
S.L.U., min	1.42E-02	1.25E-02	1.70E-03	1.00E-02	0.17
S.L.E., max	1.56E-02	1.25E-02	3.10E-03	1.00E-02	0.31
S.L.E., min	1.21E-02	1.25E-02	-3.99E-04	1.00E-02	0.04

Pila 1	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,cr}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	η ($b_{y,cr}/b_{y,lim}$)
S.L.U., max	1.34E-02	1.25E-02	9.01E-04	1.00E-02	0.09
S.L.U., min	8.53E-03	1.25E-02	-3.97E-03	1.00E-02	0.40
S.L.E., max	1.07E-02	1.25E-02	-1.80E-03	1.00E-02	0.18
S.L.E., min	7.54E-03	1.25E-02	-4.96E-03	1.00E-02	0.50

Pila 2	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,cr}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	η ($b_{y,cr}/b_{y,lim}$)
S.L.U., max	-1.34E-02	-1.25E-02	-9.01E-04	1.00E-02	0.09
S.L.U., min	-8.53E-03	-1.25E-02	3.97E-03	1.00E-02	0.40
S.L.E., max	-1.07E-02	-1.25E-02	1.80E-03	1.00E-02	0.18
S.L.E., min	-7.54E-03	-1.25E-02	4.96E-03	1.00E-02	0.50

Spalla B	$b_{y,Ed}$ (rad)	$b_{y,comp}$ (rad)	$b_{y,cr}$ (rad)	$ b_{y,lim} $ (rad)	η ($b_{y,cr}/b_{y,lim}$)
S.L.U., max	1.34E-02	1.25E-02	9.01E-04	1.00E-02	0.09
S.L.U., min	8.53E-03	1.25E-02	-3.97E-03	1.00E-02	0.40
S.L.E., max	1.07E-02	1.25E-02	-1.80E-03	1.00E-02	0.18
S.L.E., min	7.54E-03	1.25E-02	-4.96E-03	1.00E-02	0.50

N.B. rotazioni by riferite al sistema di riferimento locale joints.

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: 393.693
Zoom: 112.0
Eye: (-0.644379, -0.644993, 0.410804)
Combining on: Ey
SLE RARA - Vento dom (Max)
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Ey (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0905068 at node 71
Peak/value minimum 0.0 at node 12

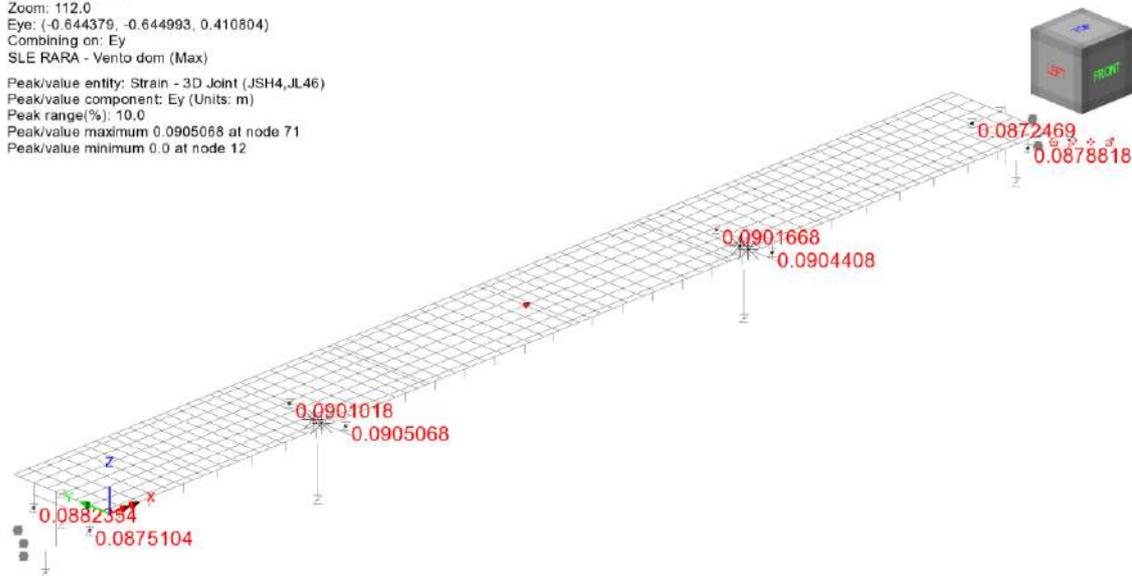


Figura 11.4 Massimo spostamento trasversale Ey, SLE rara

S.L.E. frequente – vento dominante

Scale: 1: 393.693
Zoom: 112.0
Eye: (-0.644379, -0.644993, 0.410804)
Combining on: Ey
SLE FREQ - Vento dom (Max)
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Ey (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.0183781 at node 86
Peak/value minimum 0.0 at node 12

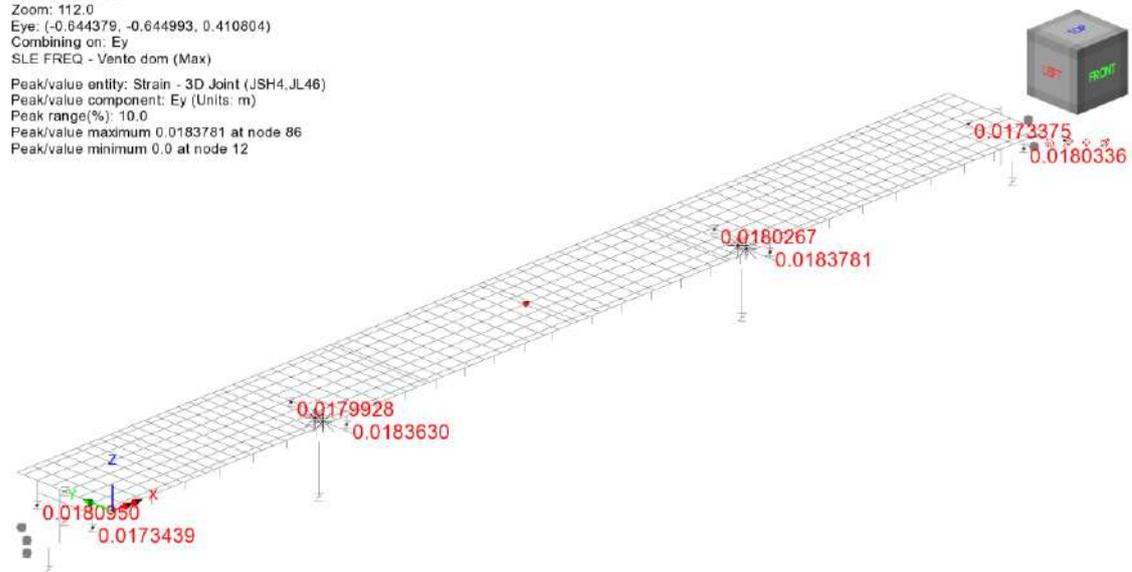


Figura 11.5 Massimo spostamento trasversale Ey, SLE frequente

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Come si può notare, il massimo spostamento orizzontale rilevato agli appoggi è risultato:

S.L.E. rara: 91 mm

S.L.E. frequente: 18 mm

Si evidenzia che i valori rilevati rappresentano un limite superiore degli effettivi spostamenti rilevabili sul manufatto. Infatti, la rigidità dei dispositivi di vincolo ad alta dissipazione presenta, per piccoli spostamenti, un valore generalmente più elevato secondo un rapporto intorno a 1.5/2, maggiore rigidità che contribuisce in pari misura a ridurre le deformazioni orizzontali rilevate per effetto del vento, le quali si ritengono ammissibili.

11.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI

11.3.1 Giunti

Le deformazioni massime /minime dei dispositivi di giunto (pos. 9 e 10) vengono rilevate da specifici elementi "joint" posizionati nel modello FEM in corrispondenza dell'asse impalcato (elementi n. 1075, 1076).

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

Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura)

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	9	79.68	-71.86	60.64	-54.10	14.59	-7.91	13.28	-5.62
SpB	10	79.56	-71.86	60.55	-54.11	14.52	-7.93	13.21	-5.65

Tabella 11.7 Corse longitudinali giunti - esercizio

Escursione longitudinale giunti (ap/chiusura) - sismica

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		apertura	chiusura	apertura	chiusura	apertura	chiusura
Sp A	9	78.21	-70.56	261.24	-253.59	339.43	-331.78
SpB	10	78.14	-70.58	261.17	-253.61	339.36	-331.80

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

Escursione complessiva giunti (mm) - fase di esercizio

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		tot δx	tot δy						
Sp A	9	151.53	263.78	114.75	175.97	22.51	34.96	18.90	0.01
SpB	10	151.42	262.86	114.66	175.33	22.45	22.45	18.85	0.04

Tabella 11.9 Corse lg/trv giunti - esercizio

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Escursione complessiva giunti (mm) - fase sismica

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max δ_x	max δ_y	max δ_x	max δ_y	max δ_x	max δ_y
Sp A	9	148.77	125.60	514.83	476.22	671.21	626.23
SpB	10	148.72	125.03	514.78	473.98	671.16	623.27

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 (*)			
		δ_x pos	δ_x neg	tot δ_x	tot δ_y	δ_x pos	δ_x neg	tot δ_x	tot δ_y	δ_x pos	δ_x neg	tot δ_x	tot δ_y
Sp A	9	70.00	-60.00	120.00	180.00	80.00	-80.00	150.00	130.00	270.00	-260.00	520.00	480.00
Sp B	10	70.00	-60.00	120.00	180.00	80.00	-80.00	150.00	130.00	270.00	-260.00	520.00	480.00

(*) 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" = 72 mm
- Gk + Ed S.L.C. max esc. "chiusura" = 332 mm

Il minimo varco strettamente necessario risulta pertanto pari a:

$$\Delta = 332 \text{ mm}$$

Le carpenterie verranno predisposte considerando un varco effettivo ragionevolmente più ampio, pari a 340 mm.

12. VALUTAZIONI PER VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI

12.1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

Il comportamento globale della struttura è fortemente influenzato dalla presenza degli dispositivi di vincolo ad alta dissipazione che, ai fini delle analisi e delle conseguenti verifiche, sono stati implementati attraverso le opportune caratteristiche equivalenti "nominali".

Nello spirito di quanto indicato da NTC2008, 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 suddetti effetti, determinando per tale parametro un valore "Upper Bound" ed un "Lower Bound"

Non essendo, allo stato attuale del progetto, in possesso dei certificati di prova e/o qualificazione delle apparecchiature effettivamente in via di installazione, per i suddetti parametri si fa preliminare riferimento a quanto previsto da NTC2018, cap. 11, che fissa, in termini generali, le seguenti tolleranze:

- Produzione: +/- 20 %
- Temperatura: +/- 20 % (*)
- Invecchiamento: +/- 20 % (*)

Per gli effetti di temperatura ed invecchiamento, come tra l'altro confermato da EN 1998-2, è possibile riferirsi solamente a variazioni di segno "positivo", dato che gli effetti di temperatura ed invecchiamento tendono in generale a fornire solo un incremento di 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):

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

$$LBDP = [1-(0.2)] = 0.8 DP$$

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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:

$$UBDP = 1.44 DP$$

$$LBDP = 0.8 \times DP$$

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"
 - Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda sulle sottostrutture (elevazioni e fondazioni)
 - Confronto con le sollecitazioni di progetto ottenute attraverso l'utilizzo dei valori nominali, valutazione dei nuovi rapporti di sfruttamento ed (eventuale) incremento delle capacità maggiormente influenzate. Verranno prese in esame le seguenti grandezze:
 - Periodo di Vibrazione
 - Sollecitazioni ai baggioli
 - Sollecitazioni al piede sostegni (pile e spalle)
 - Sollecitazioni intradosso fondazione

- Per l'analisi "Lower Bound"
 - Esame dei risultati ottenuti in termini di domanda in spostamento
 - Confronto ed eventuale aggiornamento delle capacità in spostamento progettate con riferimento ai valori nominali. Verranno prese in esame le seguenti grandezze:
 - Massima escursione di "Chiusura" in corrispondenza del giunto di dilatazione.

In sostanza, l'analisi lower bound verrà impiegata per la valutazione della capacità dei varchi giunti.

12.2 ANALISI STRUTTURALE

Si richiamano di seguito i valori nominali impiegati nella progettazione:

Dispositivi HDRB – mescola "N":

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

Diam = 700 mm / H=327 mm per le spalle $K_e = 1.48 \text{ kN/mm}$.

Pertanto, si considererà:

Per le pile:

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

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

Per le spalle:

$K_{e,UB} = 1.44 \times 1.48 = 2.13 \text{ kN/mm}$

$K_{e,LB} = 0.8 \times 1.48 = 1.18 \text{ kN/mm}$

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".

$T_{UB} = 1.793 \text{ s}$

$T_{UB}/T_{Nom} = 1.793 / 2.109 = 0.85$

Scale: 1: 452.268
Zoom: 112.0
Eye: (-0.58863, -0.742508, 0.319682)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06 - Modale
Loadcase: 26:Mode, 26:Mode 1 Frequency = 0.557837
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx_UB-06 - Modale.mys
Eigenvalue: 12.285
Natural frequency: 0.557837
Error norm: 19.5716E-9
Maximum displacement 0.798794E-3 at node 409
Deformation exaggeration: 3.39713E3

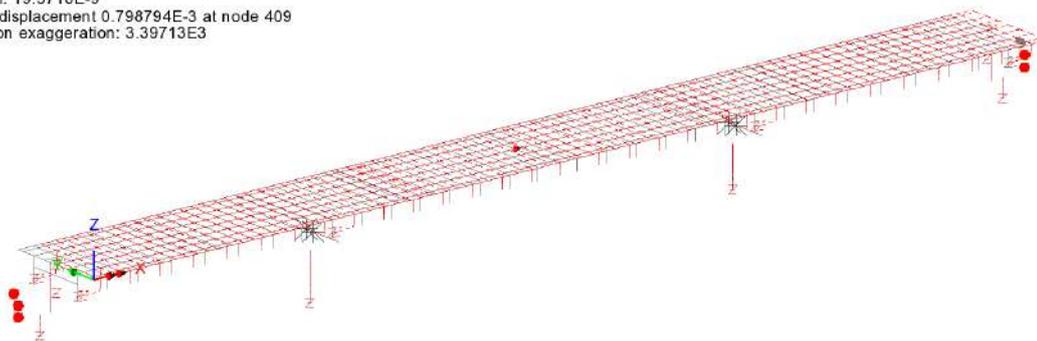


Figura 12.1 Periodo UB DP Analysis

12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)

Scale: 1: 513.567
Zoom: 110.714
Eye: (-0,544478, -0,743611, 0,388054)
Combining on: Fh
Gk + Ed_SLC (solo per appoggi (Max))
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fh
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 3,8355E6 at Gauss point 1 of element 8
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 1075

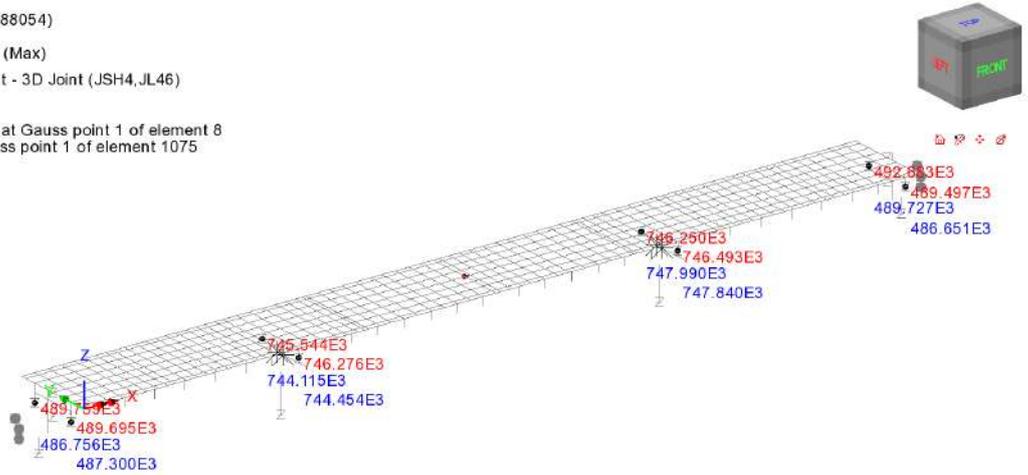


Figura 12.2 Reazioni orizzontali SLC - NomDP Analysis

Scale: 1: 452.268
Zoom: 112.0
Eye: (-0,58863, -0,742508, 0,319682)
Combining on: Fh
Gk + Ed_SLC (solo per appoggi (Max))
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fh
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 4,0265E6 at Gauss point 1 of element 8
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 1075

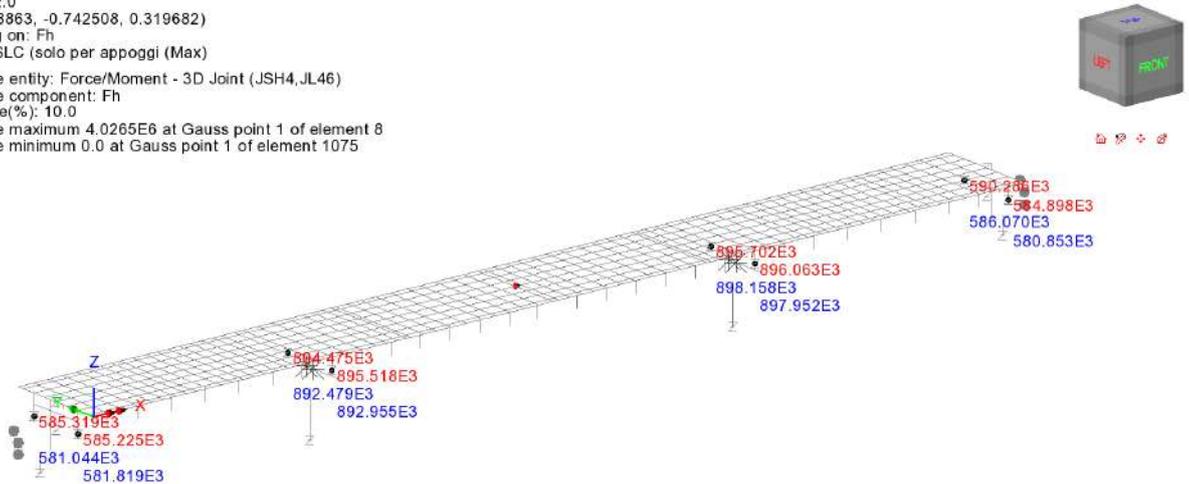


Figura 12.3 Reazioni ai baggioli - UBDP Analysis

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

$$\eta = 898/748 = 1.20 \quad \text{per i baggioli sulle pile}$$

$$\eta = 590/490 = 1.20 \quad \text{per i baggioli sulle spalle}$$

12.2.1.3 Spiccato e fondazioni pile

In figura si riportano le sollecitazioni rappresentative, per sisma SLV (massimo / minimo momento flettente longitudinale My e trasversale Mz) rilevate lungo il fusto e fondazione appartenenti alla pila 1, che risulta tra le due presenti, quella maggiormente sollecitata.

Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.

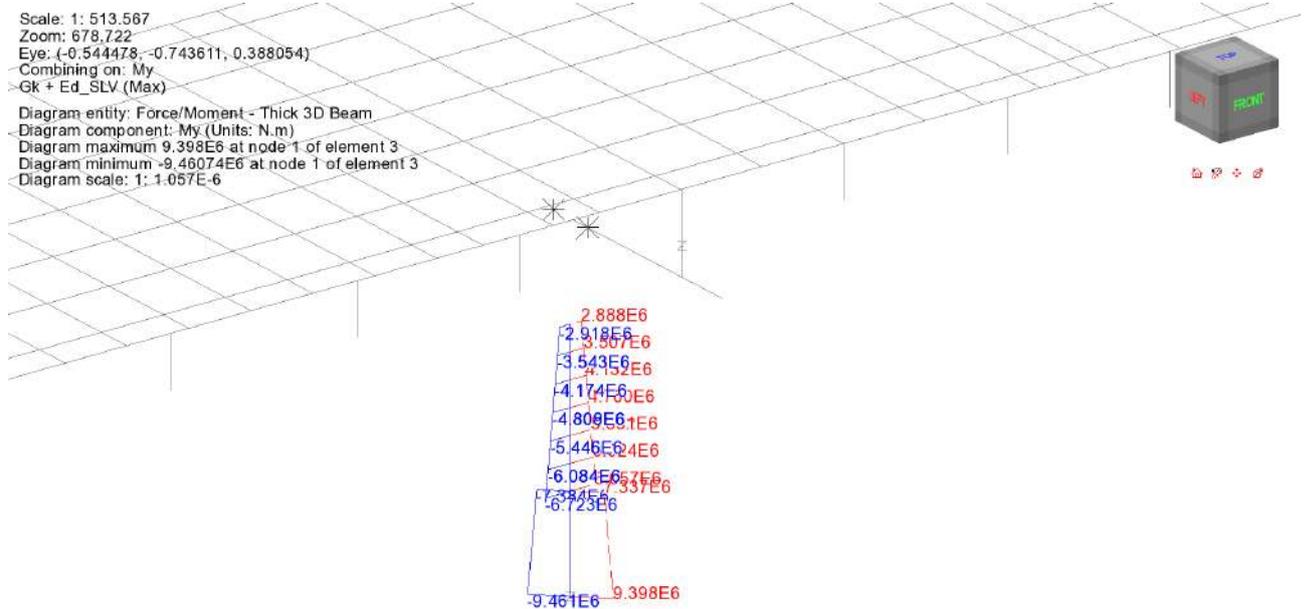


Figura 12.4 My SLV pila - NomDP analysis

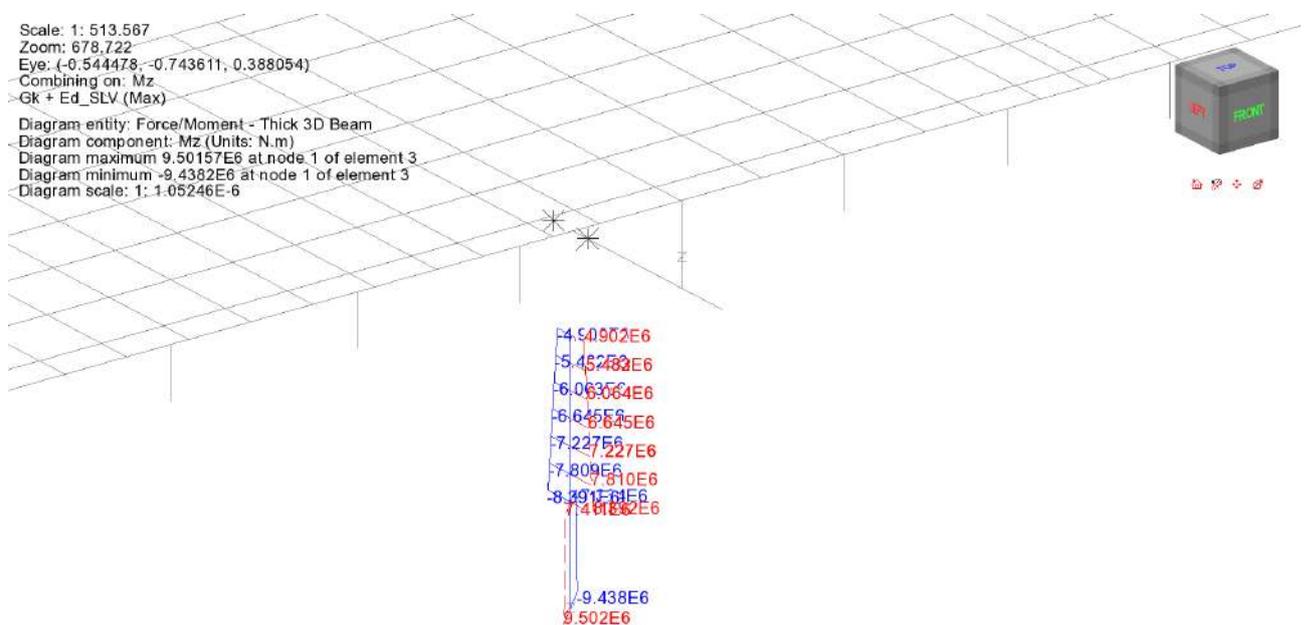


Figura 12.5 Mz SLV pila - NomDP analysis

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

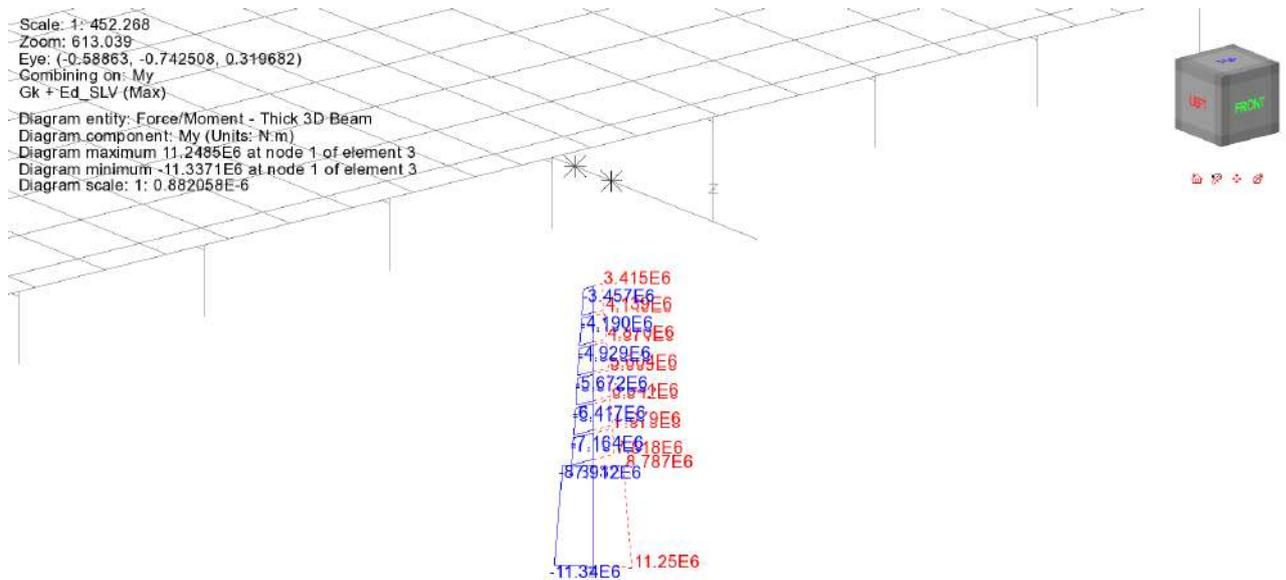


Figura 12.6 My SLV pila - UBDP analysis

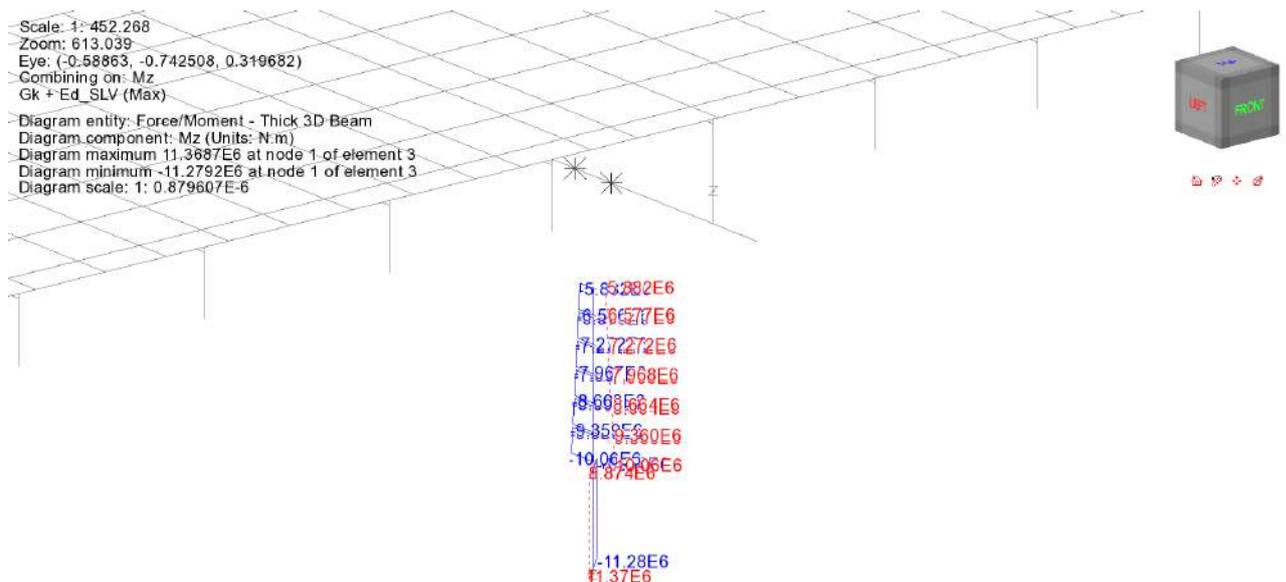


Figura 12.7 Mz SLV pila - UBDP analysis

12.2.1.4 Spiccato paramento e fondazione spalla

In figura si riportano le sollecitazioni rappresentative, per sisma SLV (massimo momento longitudinale My) in corrispondenza della spalla 2, che risulta essere quella maggiormente sollecitata.

Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 513.567
Zoom: 841.615
Eye: (-0.544478, -0.743611, 0.388054)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -32.4314E6 at node 9 of element 14
Diagram scale: 1: 0.308343E-6

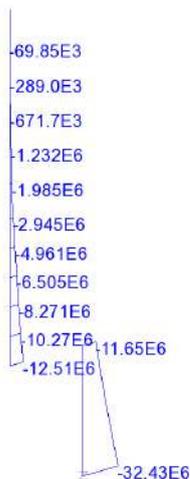


Figura 12.8 My SLV Spalla – NomDP Analysis

Scale: 1: 452.268
Zoom: 694.578
Eye: (-0.58863, -0.742508, 0.319682)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram minimum -33.1007E6 at node 9 of element 14
Diagram scale: 1: 0.302108E-6

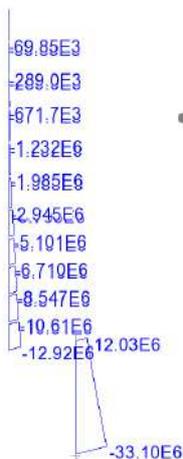


Figura 12.9 My SLV Spalla – UBDP Analysis

Come si può vedere direttamente dall'esame dei valori numerici, si rilevano differenze di rilievo solamente per quanto riguarda il comportamento della pila.

12.2.2 Analisi "Lower Bound"

12.2.2.1 Periodo di vibrazione

Di seguito il primo modo di vibrare valutato con riferimento ai DP "Lower Bound" (LB DP Analysis).

Scale: 1: 398.993
Zoom: 100.0
Eye: (-0.608923, -0.700568, 0.372045)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06 - Modale
Loadcase: 26: Mode, 26: Mode 1 Frequency = 0.420433
Results file: Margi_sottostrutture_r04_dx_LB-06 - Modale.mys
Eigenvalue: 6.97835
Natural frequency: 0.420433
Error norm: 33.2926E-9
Maximum displacement 0.789726E-3 at node 409
Deformation exaggeration: 3.03138E3

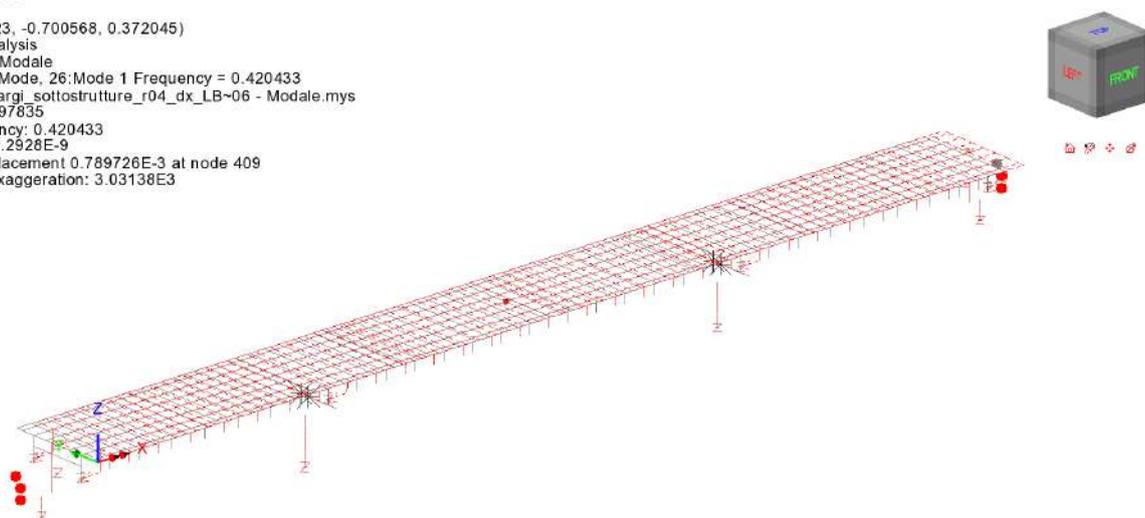


Figura 12.10 Periodo LB

$$T_{LB} = 2.38 \text{ s}$$

$$T_{LB}/T_{Nom} = 2.38 / 2.109 = 1.12$$

12.2.2.2 Escursione ai giunti

Di seguito si richiama il valore di massima "chiusura" rilevato al giunto spalla con i DPNominali, ed il valore valutato con riferimento ai DP "Lower Bound".

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 513.567
Zoom: 124.0
Eye: (-0.60703, -0.664555, 0.435754)
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 0.261241 at node 978
Peak/value minimum -0.263247 at node 95

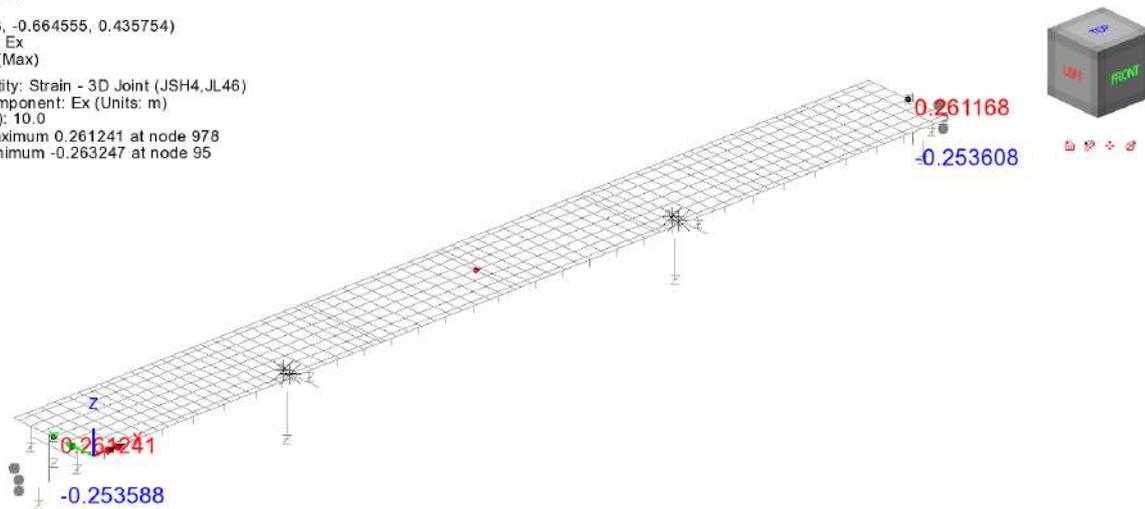


Figura 12.11 Escursione lg giunti SLV – NomDP analysis

Scale: 1: 398.993
Zoom: 100.0
Eye: (-0.608923, -0.700568, 0.372045)
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 0.289532 at node 978
Peak/value minimum -0.292215 at node 95

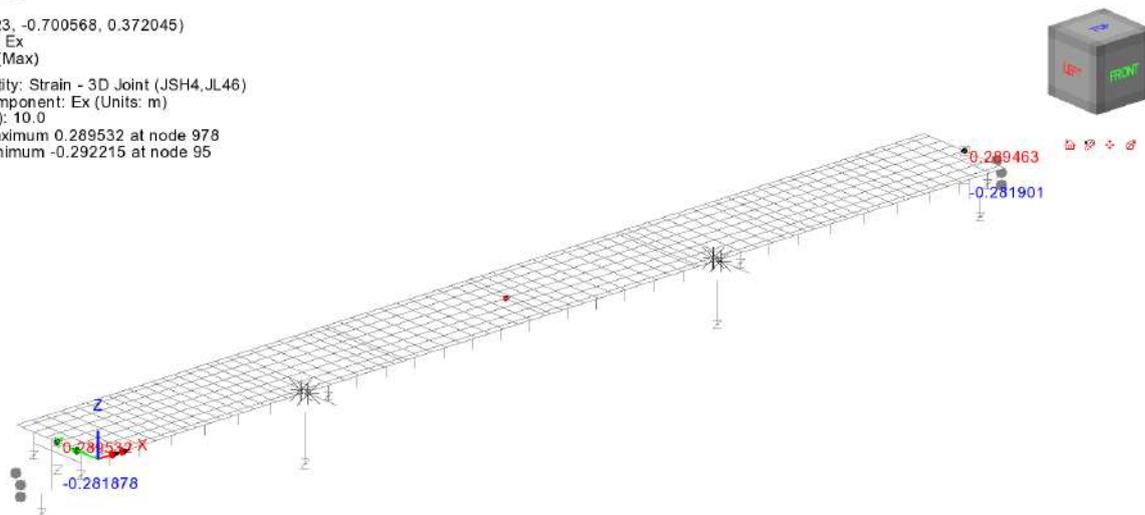


Figura 12.12 Escursione lg giunti SLV – LBDP analysis

(i valori in rosso in figura indicano la apertura, quelli in blu la chiusura)

Il rapporto dei valori inerenti la "chiusura" rilevata con riferimento ai valori LB rispetto ai valori nominali restituisce:

$$\eta = 281/253 = 1.11$$

12.3 CONCLUSIONI

Si è effettuato il confronto delle grandezze maggiormente rappresentative, influenzate dalla potenziale variazione delle caratteristiche di rigidità degli isolatori.

Di seguito la sintesi dei controlli.

12.3.1 Reazioni sui baggioli

Si rileva un incremento della massima reazione SLC all'appoggio inferiore al 21 %.

L'influenza di tale variazione è stata valutata sull'esito delle verifiche dei meccanismi resistenti dei baggioli, confermando, nel complesso, l'esito delle verifiche.

In particolare, considerando anche il contributo resistente indotto dalla minima componente verticale concomitante, la variazione del rapporto di sfruttamento risulta come segue:

Baggioli pile

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 749 / 2166 = 0.35 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 901 / 2106 = 0.43 \quad \text{analisi UBDP}$$

Baggioli spalle

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 508 / 814 = 0.62 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 613 / 795 = 0.77 \quad \text{analisi UBDP}$$

12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali

Le sollecitazioni lungo la spalla (spiccato paramento e fondazione) risultano dominate dalle azioni originate sulla spalla stessa, dovuta alle spinte ed alle masse in gioco, risultando le azioni trasmesse dall'impalcato di minore rilievo.

Per questo motivo, l'incremento di sollecitazione trasmesse dall'impalcato induce sul comportamento flessionale longitudinale della spalla variazioni molto limitate.

Il rapporto tra le sollecitazioni "Upper Bound" e quelle ricavate sulla base dei valori nominali risulta:

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 12.9/12.5 = 1.03 \quad \text{per lo spiccato paramento}$$

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 33.1/32.4 = 1.02 \quad \text{per l'intradosso fondazione}$$

In ambedue i casi, si tratta pertanto di variazioni particolarmente limitate, e non in grado di influenzare i rapporti di sfruttamento ricavati in fase di verifica, rispettivamente per gli elementi strutturali di elevazione e fondazione e, rispettivamente, per le sottofondazioni.

12.3.3 Sollecitazioni pila

12.3.3.1 Fusto pila

Le sollecitazioni sulla pila 1 rilevano, come prevedibile, un incremento delle sollecitazioni sismiche paragonabile percentualmente a quello rilevato in corrispondenza degli appoggi, data la limitata snellezza della pila.

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Per lo spiccato fusto, il rapporto tra i valori flettenti rilevati nell'analisi UB e quelli rilevati dall'analisi con valori nominali risulta:

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 7912 / 6723 = 1.18$$

$$M_{z,UB} / M_{z,NOM} = 10060 / 8392 = 1.20$$

Esaminando i risultati delle verifiche riportati in 10.1.1., con particolare riferimento ai risultati contenuti nei tabulati di RC-Sec inerenti le verifiche per tensioni normali in fase sismica (n. comb. da 7 a 12), si rileva la presenza di un coefficiente di sicurezza minimo pari rispettivamente a 1.37 per le combinazioni max/min Mz (n. 11 e n. 12) e pari a 1.62, per le combinazioni max/min My (comb. n. 9 e 10).

Data la sostanziale equivalenza dell'azione assiale concomitante, la presenza di un incremento dell'azione flettente, si traduce in una proporzionale riduzione del coefficiente di sicurezza, il che consente di prevedere la presenza di un coefficiente ancora maggiore dell'unità, pure in presenza dei valori "upper bound" di analisi.

Il valore di $V_{Rc,d}$ calcolato, risulta ampiamente in grado di soddisfare l'incrementata domanda in termini di azione tagliante.

12.3.3.2 Platea

Le verifiche sugli elementi della platea sono condizionate dalle azioni assiali S.L.U. non sismiche nei pali, che risultano in questo caso dimensionanti, e scarsamente sensibili alla variazione di rigidità degli isolatori.

Si può pertanto ritenere che la variazione "UB" non abbia sostanziale influenza sull'esito finale delle verifiche della platea.

12.3.3.3 Pali

Qui di seguito si riportano, limitatamente alla condizione sismica, i valori dei sforzi assiali nei pali, al netto dell'incremento per considerare la presenza del rinterro al di sopra della platea di fondazione, rispettivamente per l'analisi con valori nominali (per la quale si richiamano i valori tabellari riportati in relazione) e per l'analisi "upper bound".

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	Np5	Np6	
Ed SLV max N	-2932.81	-2454.25	-1975.70	-1674.21	-1195.66	-717.10	
Ed SLV min N	-1025.07	-1509.29	-1993.50	-2268.65	-2752.87	-3237.08	
Ed SLV max My	-3086.96	-2574.15	-2061.35	-1685.32	-1172.52	-659.71	
Ed SLV min My	-869.09	-1385.42	-1901.74	-2261.44	-2777.76	-3294.08	
Ed SLV max Mx	-3081.40	-2557.03	-2032.67	-1710.56	-1186.19	-661.83	-659.71
Ed SLV min Mx	-874.65	-1402.54	-1930.43	-2236.20	-2764.08	-3291.97	-3294.08

Tabella 12.1 Sforzi normali nei pali - sisma SLV - NomDP

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	Np5	Np6	
Ed SLV max N	-3128.99	-2566.68	-2004.37	-1642.13	-1079.82	-517.51	
Ed SLV min N	-829.77	-1400.08	-1970.40	-2295.40	-2865.72	-3436.03	
Ed SLV max My	-3323.12	-2712.82	-2102.53	-1643.50	-1033.21	-422.91	
Ed SLV min My	-633.44	-1248.71	-1863.97	-2299.93	-2915.19	-3530.46	
Ed SLV max Mx	-3315.63	-2688.99	-2062.34	-1679.56	-1052.91	-426.27	-422.91
Ed SLV min Mx	-640.93	-1272.54	-1904.16	-2263.87	-2895.49	-3527.11	-3530.46

Tabella 12.2 Sforzi normali nei pali - sisma SLV - UBDP

Come si può notare dall'esame dei risultati, l'incremento di sollecitazione ndotto sul fusto pila, si riflette in un incremento sulle azioni nei pali piuttosto limitato.

Confrontando i valori massimi di azione assiale in fase sismica, si rileva:

$$N_{\max,UB} / N_{\max,NomDP} = 3530 / 3294 = 1.07$$

Tale incremento, piuttosto contenuto, non viene ritenuto particolarmente significativo ai sensi della misura della sicurezza, tenuto conto del fatto che le azioni dimensionanti risultano afferire alla combinazione S.L.U. non sismica, non sensibile alle variazioni di rigidezza dei dispositivi.

Qui di seguito si richiamano le sollecitazioni nei pali rilevati nella condizione S.L.U. .

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	Np5	Np6	
SLU STR max N	-1525.89	-1670.81	-1815.72	-1938.27	-2083.18	-2228.10	
SLU STR min N	-4278.94	-3938.31	-3597.68	-3339.16	-2998.53	-2657.90	
SLU STR max My	-3714.21	-3228.84	-2743.48	-2375.90	-1890.54	-1405.17	
SLU STR min My	-2100.78	-2586.51	-3072.24	-3438.27	-3924.00	-4409.73	
SLU STR max Mx	-3699.20	-3197.35	-2695.49	-2404.81	-1902.95	-1401.10	-1401.10
SLU STR min Mx	-2115.79	-2618.01	-3120.22	-3409.37	-3911.58	-4413.80	-4413.80

Tabella 12.3 Sforzi normali nei pali – S.L.U. non sismica - NomDP

L'azione di dimensionamento dei pali risulta in ogni caso maggiore di quella ricavata dall'analisi "UB".

12.3.4 Spostamenti ai giunti

Si rileva un incremento del quadro deformativo sotto sisma di circa il 11 %, con un valore massimo in "chiusura" del varco giunti pari a 282 mm.

Si evidenzia che gli spostamenti rilevati in condizioni LB per sisma SLV risultano comunque pienamente compatibili con il varco prescelto, che risulta essere di 340 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:

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

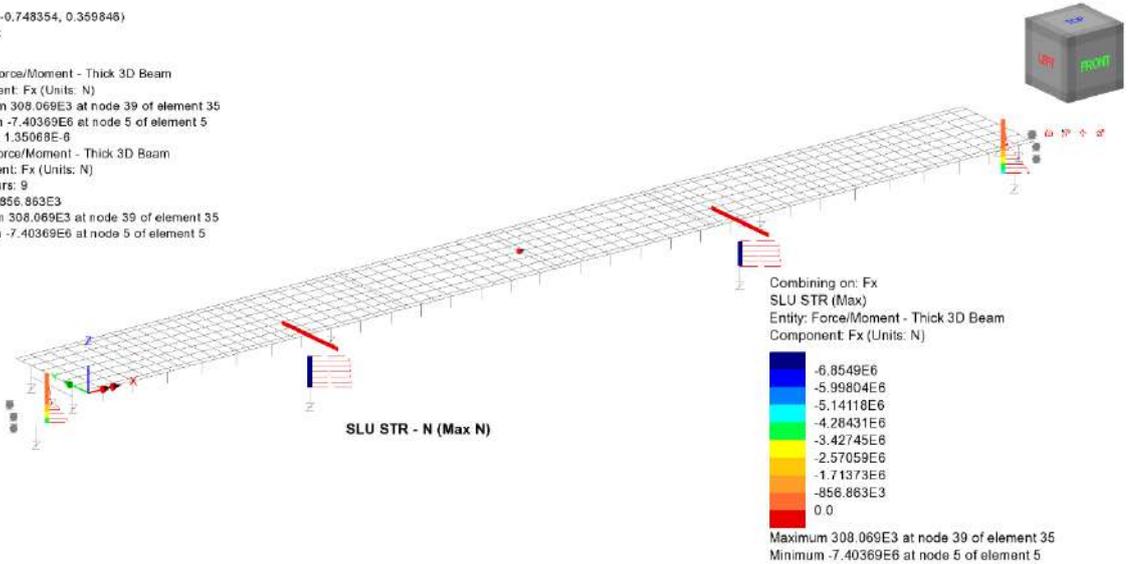
M_y = momento flettente agente con asse-momento parallelo all'asse trasversale al ponte

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

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

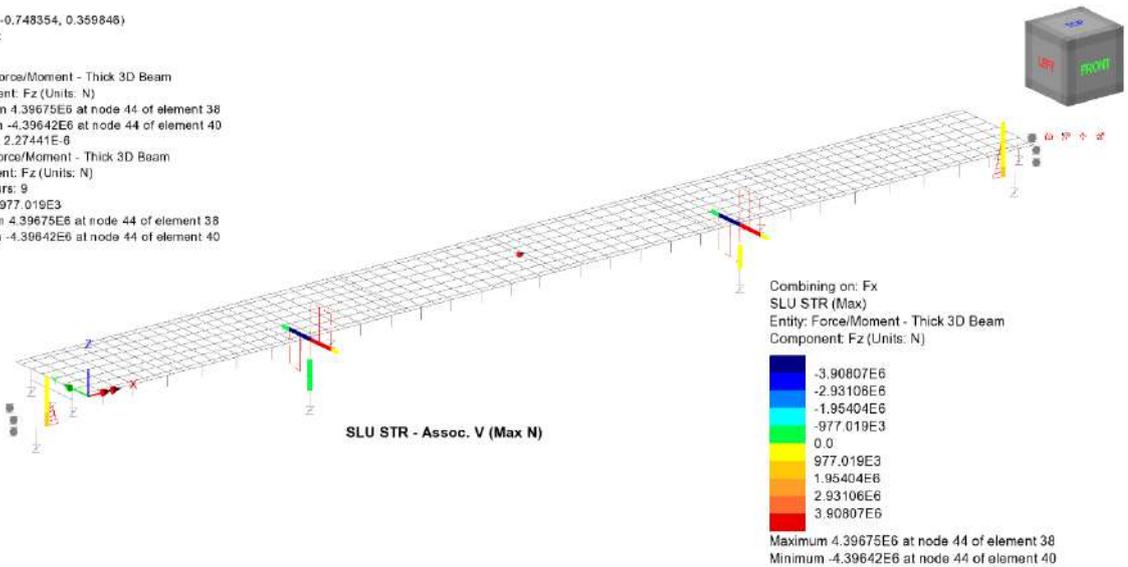
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -7.40369E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.35068E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 856.863E3
Contour maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -7.40369E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

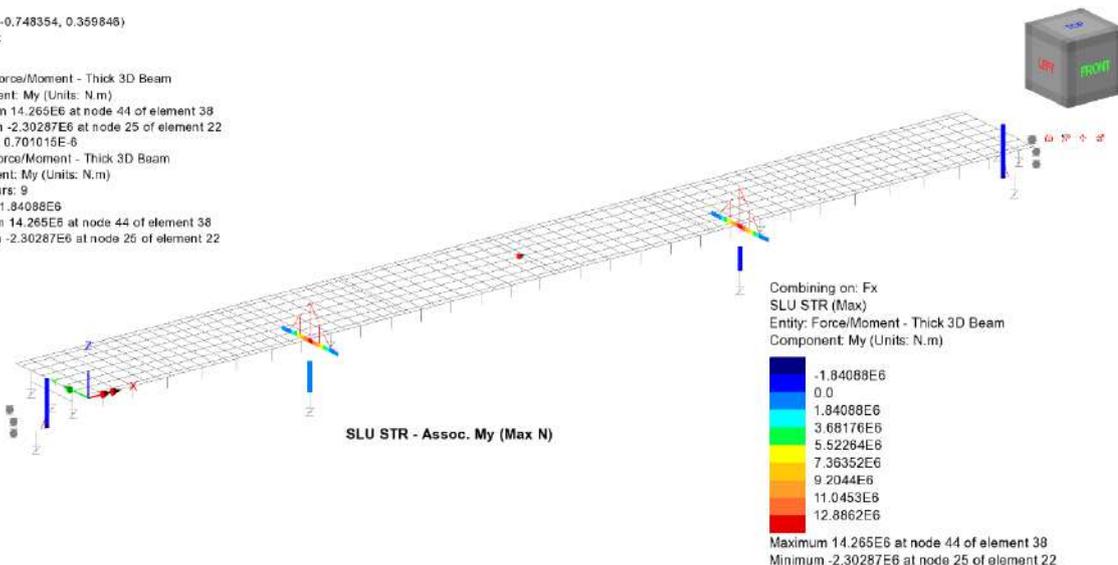
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.39675E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.39642E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.27441E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 977.019E3
Contour maximum 4.39675E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.39642E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

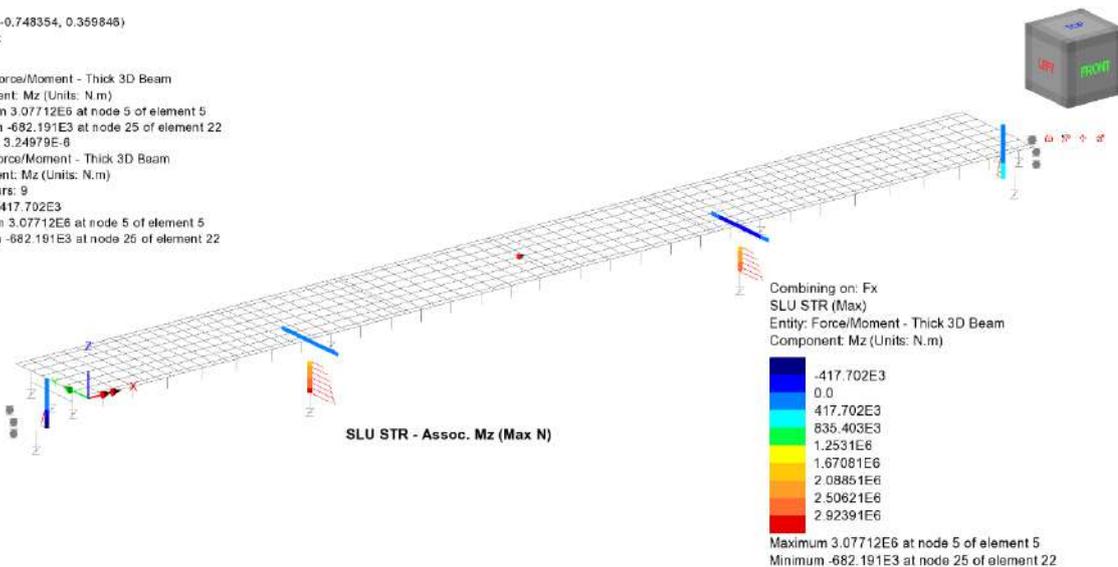
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 14.265E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.30287E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.701015E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.84088E6
Contour maximum 14.265E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -2.30287E6 at node 25 of element 22



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

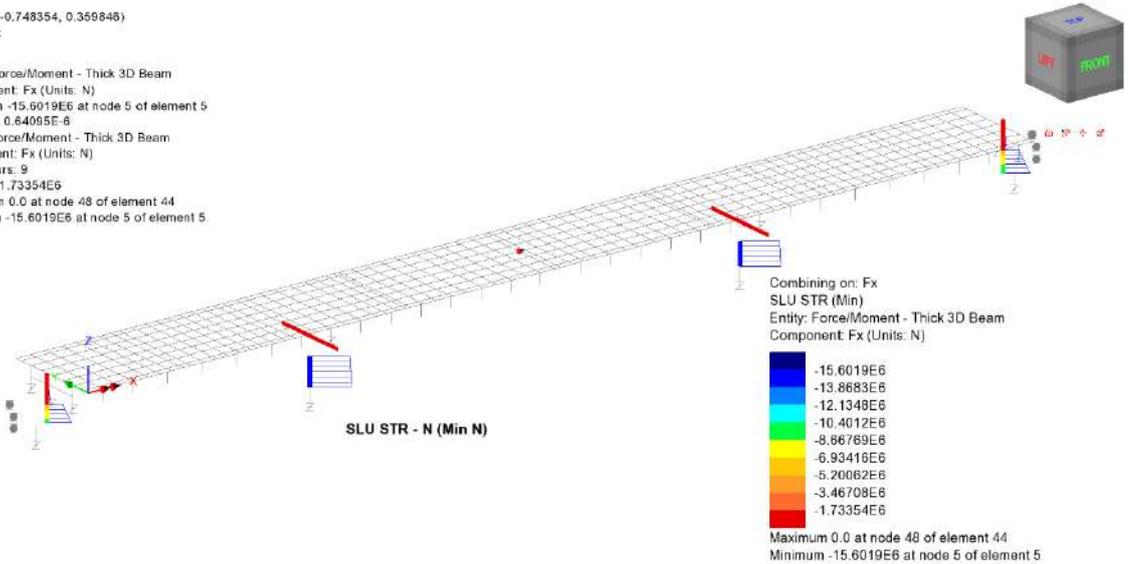
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 3.07712E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -682.191E3 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 3.24979E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 417.702E3
Contour maximum 3.07712E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -682.191E3 at node 25 of element 22



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

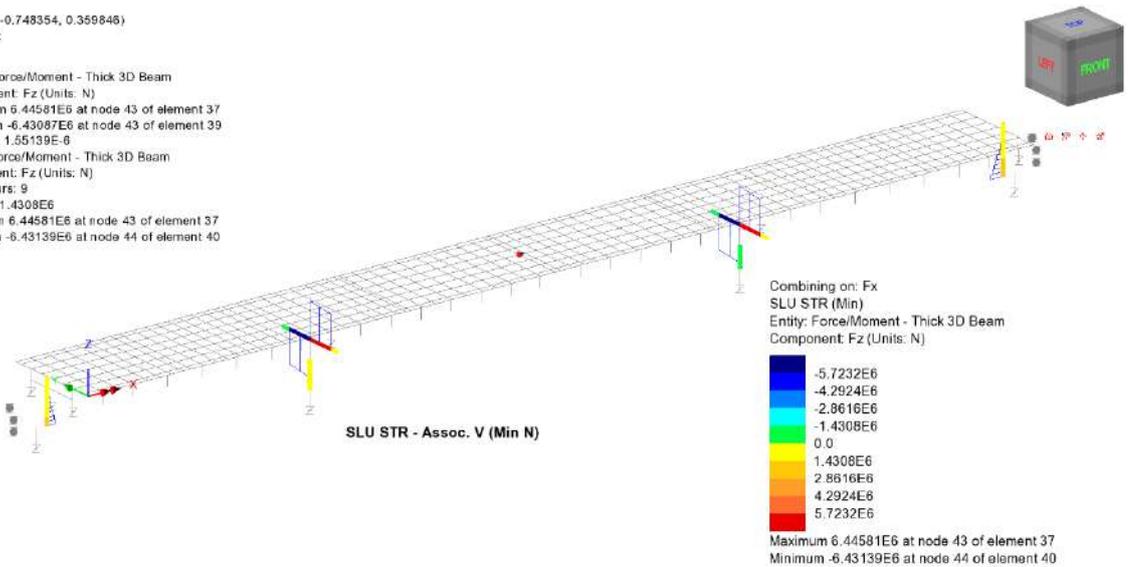
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -15.6019E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.64095E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.73354E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -15.6019E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

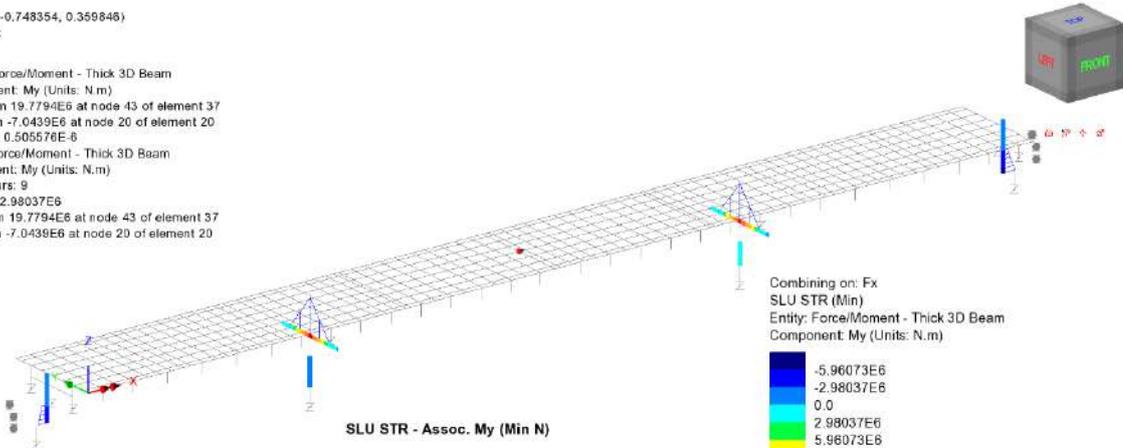
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.44581E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.43087E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 1.55139E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.4308E6
Contour maximum 6.44581E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.43139E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.505576E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.98037E6
Contour maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20



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

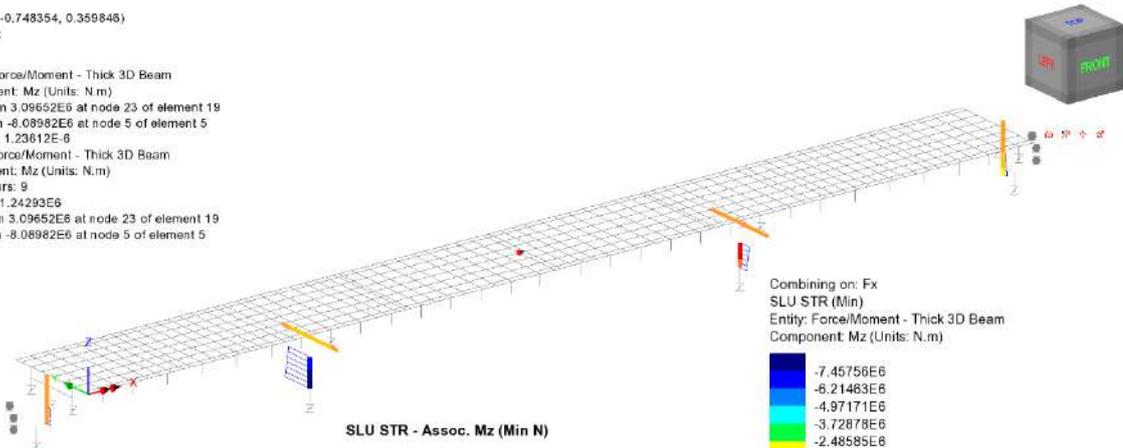
-5.96073E6
-2.98037E6
0.0
2.98037E6
5.96073E6
8.9411E6
11.9215E6
14.9018E6
17.8822E6

Maximum 19.7794E6 at node 43 of element 37
Minimum -7.0439E6 at node 20 of element 20

SLU STR - Assoc. My (Min N)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Diagram minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.23612E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.24293E6
Contour maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Contour minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5



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

-7.45756E6
-6.21463E6
-4.97171E6
-3.72878E6
-2.48585E6
-1.24293E6
0.0
1.24293E6
2.48585E6

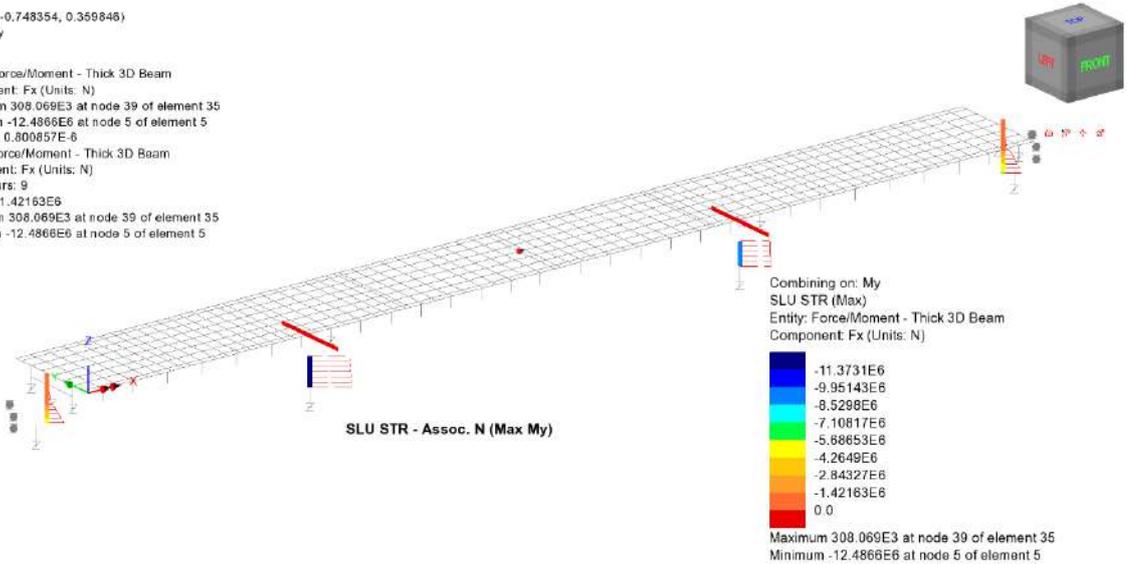
Maximum 3.09652E6 at node 23 of element 19
Minimum -8.08982E6 at node 5 of element 5

SLU STR - Assoc. Mz (Min N)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

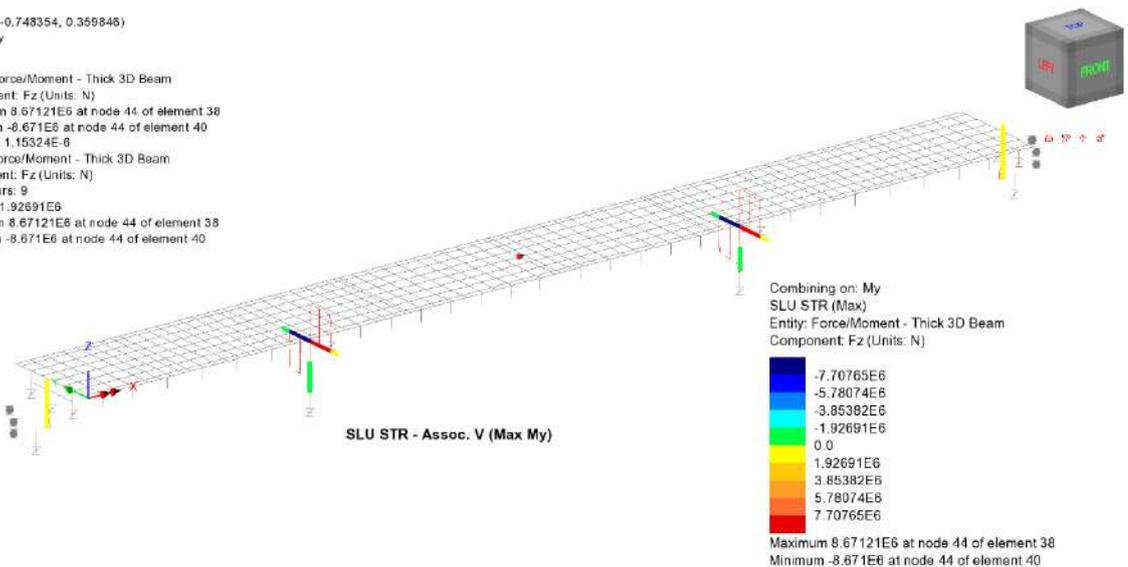
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -12.4866E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.800657E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42163E6
Contour maximum 308.069E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -12.4866E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

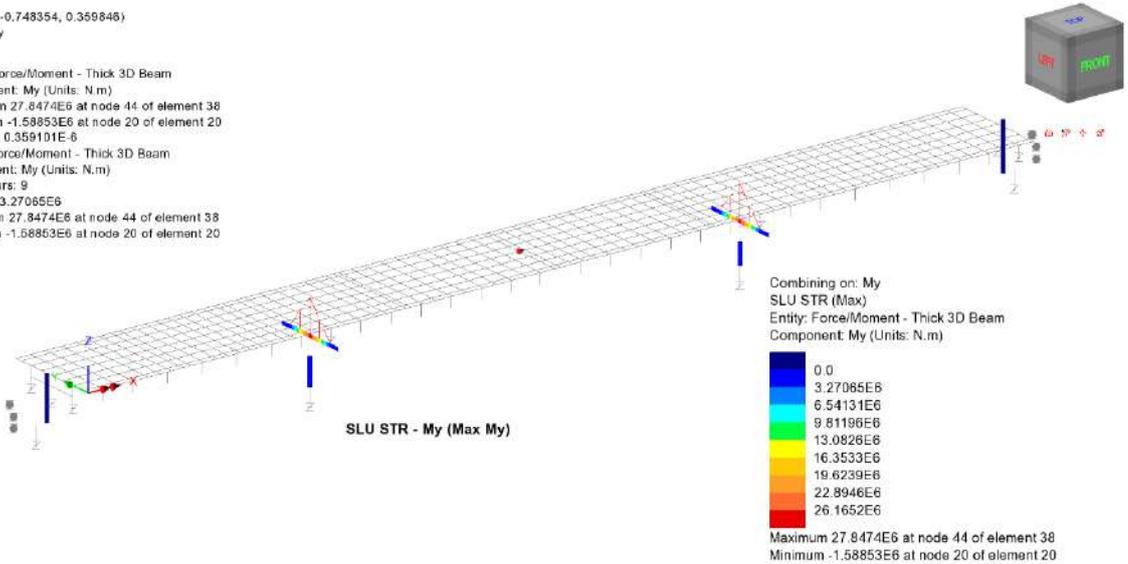
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 8.67121E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -8.671E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 1.15324E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.92691E6
Contour maximum 8.67121E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -8.671E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

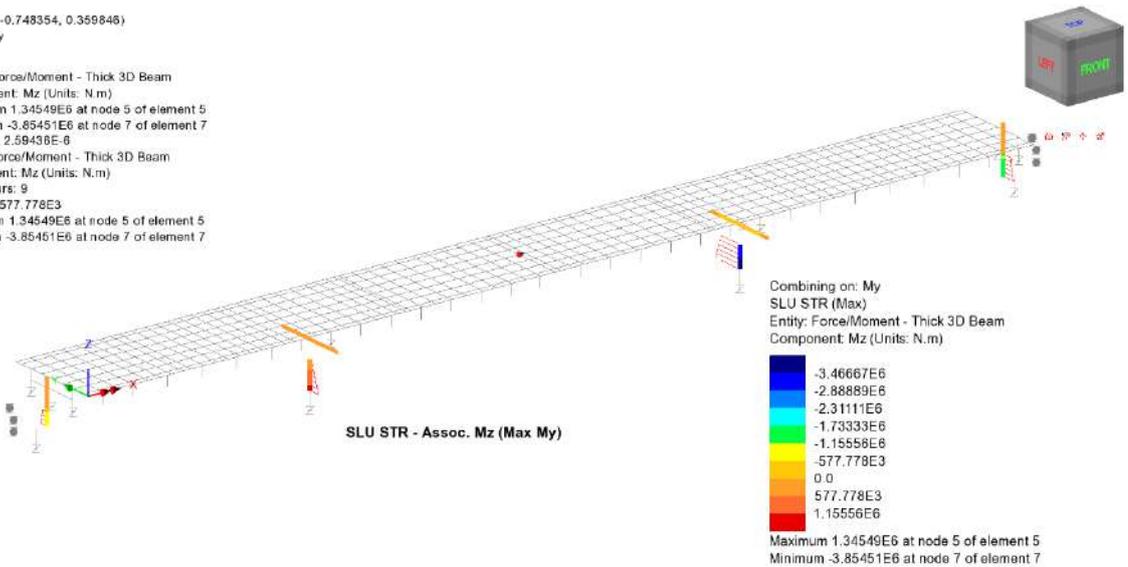
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 27.8474E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -1.58853E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.359101E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 3.27065E6
Contour maximum 27.8474E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -1.58853E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Max)

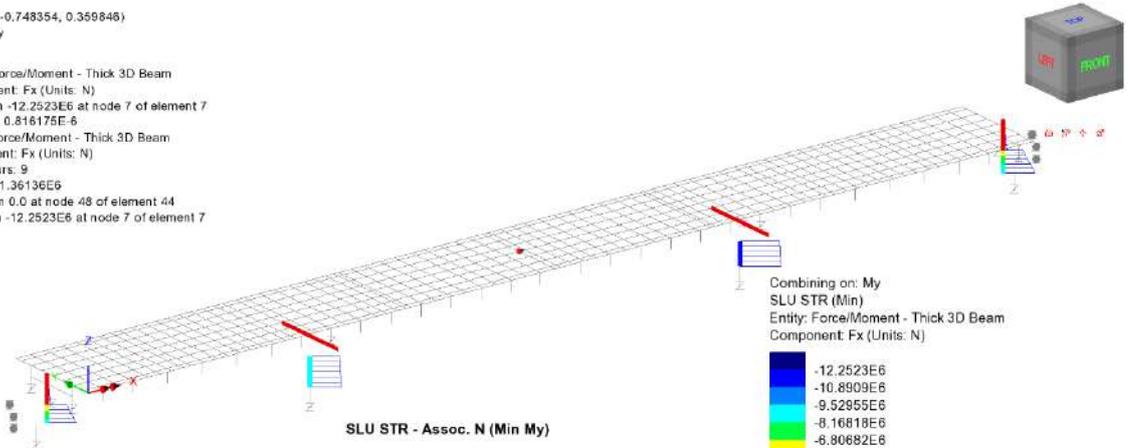
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 1.34549E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -3.85451E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:2.59436E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 577.778E3
Contour maximum 1.34549E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -3.85451E6 at node 7 of element 7



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum: -12.2523E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 0.816175E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.36136E6
Contour maximum: 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum: -12.2523E6 at node 7 of element 7



SLU STR - Assoc. N (Min My)

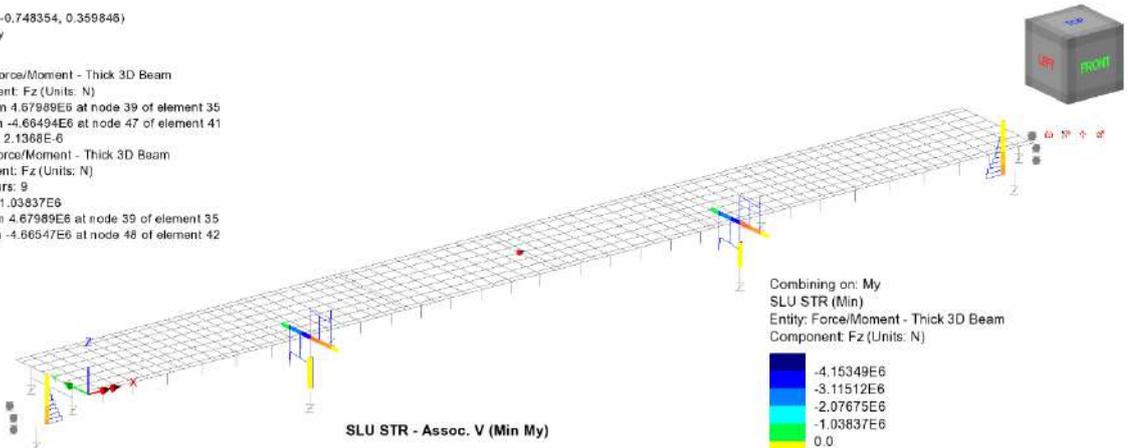
Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)

Dark Blue	-12.2523E6
Blue	-10.8909E6
Light Blue	-9.52955E6
Cyan	-8.16818E6
Green	-6.80682E6
Yellow	-5.44546E6
Orange	-4.08409E6
Red	-2.72273E6
Dark Red	-1.36136E6

Maximum 0.0 at node 48 of element 44
Minimum -12.2523E6 at node 7 of element 7

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 4.67989E6 at node 39 of element 35
Diagram minimum: -4.66494E6 at node 47 of element 41
Diagram scale: 1: 2.1368E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.03837E6
Contour maximum: 4.67989E6 at node 39 of element 35
Contour minimum: -4.66547E6 at node 48 of element 42



SLU STR - Assoc. V (Min My)

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

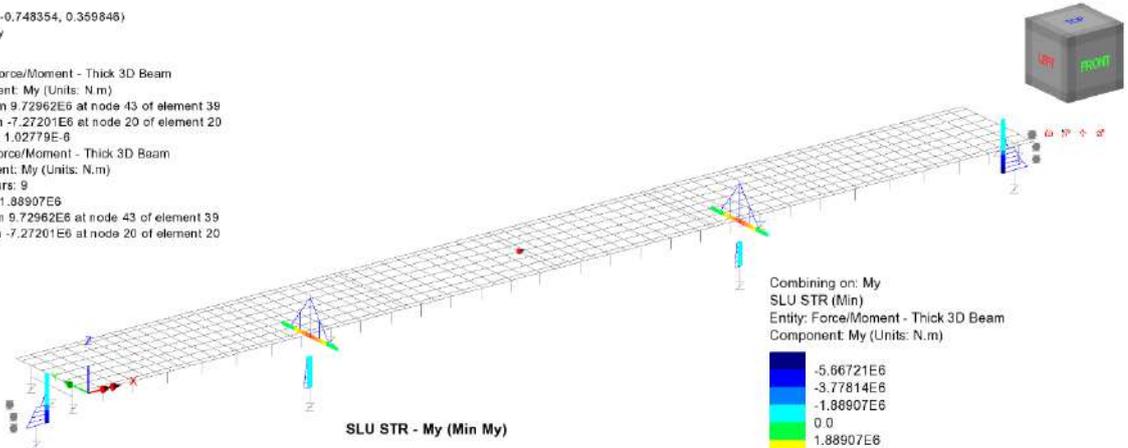
Dark Blue	-4.15349E6
Blue	-3.11512E6
Light Blue	-2.07675E6
Cyan	-1.03837E6
Green	0.0
Yellow	1.03837E6
Orange	2.07675E6
Red	3.11512E6
Dark Red	4.15349E6

Maximum 4.67989E6 at node 39 of element 35
Minimum -4.66547E6 at node 48 of element 42

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Diagram minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:1.02779E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.88907E6
Contour maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20



SLU STR - My (Min My)

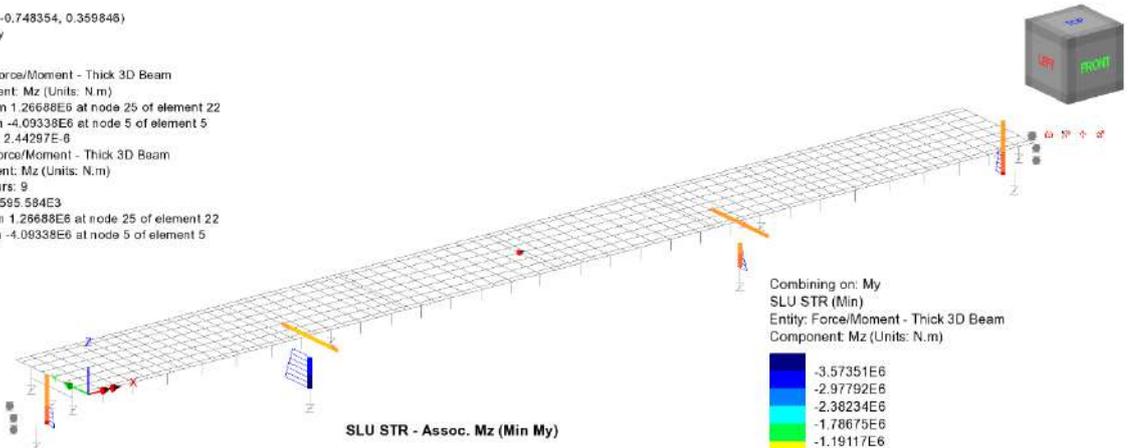
Combining on: My
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

9.44535E6
7.55628E6
5.66721E6
3.77814E6
1.88907E6
0.0
-1.88907E6
-3.77814E6
-5.66721E6
-7.27201E6
-9.44535E6

Maximum 9.72962E6 at node 43 of element 39
Minimum -7.27201E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Diagram minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:2.44297E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 595.584E3
Contour maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Contour minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5



SLU STR - Assoc. Mz (Min My)

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

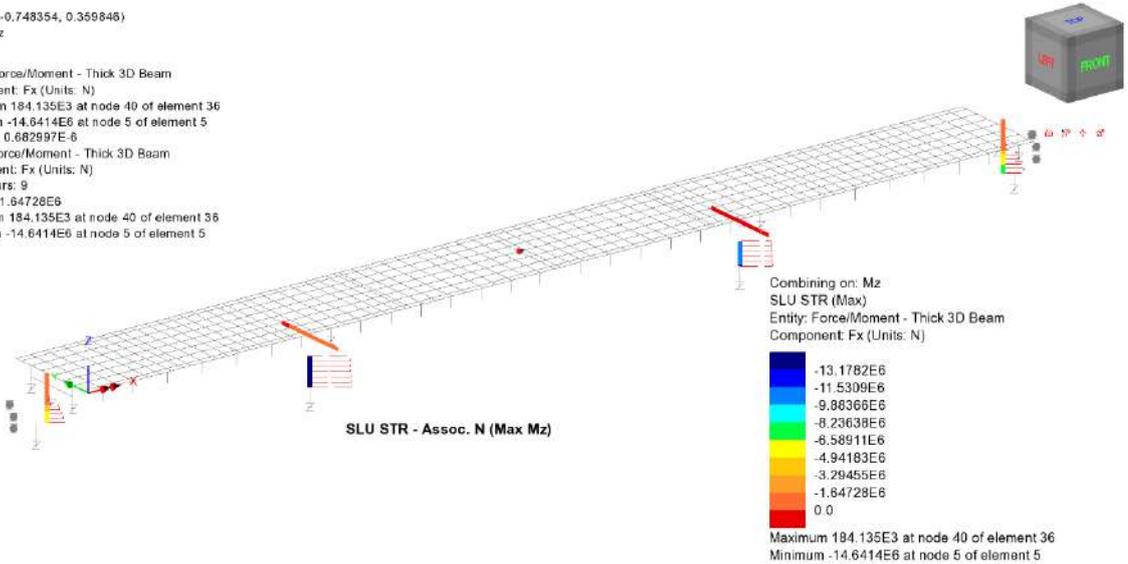
1.19117E6
595.584E3
0.0
-595.584E3
-1.19117E6
-1.78675E6
-2.38234E6
-2.97792E6
-3.57351E6

Maximum 1.26688E6 at node 25 of element 22
Minimum -4.09338E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

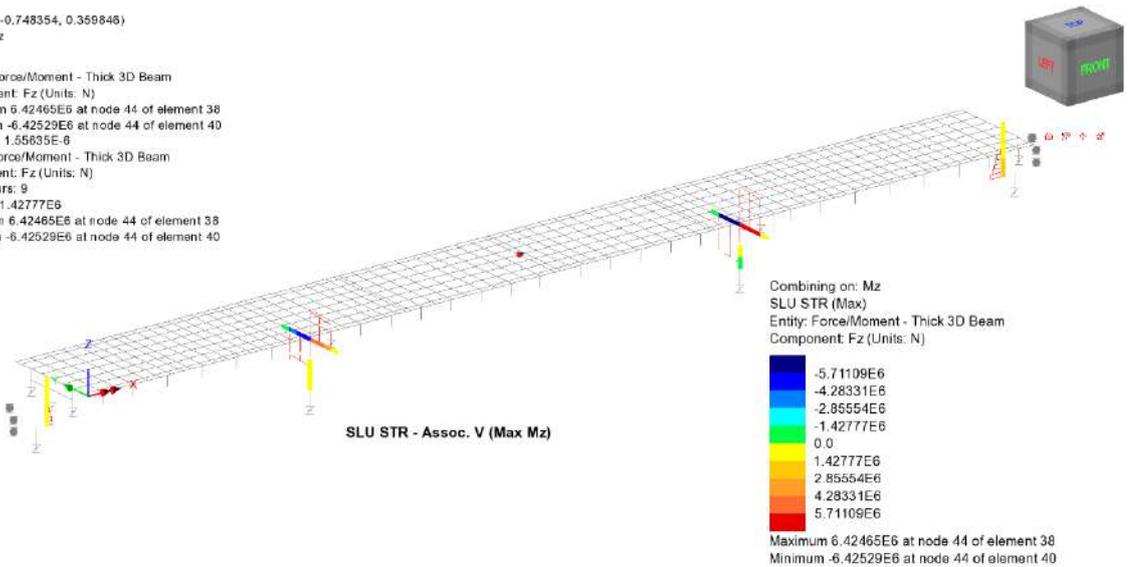
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 184.135E3 at node 40 of element 36
Diagram minimum -14.6414E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.682997E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.64728E6
Contour maximum 184.135E3 at node 40 of element 36
Contour minimum -14.6414E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

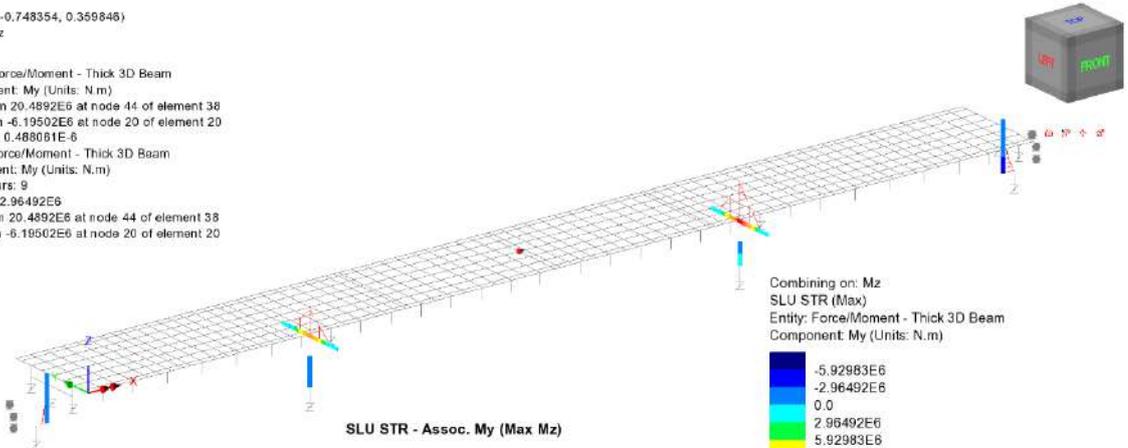
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.42465E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -6.42529E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 1.55835E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42777E6
Contour maximum 6.42465E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -6.42529E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.488081E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.96492E6
Contour maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20



SLU STR - Assoc. My (Max Mz)

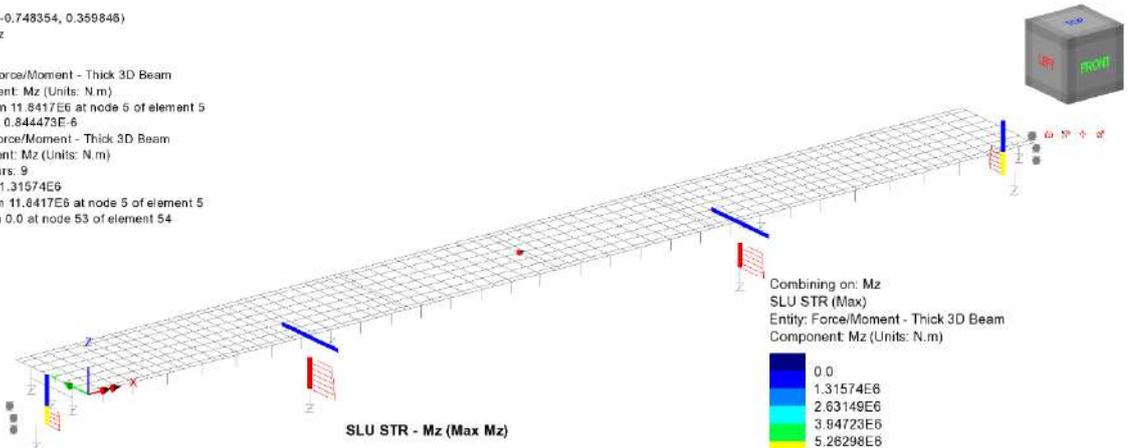
Combining on: Mz
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-5.92983E6
-2.96492E6
0.0
2.96492E6
5.92983E6
8.89475E6
11.8597E6
14.8248E6
17.7895E6

Maximum 20.4892E6 at node 44 of element 38
Minimum -6.19502E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:0.844473E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.31574E6
Contour maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Contour minimum 0.0 at node 53 of element 54



SLU STR - Mz (Max Mz)

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

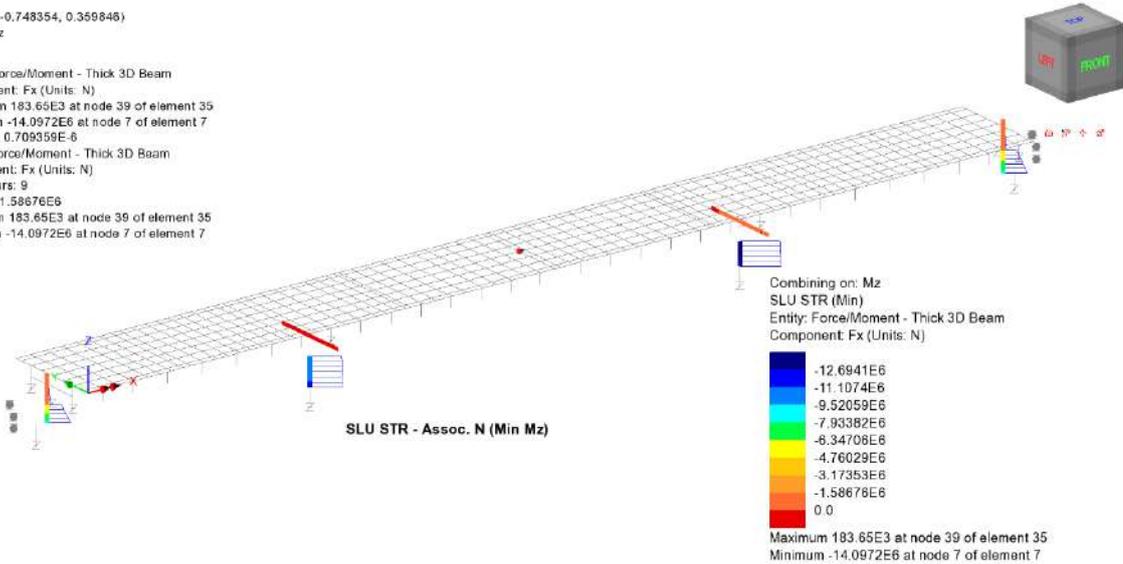
0.0
1.31574E6
2.63149E6
3.94723E6
5.26298E6
6.57872E6
7.89447E6
9.21021E6
10.526E6

Maximum 11.8417E6 at node 5 of element 5
Minimum 0.0 at node 53 of element 54

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

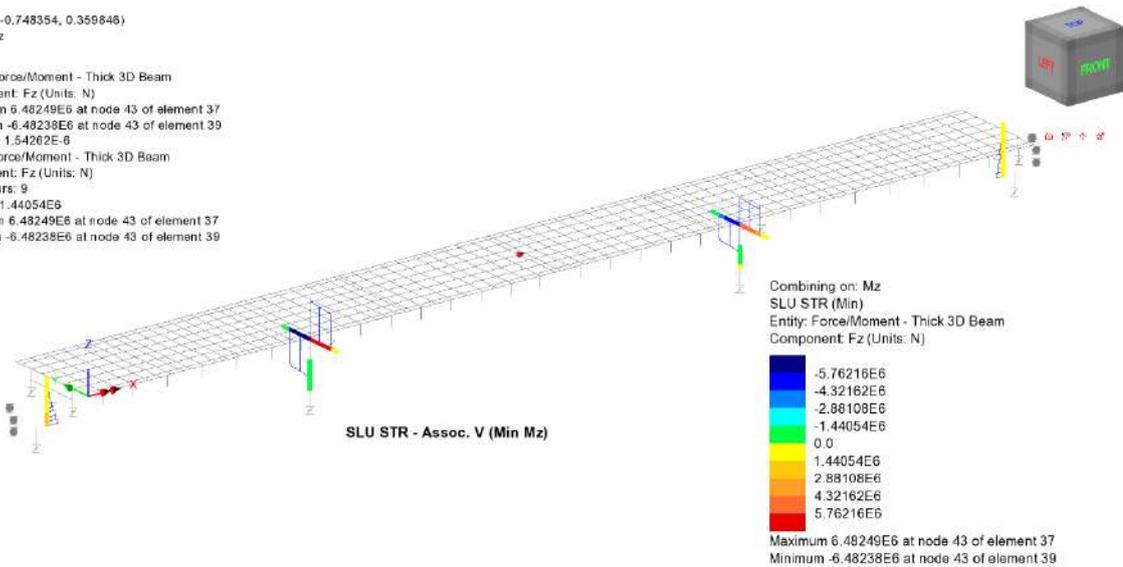
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 183.65E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -14.0972E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 0.709359E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1: 1.58676E6
Contour maximum 183.65E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -14.0972E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

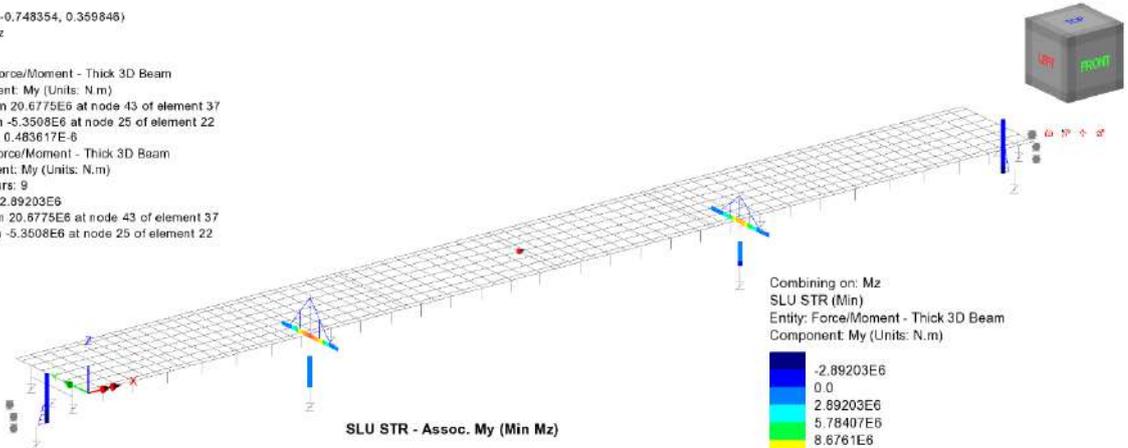
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.48249E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.48238E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 1.54262E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1: 1.44054E6
Contour maximum 6.48249E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.48238E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.483617E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.89203E6
Contour maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22



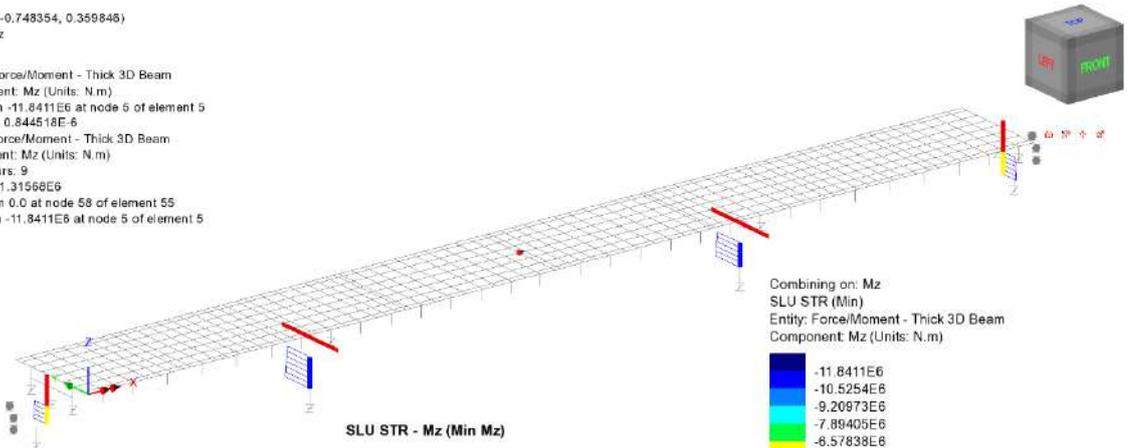
Combining on: Mz
SLU STR (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.89203E6
0.0
2.89203E6
5.78407E6
8.6761E6
11.5681E6
14.4602E6
17.3522E6
20.2442E6

Maximum 20.6775E6 at node 43 of element 37
Minimum -5.3508E6 at node 25 of element 22

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLU STR (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.844518E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.31566E6
Contour maximum 0.0 at node 58 of element 55
Contour minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5



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

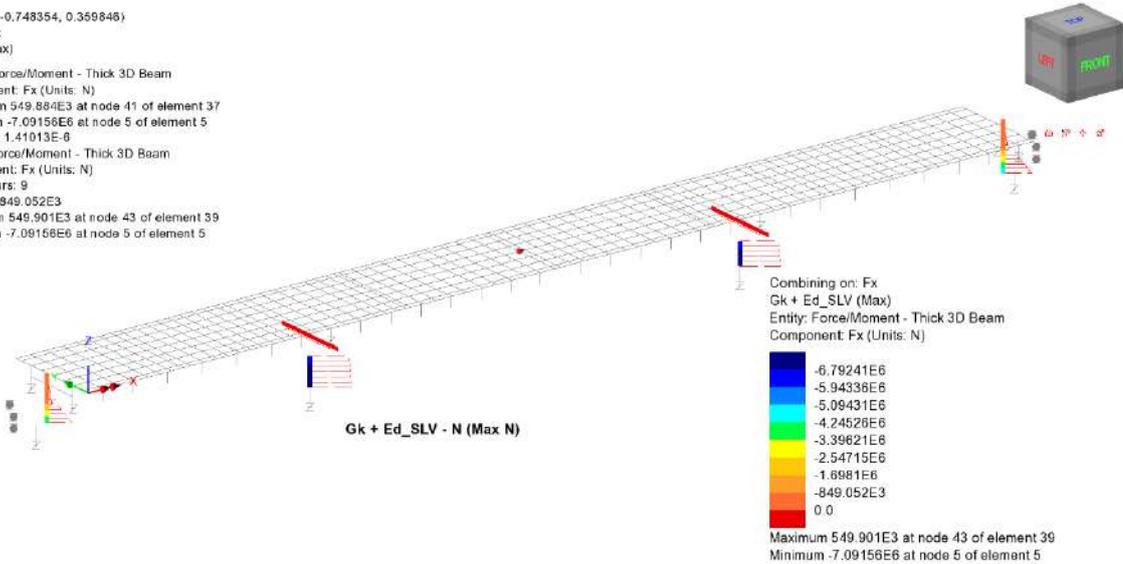
-11.8411E6
-10.5254E6
-9.20973E6
-7.89405E6
-6.57838E6
-5.2627E6
-3.94703E6
-2.63135E6
-1.31568E6
0.0

Maximum 0.0 at node 58 of element 55
Minimum -11.8411E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

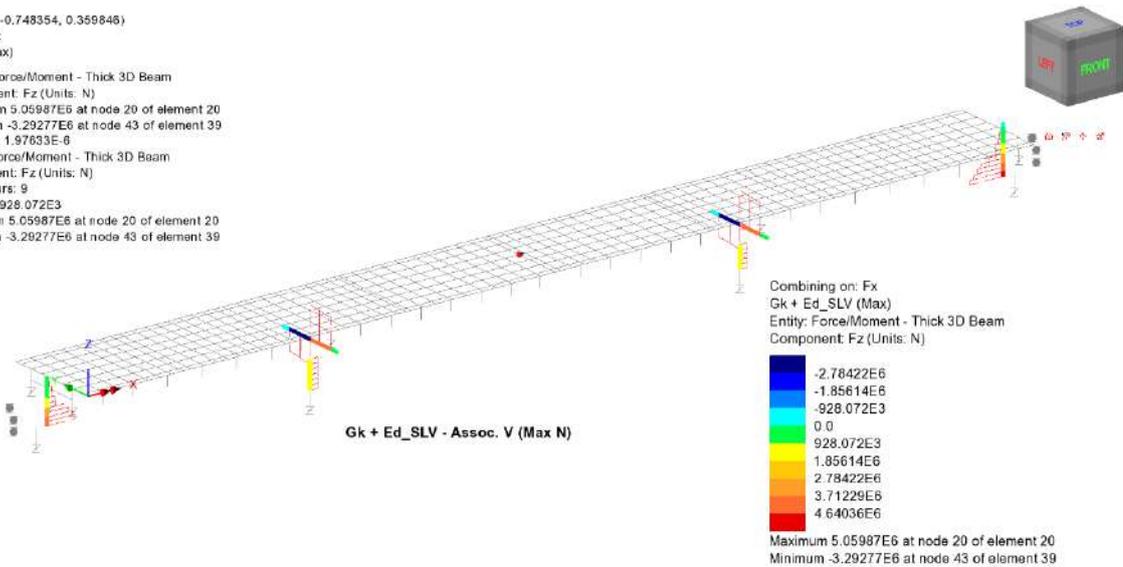
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 549.884E3 at node 41 of element 37
Diagram minimum -7.09156E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.41013E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 849.052E3
Contour maximum 549.901E3 at node 43 of element 39
Contour minimum -7.09156E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

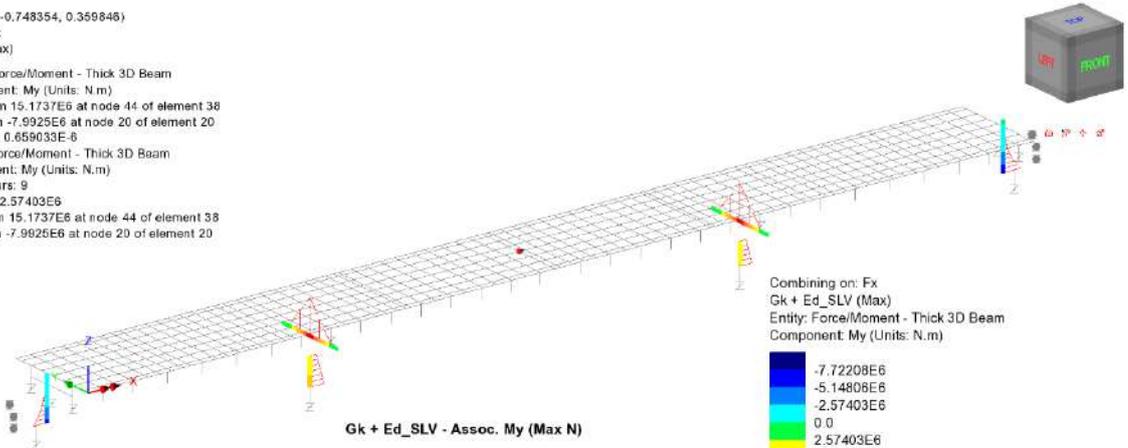
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 5.05987E6 at node 20 of element 20
Diagram minimum -3.29277E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:1.97633E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 928.072E3
Contour maximum 5.05987E6 at node 20 of element 20
Contour minimum -3.29277E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.1737E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -7.9925E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.659033E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.57403E6
Contour maximum 15.1737E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -7.9925E6 at node 20 of element 20



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

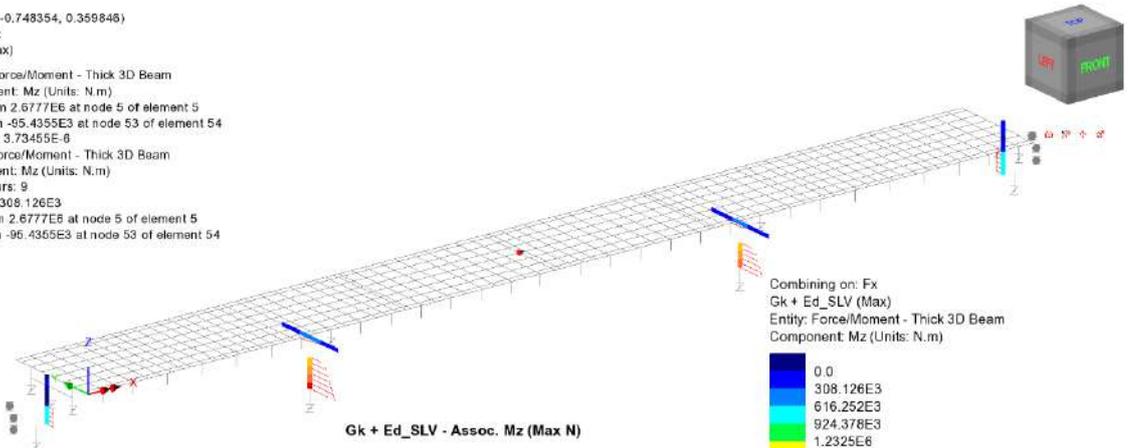
-7.72208E6
-5.14808E6
-2.57403E6
0.0
2.57403E6
5.14806E6
7.72208E6
10.2961E6
12.8701E6

Maximum 15.1737E6 at node 44 of element 38
Minimum -7.9925E6 at node 20 of element 20

Gk + Ed_SLV - Assoc. My (Max N)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.6777E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -95.4355E3 at node 53 of element 54
Diagram scale: 1: 3.73455E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 308.126E3
Contour maximum 2.6777E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -95.4355E3 at node 53 of element 54



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

0.0
308.126E3
616.252E3
924.378E3
1.2325E6
1.54063E6
1.84876E6
2.15688E6
2.46501E6

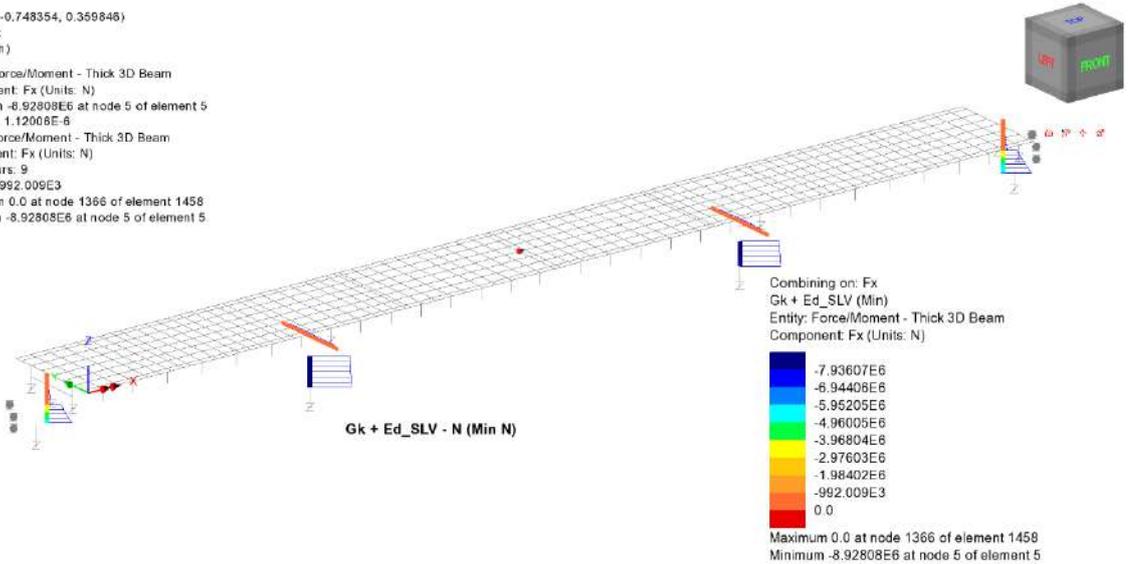
Maximum 2.6777E6 at node 5 of element 5
Minimum -95.4355E3 at node 53 of element 54

Gk + Ed_SLV - Assoc. Mz (Max N)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

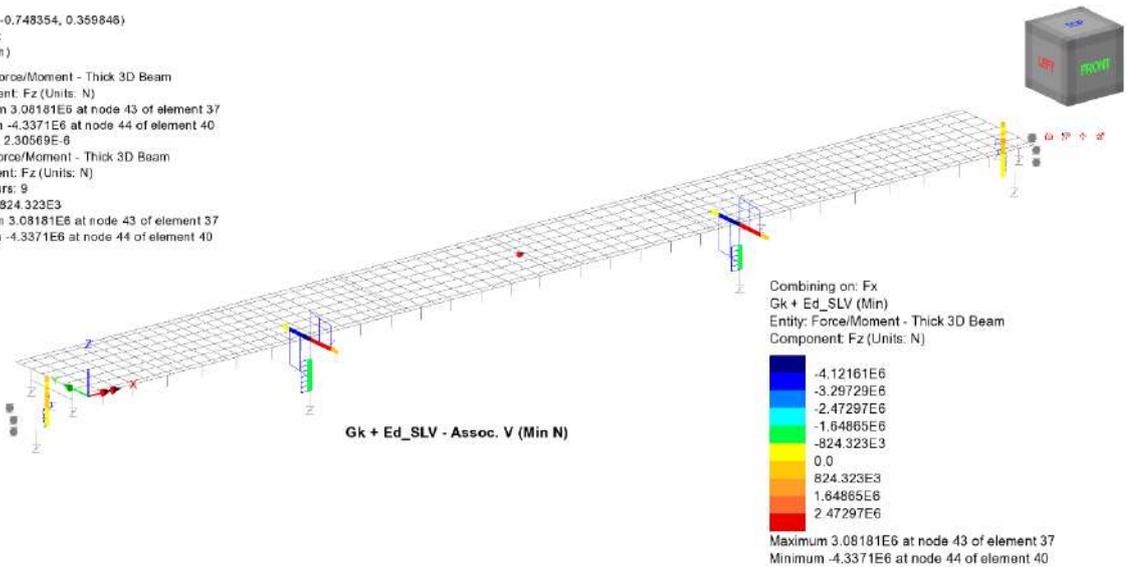
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.92808E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.12008E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 992.009E3
Contour maximum 0.0 at node 1366 of element 1458
Contour minimum -8.92808E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

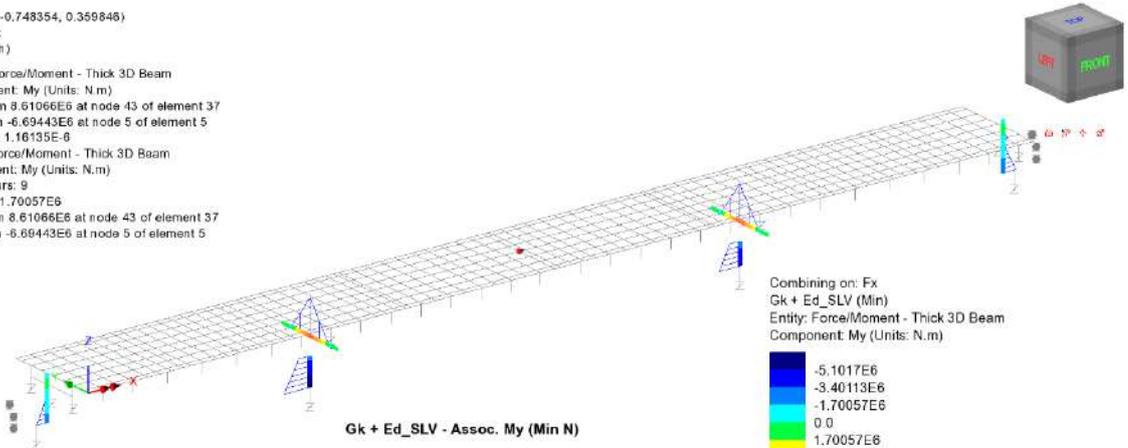
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.08181E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.3371E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:2.30569E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 824.323E3
Contour maximum 3.08181E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -4.3371E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 8.61066E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.69443E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.16135E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.70057E6
Contour maximum 8.61066E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.69443E6 at node 5 of element 5



Gk + Ed_SLV - Assoc. My (Min N)

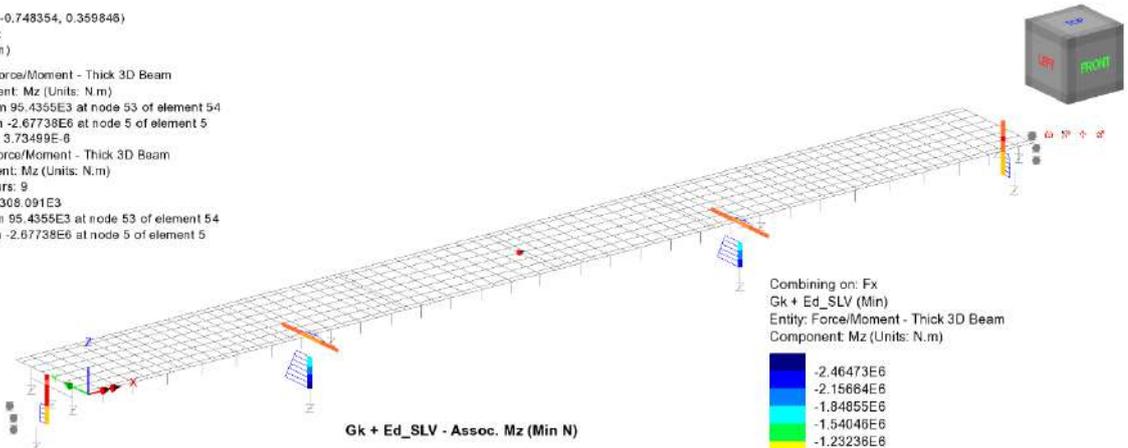
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-5.1017E6
-3.40113E6
-1.70057E6
0.0
1.70057E6
3.40113E6
5.1017E6
6.80226E6
8.50283E6

Maximum 8.61066E6 at node 43 of element 37
Minimum -6.69443E6 at node 5 of element 5

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 95.4355E3 at node 53 of element 54
Diagram minimum -2.67738E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:3.73499E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 308.091E3
Contour maximum 95.4355E3 at node 53 of element 54
Contour minimum -2.67738E6 at node 5 of element 5



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)

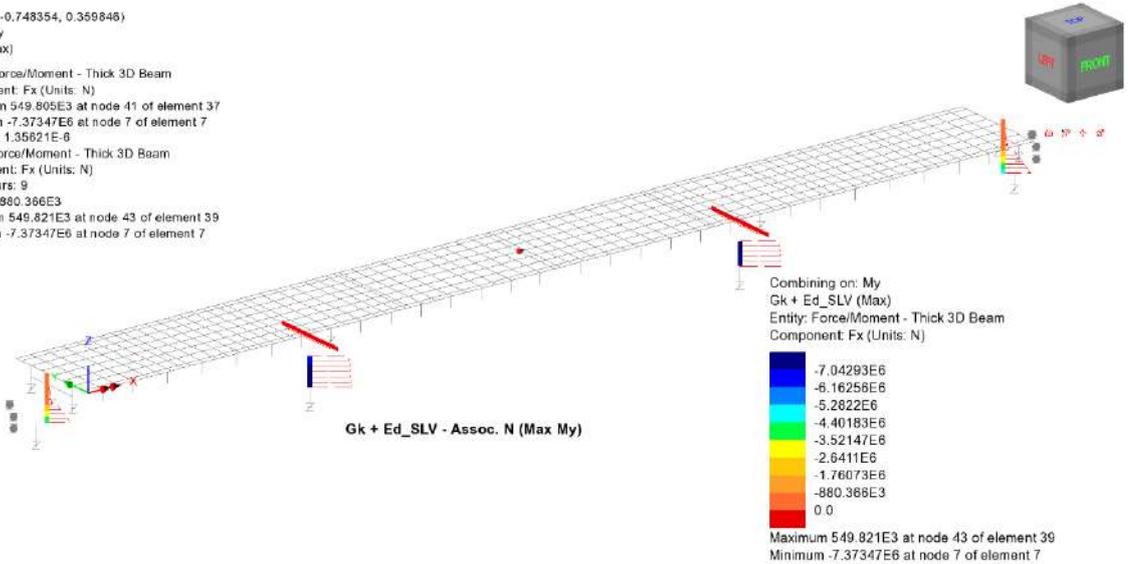
-2.46473E6
-2.15664E6
-1.84855E6
-1.54046E6
-1.23236E6
-924.273E3
-616.182E3
-308.091E3
0.0

Maximum 95.4355E3 at node 53 of element 54
Minimum -2.67738E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

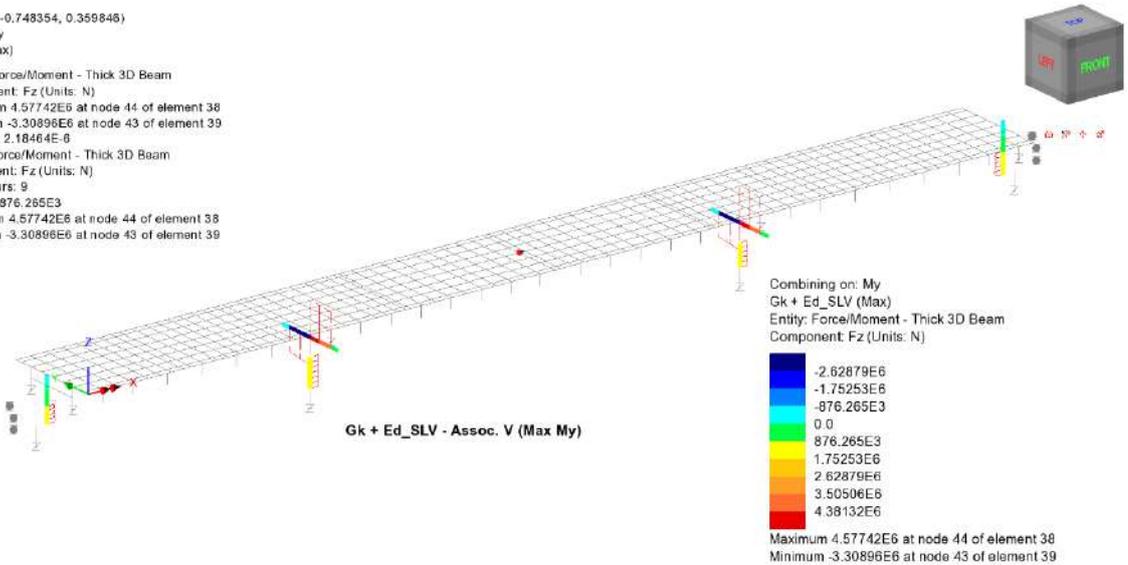
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 549.805E3 at node 41 of element 37
Diagram minimum -7.37347E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 1.35821E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 880.366E3
Contour maximum 549.821E3 at node 43 of element 39
Contour minimum -7.37347E6 at node 7 of element 7



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

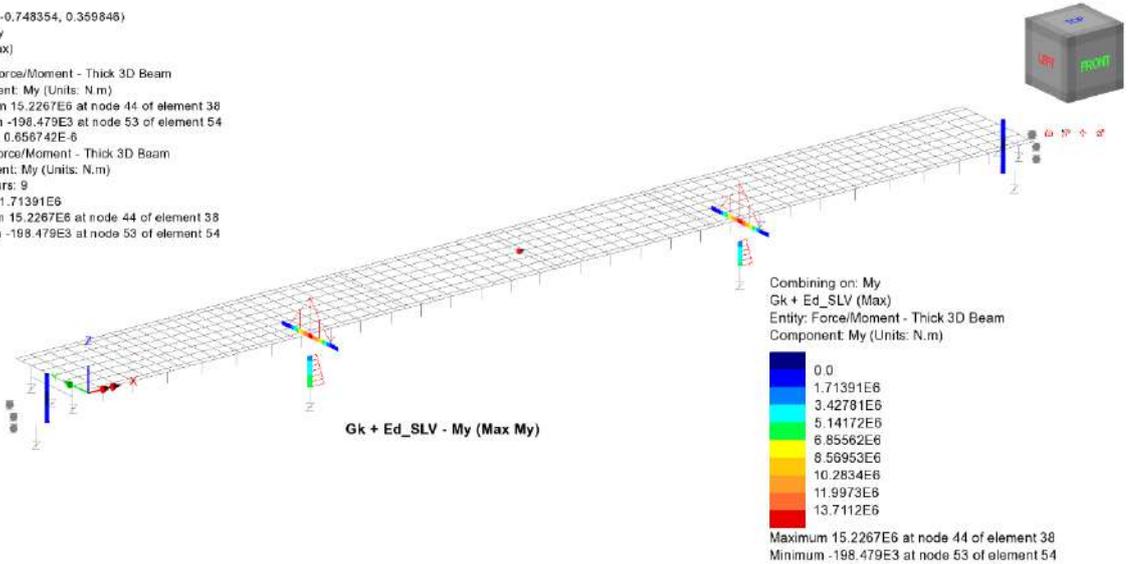
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.57742E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -3.30896E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.18464E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 876.265E3
Contour maximum 4.57742E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -3.30896E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

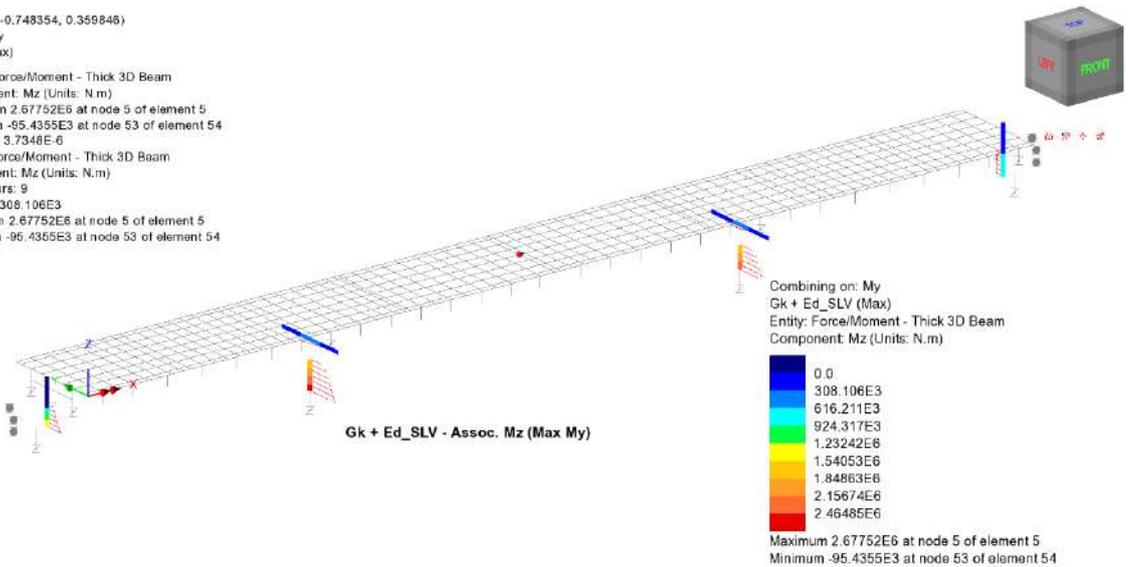
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.2267E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -198.479E3 at node 53 of element 54
Diagram scale: 1: 0.656742E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.71391E6
Contour maximum 15.2267E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -198.479E3 at node 53 of element 54



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

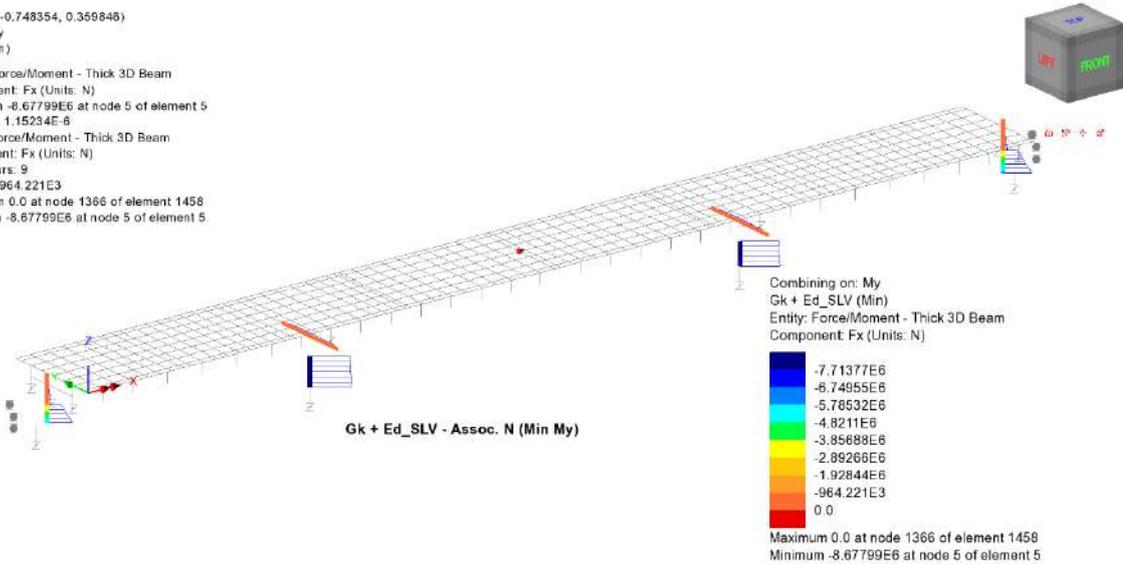
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.67752E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -95.4355E3 at node 53 of element 54
Diagram scale: 1: 3.7348E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 308.106E3
Contour maximum 2.67752E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -95.4355E3 at node 53 of element 54



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

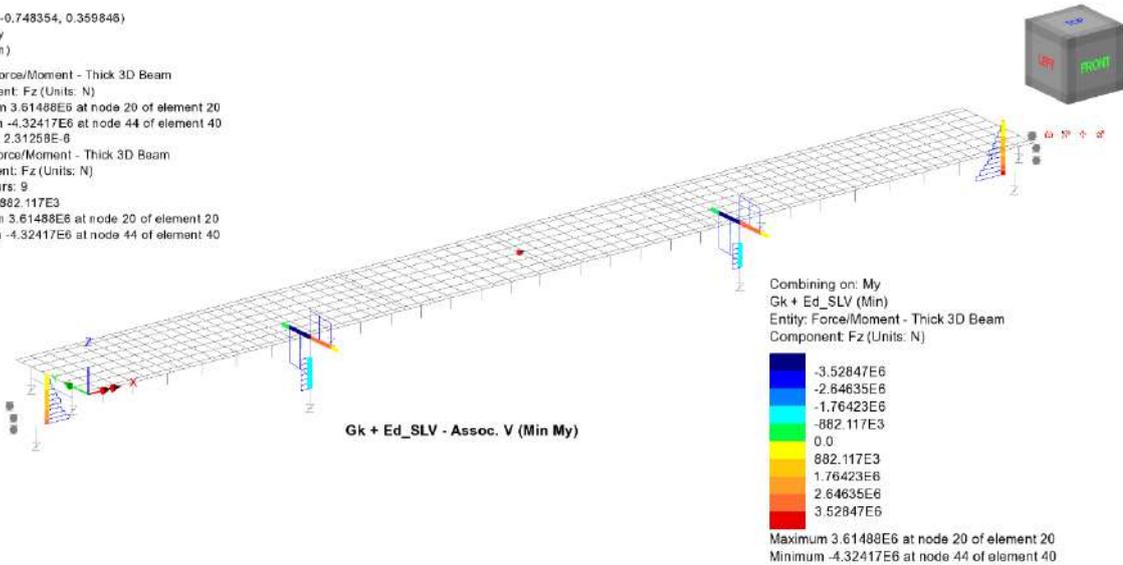
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.67799E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.15234E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 964.221E3
Contour maximum 0.0 at node 1366 of element 1458
Contour minimum -8.67799E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

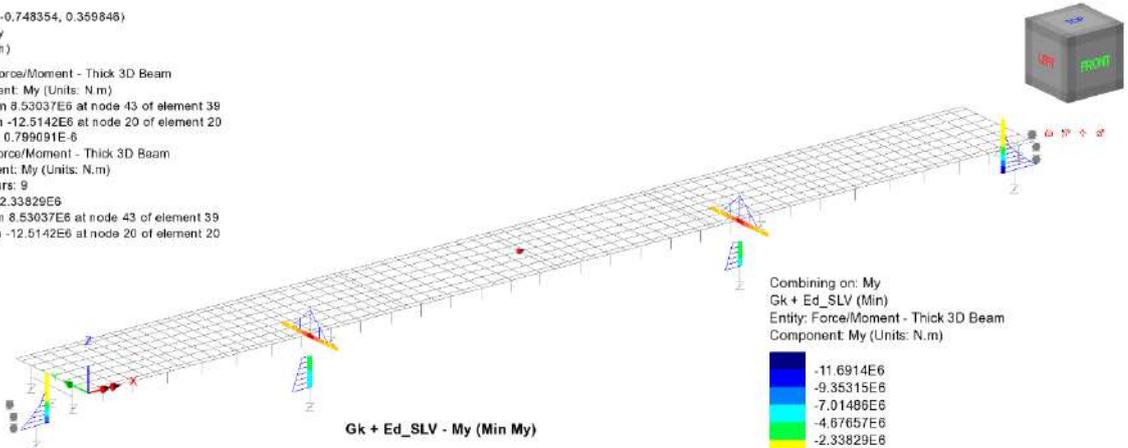
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.61488E6 at node 20 of element 20
Diagram minimum -4.32417E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.31258E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 882.117E3
Contour maximum 3.61488E6 at node 20 of element 20
Contour minimum -4.32417E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

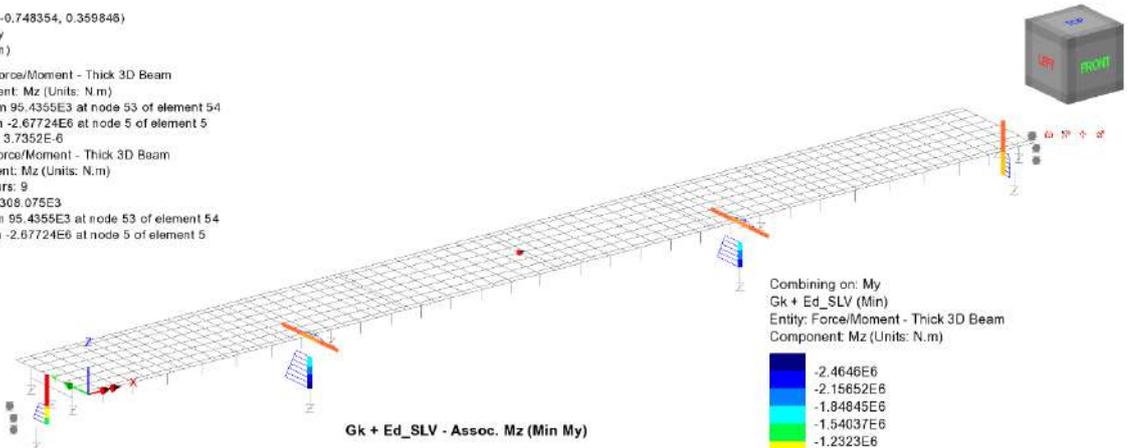
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 8.53037E6 at node 43 of element 39
Diagram minimum -12.5142E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.799091E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.33829E6
Contour maximum 8.53037E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -12.5142E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

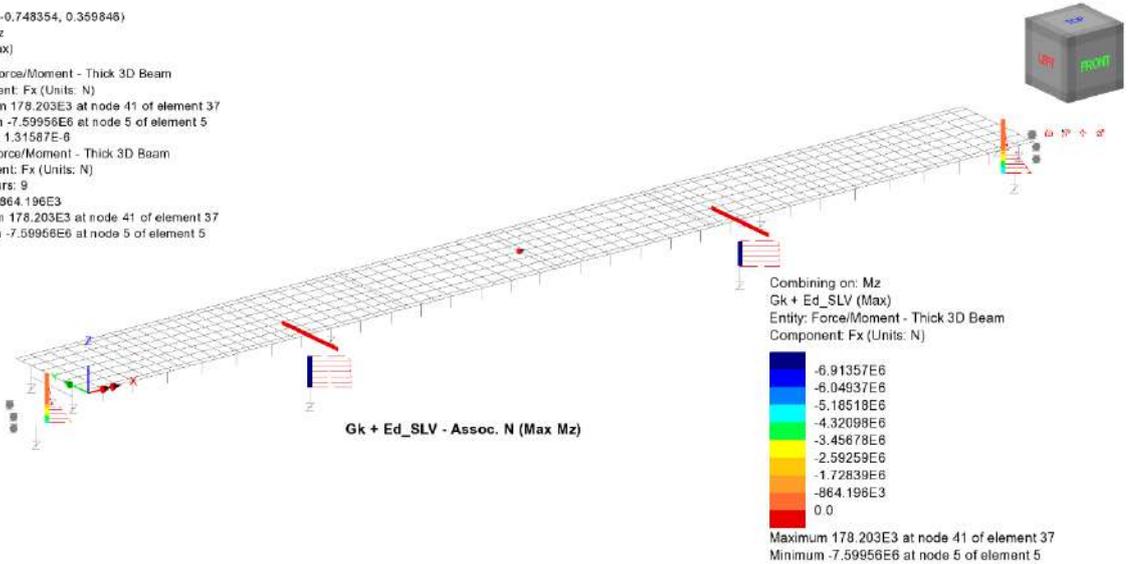
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 95.4355E3 at node 53 of element 54
Diagram minimum -2.67724E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 3.7352E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 308.075E3
Contour maximum 95.4355E3 at node 53 of element 54
Contour minimum -2.67724E6 at node 5 of element 5



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

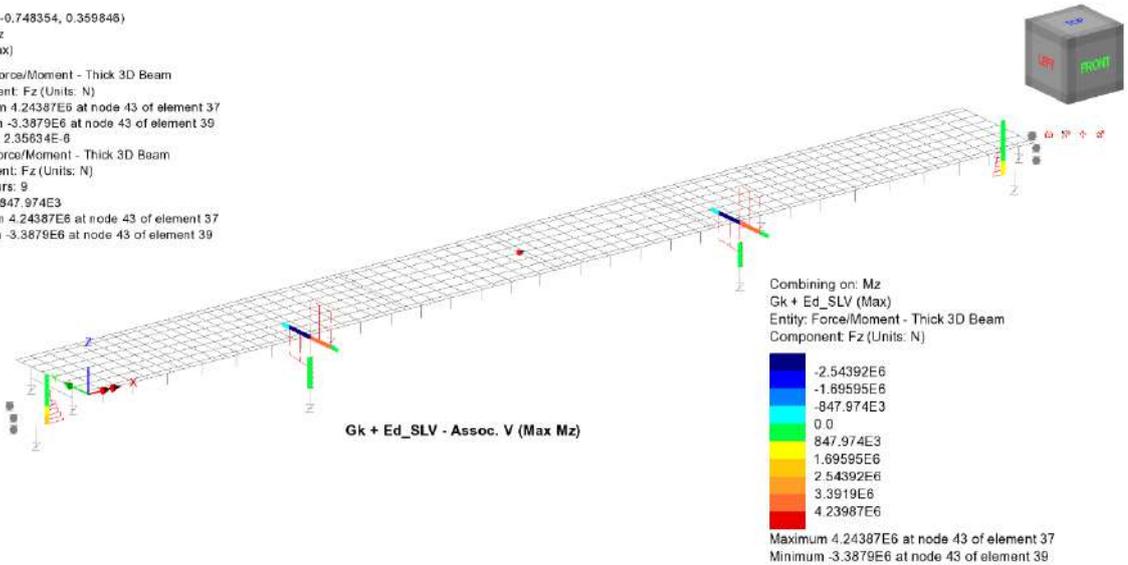
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 178.203E3 at node 41 of element 37
Diagram minimum -7.59956E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.31587E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 864.196E3
Contour maximum 178.203E3 at node 41 of element 37
Contour minimum -7.59956E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

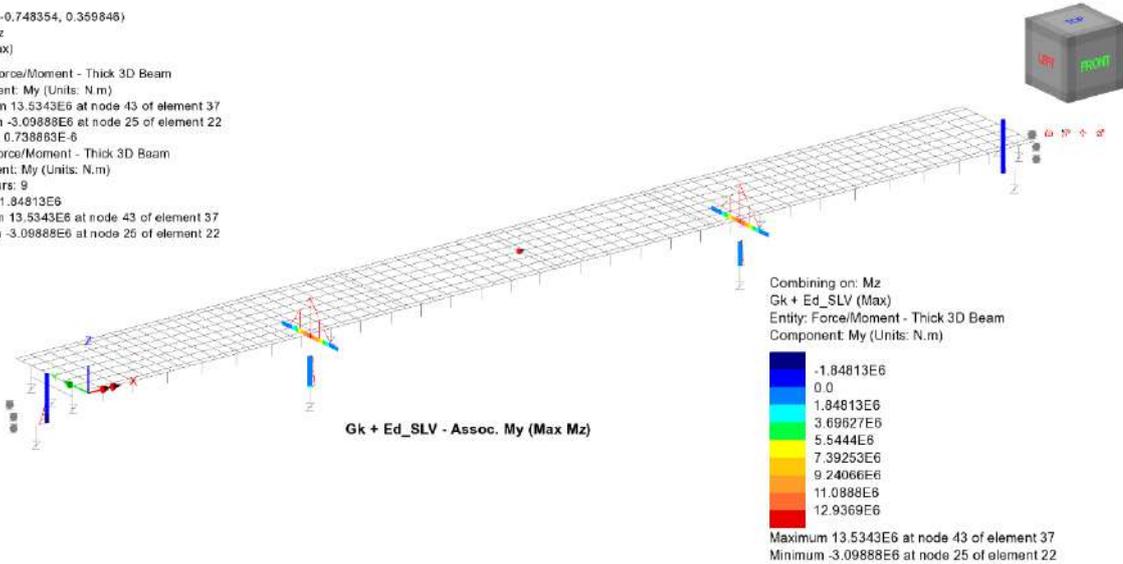
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.24387E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.3879E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:2.35634E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 847.974E3
Contour maximum 4.24387E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.3879E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

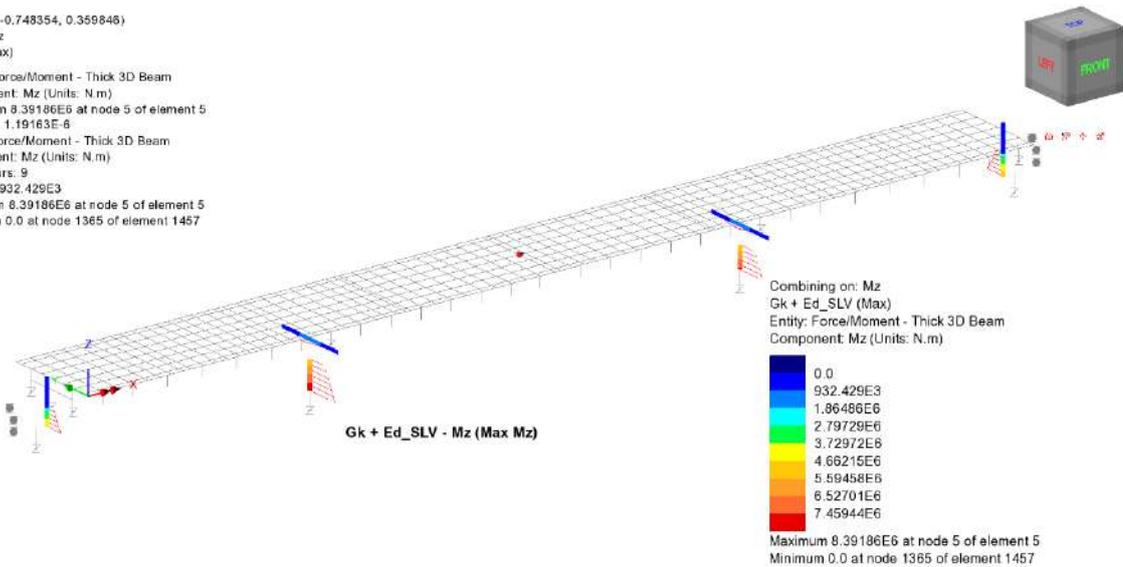
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 13.5343E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.09888E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.738883E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.84813E6
Contour maximum 13.5343E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.09888E6 at node 25 of element 22



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

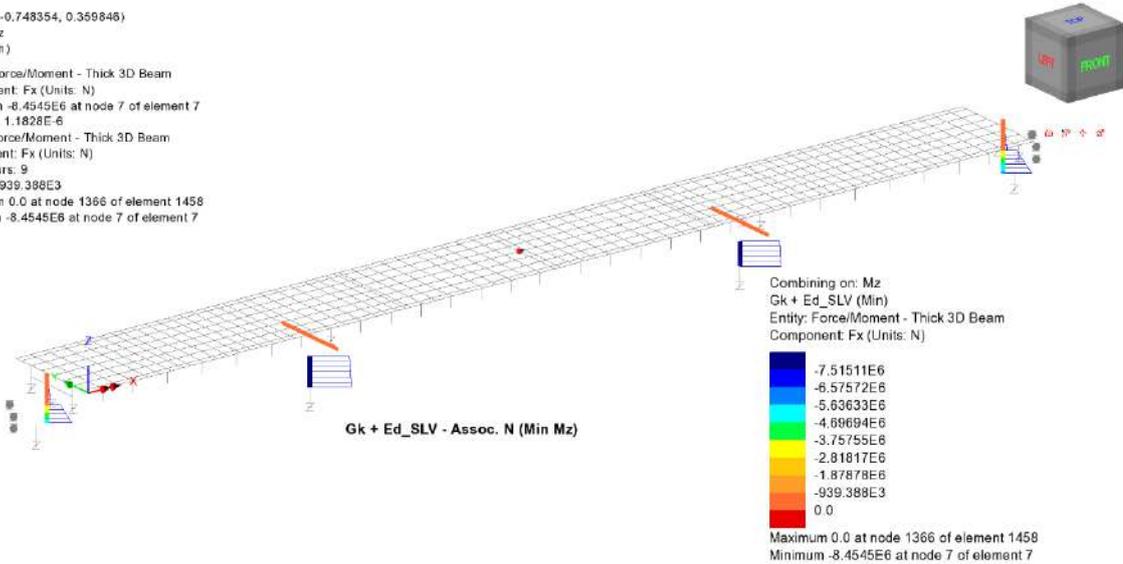
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 8.39186E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.19163E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 932.429E3
Contour maximum 8.39186E6 at node 5 of element 5
Contour minimum 0.0 at node 1365 of element 1457



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

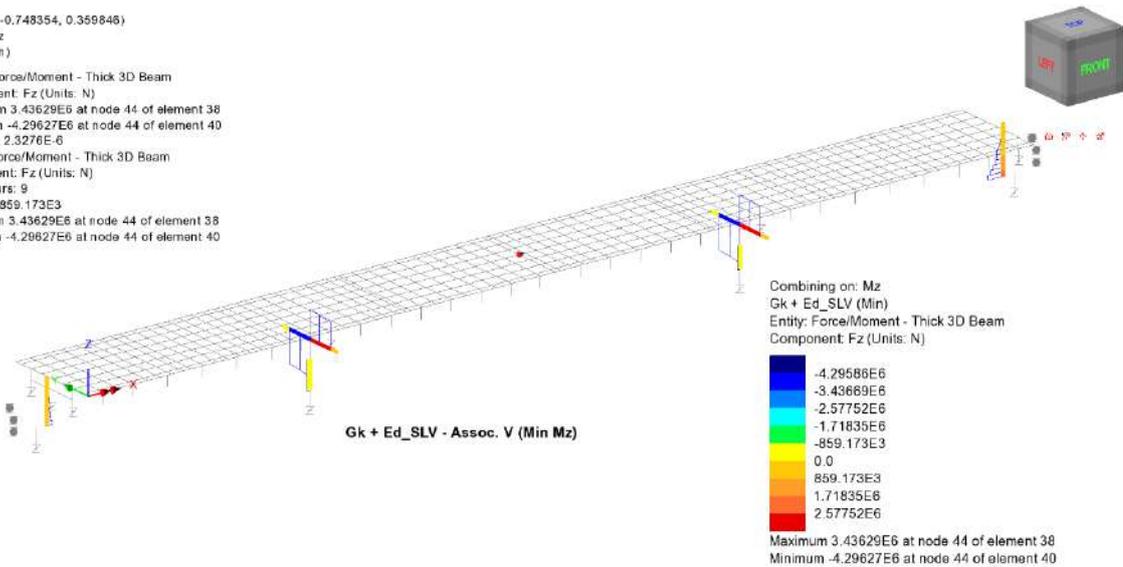
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.4545E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:1.1828E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 939.388E3
Contour maximum 0.0 at node 1366 of element 1458
Contour minimum -8.4545E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

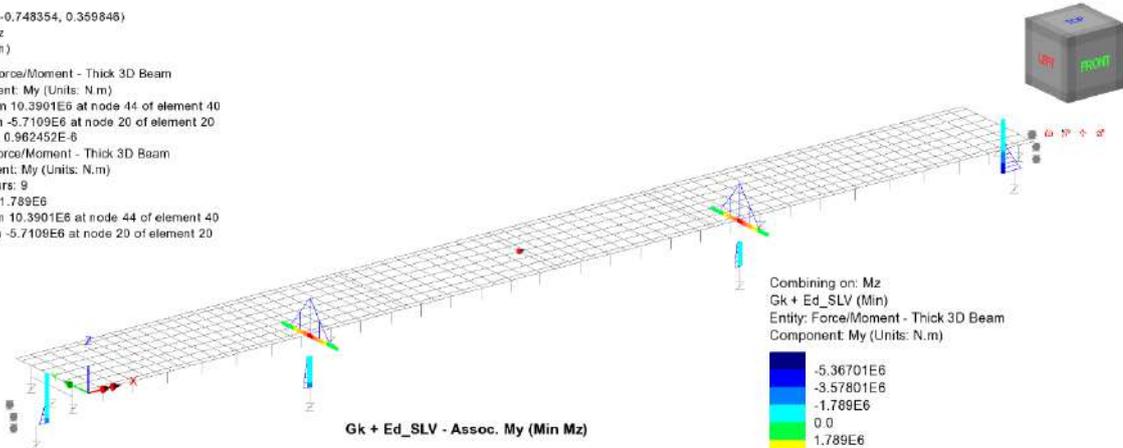
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.43629E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.29627E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:2.3276E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 859.173E3
Contour maximum 3.43629E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.29627E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 10.3901E6 at node 44 of element 40
Diagram minimum: -5.7109E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.962452E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.789E6
Contour maximum: 10.3901E6 at node 44 of element 40
Contour minimum: -5.7109E6 at node 20 of element 20



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

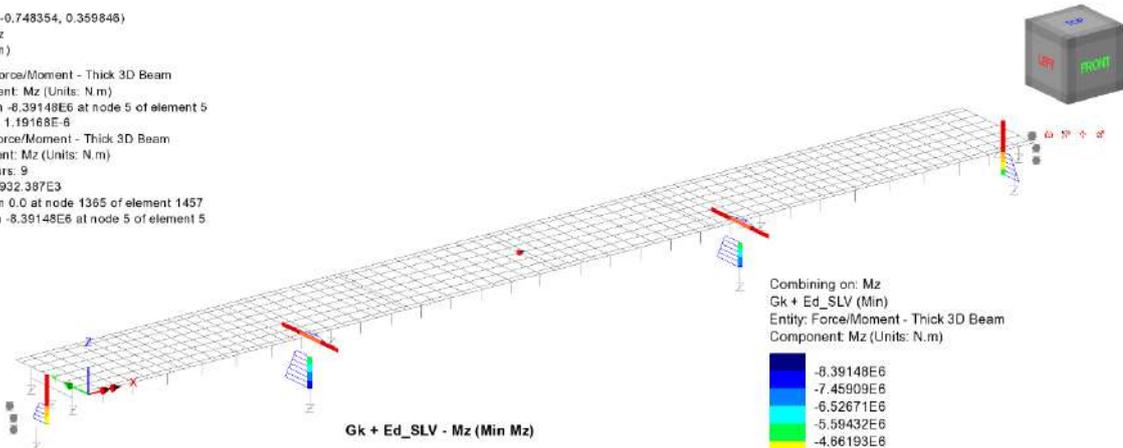
-5.36701E6
-3.57801E6
-1.789E6
0.0
1.789E6
3.57801E6
5.36701E6
7.15601E6
8.94502E6

Maximum 10.3901E6 at node 44 of element 40
Minimum -5.7109E6 at node 20 of element 20

Gk + Ed_SLV - Assoc. My (Min Mz)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -8.39148E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.19168E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 932.387E3
Contour maximum: 0.0 at node 1365 of element 1457
Contour minimum: -8.39148E6 at node 5 of element 5



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

-8.39148E6
-7.45909E6
-6.52671E6
-5.59432E6
-4.66193E6
-3.72855E6
-2.79718E6
-1.86477E6
932.387E3

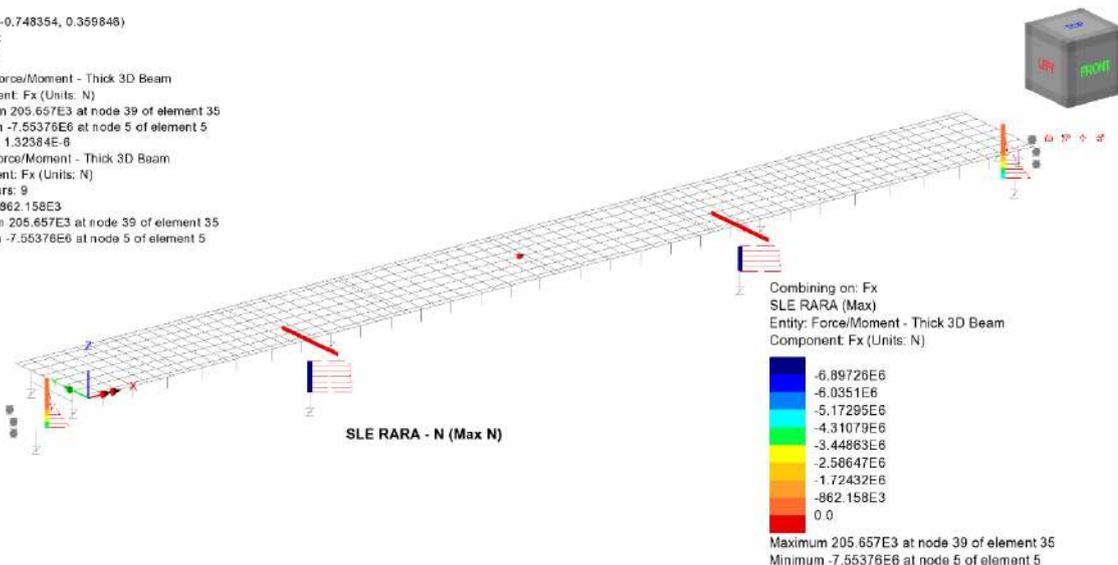
Maximum 0.0 at node 1365 of element 1457
Minimum -8.39148E6 at node 5 of element 5

Gk + Ed_SLV - Mz (Min Mz)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

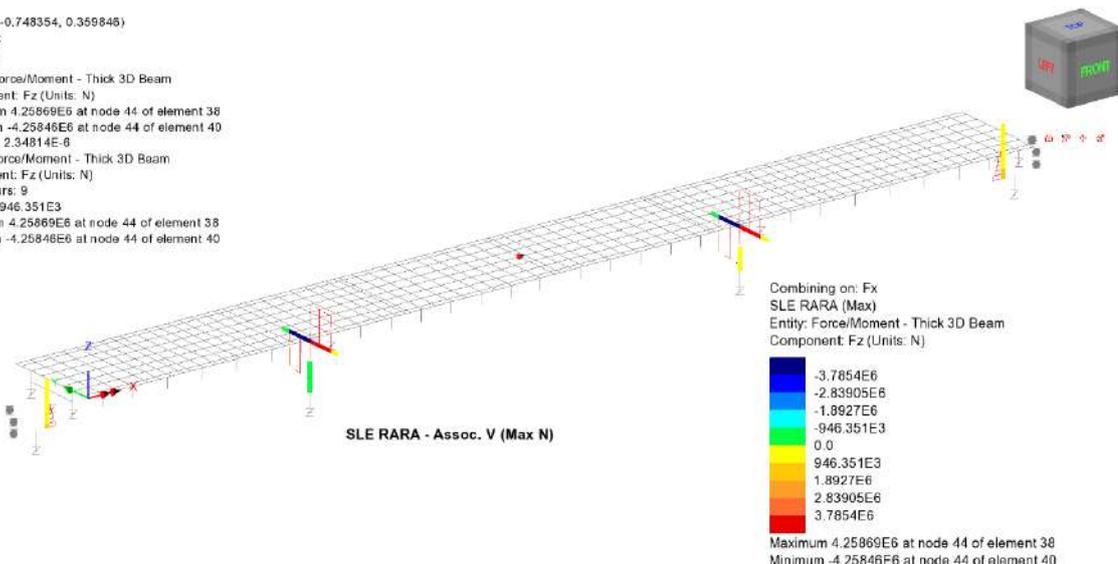
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 205.657E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -7.55376E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.32384E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 862.158E3
Contour maximum 205.657E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -7.55376E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

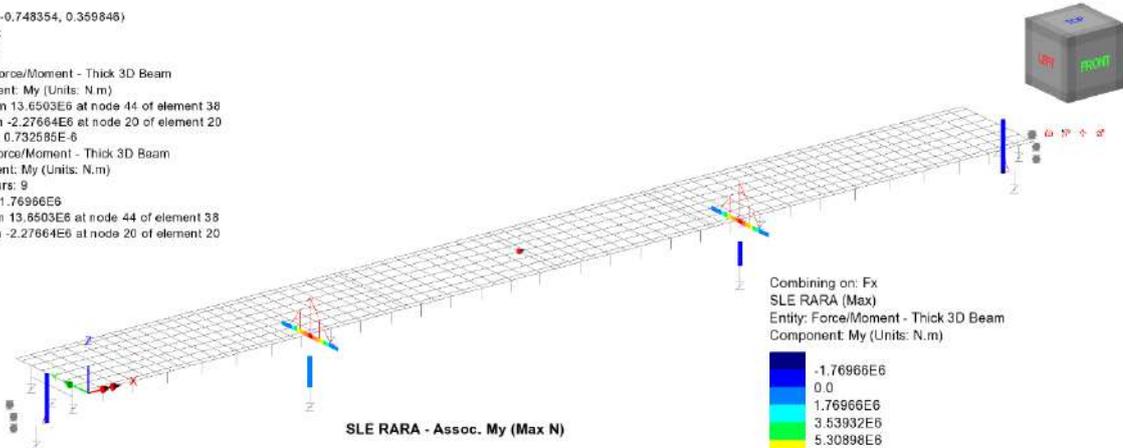
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.25869E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.25846E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.34814E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 946.351E3
Contour maximum 4.25869E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.25846E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 13.6503E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.27664E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.732585E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.76966E6
Contour maximum 13.6503E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -2.27664E6 at node 20 of element 20



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

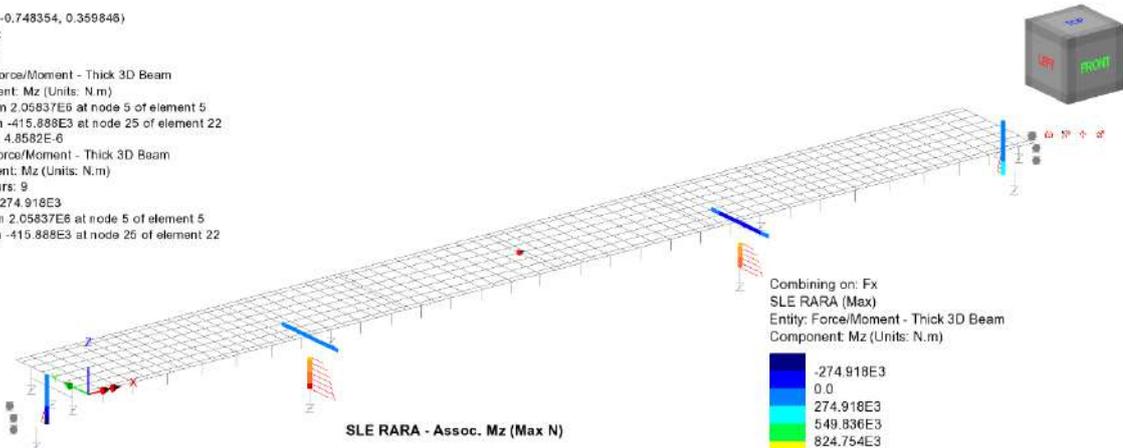
-1.76966E6
0.0
1.76966E6
3.53932E6
5.30898E6
7.07863E6
8.84829E6
10.618E6
12.3876E6

Maximum 13.6503E6 at node 44 of element 38
Minimum -2.27664E6 at node 20 of element 20

SLE RARA - Assoc. My (Max N)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.05837E6 at node 5 of element 5
Diagram minimum -415.888E3 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 4.8582E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 274.918E3
Contour maximum 2.05837E6 at node 5 of element 5
Contour minimum -415.888E3 at node 25 of element 22



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

-274.918E3
0.0
274.918E3
549.836E3
824.754E3
1.09967E6
1.37459E6
1.64951E6
1.92443E6

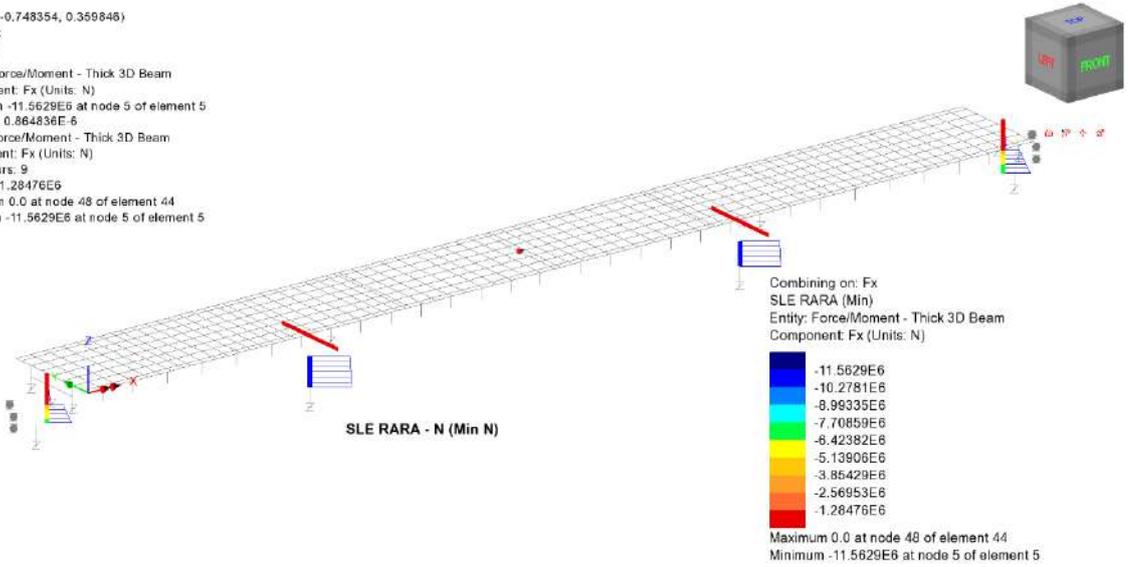
Maximum 2.05837E6 at node 5 of element 5
Minimum -415.888E3 at node 25 of element 22

SLE RARA - Assoc. Mz (Max N)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

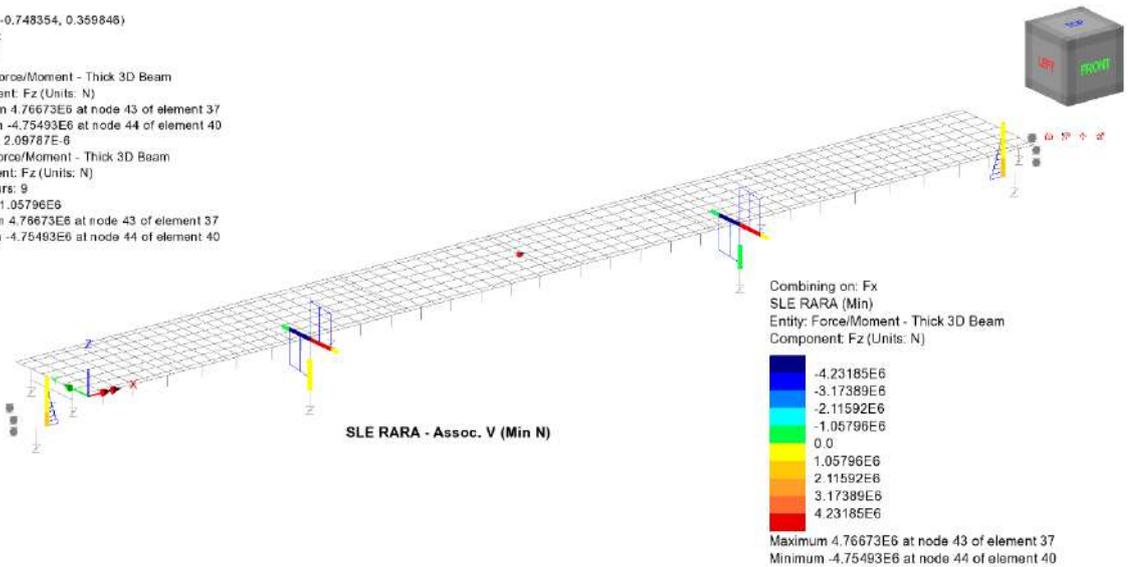
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -11.5629E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.864836E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.28476E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -11.5629E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

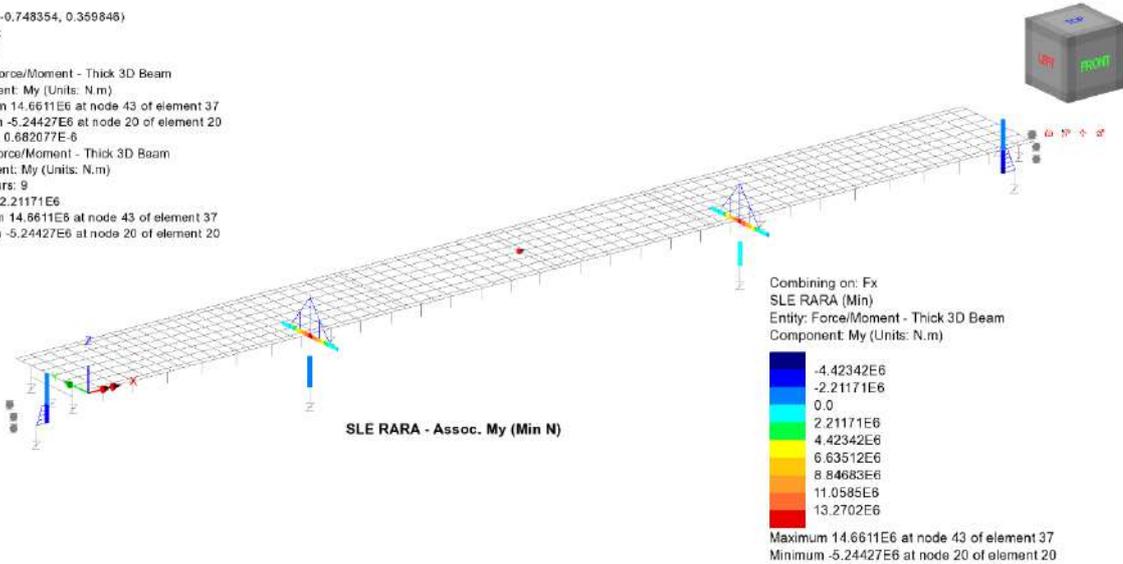
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.76673E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.75493E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.09787E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.05796E6
Contour maximum 4.76673E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -4.75493E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

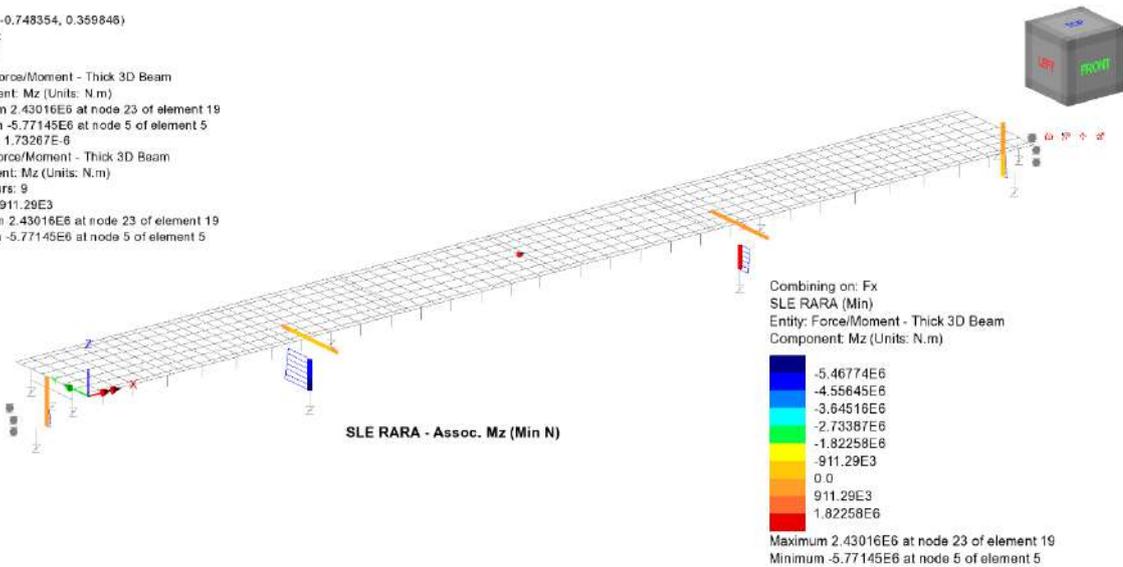
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 14.6611E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -5.24427E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.682077E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.21171E6
Contour maximum 14.6611E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -5.24427E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

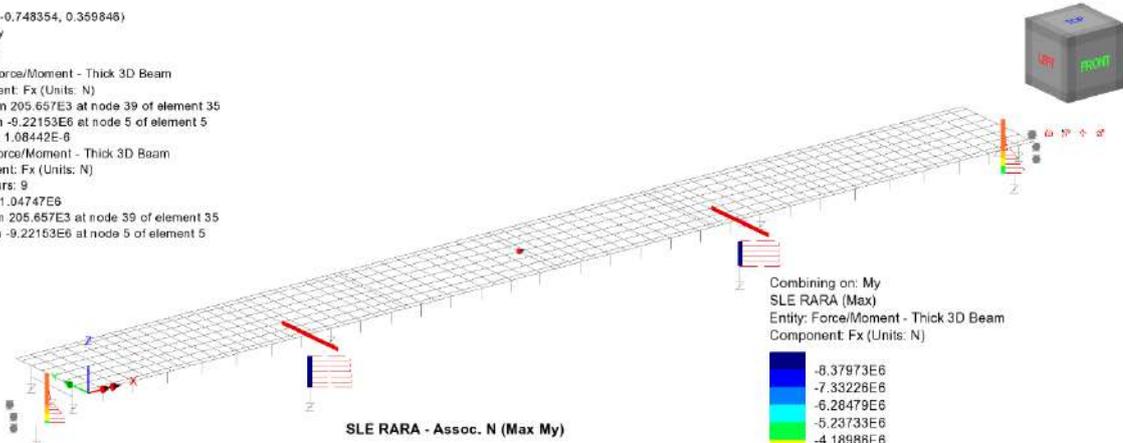
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.43016E6 at node 23 of element 19
Diagram minimum -5.77145E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.73267E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 911.29E3
Contour maximum 2.43016E6 at node 23 of element 19
Contour minimum -5.77145E6 at node 5 of element 5



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 205.657E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -9.22153E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.08442E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.04747E6
Contour maximum 205.657E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -9.22153E6 at node 5 of element 5



SLE RARA - Assoc. N (Max My)

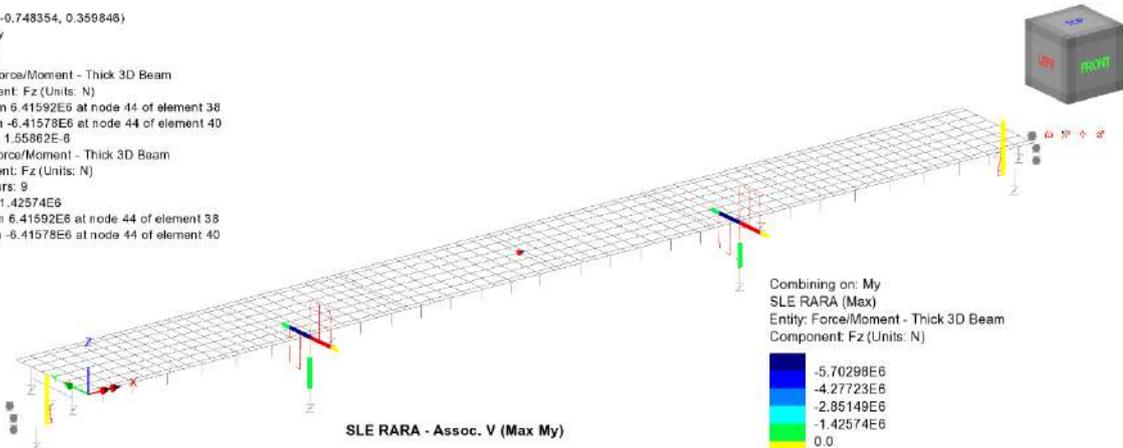
Combining on: My
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)

-8.37973E6
-7.33228E6
-6.28479E6
-5.23733E6
-4.18988E6
-3.1424E6
-2.09493E6
-1.04747E6
0.0

Maximum 205.657E3 at node 39 of element 35
Minimum -9.22153E6 at node 5 of element 5

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 6.41592E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -6.41578E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 1.55862E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.42574E6
Contour maximum 6.41592E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -6.41578E6 at node 44 of element 40



SLE RARA - Assoc. V (Max My)

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

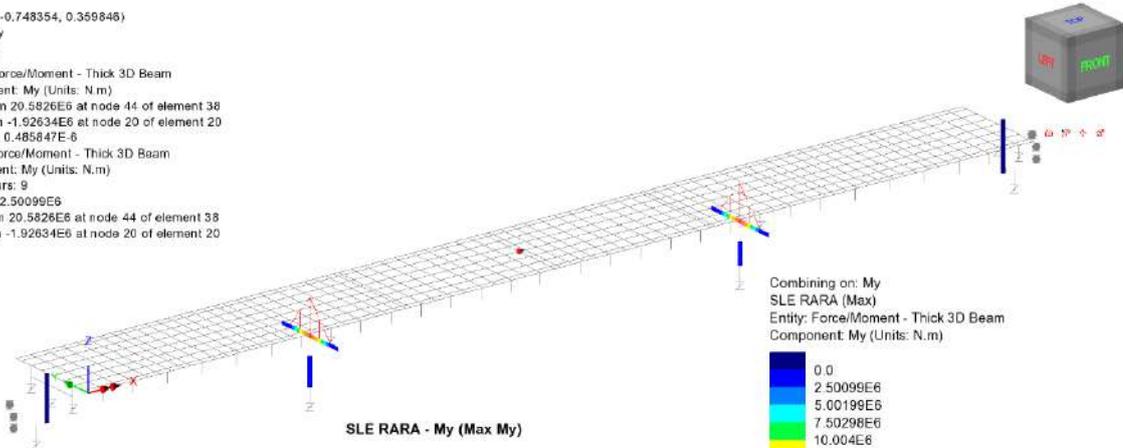
-5.70298E6
-4.27723E6
-2.85149E6
-1.42574E6
0.0
1.42574E6
2.85149E6
4.27723E6
5.70298E6

Maximum 6.41592E6 at node 44 of element 38
Minimum -6.41578E6 at node 44 of element 40

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

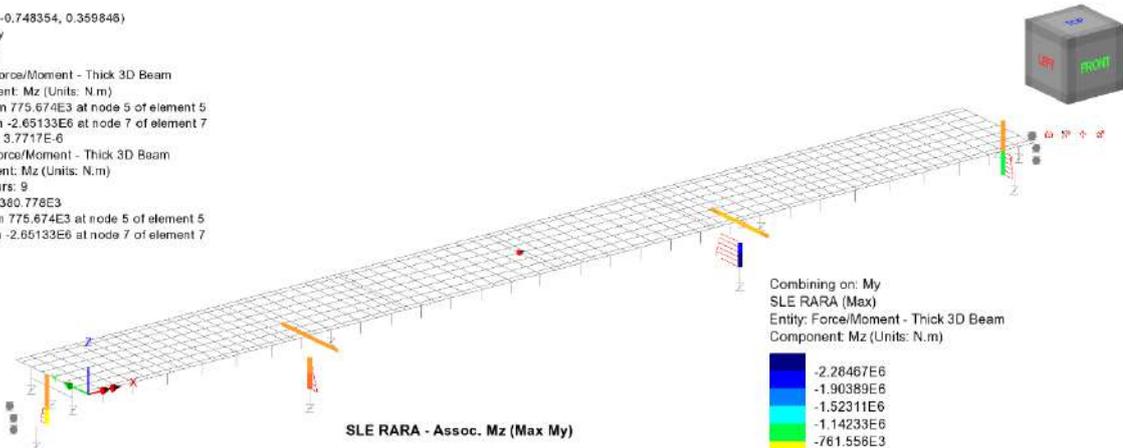
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.5826E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -1.92634E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.485847E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.50099E6
Contour maximum 20.5826E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -1.92634E6 at node 20 of element 20



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

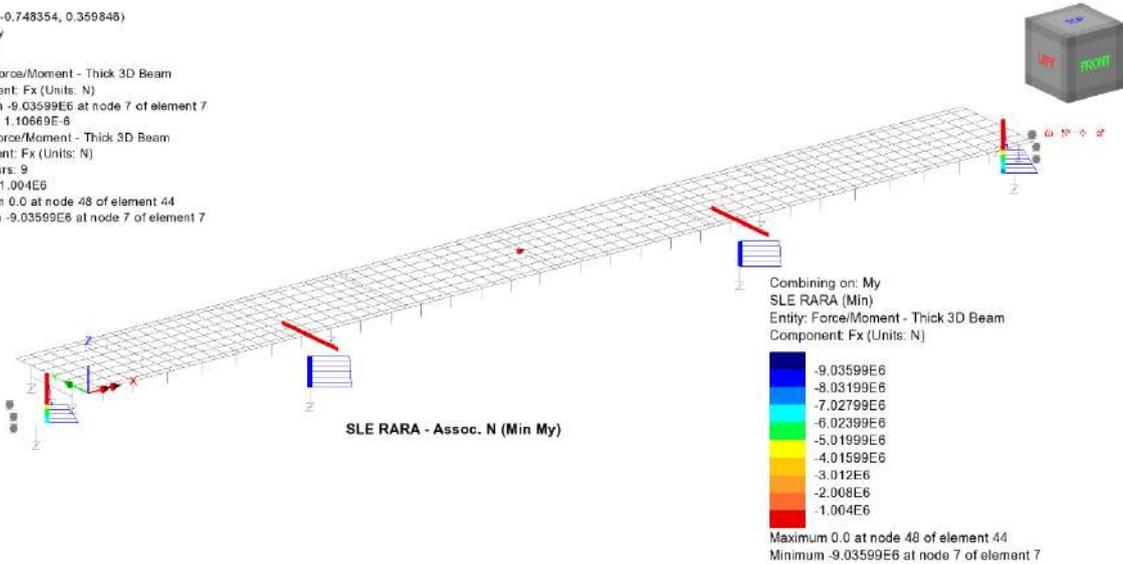
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 775.674E3 at node 5 of element 5
Diagram minimum -2.65133E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 3.7717E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 380.778E3
Contour maximum 775.674E3 at node 5 of element 5
Contour minimum -2.65133E6 at node 7 of element 7



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

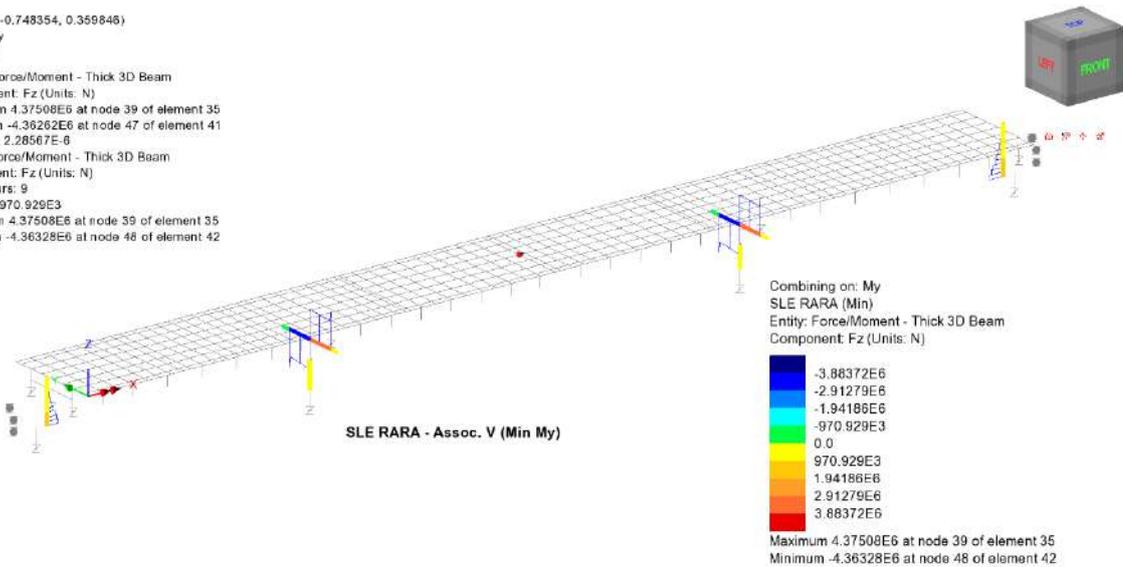
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -9.03599E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 1.10669E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.004E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -9.03599E6 at node 7 of element 7



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

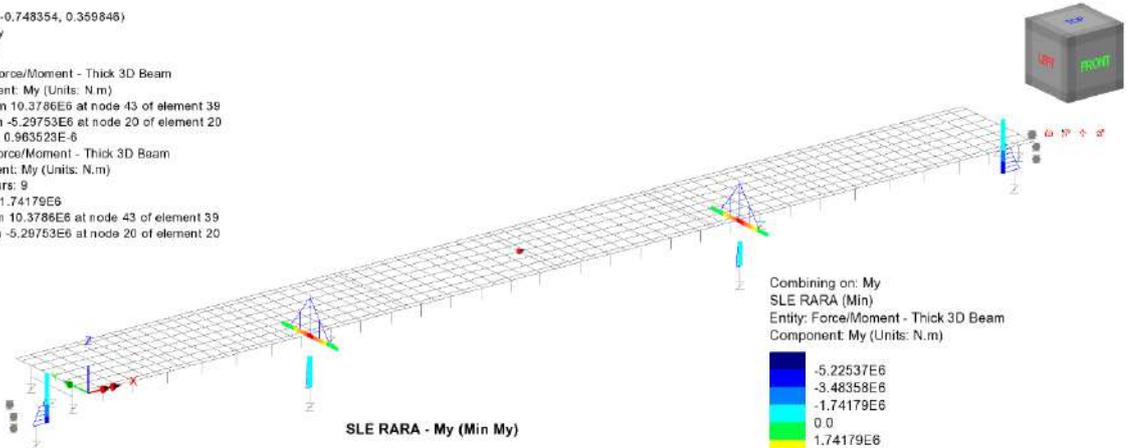
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.37508E6 at node 39 of element 35
Diagram minimum -4.3628E6 at node 48 of element 41
Diagram scale: 1: 2.28567E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 970.929E3
Contour maximum 4.37508E6 at node 39 of element 35
Contour minimum -4.3628E6 at node 48 of element 42



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 10.3786E6 at node 43 of element 39
Diagram minimum -5.29753E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.963523E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.74179E6
Contour maximum 10.3786E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -5.29753E6 at node 20 of element 20



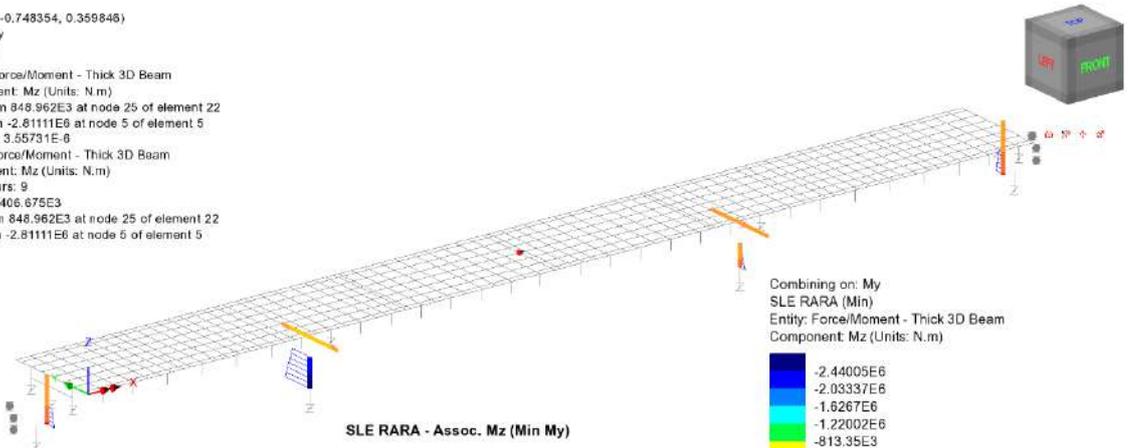
Combining on: My
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-5.22537E6
-3.48358E6
-1.74179E6
0.0
1.74179E6
3.48358E6
5.22537E6
6.96716E6
8.70895E6

Maximum 10.3786E6 at node 43 of element 39
Minimum -5.29753E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 848.962E3 at node 25 of element 22
Diagram minimum -2.81111E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 3.55731E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 406.675E3
Contour maximum 848.962E3 at node 25 of element 22
Contour minimum -2.81111E6 at node 5 of element 5



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

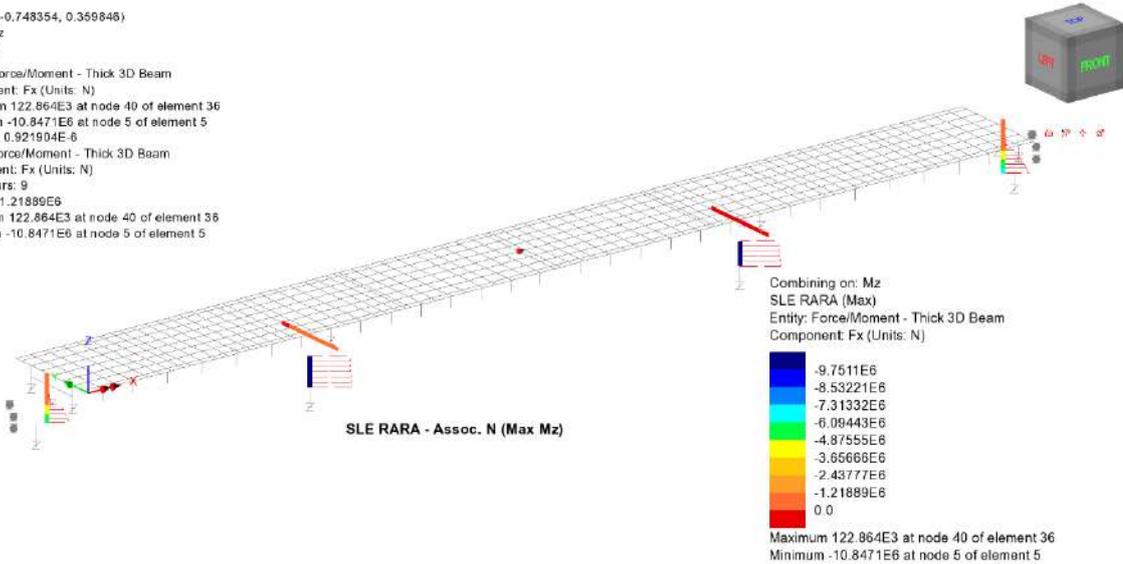
-2.44005E6
-2.03337E6
-1.6267E6
-1.22002E6
-813.35E3
-406.675E3
0.0
406.675E3
813.35E3

Maximum 848.962E3 at node 25 of element 22
Minimum -2.81111E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

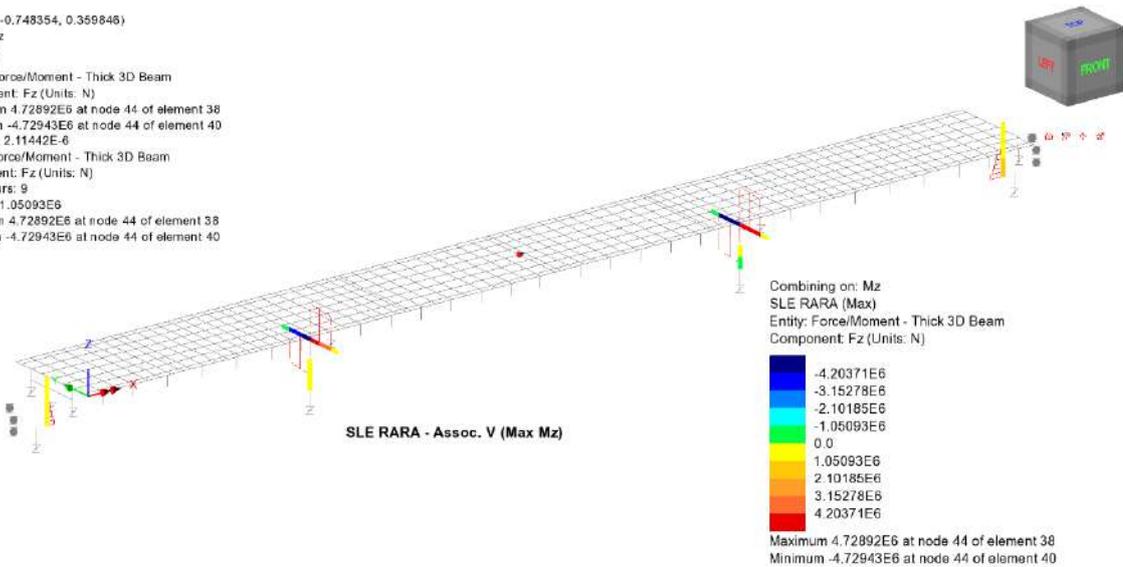
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 122.864E3 at node 40 of element 36
Diagram minimum -10.8471E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 0.921904E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.21889E6
Contour maximum 122.864E3 at node 40 of element 36
Contour minimum -10.8471E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

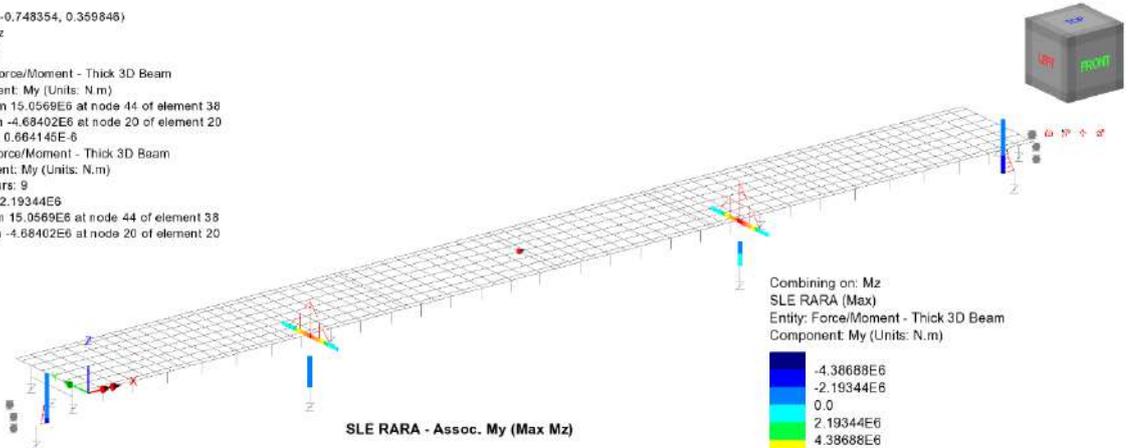
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.72892E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.72943E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.11442E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.05093E6
Contour maximum 4.72892E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.72943E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.0569E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.68402E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.664145E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.19344E6
Contour maximum 15.0569E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.68402E6 at node 20 of element 20



SLE RARA - Assoc. My (Max Mz)

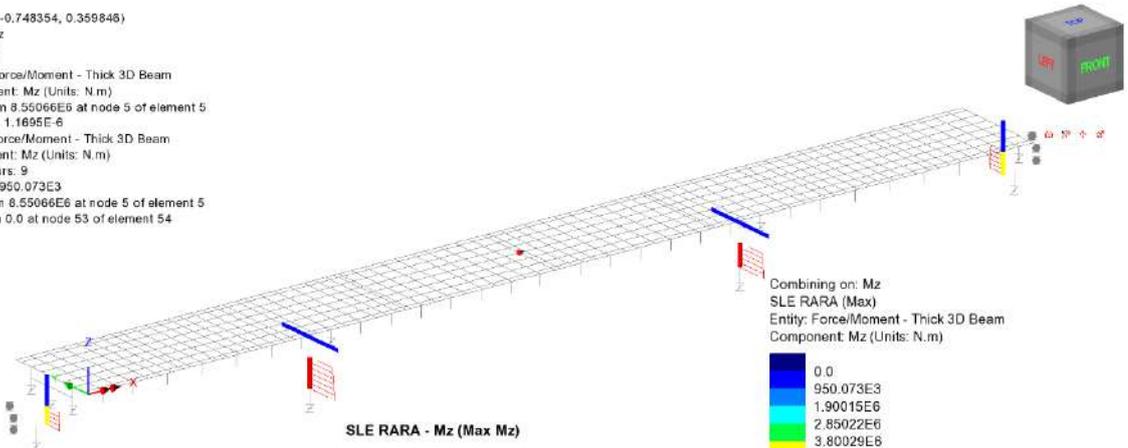
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-4.38688E6
-2.19344E6
0.0
2.19344E6
4.38688E6
6.58032E6
8.77376E6
10.9672E6
13.1606E6

Maximum 15.0569E6 at node 44 of element 38
Minimum -4.68402E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 8.55066E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.1895E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 950.073E3
Contour maximum 8.55066E6 at node 5 of element 5
Contour minimum 0.0 at node 53 of element 54



SLE RARA - Mz (Max Mz)

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

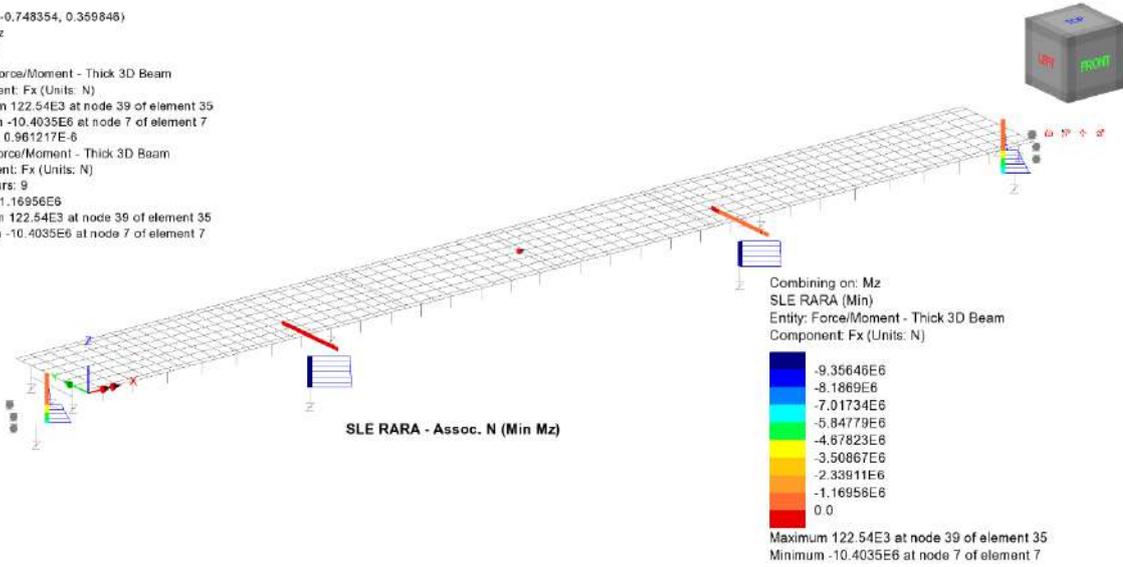
0.0
950.073E3
1.90015E6
2.85022E6
3.80029E6
4.75037E6
5.70044E6
6.65051E6
7.60058E6

Maximum 8.55066E6 at node 5 of element 5
Minimum 0.0 at node 53 of element 54

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

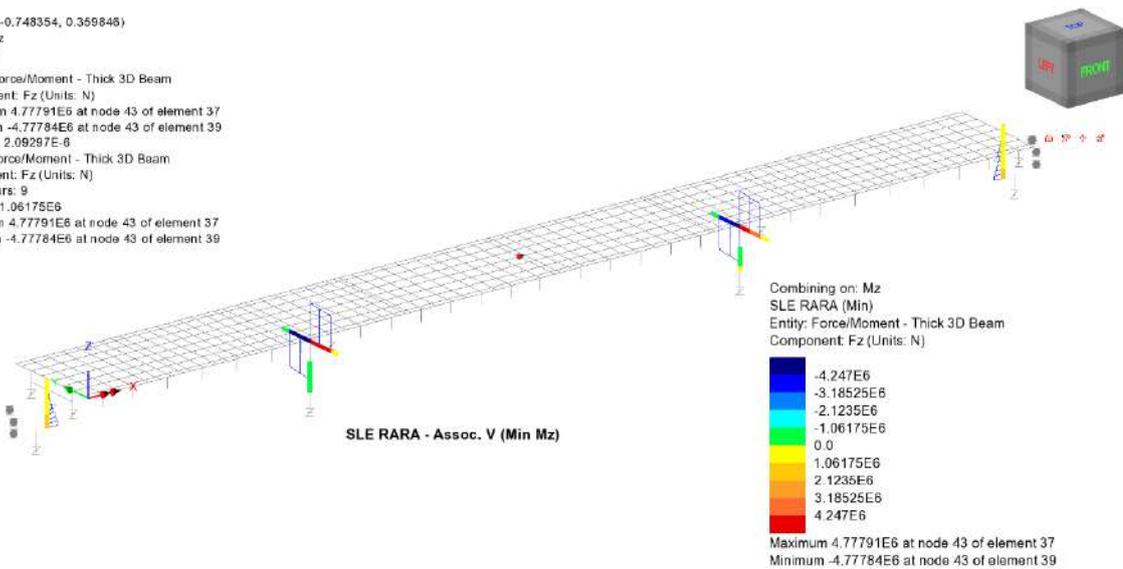
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 122.54E3 at node 39 of element 35
Diagram minimum -10.4035E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 0.961217E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.16956E6
Contour maximum 122.54E3 at node 39 of element 35
Contour minimum -10.4035E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

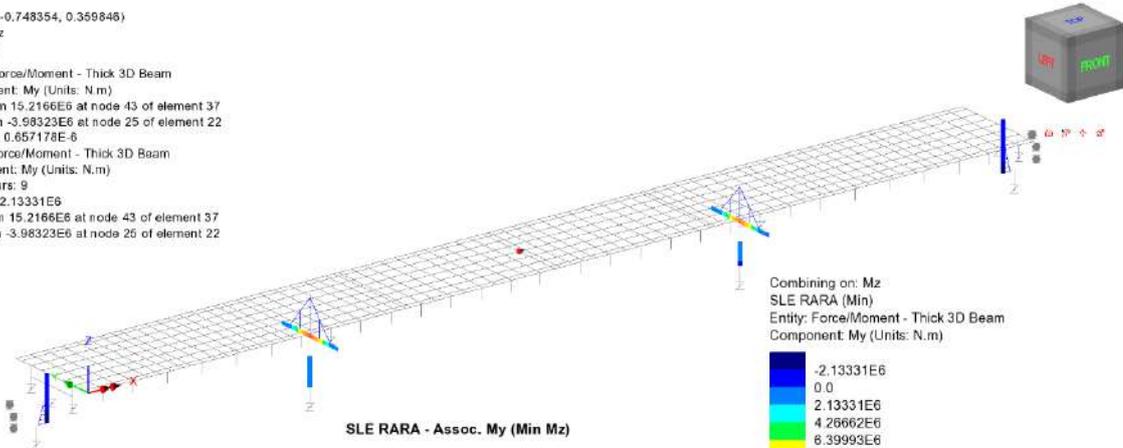
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.77791E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.77784E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.09297E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.06175E6
Contour maximum 4.77791E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -4.77784E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 15.2166E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.98323E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.657178E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.13331E6
Contour maximum 15.2166E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.98323E6 at node 25 of element 22



SLE RARA - Assoc. My (Min Mz)

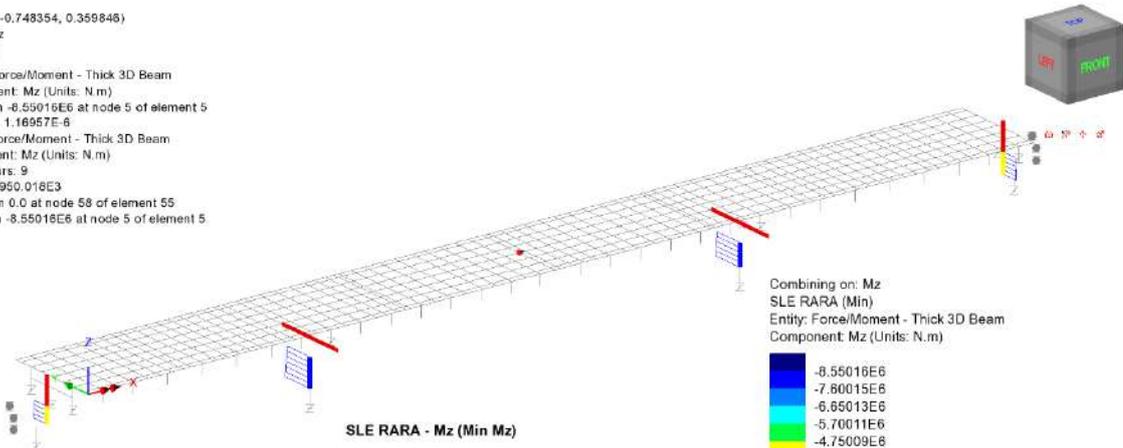
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.13331E6
0.0
2.13331E6
4.26662E6
6.39993E6
8.53325E6
10.6666E6
12.7999E6
14.9332E6

Maximum 15.2166E6 at node 43 of element 37
Minimum -3.98323E6 at node 25 of element 22

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum -8.55016E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.16957E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 950.018E3
Contour maximum 0.0 at node 58 of element 55
Contour minimum -8.55016E6 at node 5 of element 5



SLE RARA - Mz (Min Mz)

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

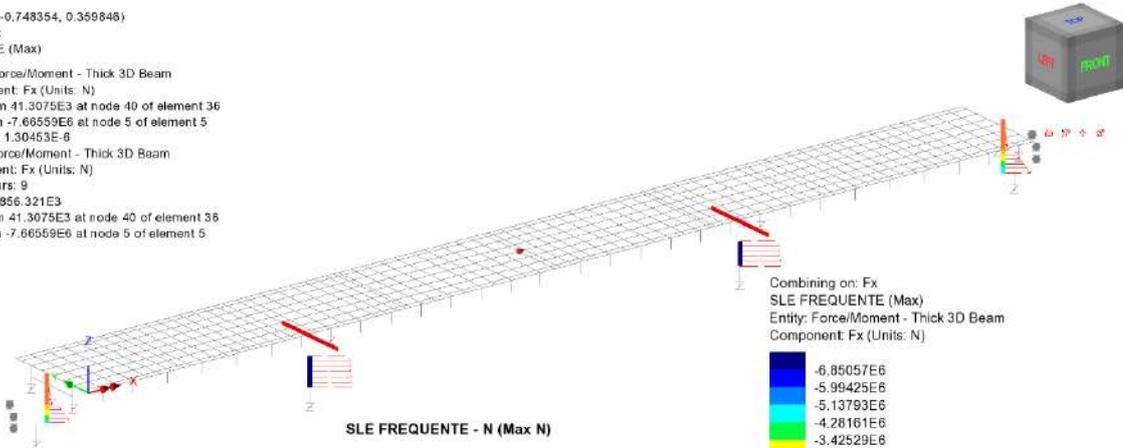
-8.55016E6
-7.60015E6
-6.65013E6
-5.70011E6
-4.75009E6
-3.80007E6
-2.85005E6
-1.90004E6
950.018E3

Maximum 0.0 at node 58 of element 55
Minimum -8.55016E6 at node 5 of element 5

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 41.3075E3 at node 40 of element 36
Diagram minimum -7.66559E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.30453E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 856.321E3
Contour maximum 41.3075E3 at node 40 of element 36
Contour minimum -7.66559E6 at node 5 of element 5



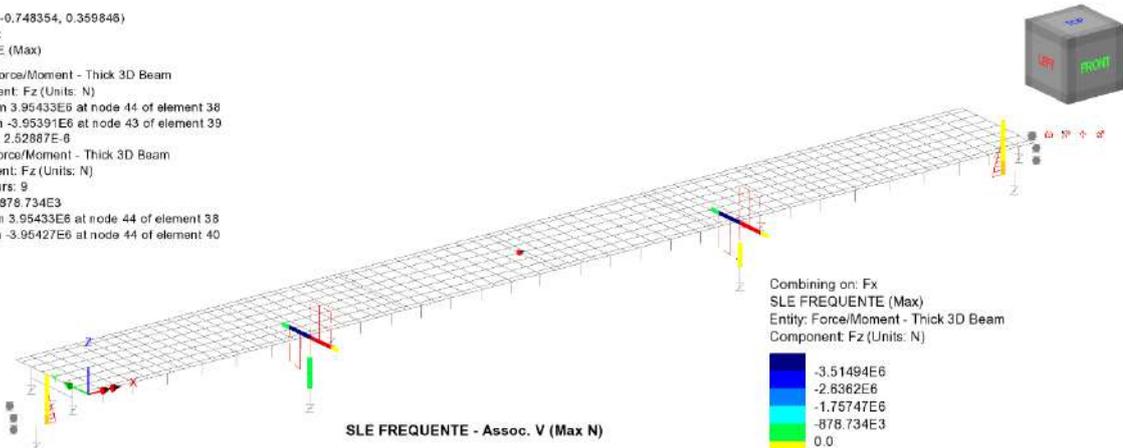
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)

-8.85057E6
-5.99425E6
-5.13793E6
-4.28161E6
-3.42529E6
-2.56896E6
-1.71264E6
-856.321E3
0.0

Maximum 41.3075E3 at node 40 of element 36
Minimum -7.66559E6 at node 5 of element 5

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.95433E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -3.95391E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:2.52887E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 878.734E3
Contour maximum 3.95433E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -3.95427E6 at node 44 of element 40



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

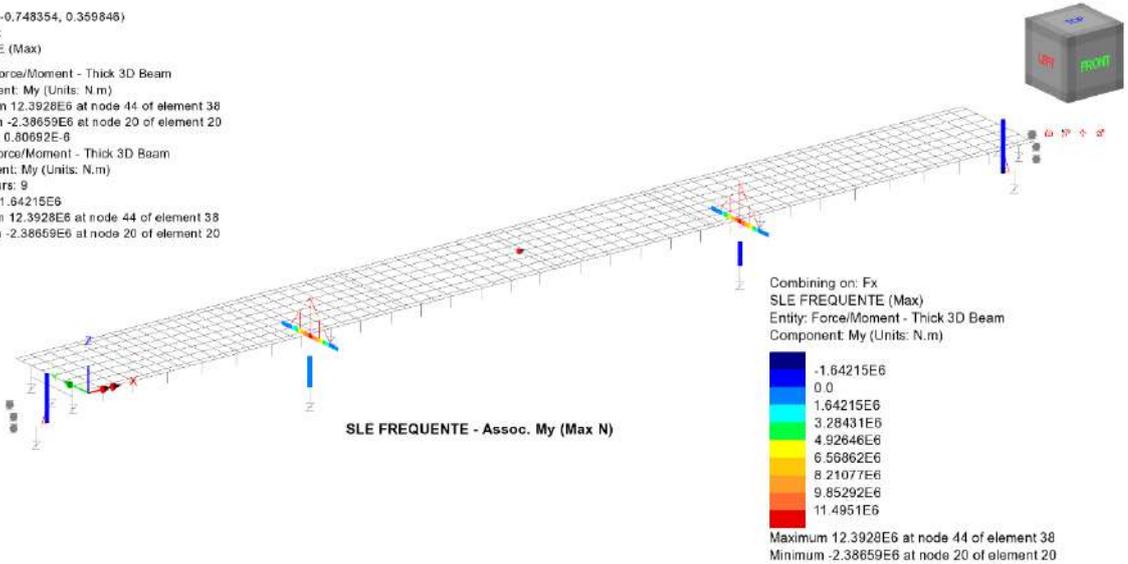
-3.51494E6
-2.8362E6
-1.75747E6
-878.734E3
0.0
878.734E3
1.75747E6
2.8362E6
3.51494E6

Maximum 3.95433E6 at node 44 of element 38
Minimum -3.95427E6 at node 44 of element 40

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

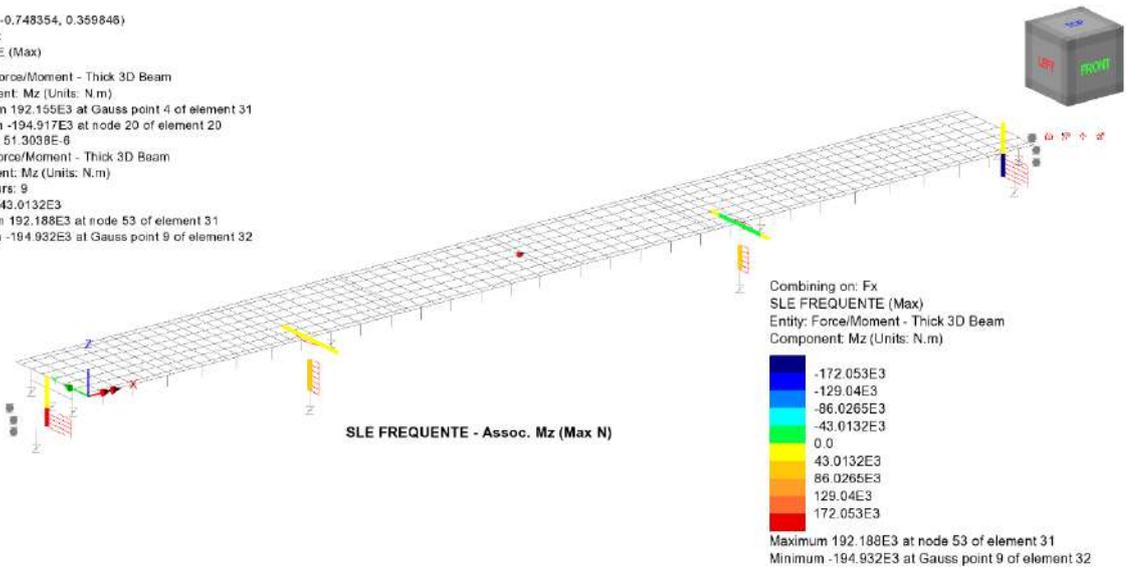
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 12.3928E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.38659E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.80692E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.64215E6
Contour maximum 12.3928E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -2.38659E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

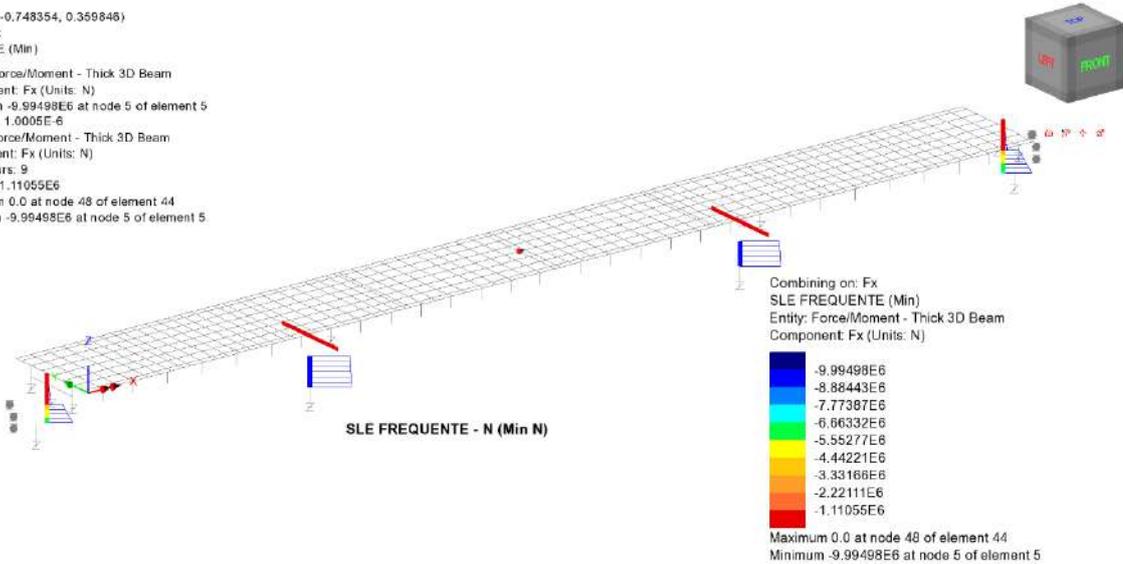
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 192.155E3 at Gauss point 4 of element 31
Diagram minimum -194.932E3 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 51.3038E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 43.0132E3
Contour maximum 192.188E3 at node 53 of element 31
Contour minimum -194.932E3 at Gauss point 9 of element 32



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

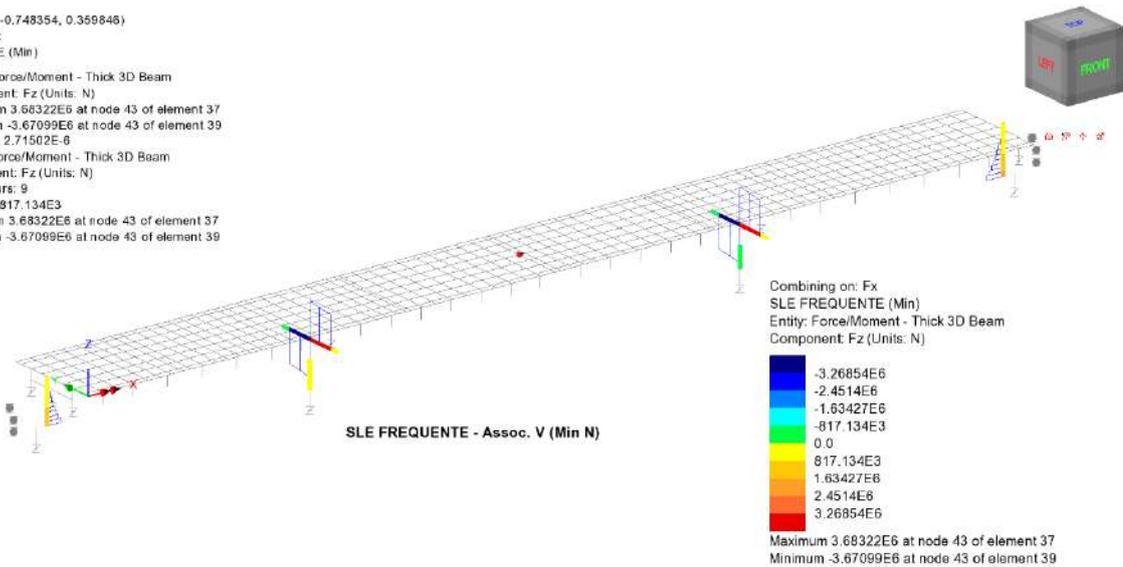
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -9.99498E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.0005E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.11055E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 44
Contour minimum -9.99498E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

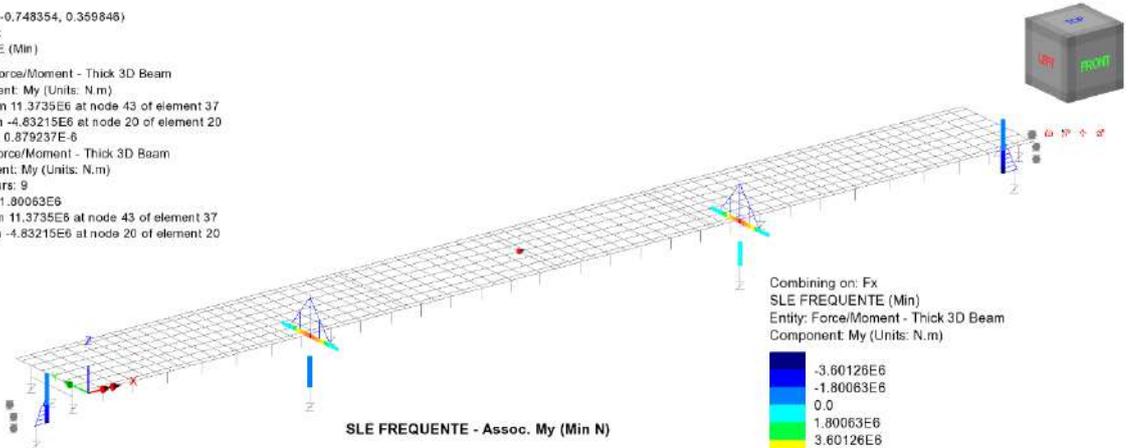
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.68322E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.67099E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.71502E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 817.134E3
Contour maximum 3.68322E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.67099E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.3735E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.83215E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.879237E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.80063E6
Contour maximum 11.3735E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -4.83215E6 at node 20 of element 20



SLE FREQUENTE - Assoc. My (Min N)

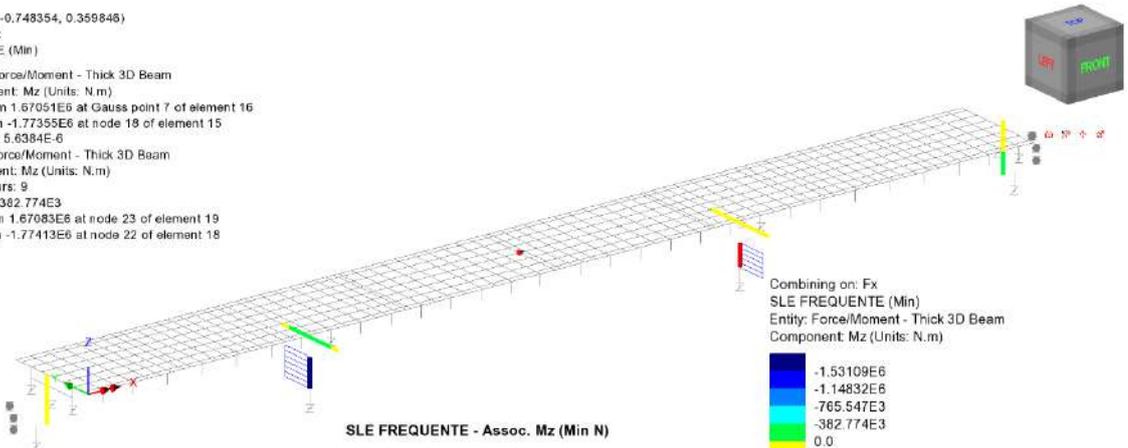
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-3.60126E6
-1.80063E6
0.0
1.80063E6
3.60126E6
5.40189E6
7.20251E6
9.00314E6
10.8038E6

Maximum 11.3735E6 at node 43 of element 37
Minimum -4.83215E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 1.67051E6 at Gauss point 7 of element 16
Diagram minimum -1.77355E6 at node 18 of element 15
Diagram scale: 1: 5.6384E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 382.774E3
Contour maximum 1.67083E6 at node 23 of element 19
Contour minimum -1.77413E6 at node 22 of element 18



SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Min N)

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

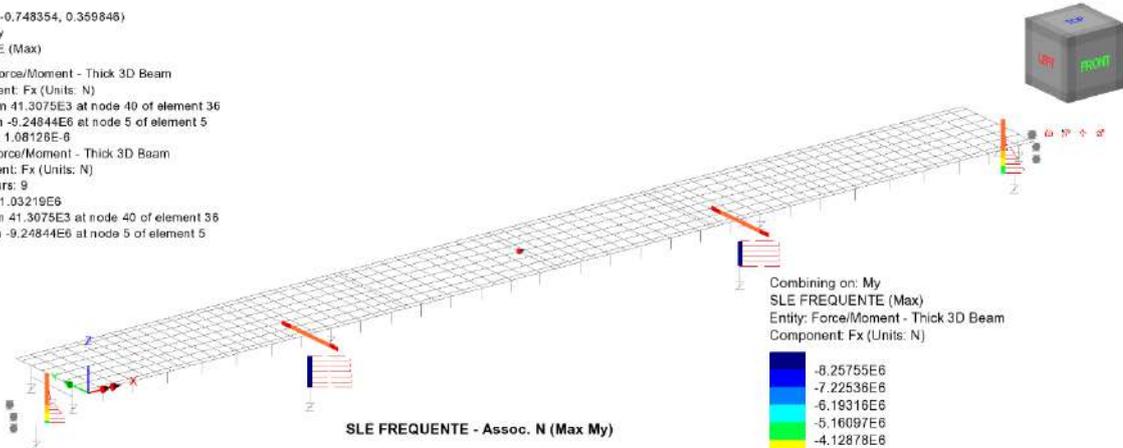
-1.53109E6
-1.14832E6
-765.547E3
-382.774E3
0.0
382.774E3
765.547E3
1.14832E6
1.53109E6

Maximum 1.67083E6 at node 23 of element 19
Minimum -1.77413E6 at node 22 of element 18

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

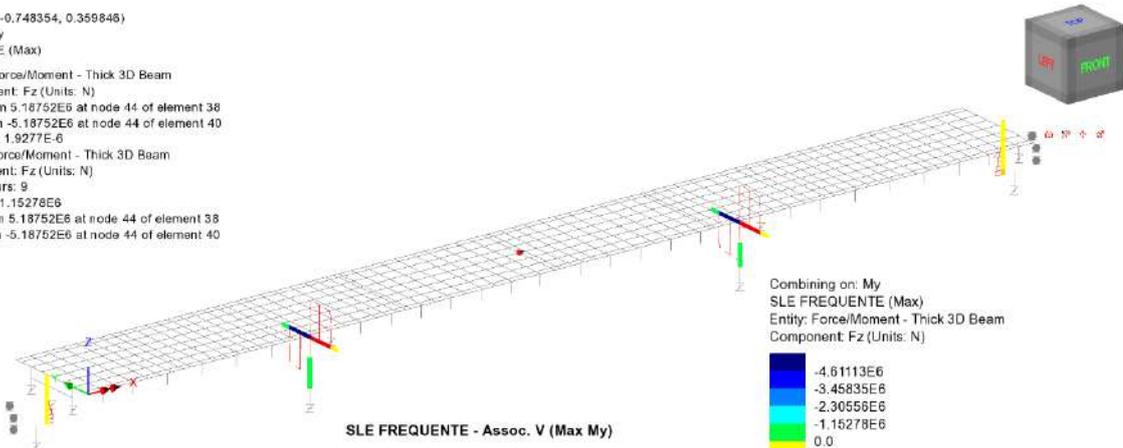
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 41.3075E3 at node 40 of element 36
Diagram minimum -9.24844E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.08126E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.03219E6
Contour maximum 41.3075E3 at node 40 of element 36
Contour minimum -9.24844E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

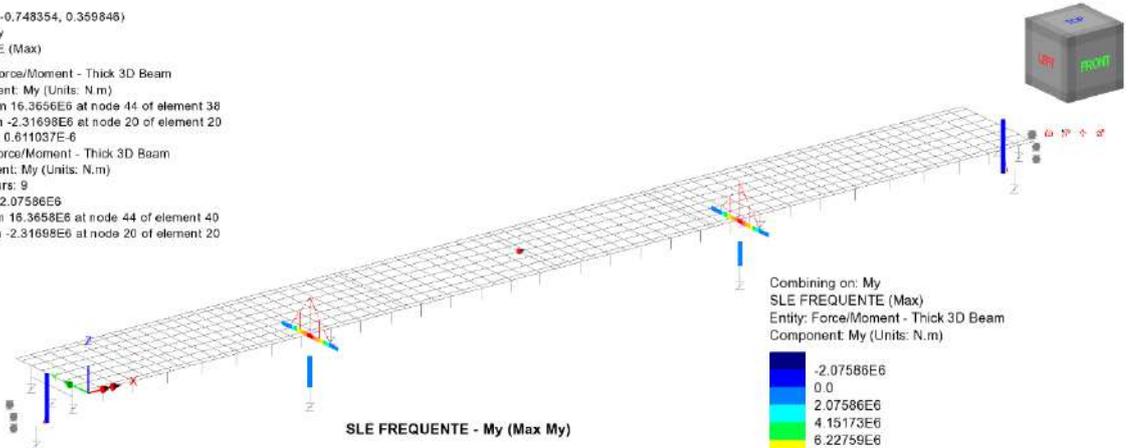
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 5.18752E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -5.18752E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:1.9277E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.15278E6
Contour maximum 5.18752E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -5.18752E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 16.3658E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.31698E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.611037E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.07586E6
Contour maximum 16.3658E6 at node 44 of element 40
Contour minimum -2.31698E6 at node 20 of element 20



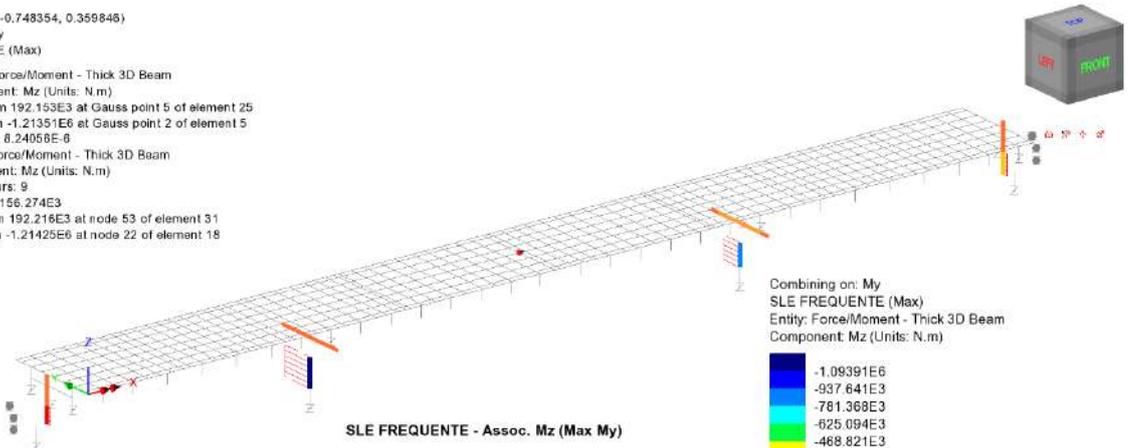
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.07586E6
0.0
2.07586E6
4.15173E6
6.22759E6
8.30346E6
10.3793E6
12.4552E6
14.531E6

Maximum 16.3658E6 at node 44 of element 40
Minimum -2.31698E6 at node 20 of element 20

Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 192.153E3 at Gauss point 5 of element 25
Diagram minimum -1.21351E6 at Gauss point 2 of element 5
Diagram scale: 1: 8.24056E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 156.274E3
Contour maximum 192.216E3 at node 53 of element 31
Contour minimum -1.21425E6 at node 22 of element 18



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

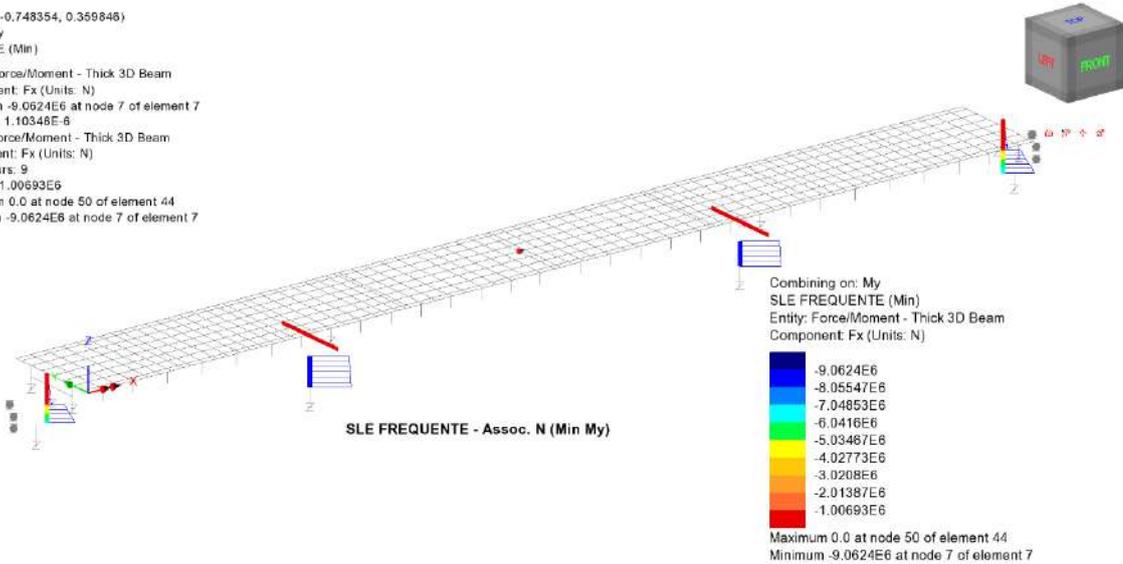
-1.09391E6
-837.641E3
-761.369E3
-625.094E3
-468.821E3
-312.547E3
-156.274E3
0.0
156.274E3

Maximum 192.216E3 at node 53 of element 31
Minimum -1.21425E6 at node 22 of element 18

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

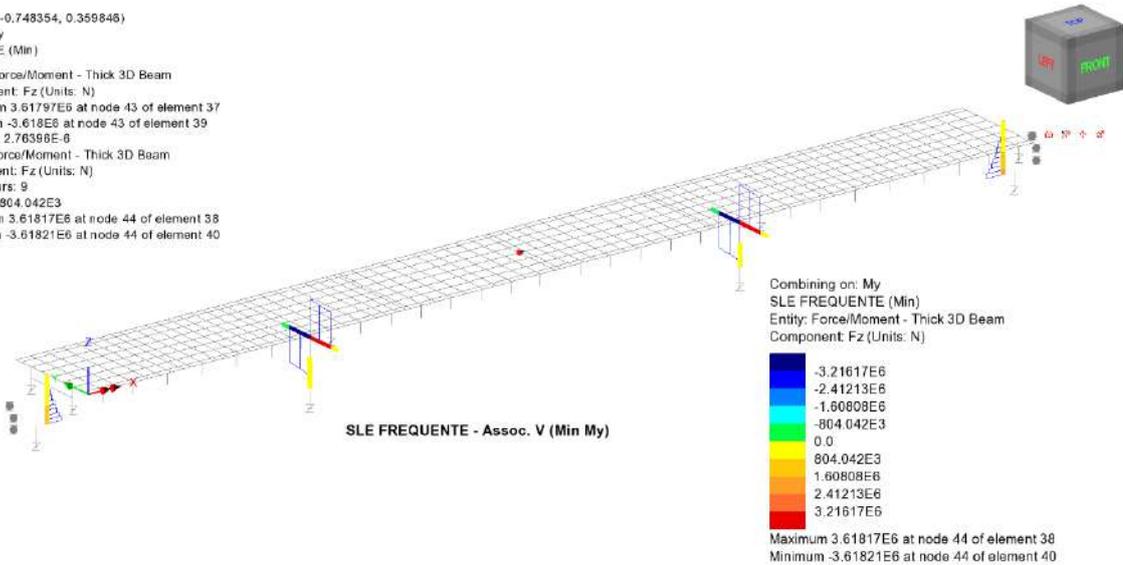
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -9.0624E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 1.10348E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.00693E6
Contour maximum 0.0 at node 50 of element 44
Contour minimum -9.0624E6 at node 7 of element 7



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

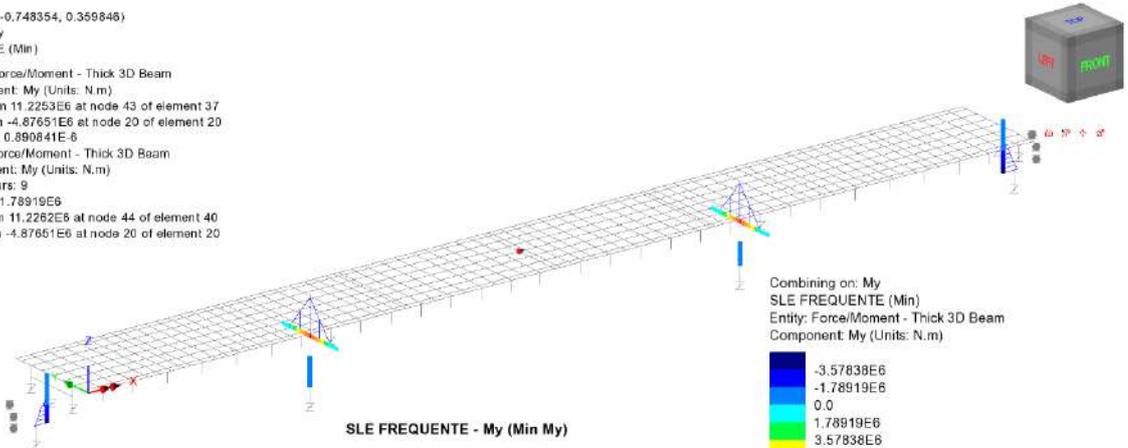
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.61797E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.618E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.76366E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 804.042E3
Contour maximum 3.61817E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -3.61821E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.2253E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.87651E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.890841E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.78919E6
Contour maximum 11.2262E6 at node 44 of element 40
Contour minimum -4.87651E6 at node 20 of element 20



SLE FREQUENTE - My (Min My)

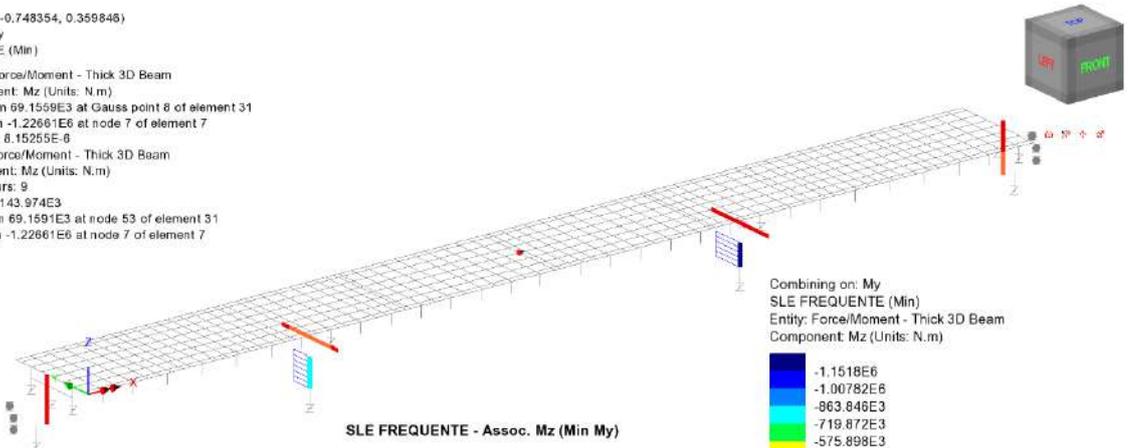
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-3.57838E6
-1.78919E6
0.0
1.78919E6
3.57838E6
5.36757E6
7.15676E6
8.94595E6
10.7351E6

Maximum 11.2262E6 at node 44 of element 40
Minimum -4.87651E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 69.1559E3 at Gauss point 8 of element 31
Diagram minimum -1.22661E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1: 8.15255E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.43.974E3
Contour maximum 69.1591E3 at node 53 of element 31
Contour minimum -1.22661E6 at node 7 of element 7



SLE FREQUENTE - Assoc. Mz (Min My)

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

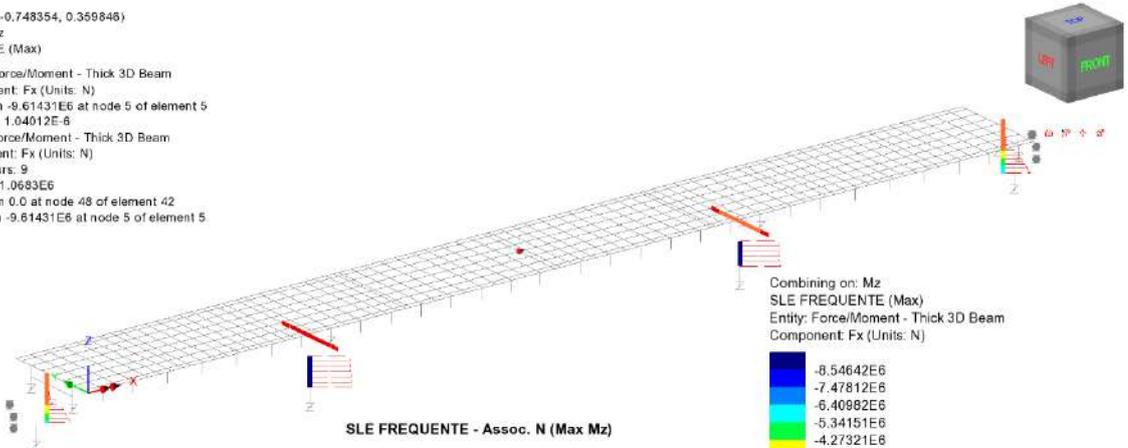
-1.1518E6
-1.00782E6
-863.846E3
-719.872E3
-575.898E3
-431.923E3
-287.949E3
-143.974E3
0.0

Maximum 69.1591E3 at node 53 of element 31
Minimum -1.22661E6 at node 7 of element 7

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -9.61431E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.04012E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.0683E6
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 42
Contour minimum -9.61431E6 at node 5 of element 5



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

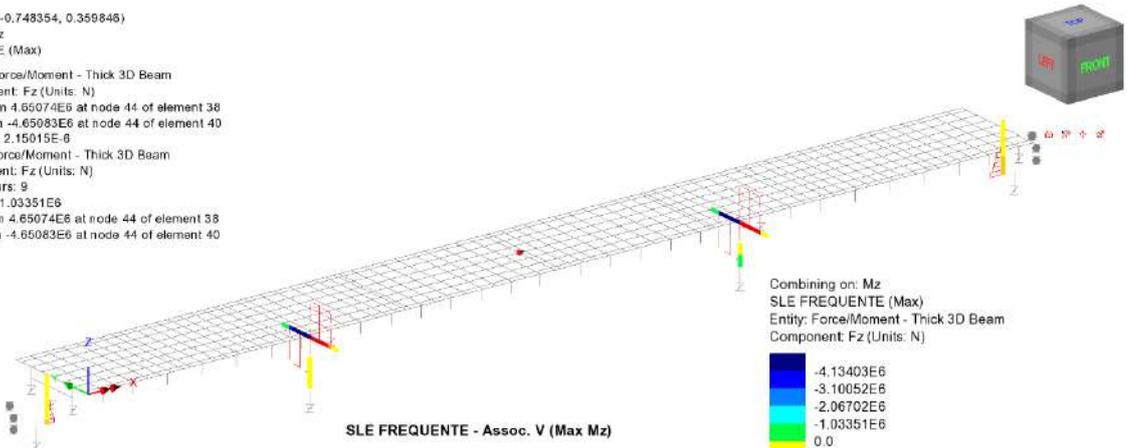
-8.54642E6
-7.47812E6
-6.40982E6
-5.34151E6
-4.27321E6
-3.20491E6
-2.13661E6
-1.0683E6
0.0

Maximum 0.0 at node 48 of element 42
Minimum -9.61431E6 at node 5 of element 5

SLE FREQUENTE - Assoc. N (Max Mz)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.65074E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.65083E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.15015E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.03351E6
Contour maximum 4.65074E6 at node 44 of element 38
Contour minimum -4.65083E6 at node 44 of element 40



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

-4.13403E6
-3.10052E6
-2.06702E6
-1.03351E6
0.0
1.03351E6
2.06702E6
3.10052E6
4.13403E6

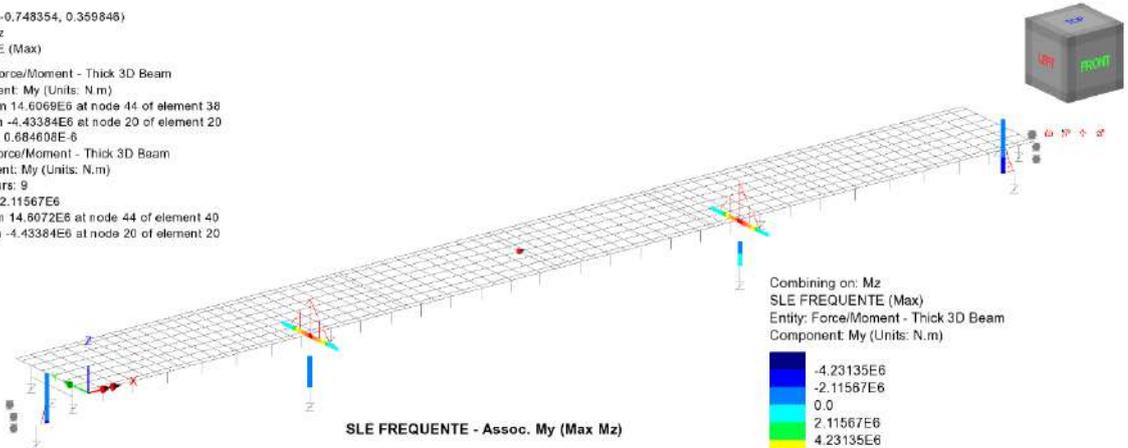
Maximum 4.65074E6 at node 44 of element 38
Minimum -4.65083E6 at node 44 of element 40

SLE FREQUENTE - Assoc. V (Max Mz)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 14.6069E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -4.43384E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.684608E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.11567E6
Contour maximum 14.6072E6 at node 44 of element 40
Contour minimum -4.43384E6 at node 20 of element 20



SLE FREQUENTE - Assoc. My (Max Mz)

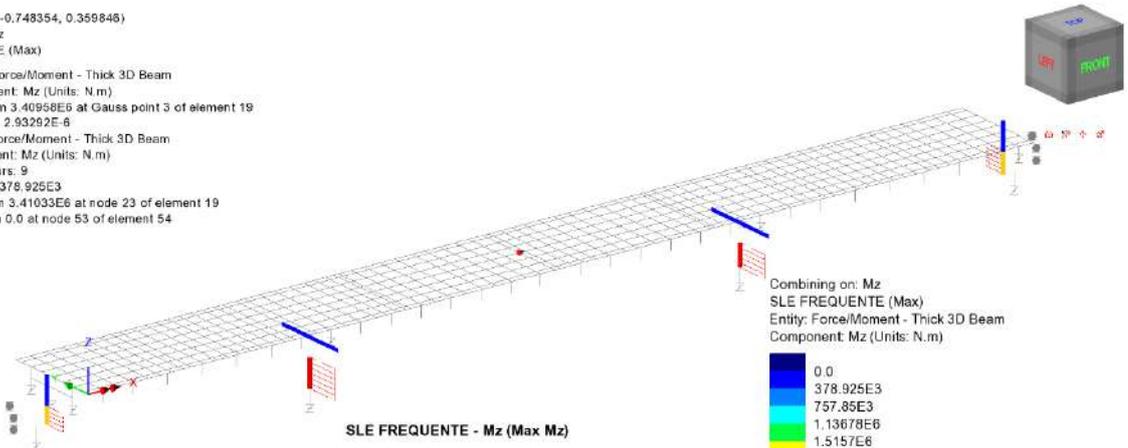
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

Blue	-4.23135E6
Dark Blue	-2.11567E6
Light Blue	0.0
Cyan	2.11567E6
Green	4.23135E6
Yellow	6.34702E6
Orange	8.4627E6
Red-Orange	10.5784E6
Red	12.694E6

Maximum 14.6072E6 at node 44 of element 40
Minimum -4.43384E6 at node 20 of element 20

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 3.40958E6 at Gauss point 3 of element 19
Diagram scale: 1: 2.93292E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 378.925E3
Contour maximum 3.41033E6 at node 23 of element 19
Contour minimum 0.0 at node 53 of element 54



SLE FREQUENTE - Mz (Max Mz)

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

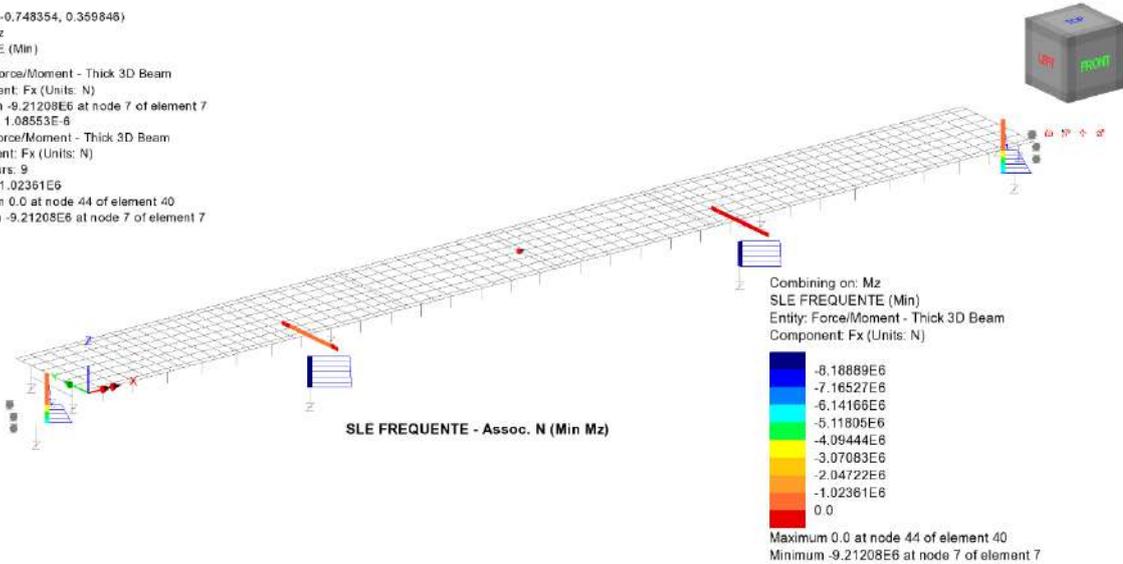
Blue	0.0
Dark Blue	378.925E3
Light Blue	757.85E3
Cyan	1.13678E6
Green	1.5157E6
Yellow	1.89463E6
Orange	2.27355E6
Red-Orange	2.65248E6
Red	3.0314E6

Maximum 3.41033E6 at node 23 of element 19
Minimum 0.0 at node 53 of element 54

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

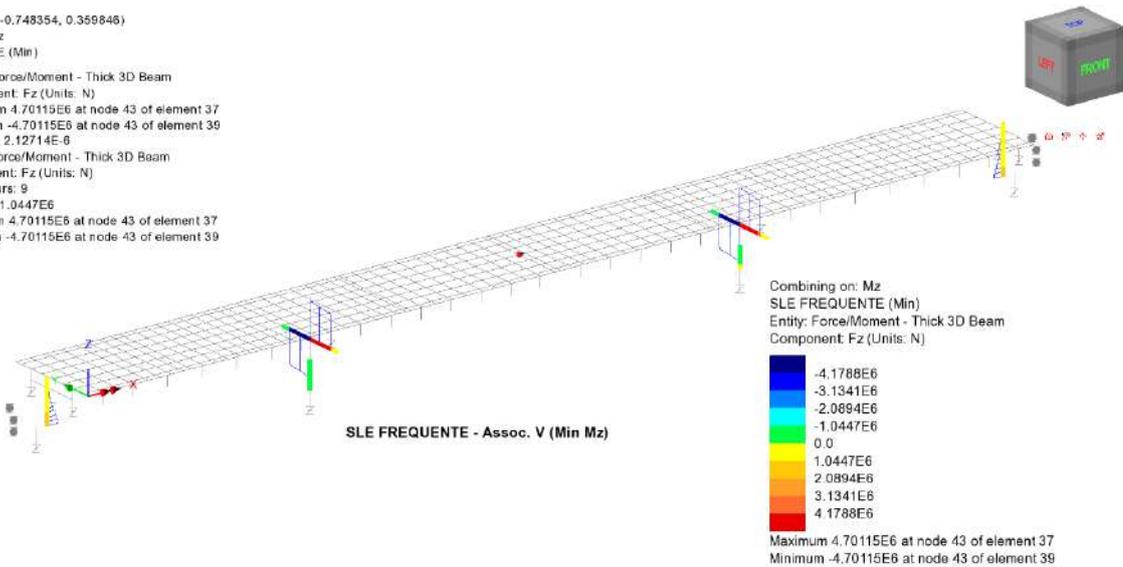
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -9.21208E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:1.08553E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.02361E6
Contour maximum 0.0 at node 44 of element 40
Contour minimum -9.21208E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

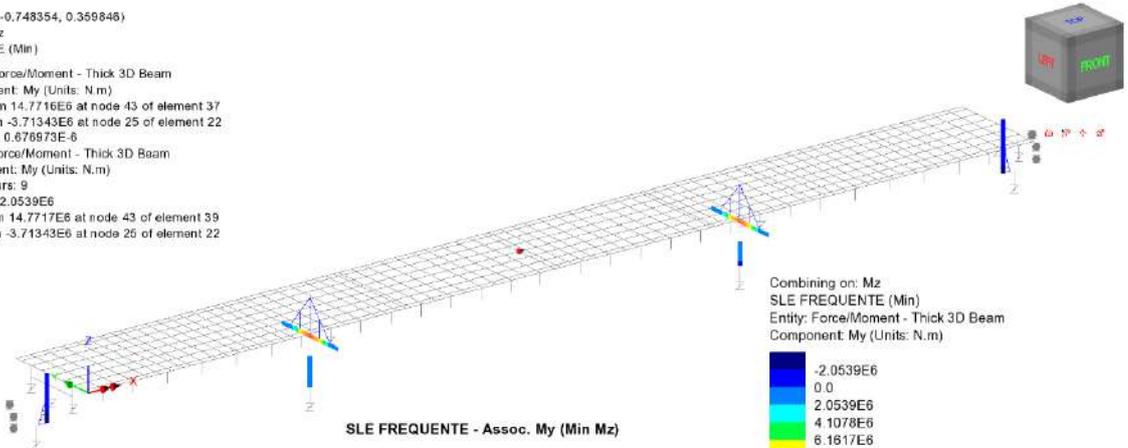
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 4.70115E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -4.70115E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:2.12714E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.0447E6
Contour maximum 4.70115E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -4.70115E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 14.7716E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.71343E6 at node 25 of element 22
Diagram scale: 1: 0.676973E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 2.0539E6
Contour maximum 14.7717E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -3.71343E6 at node 25 of element 22



SLE FREQUENTE - Assoc. My (Min Mz)

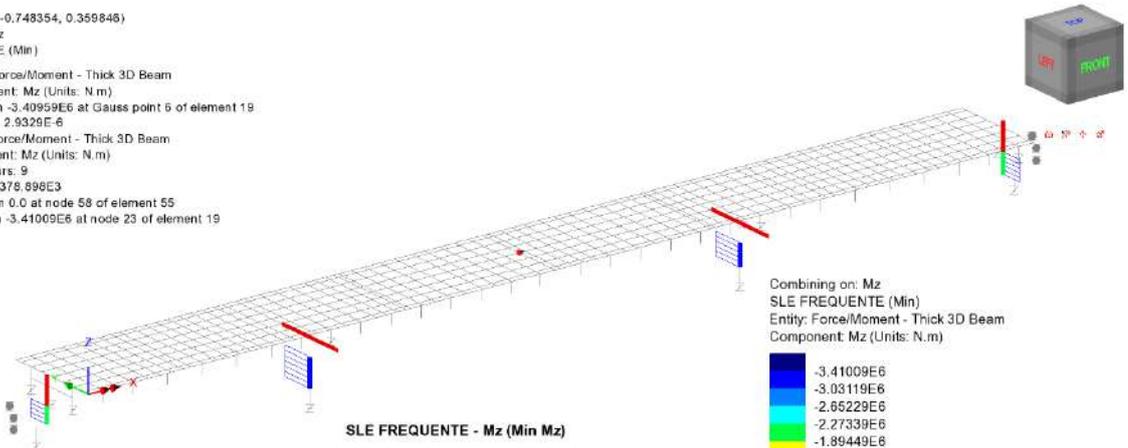
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)

-2.0539E6
0.0
2.0539E6
4.1078E6
6.1617E6
8.2156E6
10.2695E6
12.3234E6
14.3773E6

Maximum 14.7717E6 at node 43 of element 39
Minimum -3.71343E6 at node 25 of element 22

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum -3.40959E6 at Gauss point 5 of element 19
Diagram scale: 1: 2.9329E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 378.898E3
Contour maximum 0.0 at node 58 of element 55
Contour minimum -3.41009E6 at node 23 of element 19



SLE FREQUENTE - Mz (Min Mz)

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

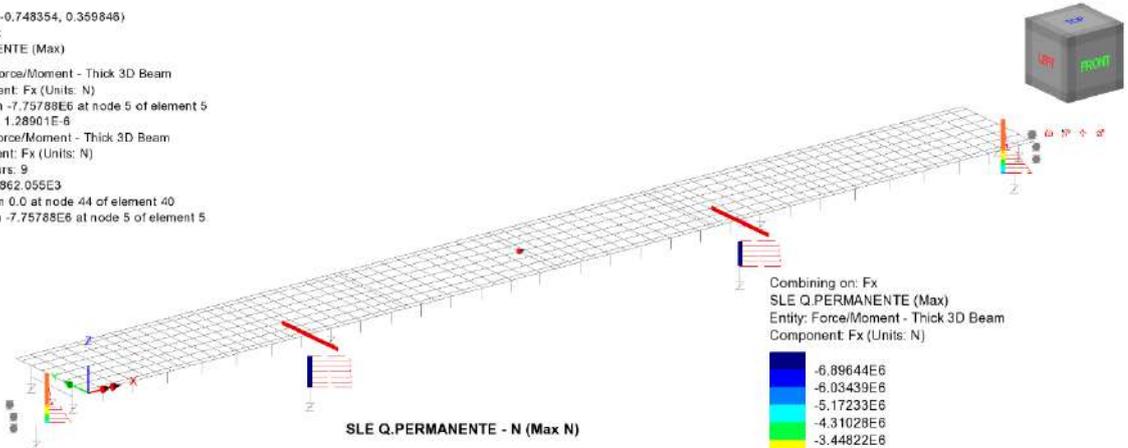
-3.41009E6
-3.03119E6
-2.65229E6
-2.27339E6
-1.89449E6
-1.51559E6
-1.1367E6
-757.797E3
-378.898E3

Maximum 0.0 at node 58 of element 55
Minimum -3.41009E6 at node 23 of element 19

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum: -7.75788E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.28901E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 862.055E3
Contour maximum: 0.0 at node 44 of element 40
Contour minimum: -7.75788E6 at node 5 of element 5



SLE Q.PERMANENTE - N (Max N)

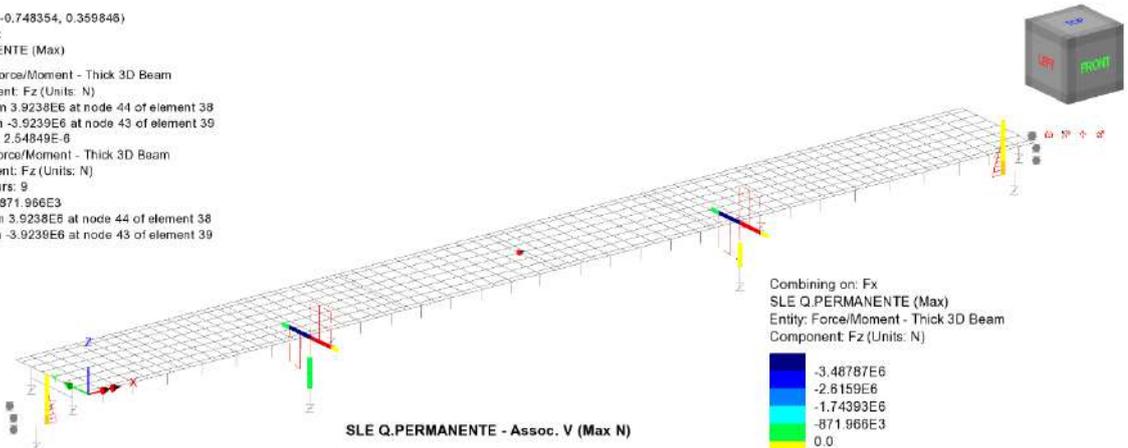
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)

-8.89644E6
-8.03439E6
-5.17233E6
-4.31028E6
-3.44822E6
-2.58617E6
-1.72411E6
-862.055E3
0.0

Maximum 0.0 at node 44 of element 40
Minimum -7.75788E6 at node 5 of element 5

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 3.9238E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum: -3.9239E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.54849E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 871.966E3
Contour maximum: 3.9238E6 at node 44 of element 38
Contour minimum: -3.9239E6 at node 43 of element 39



SLE Q.PERMANENTE - Assoc. V (Max N)

Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)

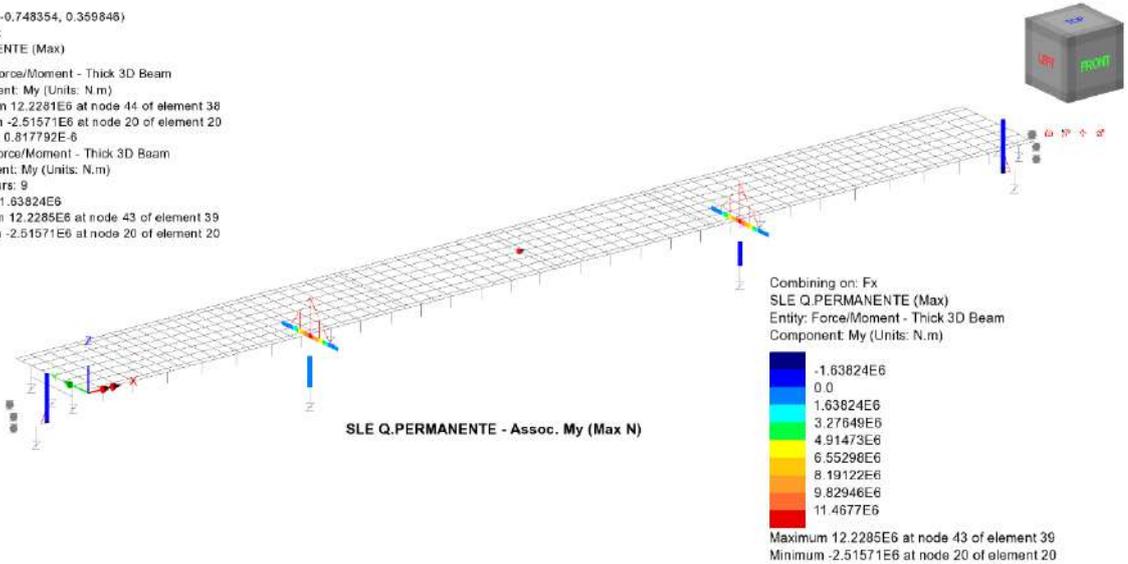
-3.48787E6
-2.6159E6
-1.74393E6
-871.966E3
0.0
871.966E3
1.74393E6
2.6159E6
3.48787E6

Maximum 3.9238E6 at node 44 of element 38
Minimum -3.9239E6 at node 43 of element 39

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

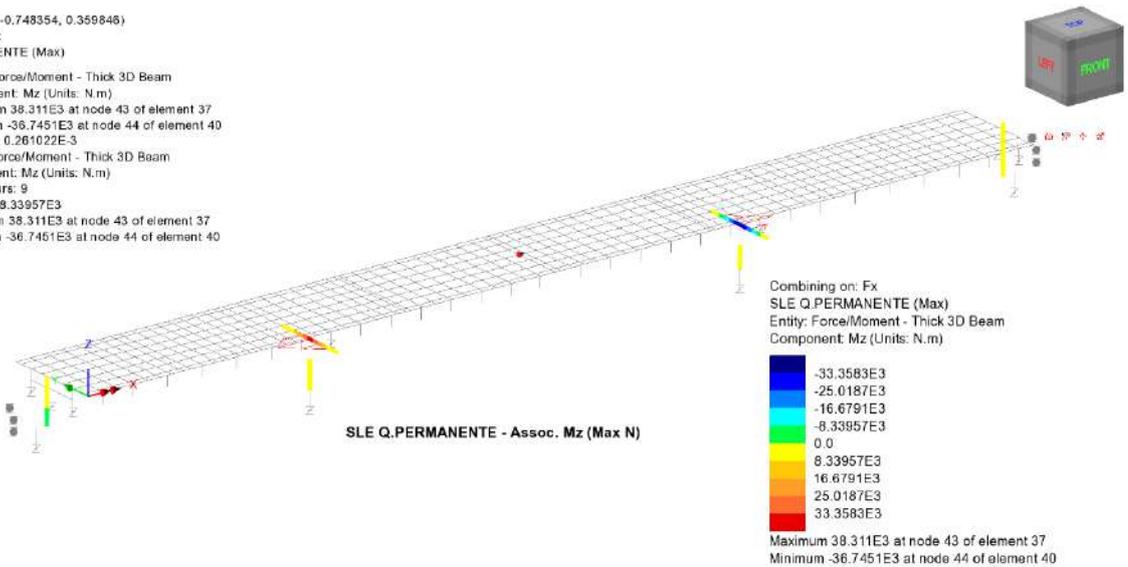
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 12.2281E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.51571E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.817792E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.63824E6
Contour maximum 12.2285E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -2.51571E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Max)

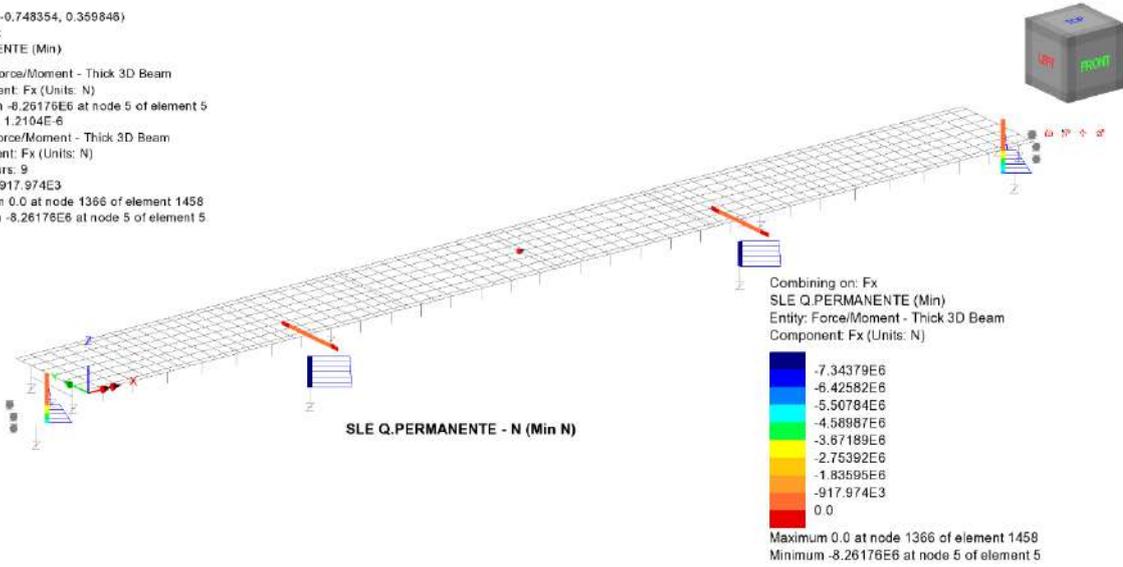
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 38.311E3 at node 43 of element 37
Diagram minimum -36.7451E3 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:0.261022E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.33957E3
Contour maximum 38.311E3 at node 43 of element 37
Contour minimum -36.7451E3 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

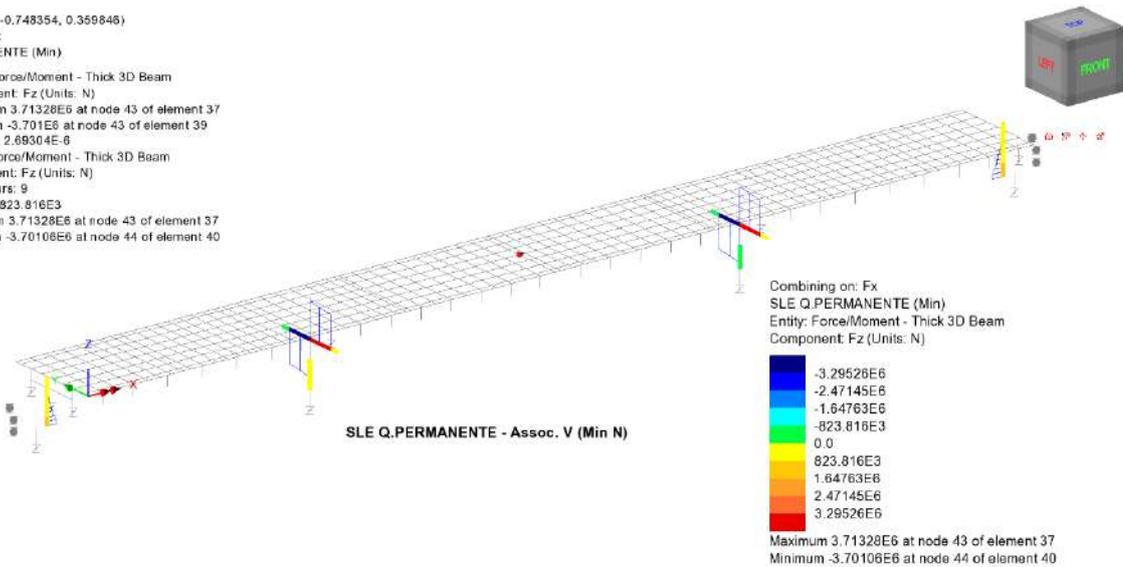
Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.26176E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.2104E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 917.974E3
Contour maximum 0.0 at node 1366 of element 1458
Contour minimum -8.26176E6 at node 5 of element 5



Scale: 1: 365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Min)

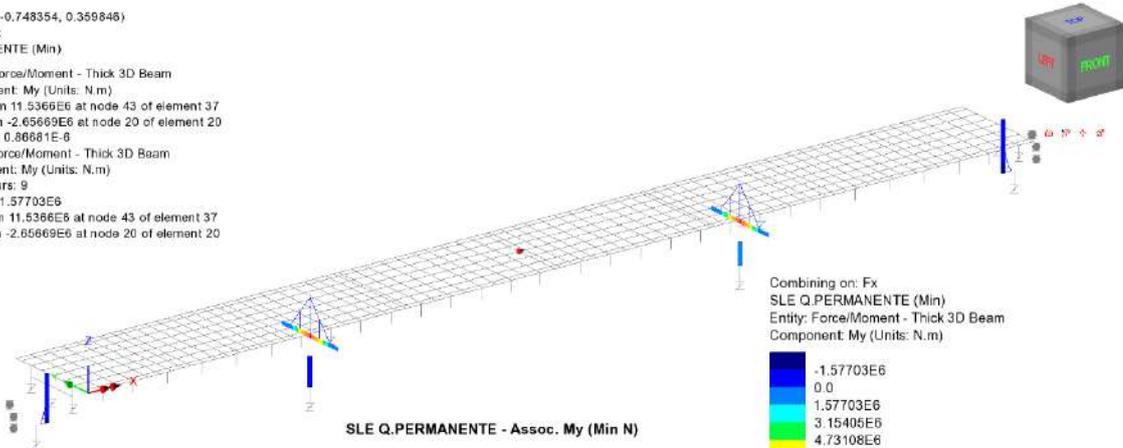
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.71328E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.70108E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 2.69304E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 823.816E3
Contour maximum 3.71328E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.70108E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.5366E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -2.65669E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.86881E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.57703E6
Contour maximum 11.5366E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -2.65669E6 at node 20 of element 20



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

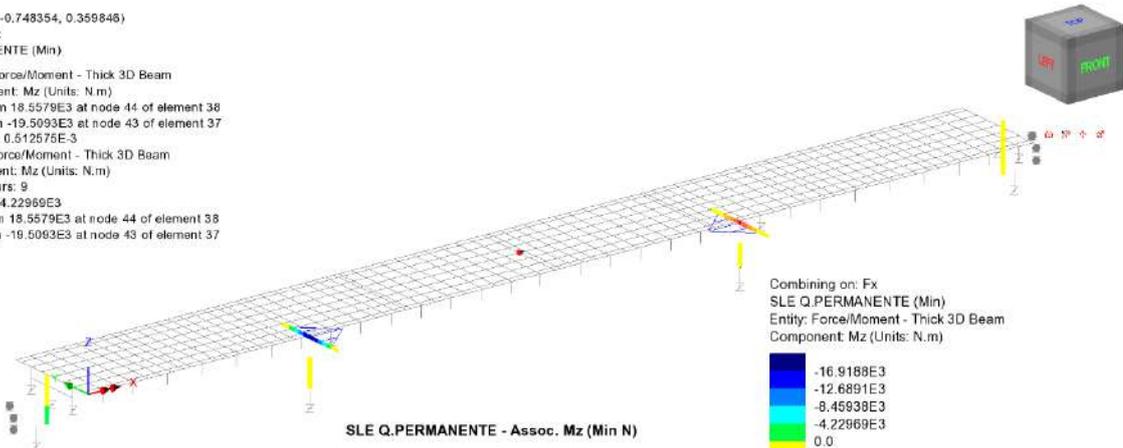
-1.57703E6
0.0
1.57703E6
3.15405E6
4.73108E6
6.30811E6
7.88514E6
9.46216E6
11.0392E6

Maximum 11.5366E6 at node 43 of element 37
Minimum -2.65669E6 at node 20 of element 20

SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min N)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Fx
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 18.5579E3 at node 44 of element 38
Diagram minimum -19.5093E3 at node 43 of element 37
Diagram scale: 1:0.512575E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.22969E3
Contour maximum 18.5579E3 at node 44 of element 38
Contour minimum -19.5093E3 at node 43 of element 37



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

-16.9188E3
-12.6891E3
-8.45938E3
-4.22969E3
0.0
4.22969E3
8.45938E3
12.6891E3
16.9188E3

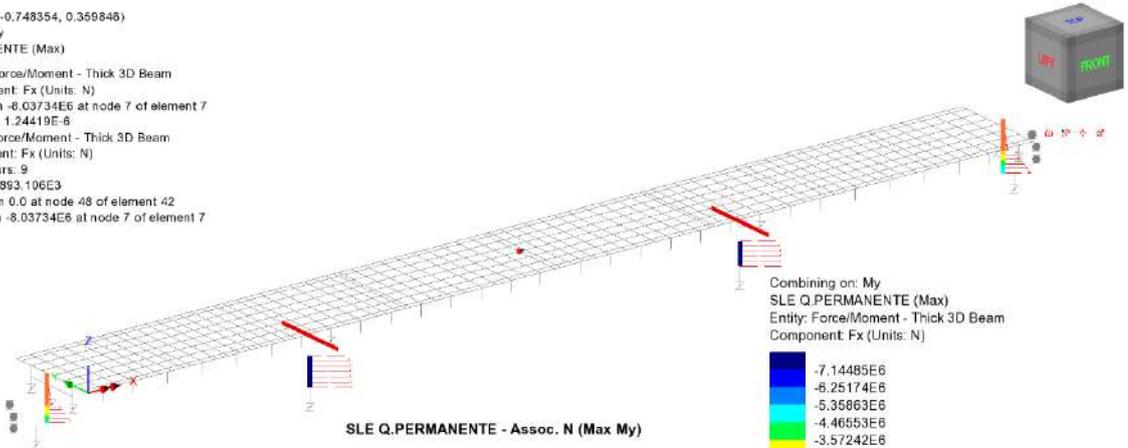
Maximum 18.5579E3 at node 44 of element 38
Minimum -19.5093E3 at node 43 of element 37

SLE Q.PERMANENTE - Assoc. Mz (Min N)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

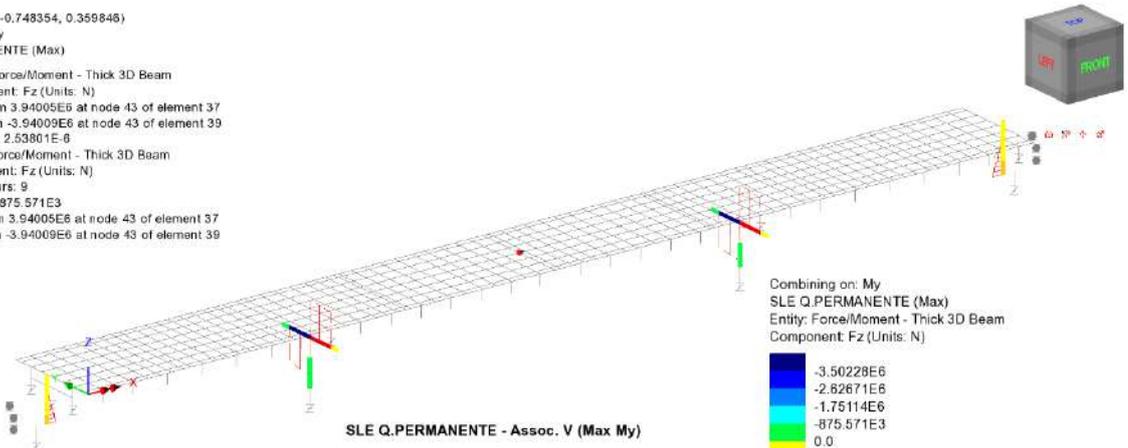
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.03734E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:1.24419E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 893.106E3
Contour maximum 0.0 at node 48 of element 42
Contour minimum -8.03734E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Max)

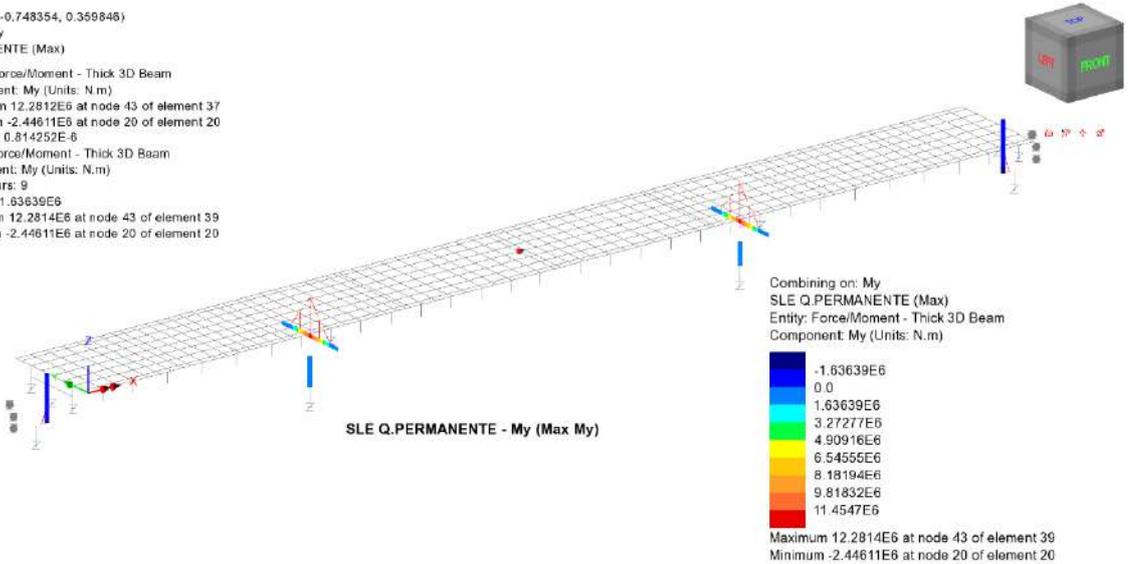
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.94005E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.94009E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:2.53801E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 875.571E3
Contour maximum 3.94005E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.94009E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

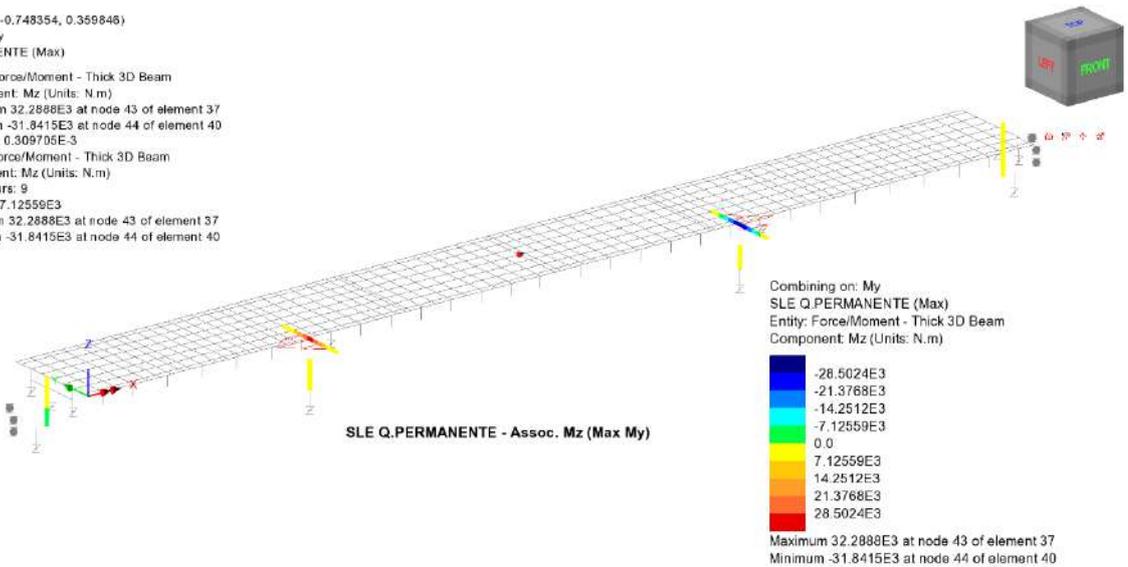
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 12.2812E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -2.44611E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.814252E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.63639E6
Contour maximum 12.2814E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -2.44611E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Max)

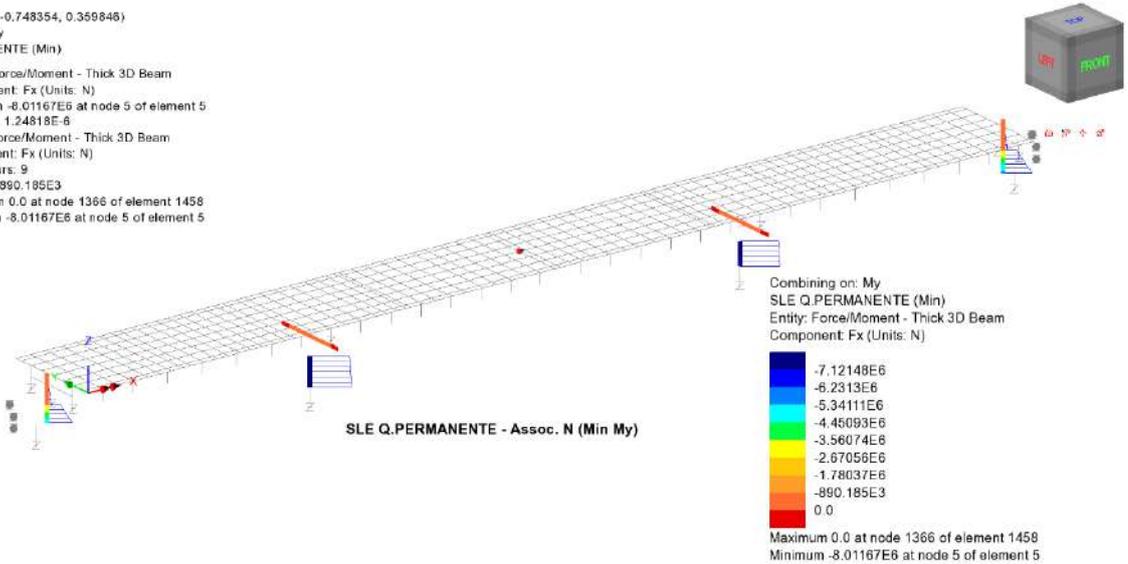
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 32.2888E3 at node 43 of element 37
Diagram minimum -31.8415E3 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:0.309705E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.12559E3
Contour maximum 32.2888E3 at node 43 of element 37
Contour minimum -31.8415E3 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

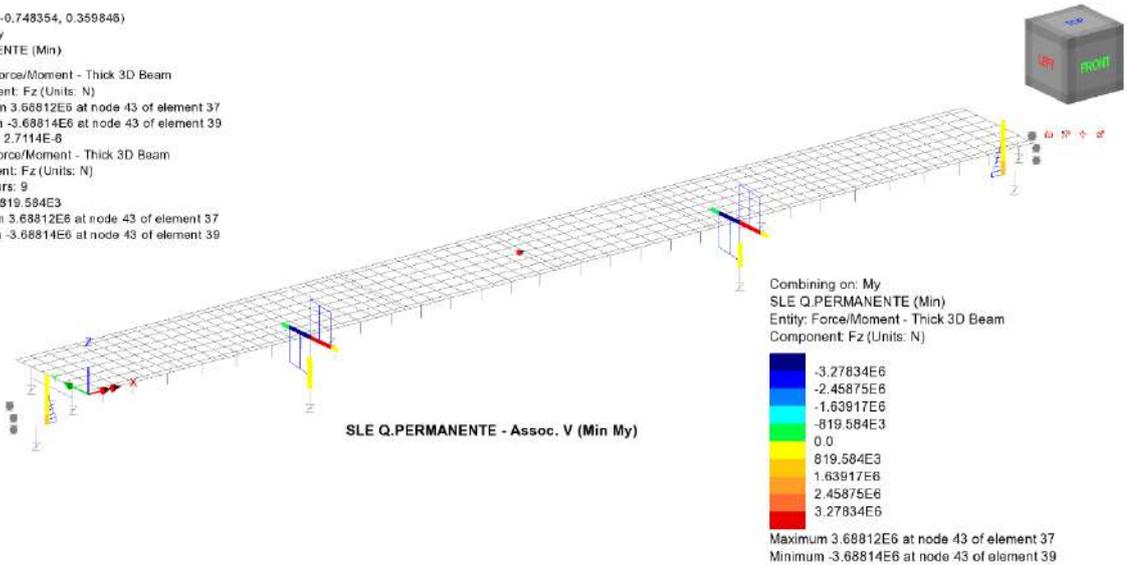
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum -8.01167E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1:1.24818E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 890.185E3
Contour maximum 0.0 at node 1366 of element 1458
Contour minimum -8.01167E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Min)

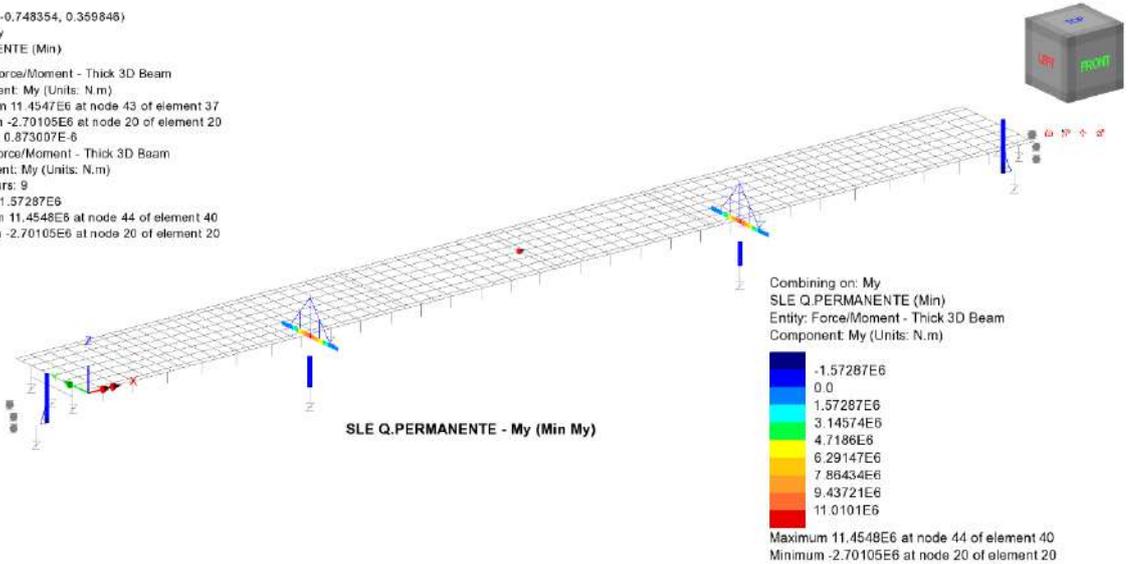
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 3.68812E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -3.68814E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:2.7114E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 819.584E3
Contour maximum 3.68812E6 at node 43 of element 37
Contour minimum -3.68814E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

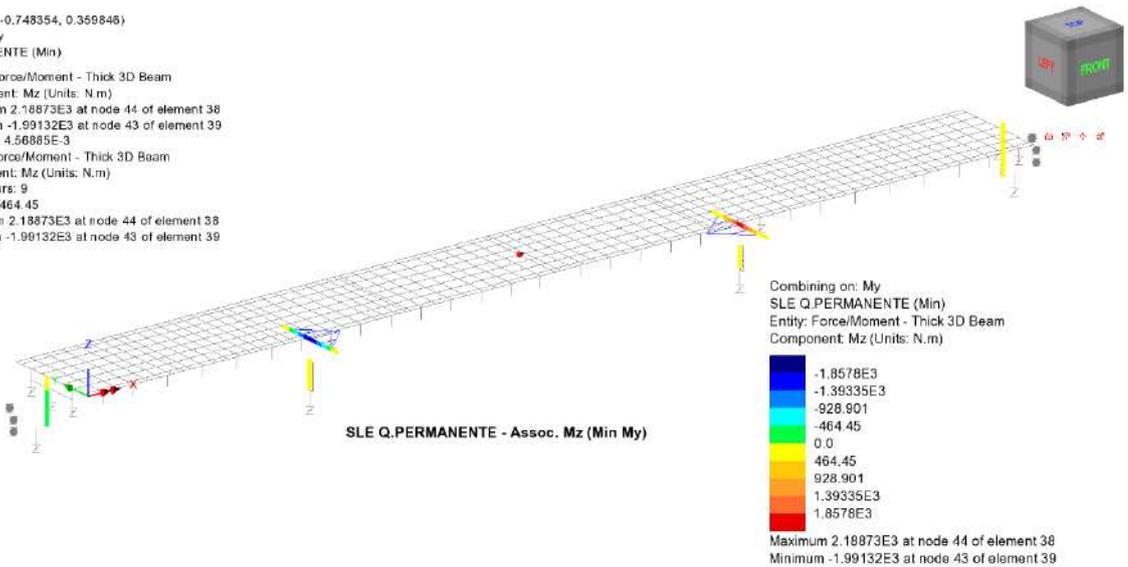
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.4547E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -2.70105E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.873007E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.57287E6
Contour maximum 11.4548E6 at node 44 of element 40
Contour minimum -2.70105E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: My
SLE Q.PERMANENTE (Min)

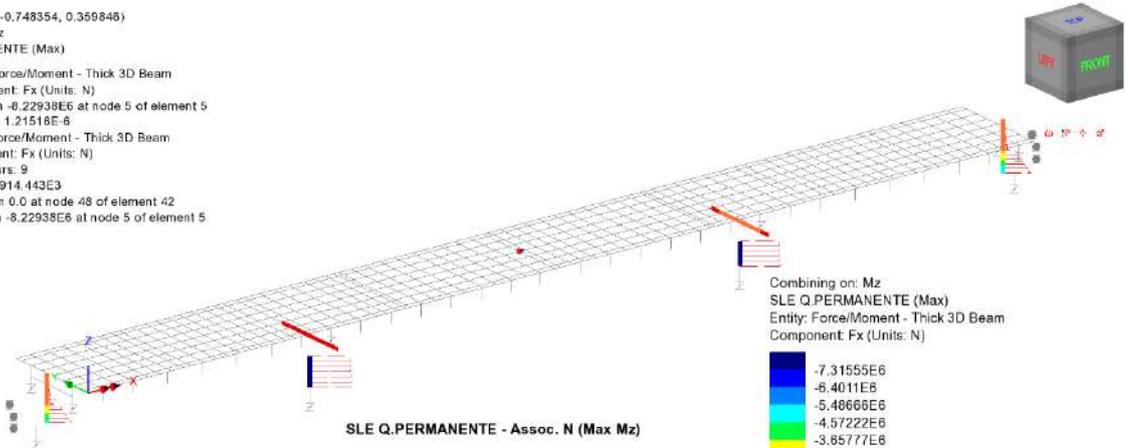
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.18873E3 at node 44 of element 38
Diagram minimum -1.99132E3 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1:4.56885E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 464.45
Contour maximum 2.18873E3 at node 44 of element 38
Contour minimum -1.99132E3 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

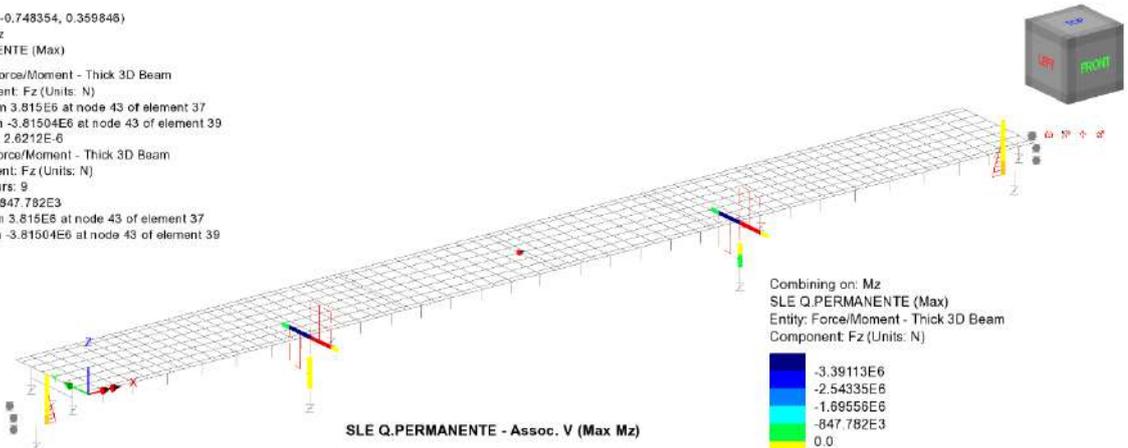
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum: -8.22938E6 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 1.21518E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 914.443E3
Contour maximum: 0.0 at node 48 of element 42
Contour minimum: -8.22938E6 at node 5 of element 5



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Max)

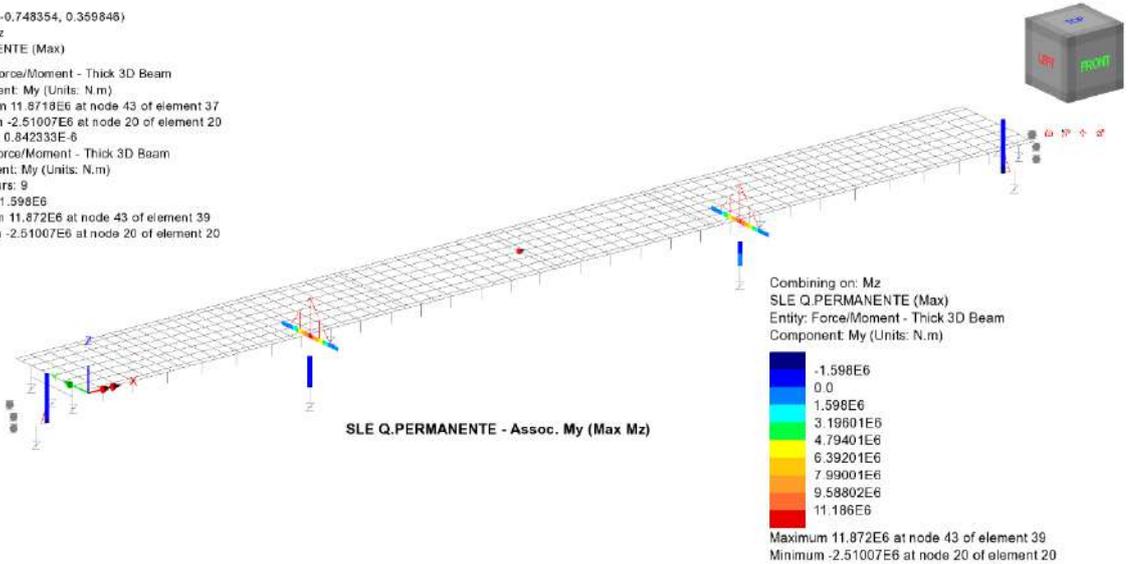
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 3.815E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum: -3.81504E6 at node 43 of element 39
Diagram scale: 1: 2.6212E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 847.782E3
Contour maximum: 3.815E6 at node 43 of element 37
Contour minimum: -3.81504E6 at node 43 of element 39



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

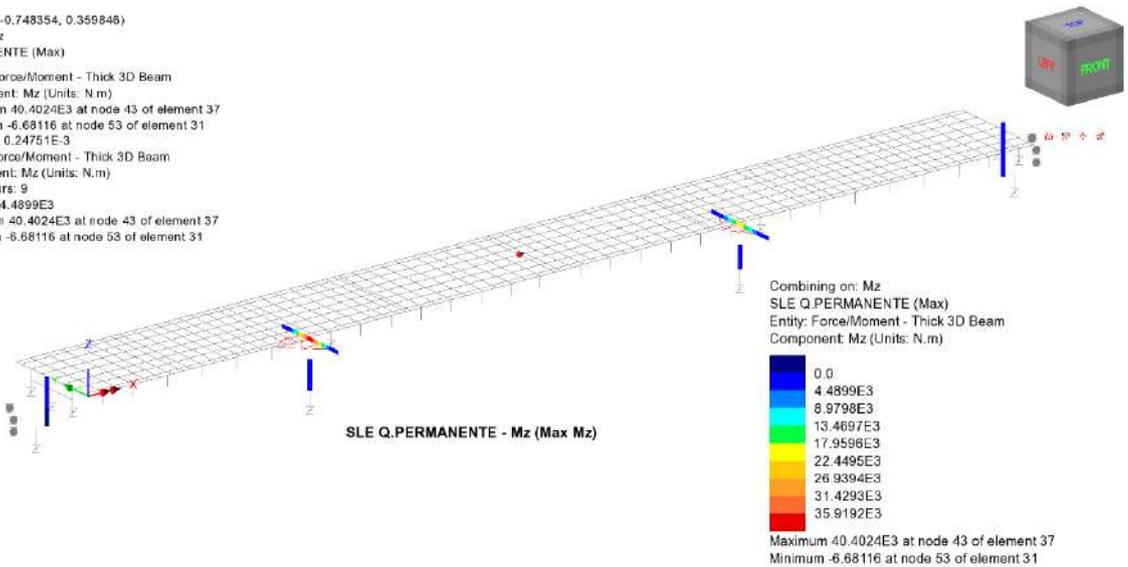
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 11.8718E6 at node 43 of element 37
Diagram minimum -2.51007E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1:0.842333E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.598E6
Contour maximum 11.872E6 at node 43 of element 39
Contour minimum -2.51007E6 at node 20 of element 20



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Max)

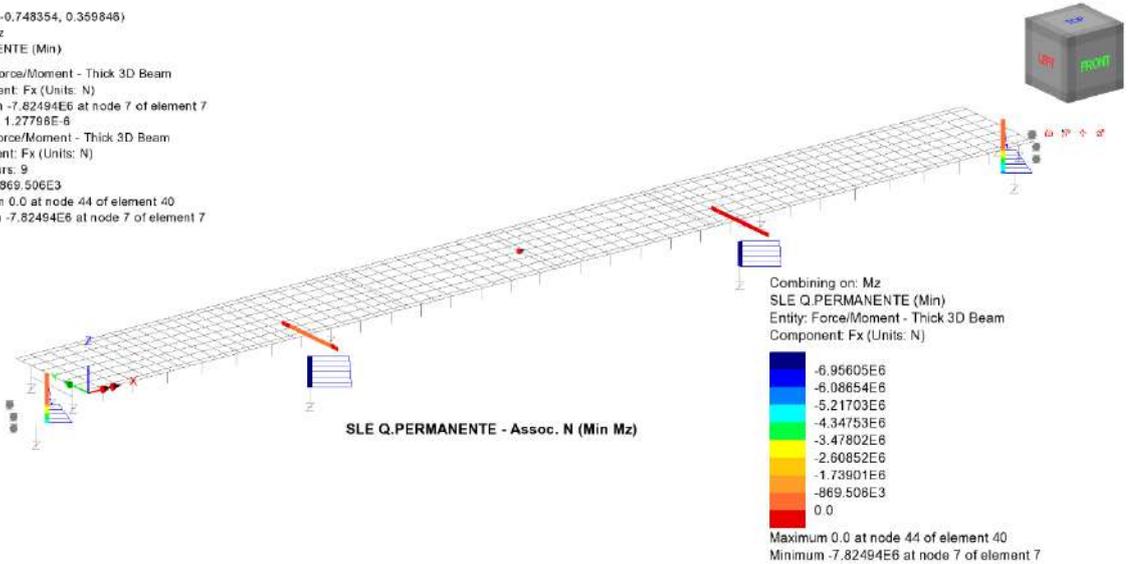
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 40.4024E3 at node 43 of element 37
Diagram minimum -6.68116 at node 53 of element 31
Diagram scale: 1:0.24751E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.4899E3
Contour maximum 40.4024E3 at node 43 of element 37
Contour minimum -6.68116 at node 53 of element 31



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

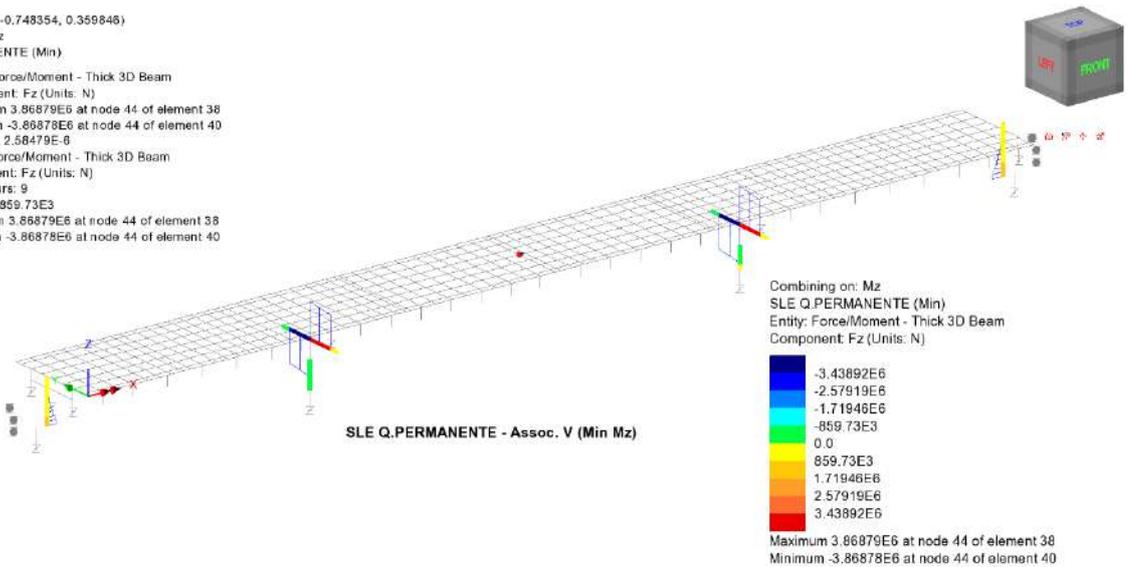
Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram minimum: -7.82494E6 at node 7 of element 7
Diagram scale: 1:1.27798E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 869.506E3
Contour maximum: 0.0 at node 44 of element 40
Contour minimum: -7.82494E6 at node 7 of element 7



Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Min)

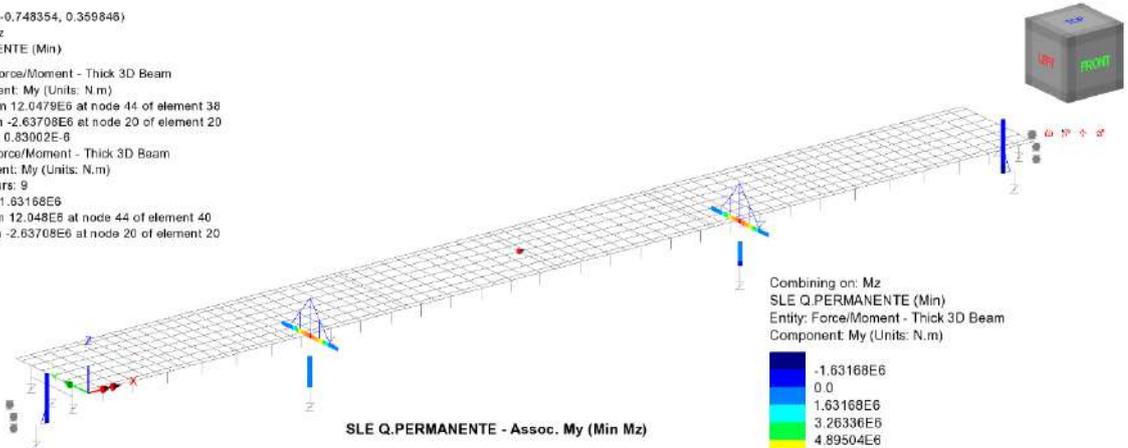
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 3.86879E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum: -3.86878E6 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1:2.58479E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 859.73E3
Contour maximum: 3.86879E6 at node 44 of element 38
Contour minimum: -3.86878E6 at node 44 of element 40



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 12.0479E6 at node 44 of element 38
Diagram minimum -2.63708E6 at node 20 of element 20
Diagram scale: 1: 0.83002E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 1.63168E6
Contour maximum 12.048E6 at node 44 of element 40
Contour minimum -2.63708E6 at node 20 of element 20



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

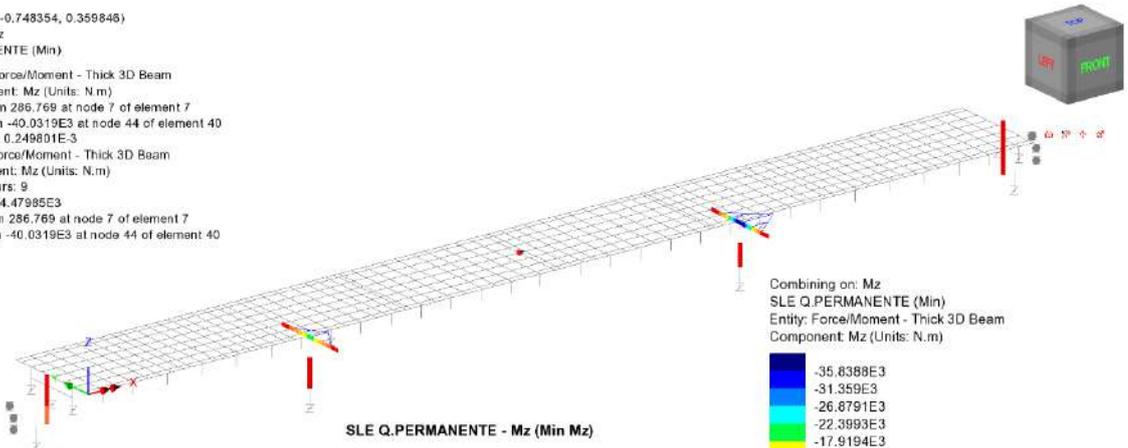
-1.63168E6
0.0
1.63168E6
3.26336E6
4.89504E6
6.52672E6
8.1584E6
9.79008E6
11.4218E6

Maximum 12.048E6 at node 44 of element 40
Minimum -2.63708E6 at node 20 of element 20

SLE Q.PERMANENTE - Assoc. My (Min Mz)

Scale: 1:365.869
Zoom: 100.0
Eye: (-0.567204, -0.748354, 0.359846)
Combining on: Mz
SLE Q.PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 286.769 at node 7 of element 7
Diagram minimum -40.0319E3 at node 44 of element 40
Diagram scale: 1: 0.249801E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.47985E3
Contour maximum 286.769 at node 7 of element 7
Contour minimum -40.0319E3 at node 44 of element 40



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

-35.8388E3
-31.359E3
-26.8791E3
-22.3993E3
-17.9194E3
-13.4396E3
-8.9597E3
-4.47985E3
0.0

Maximum 286.769 at node 7 of element 7
Minimum -40.0319E3 at node 44 of element 40

SLE Q.PERMANENTE - Mz (Min Mz)

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni pila 1

Geometria palificata

n°pali = 6 (-)
n° combo = 36 (m)

Palo	x (m)	y (m)
1	2.25	4.50
2	2.25	0.00
3	2.25	-4.50
4	-2.25	4.50
5	-2.25	0.00
6	-2.25	-4.50

n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
1	2.25	4.50	5.06	20.25	30.38	81.00	0.074074	0.055556
2	2.25	0.00	5.06	0.00			0.074074	0
3	2.25	-4.50	5.06	20.25			0.074074	-0.055556
4	-2.25	4.50	5.06	20.25			-0.07407	0.055556
5	-2.25	0.00	5.06	0.00			-0.07407	0
6	-2.25	-4.50	5.06	20.25			-0.07407	-0.05556

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	1816	3598	2743	3072	2695	3120		
2	1671	3938	3229	2587	3197	2618		
3	1526	4279	3714	2101	3699	2116		
4	2228	2658	1405	4410	1401	4414		
5	2083	2999	1891	3924	1903	3912	max	min
6	1938	3339	2376	3438	2405	3409	4414	1401

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	1830	2773	2646	2304	2586	2365		
2	1707	3065	3060	1891	3018	1933		
3	1584	3356	3475	1477	3450	1502		
4	2193	1964	1497	3456	1484	3469		
5	2070	2256	1911	3042	1916	3038	max	min
6	1947	2547	2326	2629	2348	2607	3475	1477

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	1976	1994	2061	1902	2033	1930		
2	2454	1509	2574	1385	2557	1403		
3	2933	1025	3087	869	3081	875		
4	717	3237	660	3294	662	3292		
5	1196	2753	1173	2778	1186	2764	max	min
6	1674	2269	1685	2261	1711	2236	3294	660

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	1859	2664	2550	2273	2510	2313		
2	1763	2905	2897	1925	2871	1951		
3	1667	3146	3245	1577	3233	1589		
4	2137	1995	1585	3237	1581	3240		
5	2041	2236	1932	2888	1943	2878	max	min
6	1945	2476	2280	2540	2304	2516	3245	1577

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	1919	2344	2270	2153	2241	2181		
2	1917	2408	2395	2024	2378	2041		
3	1914	2473	2521	1896	2516	1902		
4	1927	2145	1897	2519	1899	2517		
5	1925	2209	2023	2391	2037	2377	max	min
6	1922	2273	2149	2262	2174	2237	2521	1896

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1935	2034	1996	1967	1967	1996		
2	1936	2028	1988	1971	1971	1988		
3	1936	2022	1981	1975	1975	1981		
4	1936	2018	1976	1978	1978	1976		
5	1937	2012	1968	1982	1982	1968	max	min
6	1937	2006	1961	1986	1986	1961	2034	1935

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	61	61	61	61	61	61		
2	61	61	61	61	61	61		
3	61	61	61	61	61	61		
4	61	61	61	61	61	61		
5	61	61	61	61	61	61	max	min
6	61	61	61	61	61	61	61	61

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	53	53	53	53	53	53		
2	53	53	53	53	53	53		
3	53	53	53	53	53	53		
4	53	53	53	53	53	53		
5	53	53	53	53	53	53	max	min
6	53	53	53	53	53	53	53	53

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	253	250	246	244	240	238		
2	253	250	246	244	240	238		
3	253	250	246	244	240	238		
4	253	250	246	244	240	238		
5	253	250	246	244	240	238	max	min
6	253	250	246	244	240	0	253	0

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	41	41	40	40	40	40		
2	41	41	40	40	40	40		
3	41	41	40	40	40	40		
4	41	41	40	40	40	40		
5	41	41	40	40	40	40	max	min
6	41	41	40	40	40	40	41	40

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	0	3	4	3	3	4		
2	0	3	4	3	3	4		
3	0	3	4	3	3	4		
4	0	3	4	3	3	4		
5	0	3	4	3	3	4	max	min
6	0	3	4	3	3	4	4	0

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	0	3	4	2	2	4		
2	0	3	4	2	2	4		
3	0	3	4	2	2	4		
4	0	3	4	2	2	4		
5	0	3	4	2	2	4	max	min
6	0	3	4	2	2	4	4	0

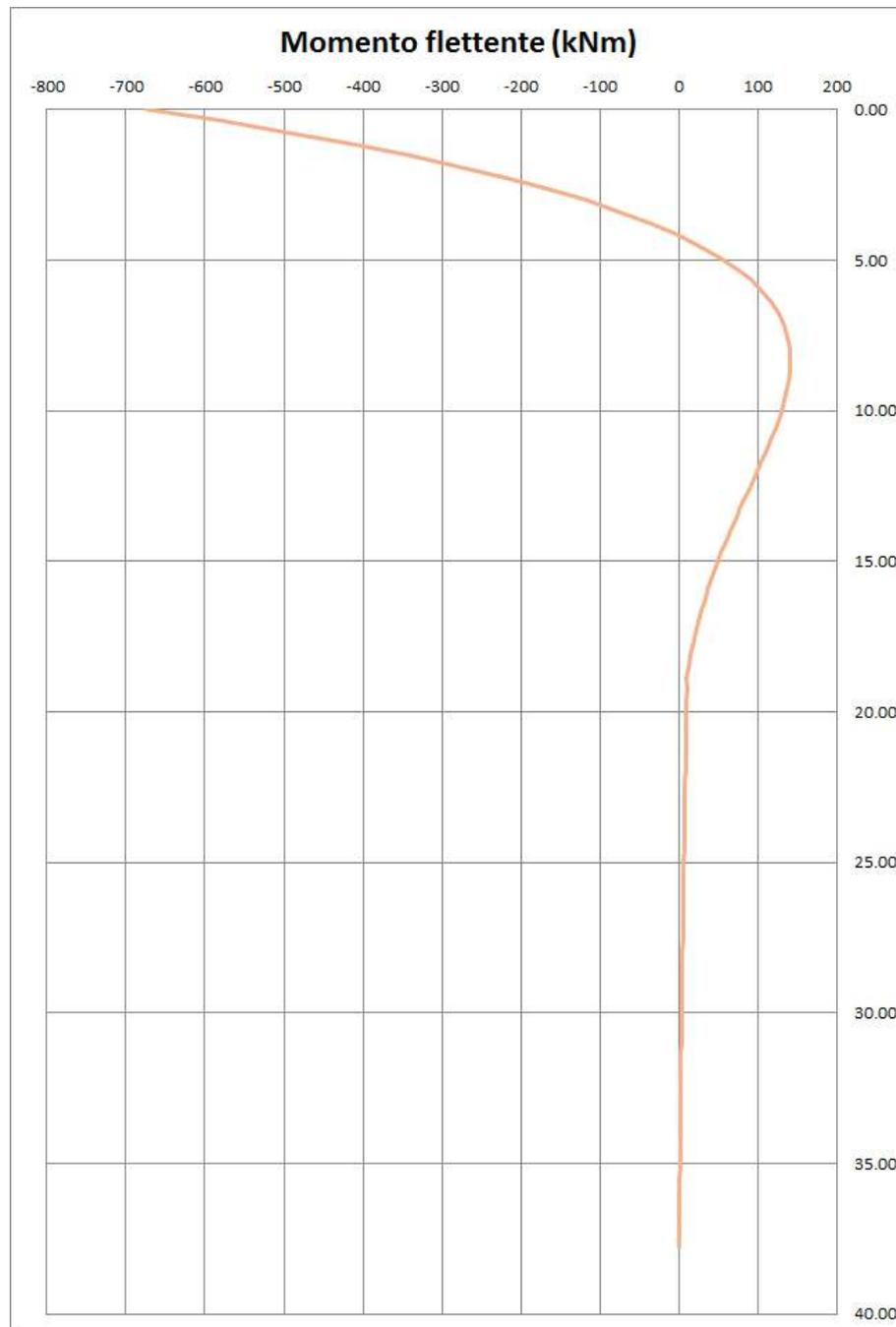
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Momenti flettenti testa palo

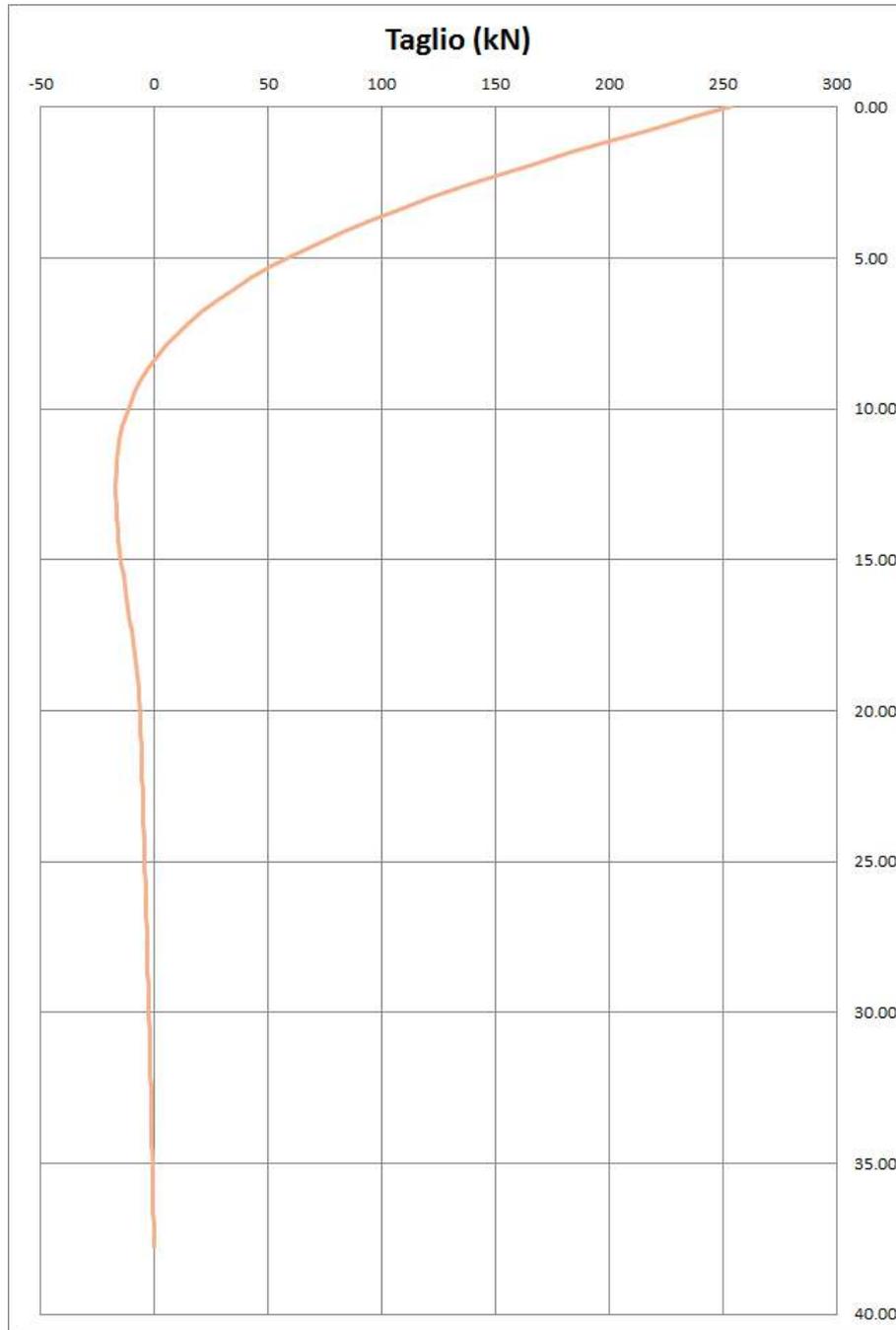
Palo	Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx		
1	163	163	161	161	161	161		
2	163	163	161	161	161	161		
3	163	163	161	161	161	161		
4	163	163	161	161	161	161		
5	163	163	161	161	161	161	max	min
6	163	163	161	161	161	161	163	161
Palo	Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx		
1	142	141	140	140	140	140		
2	142	141	140	140	140	140		
3	142	141	140	140	140	140		
4	142	141	140	140	140	140		
5	142	141	140	140	140	140	max	min
6	142	141	140	140	140	140	142	140
Palo	Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx		
1	673	665	655	650	639	633		
2	673	665	655	650	639	633		
3	673	665	655	650	639	633		
4	673	665	655	650	639	633		
5	673	665	655	650	639	633	max	min
6	673	665	655	650	639	0	673	0
Palo	Palo	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	109	108	108	107	107	108		
2	109	108	108	107	107	108		
3	109	108	108	107	107	108		
4	109	108	108	107	107	108		
5	109	108	108	107	107	108	max	min
6	109	108	108	107	107	108	109	107
Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	0	8	10	7	7	10		
2	0	8	10	7	7	10		
3	0	8	10	7	7	10		
4	0	8	10	7	7	10		
5	0	8	10	7	7	10	max	min
6	0	8	10	7	7	10	10	0
Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1	9	11	6	6	11		
2	1	9	11	6	6	11		
3	1	9	11	6	6	11		
4	1	9	11	6	6	11		
5	1	9	11	6	6	11	max	min
6	1	9	11	6	6	11	11	1

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 674 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni pila 2

Geometria palificata

n°pali = 6 (-)
n° combo = 36 (m)

Palo	x (m)	y (m)
1	2.25	4.50
2	2.25	0.00
3	2.25	-4.50
4	-2.25	4.50
5	-2.25	0.00
6	-2.25	-4.50

n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
1	2.25	4.50	5.06	20.25	30.38	81.00	0.074074	0.055556
2	2.25	0.00	5.06	0.00			0.074074	0
3	2.25	-4.50	5.06	20.25			0.074074	-0.055556
4	-2.25	4.50	5.06	20.25			-0.07407	0.055556
5	-2.25	0.00	5.06	0.00			-0.07407	0
6	-2.25	-4.50	5.06	20.25			-0.07407	-0.05556

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	1827	3419	3395	2388	3413	2371		
2	1682	3367	3875	1909	3907	1877		
3	1537	3316	4354	1430	4401	1382		
4	2190	3584	2078	3706	2136	3648		
5	2045	3533	2558	3227	2630	3154	max	min
6	1900	3481	3037	2747	3124	2660	4401	1382

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	1848	2618	2594	2334	2611	2317		
2	1720	2577	3002	1925	3036	1891		
3	1593	2536	3410	1516	3460	1466		
4	2157	2756	1461	3465	1521	3404		
5	2030	2715	1869	3056	1945	2979	max	min
6	1902	2674	2277	2647	2370	2554	3465	1461

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	1949	1968	2006	1914	2019	1901		
2	2360	1562	2477	1447	2500	1423		
3	2772	1155	2947	979	2981	945		
4	852	3079	733	3196	774	3155		
5	1263	2673	1203	2728	1255	2677	max	min
6	1674	2266	1674	2261	1736	2199	3196	733

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	1866	2528	2506	2288	2521	2273		
2	1768	2481	2851	1944	2878	1917		
3	1670	2433	3195	1600	3235	1560		
4	2106	2680	1556	3239	1604	3191		
5	2009	2632	1901	2895	1961	2834	max	min
6	1911	2585	2245	2551	2318	2478	3239	1556

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	1907	2262	2231	2155	2244	2142		
2	1904	2202	2360	2027	2384	2004		
3	1901	2141	2489	1900	2523	1866		
4	1913	2450	1863	2528	1904	2487		
5	1910	2389	1992	2400	2044	2349	max	min
6	1907	2328	2122	2273	2184	2211	2528	1863

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1923	1994	1954	1967	1967	1954		
2	1923	1999	1950	1973	1973	1950		
3	1922	2004	1946	1980	1980	1946		
4	1922	2008	1944	1985	1985	1944		
5	1922	2014	1940	1992	1992	1940	max	min
6	1922	2019	1936	1998	1998	1936	2019	1922

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	61	62	61	61	61	61		
2	61	62	61	61	61	61		
3	61	62	61	61	61	61		
4	61	62	61	61	61	61		
5	61	62	61	61	61	61	max	min
6	61	62	61	61	61	61	62	61

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	53	53	53	53	53	53		
2	53	53	53	53	53	53		
3	53	53	53	53	53	53		
4	53	53	53	53	53	53		
5	53	53	53	53	53	53	max	min
6	53	53	53	53	53	53	53	53

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	232	235	237	239	231	233		
2	232	235	237	239	231	233		
3	232	235	237	239	231	233		
4	232	235	237	239	231	233		
5	232	235	237	239	231	233	max	min
6	232	235	237	239	231	0	239	0

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	41	41	41	41	41	41		
2	41	41	41	41	41	41		
3	41	41	41	41	41	41		
4	41	41	41	41	41	41		
5	41	41	41	41	41	41	max	min
6	41	41	41	41	41	41	41	41

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	0	3	3	4	4	3		
2	0	3	3	4	4	3		
3	0	3	3	4	4	3		
4	0	3	3	4	4	3		
5	0	3	3	4	4	3	max	min
6	0	3	3	4	4	3	4	0

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	0	3	2	4	4	2		
2	0	3	2	4	4	2		
3	0	3	2	4	4	2		
4	0	3	2	4	4	2		
5	0	3	2	4	4	2	max	min
6	0	3	2	4	4	2	4	0

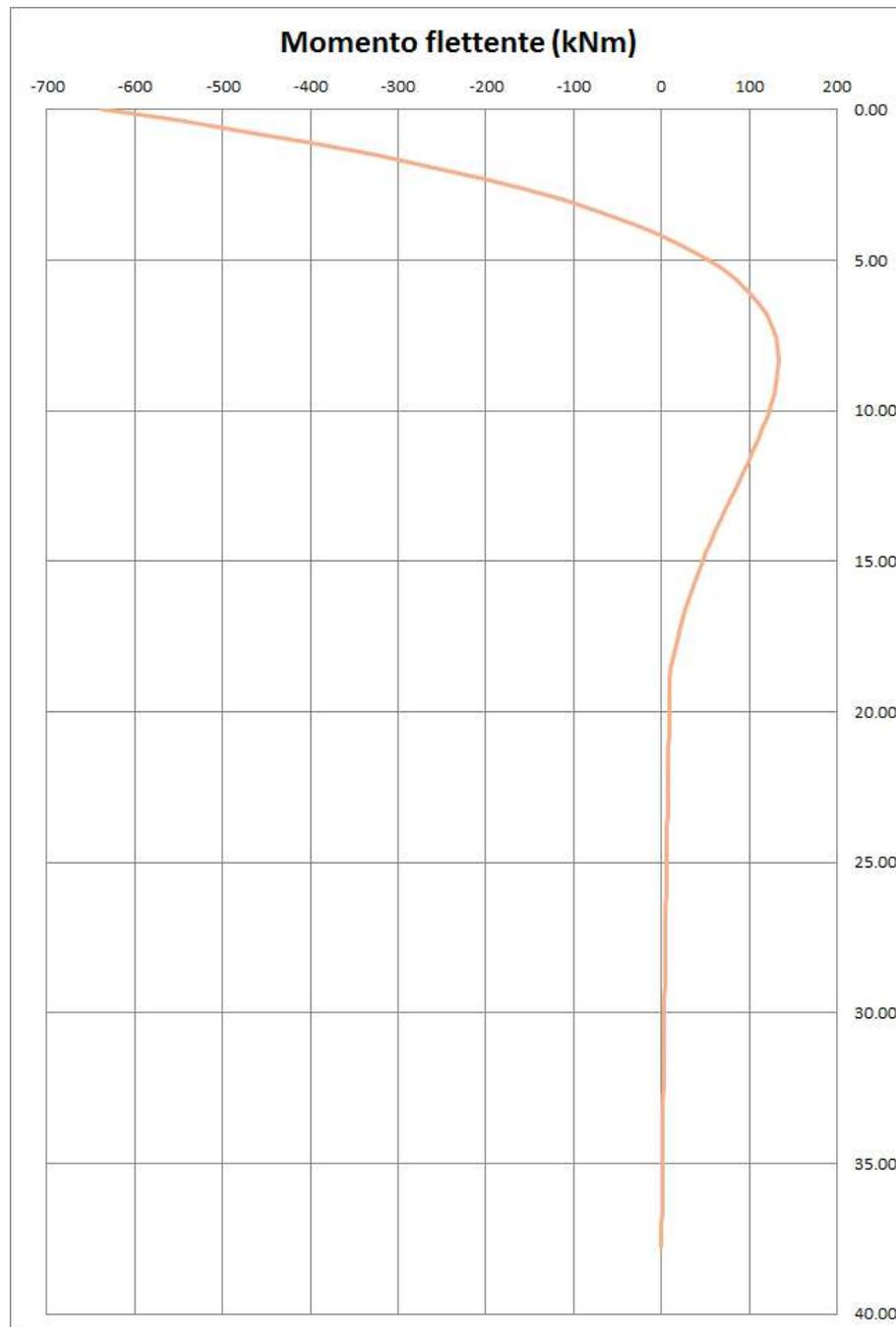
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Momenti flettenti testa palo

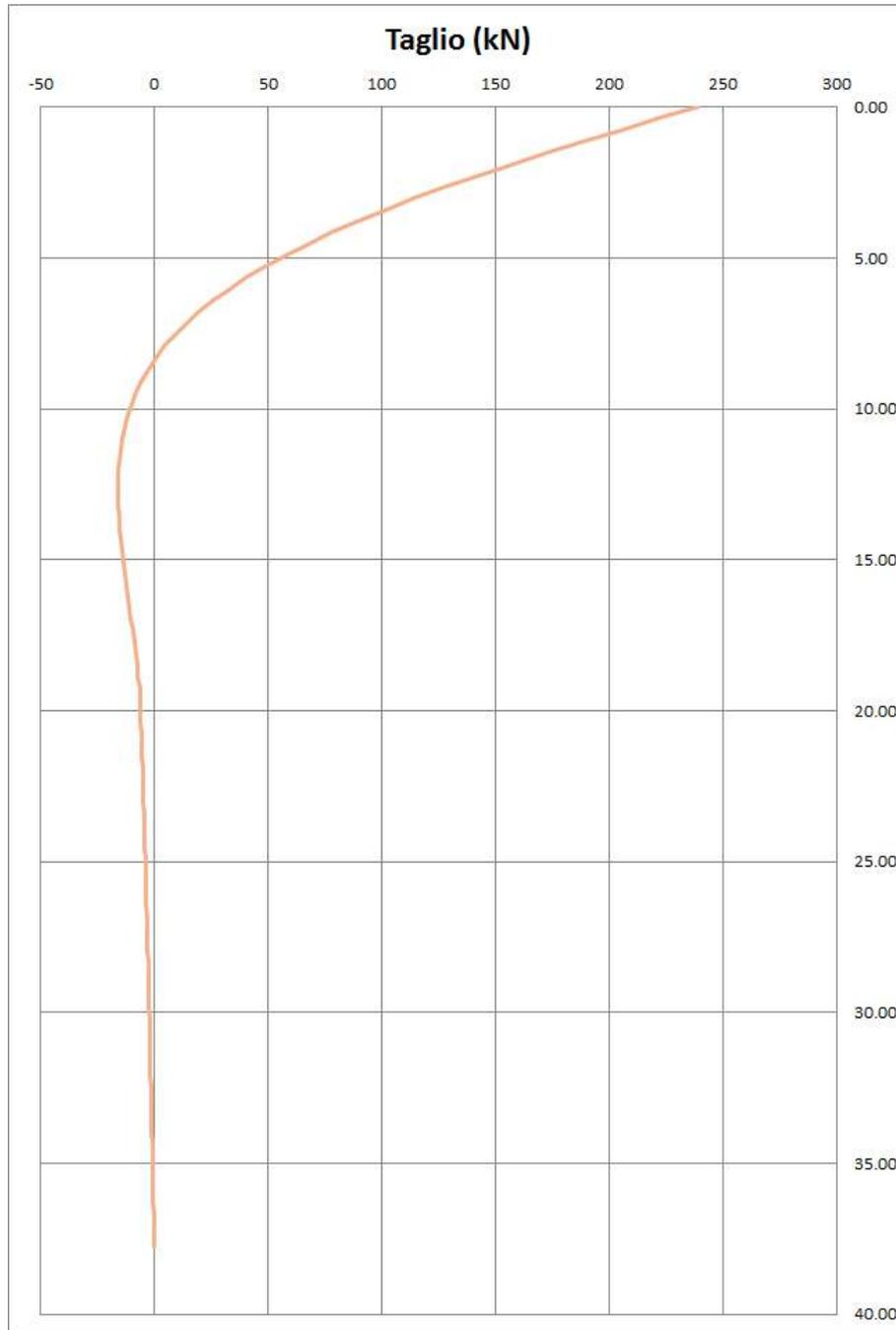
	Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx			
1	163	164	162	162	162	162			
2	163	164	162	162	162	162			
3	163	164	162	162	162	162			
4	163	164	162	162	162	162			
5	163	164	162	162	162	162	max	min	
6	163	164	162	162	162	162	164	162	
	Palo	SLU GEO max N	SLU GEO min N	SLU GEO max My	SLU GEO min My	SLU GEO max Mx			
1	142	142	141	141	141	141			
2	142	142	141	141	141	141			
3	142	142	141	141	141	141			
4	142	142	141	141	141	141			
5	142	142	141	141	141	141	max	min	
6	142	142	141	141	141	141	142	141	
	Palo	ED SLV max N	ED SLV min N	ED SLV max My	ED SLV min My	ED SLV max Mx			
1	617	625	632	637	615	620			
2	617	625	632	637	615	620			
3	617	625	632	637	615	620			
4	617	625	632	637	615	620			
5	617	625	632	637	615	620	max	min	
6	617	625	632	637	615	0	637	0	
	Palo	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx			
1	109	109	108	108	108	108			
2	109	109	108	108	108	108			
3	109	109	108	108	108	108			
4	109	109	108	108	108	108			
5	109	109	108	108	108	108	max	min	
6	109	109	108	108	108	108	109	108	
	Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	0	7	7	10	10	7			
2	0	7	7	10	10	7			
3	0	7	7	10	10	7			
4	0	7	7	10	10	7			
5	0	7	7	10	10	7	max	min	
6	0	7	7	10	10	7	10	0	
	Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	1	9	6	11	11	6			
2	1	9	6	11	11	6			
3	1	9	6	11	11	6			
4	1	9	6	11	11	6			
5	1	9	6	11	11	6	max	min	
6	1	9	6	11	11	6	11	1	

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 637 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni spalla 1

Geometria palificata

n°pali = 12 (-)
n° combo = 36 (m)

Palo	x (m)	y (m)
1	4.00	-5.40
2	4.00	-1.80
3	4.00	1.80
4	4.00	5.40
5	0.00	-5.40
6	0.00	-1.80
7	0.00	1.80
8	0.00	5.40
9	-4.00	-5.40
10	-4.00	-1.80
11	-4.00	1.80
12	-4.00	5.40

n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
1	4.00	-5.40	16.00	29.16	128.00	194.40	0.03125	-0.02778
2	4.00	-1.80	16.00	3.24			0.03125	-0.00926
3	4.00	1.80	16.00	3.24			0.03125	0.009259
4	4.00	5.40	16.00	29.16			0.03125	0.027778
5	0.00	-5.40	0.00	29.16			0	-0.02778
6	0.00	-1.80	0.00	3.24			0	-0.00926
7	0.00	1.80	0.00	3.24			0	0.009259
8	0.00	5.40	0.00	29.16			0	0.027778
9	-4.00	-5.40	16	29.16			-0.03125	-0.02778
10	-4.00	-1.80	16	3.24			-0.03125	-0.00926
11	-4.00	1.80	16	3.24			-0.03125	0.009259
12	-4.00	5.40	16	29.16			-0.03125	0.027778

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	1844	2847	2822	1890	3034	1847
2	1832	2921	2864	1906	2915	2019
3	1821	2995	2906	1922	2795	2191
4	1810	3070	2948	1938	2675	2363
5	1909	2888	2627	2203	2921	1996
6	1898	2963	2669	2219	2801	2168
7	1887	3037	2711	2235	2682	2340
8	1875	3111	2753	2251	2562	2512
9	1975	2930	2431	2515	2808	2145
10	1963	3004	2473	2531	2688	2317
11	1952	3078	2515	2547	2568	2489
12	1941	3152	2557	2564	2449	2661
					max	min
					3152	1810

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	1761	2229	2112	1897	2285	1867
2	1768	2276	2165	1893	2200	1997
3	1774	2323	2218	1890	2114	2127
4	1781	2370	2271	1886	2028	2257
5	1884	2197	2063	2047	2309	1875
6	1891	2244	2116	2043	2224	2005
7	1898	2291	2169	2040	2138	2135
8	1904	2338	2222	2037	2052	2265
9	2008	2166	2014	2197	2333	1883
10	2014	2213	2067	2194	2247	2013
11	2021	2260	2119	2190	2162	2143
12	2027	2307	2172	2187	2076	2273
					max	min
					2370	1761

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	2914	1073	2963	1026	2402	1456
2	2795	1220	2844	1173	1951	1882
3	2676	1366	2725	1319	1499	2309
4	2557	1512	2606	1465	1047	2735
5	2082	1780	2112	1753	2599	1343
6	1963	1926	1993	1899	2147	1769
7	1844	2073	1874	2045	1696	2195
8	1725	2219	1755	2192	1244	2621
9	1250	2487	1261	2479	2796	1229
10	1131	2633	1142	2626	2344	1656
11	1012	2779	1023	2772	1892	2082
12	893	2926	904	2918	1441	2508
					max	min
					2963	893

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	1768	2179	2078	1885	2225	1864
2	1779	2221	2125	1888	2156	1977
3	1791	2262	2171	1891	2088	2091
4	1803	2304	2218	1894	2019	2205
5	1885	2164	2047	2026	2256	1882
6	1897	2205	2094	2029	2187	1996
7	1909	2247	2140	2032	2119	2110
8	1920	2288	2187	2035	2050	2223
9	2003	2148	2016	2167	2287	1901
10	2015	2189	2062	2170	2218	2014
11	2027	2231	2109	2173	2149	2128
12	2038	2272	2155	2176	2081	2242
					max	min
					2304	1768

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx
1	1769	2113	2012	1873	2094	1869
2	1798	2134	2038	1896	2072	1936
3	1826	2156	2064	1920	2051	2003
4	1855	2177	2091	1944	2029	2069
5	1876	2137	2020	1995	2150	1914
6	1904	2158	2047	2019	2128	1981
7	1933	2180	2073	2043	2107	2048
8	1962	2201	2100	2066	2085	2114
9	1983	2161	2029	2118	2206	1959
10	2011	2183	2056	2142	2185	2026
11	2040	2204	2082	2165	2163	2093
12	2069	2225	2108	2189	2141	2159
					max	min
					2225	1769

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx
1	1804	1852	1854	1805	1826	1830
2	1829	1877	1879	1830	1851	1855
3	1854	1902	1904	1855	1876	1880
4	1880	1927	1929	1880	1901	1905
5	1899	1929	1929	1902	1911	1917
6	1924	1954	1954	1927	1936	1942
7	1949	1979	1979	1952	1961	1967
8	1974	2004	2004	1977	1987	1992
9	1993	2006	2004	1998	1996	2004
10	2018	2031	2029	2024	2021	2029
11	2043	2056	2054	2049	2047	2055
12	2069	2081	2079	2074	2072	2080
					max	min
					2081	1804

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	295	287	277	290	380	201
2	295	287	277	290	380	201
3	295	287	277	290	380	201
4	295	287	277	290	380	201
5	295	287	277	290	380	201
6	295	287	277	290	380	201
7	295	287	277	290	380	201
8	295	287	277	290	380	201
9	295	287	277	290	380	201
10	295	287	277	290	380	201
11	295	287	277	290	380	201
12	295	287	277	290	380	201
					max	min
					380	201

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	220	275	204	278	293	201
2	220	275	204	278	293	201
3	220	275	204	278	293	201
4	220	275	204	278	293	201
5	220	275	204	278	293	201
6	220	275	204	278	293	201
7	220	275	204	278	293	201
8	220	275	204	278	293	201
9	220	275	204	278	293	201
10	220	275	204	278	293	201
11	220	275	204	278	293	201
12	220	275	204	278	293	201
					max	min
					293	201

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	1021	380	1019	380	635	539
2	1021	380	1019	380	635	539
3	1021	380	1019	380	635	539
4	1021	380	1019	380	635	539
5	1021	380	1019	380	635	539
6	1021	380	1019	380	635	539
7	1021	380	1019	380	635	539
8	1021	380	1019	380	635	539
9	1021	380	1019	380	635	539
10	1021	380	1019	380	635	539
11	1021	380	1019	380	635	539
12	1021	380	1019	380	635	539
					max	min
					1021	380

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	218	268	206	268	281	203		
2	218	268	206	268	281	203		
3	218	268	206	268	281	203		
4	218	268	206	268	281	203		
5	218	268	206	268	281	203		
6	218	268	206	268	281	203		
7	218	268	206	268	281	203		
8	218	268	206	268	281	203		
9	218	268	206	268	281	203		
10	218	268	206	268	281	203		
11	218	268	206	268	281	203		
12	218	268	206	268	281	203		
							max	min
							281	203
Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	212	273	211	273	276	209		
2	212	273	211	273	276	209		
3	212	273	211	273	276	209		
4	212	273	211	273	276	209		
5	212	273	211	273	276	209		
6	212	273	211	273	276	209		
7	212	273	211	273	276	209		
8	212	273	211	273	276	209		
9	212	273	211	273	276	209		
10	212	273	211	273	276	209		
11	212	273	211	273	276	209		
12	212	273	211	273	276	209		
							max	min
							276	209
Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	212	210	211	210	212	209		
2	212	210	211	210	212	209		
3	212	210	211	210	212	209		
4	212	210	211	210	212	209		
5	212	210	211	210	212	209		
6	212	210	211	210	212	209		
7	212	210	211	210	212	209		
8	212	210	211	210	212	209		
9	212	210	211	210	212	209		
10	212	210	211	210	212	209		
11	212	210	211	210	212	209		
12	212	210	211	210	212	209		
							max	min
							212	209

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	785	766	738	772	1013	535		
2	785	766	738	772	1013	535		
3	785	766	738	772	1013	535		
4	785	766	738	772	1013	535		
5	785	766	738	772	1013	535		
6	785	766	738	772	1013	535		
7	785	766	738	772	1013	535		
8	785	766	738	772	1013	535		
9	785	766	738	772	1013	535		
10	785	766	738	772	1013	535		
11	785	766	738	772	1013	535		
12	785	766	738	772	1013	535		
							max	min
							1013	535
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	586	734	545	739	780	536		
2	586	734	545	739	780	536		
3	586	734	545	739	780	536		
4	586	734	545	739	780	536		
5	586	734	545	739	780	536		
6	586	734	545	739	780	536		
7	586	734	545	739	780	536		
8	586	734	545	739	780	536		
9	586	734	545	739	780	536		
10	586	734	545	739	780	536		
11	586	734	545	739	780	536		
12	586	734	545	739	780	536		
							max	min
							780	536

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
2	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
3	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
4	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
5	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
6	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
7	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
8	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
9	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
10	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
11	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
12	2719	1013	2716	1013	1692	1435		
							max	min
							2719	1013

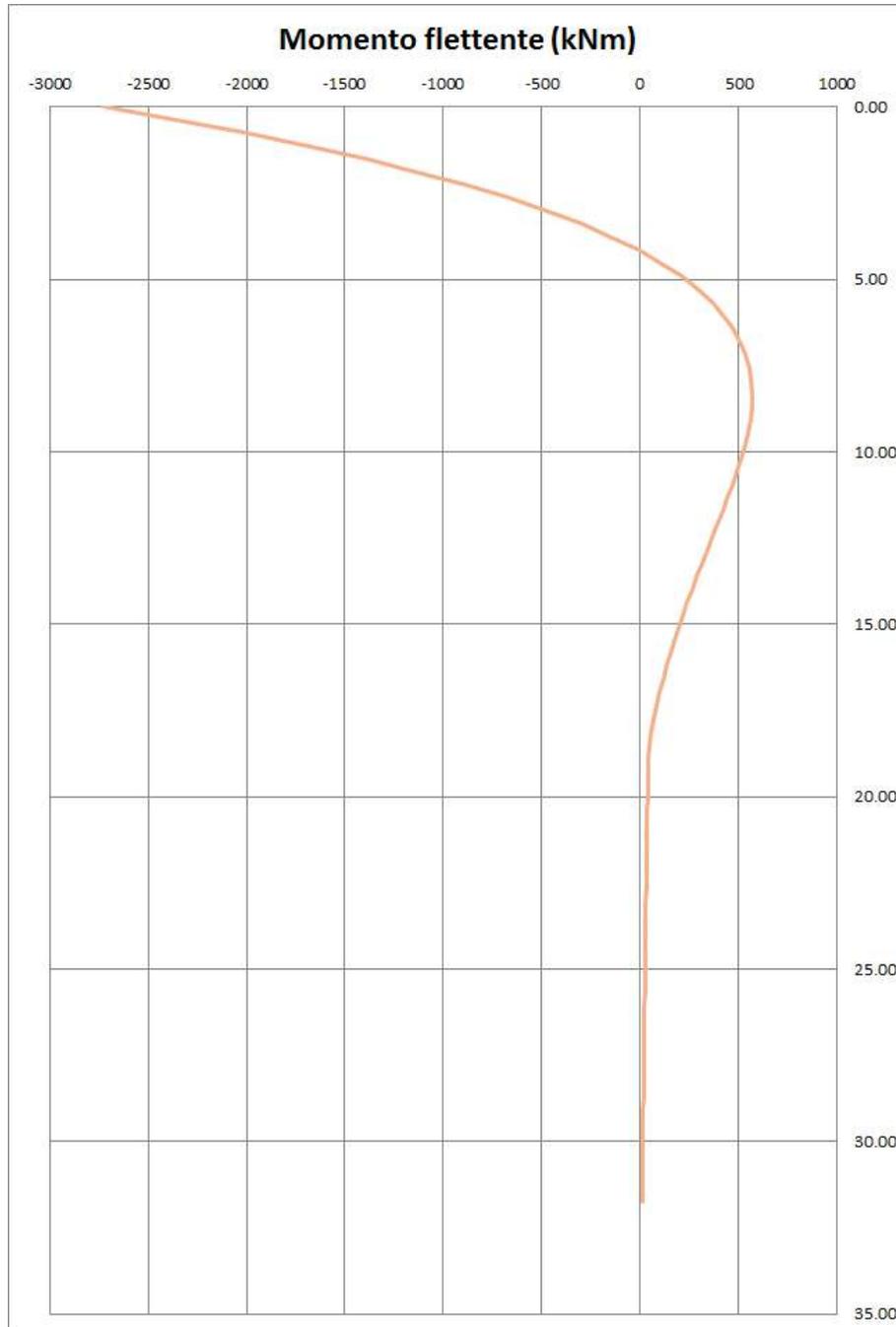
Palo	SLE RARA max N	SLE RARA min N	SLE RARA max My	SLE RARA min My	SLE RARA max Mx	SLE RARA min Mx		
1	580	714	548	715	749	542		
2	580	714	548	715	749	542		
3	580	714	548	715	749	542		
4	580	714	548	715	749	542		
5	580	714	548	715	749	542		
6	580	714	548	715	749	542		
7	580	714	548	715	749	542		
8	580	714	548	715	749	542		
9	580	714	548	715	749	542		
10	580	714	548	715	749	542		
11	580	714	548	715	749	542		
12	580	714	548	715	749	542		
							max	min
							749	542

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	565	727	562	727	734	556		
2	565	727	562	727	734	556		
3	565	727	562	727	734	556		
4	565	727	562	727	734	556		
5	565	727	562	727	734	556		
6	565	727	562	727	734	556		
7	565	727	562	727	734	556		
8	565	727	562	727	734	556		
9	565	727	562	727	734	556		
10	565	727	562	727	734	556		
11	565	727	562	727	734	556		
12	565	727	562	727	734	556		
							max	min
							734	556

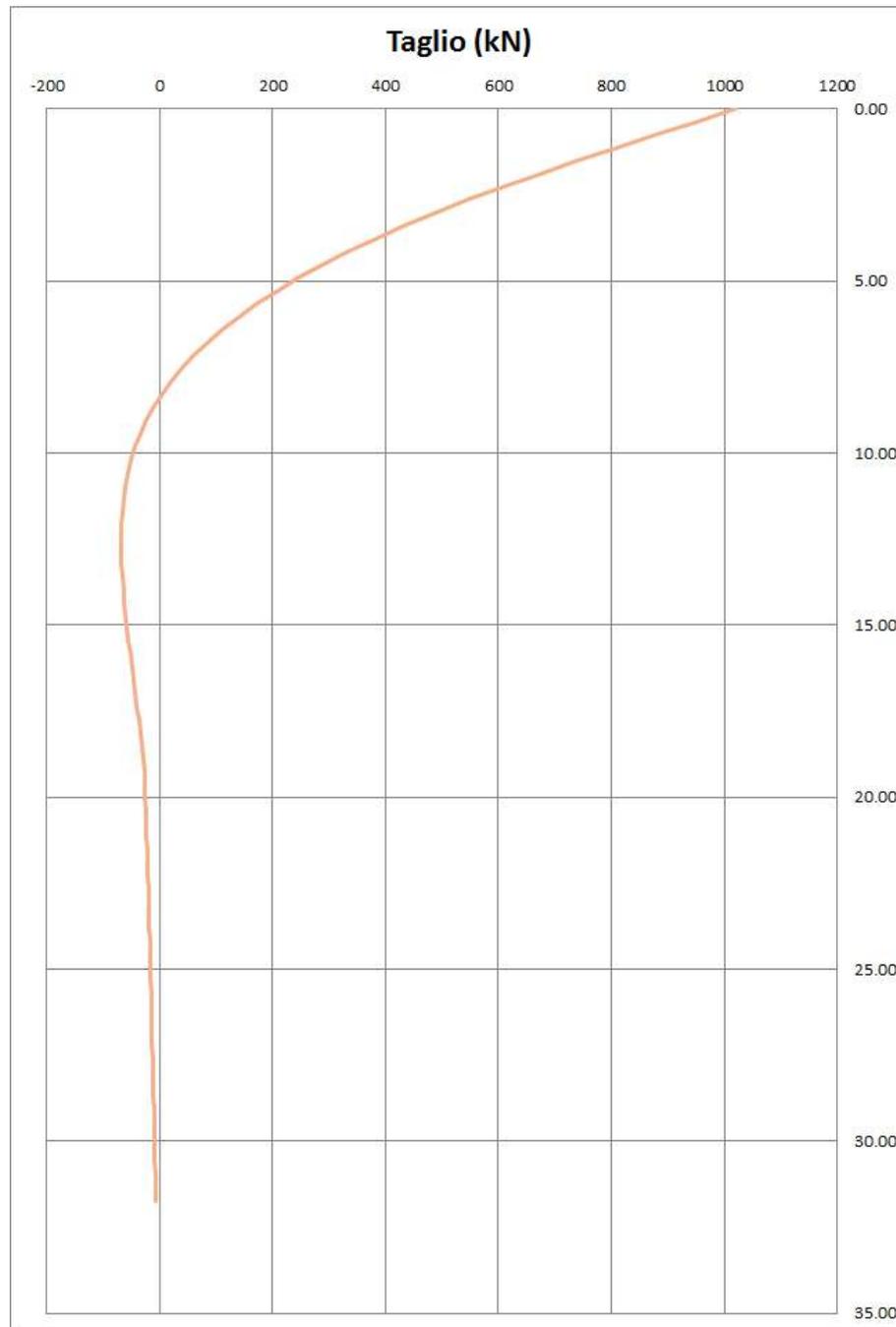
Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	565	559	562	559	566	556		
2	565	559	562	559	566	556		
3	565	559	562	559	566	556		
4	565	559	562	559	566	556		
5	565	559	562	559	566	556		
6	565	559	562	559	566	556		
7	565	559	562	559	566	556		
8	565	559	562	559	566	556		
9	565	559	562	559	566	556		
10	565	559	562	559	566	556		
11	565	559	562	559	566	556		
12	565	559	562	559	566	556		
							max	min
							566	556

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 2720 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Sollecitazioni spalla 2

Geometria palificata

n°pali = 12 (-)
n° combo = 36 (m)

Palo	x (m)	y (m)
1	4.00	-5.40
2	4.00	-1.80
3	4.00	1.80
4	4.00	5.40
5	0.00	-5.40
6	0.00	-1.80
7	0.00	1.80
8	0.00	5.40
9	-4.00	-5.40
10	-4.00	-1.80
11	-4.00	1.80
12	-4.00	5.40

n°palo	xpalo	ypalo	xi^2 (m^2)	yi^2 (m^2)	Σx^2	Σy^2	xi/Σx^2	yi/Σy^2
1	4.00	-5.40	16.00	29.16	128.00	194.40	0.03125	-0.02778
2	4.00	-1.80	16.00	3.24			0.03125	-0.00926
3	4.00	1.80	16.00	3.24			0.03125	0.009259
4	4.00	5.40	16.00	29.16			0.03125	0.027778
5	0.00	-5.40	0.00	29.16			0	-0.02778
6	0.00	-1.80	0.00	3.24			0	-0.00926
7	0.00	1.80	0.00	3.24			0	0.009259
8	0.00	5.40	0.00	29.16			0	0.027778
9	-4.00	-5.40	16	29.16			-0.03125	-0.02778
10	-4.00	-1.80	16	3.24			-0.03125	-0.00926
11	-4.00	1.80	16	3.24			-0.03125	0.009259
12	-4.00	5.40	16	29.16			-0.03125	0.027778

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	2091	2988	2508	2616	2702	2423
2	2090	3041	2546	2627	2874	2293
3	2090	3095	2584	2637	3047	2162
4	2089	3149	2622	2647	3220	2031
5	1985	3043	2743	2318	2636	2511
6	1985	3097	2780	2329	2809	2381
7	1984	3151	2818	2339	2982	2250
8	1984	3204	2856	2349	3155	2119
9	1880	3099	2977	2020	2571	2600
10	1879	3153	3015	2031	2744	2469
11	1879	3207	3053	2041	2917	2338
12	1878	3260	3091	2051	3090	2207
					max	min
					3260	1878

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	2087	2235	2089	2273	1953	2408
2	2090	2278	2141	2263	2082	2315
3	2092	2321	2193	2252	2211	2223
4	2094	2363	2244	2241	2340	2130
5	1983	2296	2157	2150	1972	2408
6	1985	2339	2209	2139	2101	2315
7	1988	2381	2260	2129	2230	2222
8	1990	2424	2312	2118	2359	2129
9	1879	2356	2225	2027	1992	2407
10	1881	2399	2276	2016	2120	2314
11	1883	2442	2328	2005	2249	2221
12	1886	2485	2380	1995	2378	2128
					max	min
					2485	1879

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	765	3073	1134	2709	1047	3138
2	923	2933	1053	2807	1517	2621
3	1080	2793	972	2904	1987	2104
4	1237	2653	892	3002	2457	1587
5	1760	2302	2147	1918	1317	2841
6	1917	2162	2066	2015	1787	2324
7	2075	2022	1986	2113	2257	1807
8	2232	1881	1905	2211	2727	1290
9	2755	1530	3161	1126	1587	2543
10	2912	1390	3080	1224	2057	2027
11	3069	1250	2999	1322	2528	1510
12	3227	1110	2919	1420	2998	993
					max	min
					3227	765

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	2082	2218	2092	2243	1973	2362
2	2090	2255	2137	2240	2085	2287
3	2098	2293	2182	2236	2197	2212
4	2106	2330	2227	2233	2309	2136
5	1983	2262	2141	2128	1980	2354
6	1991	2299	2186	2125	2092	2279
7	1999	2337	2231	2121	2204	2204
8	2007	2374	2276	2118	2316	2129
9	1885	2306	2191	2013	1986	2346
10	1892	2343	2236	2010	2098	2271
11	1900	2381	2281	2006	2211	2196
12	1908	2418	2326	2003	2323	2121
					max	min
					2418	1885

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx
1	2060	2233	2107	2190	2034	2279
2	2086	2249	2131	2208	2098	2252
3	2112	2265	2154	2226	2162	2225
4	2138	2281	2178	2245	2226	2199
5	1972	2237	2117	2096	2013	2247
6	1998	2253	2140	2114	2077	2220
7	2024	2269	2164	2132	2141	2193
8	2050	2285	2188	2151	2205	2166
9	1884	2242	2126	2001	1993	2215
10	1910	2257	2150	2020	2056	2188
11	1936	2273	2174	2038	2120	2161
12	1962	2289	2197	2056	2184	2134
					max	min
					2289	1884

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx
1	2071	2084	2082	2077	2079	2076
2	2093	2106	2104	2099	2101	2098
3	2115	2129	2127	2121	2124	2120
4	2138	2151	2149	2144	2146	2143
5	1995	2025	2025	1998	2016	2005
6	2017	2048	2048	2021	2038	2027
7	2040	2070	2070	2043	2061	2049
8	2062	2092	2092	2065	2083	2072
9	1920	1967	1969	1920	1953	1933
10	1942	1989	1991	1942	1975	1956
11	1964	2011	2013	1965	1998	1978
12	1987	2034	2036	1987	2020	2000
					max	min
					2151	1920

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	249	404	315	323	232	421
2	249	404	315	323	232	421
3	249	404	315	323	232	421
4	249	404	315	323	232	421
5	249	404	315	323	232	421
6	249	404	315	323	232	421
7	249	404	315	323	232	421
8	249	404	315	323	232	421
9	249	404	315	323	232	421
10	249	404	315	323	232	421
11	249	404	315	323	232	421
12	249	404	315	323	232	421
					max	min
					421	232

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	248	308	232	310	233	323
2	248	308	232	310	233	323
3	248	308	232	310	233	323
4	248	308	232	310	233	323
5	248	308	232	310	233	323
6	248	308	232	310	233	323
7	248	308	232	310	233	323
8	248	308	232	310	233	323
9	248	308	232	310	233	323
10	248	308	232	310	233	323
11	248	308	232	310	233	323
12	248	308	232	310	233	323
					max	min
					323	232

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	1077	468	1117	391	613	688
2	1077	468	1117	391	613	688
3	1077	468	1117	391	613	688
4	1077	468	1117	391	613	688
5	1077	468	1117	391	613	688
6	1077	468	1117	391	613	688
7	1077	468	1117	391	613	688
8	1077	468	1117	391	613	688
9	1077	468	1117	391	613	688
10	1077	468	1117	391	613	688
11	1077	468	1117	391	613	688
12	1077	468	1117	391	613	688
					max	min
					1117	391

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	246	300	234	300	234	311		
2	246	300	234	300	234	311		
3	246	300	234	300	234	311		
4	246	300	234	300	234	311		
5	246	300	234	300	234	311		
6	246	300	234	300	234	311		
7	246	300	234	300	234	311		
8	246	300	234	300	234	311		
9	246	300	234	300	234	311		
10	246	300	234	300	234	311		
11	246	300	234	300	234	311		
12	246	300	234	300	234	311		
							max 311	min 234

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx		
1	240	305	239	305	239	306		
2	240	305	239	305	239	306		
3	240	305	239	305	239	306		
4	240	305	239	305	239	306		
5	240	305	239	305	239	306		
6	240	305	239	305	239	306		
7	240	305	239	305	239	306		
8	240	305	239	305	239	306		
9	240	305	239	305	239	306		
10	240	305	239	305	239	306		
11	240	305	239	305	239	306		
12	240	305	239	305	239	306		
							max 306	min 239

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx		
1	240	238	239	238	239	239		
2	240	238	239	238	239	239		
3	240	238	239	238	239	239		
4	240	238	239	238	239	239		
5	240	238	239	238	239	239		
6	240	238	239	238	239	239		
7	240	238	239	238	239	239		
8	240	238	239	238	239	239		
9	240	238	239	238	239	239		
10	240	238	239	238	239	239		
11	240	238	239	238	239	239		
12	240	238	239	238	239	239		
							max 240	min 238

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	664	1077	839	861	618	1122		
2	664	1077	839	861	618	1122		
3	664	1077	839	861	618	1122		
4	664	1077	839	861	618	1122		
5	664	1077	839	861	618	1122		
6	664	1077	839	861	618	1122		
7	664	1077	839	861	618	1122		
8	664	1077	839	861	618	1122		
9	664	1077	839	861	618	1122		
10	664	1077	839	861	618	1122		
11	664	1077	839	861	618	1122		
12	664	1077	839	861	618	1122		
							max 1122	min 618

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	660	821	619	826	620	861		
2	660	821	619	826	620	861		
3	660	821	619	826	620	861		
4	660	821	619	826	620	861		
5	660	821	619	826	620	861		
6	660	821	619	826	620	861		
7	660	821	619	826	620	861		
8	660	821	619	826	620	861		
9	660	821	619	826	620	861		
10	660	821	619	826	620	861		
11	660	821	619	826	620	861		
12	660	821	619	826	620	861		
							max 861	min 619

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

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	2869	1247	2977	1040	1634	1832
2	2869	1247	2977	1040	1634	1832
3	2869	1247	2977	1040	1634	1832
4	2869	1247	2977	1040	1634	1832
5	2869	1247	2977	1040	1634	1832
6	2869	1247	2977	1040	1634	1832
7	2869	1247	2977	1040	1634	1832
8	2869	1247	2977	1040	1634	1832
9	2869	1247	2977	1040	1634	1832
10	2869	1247	2977	1040	1634	1832
11	2869	1247	2977	1040	1634	1832
12	2869	1247	2977	1040	1634	1832

max 2977 min 1040

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	655	799	623	800	623	830
2	655	799	623	800	623	830
3	655	799	623	800	623	830
4	655	799	623	800	623	830
5	655	799	623	800	623	830
6	655	799	623	800	623	830
7	655	799	623	800	623	830
8	655	799	623	800	623	830
9	655	799	623	800	623	830
10	655	799	623	800	623	830
11	655	799	623	800	623	830
12	655	799	623	800	623	830

max 830 min 623

Palo	SLE FREQ max N	SLE FREQ min N	SLE FREQ max My	SLE FREQ min My	SLE FREQ max Mx	SLE FREQ min Mx
1	640	813	636	813	637	816
2	640	813	636	813	637	816
3	640	813	636	813	637	816
4	640	813	636	813	637	816
5	640	813	636	813	637	816
6	640	813	636	813	637	816
7	640	813	636	813	637	816
8	640	813	636	813	637	816
9	640	813	636	813	637	816
10	640	813	636	813	637	816
11	640	813	636	813	637	816
12	640	813	636	813	637	816

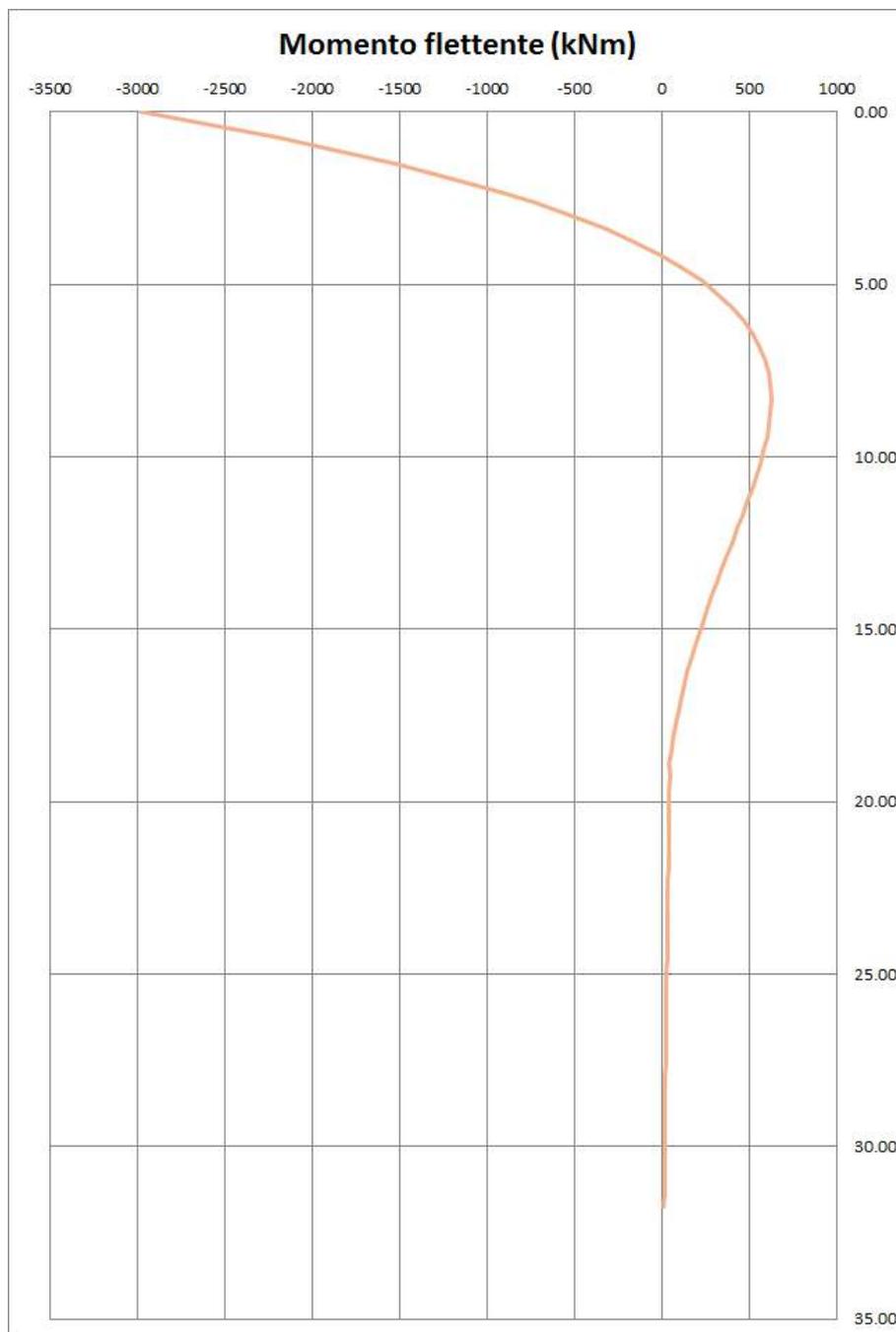
max 816 min 636

Palo	SLE PERM max N	SLE PERM min N	SLE PERM max My	SLE PERM min My	SLE PERM max Mx	SLE PERM min Mx
1	640	634	636	633	637	637
2	640	634	636	633	637	637
3	640	634	636	633	637	637
4	640	634	636	633	637	637
5	640	634	636	633	637	637
6	640	634	636	633	637	637
7	640	634	636	633	637	637
8	640	634	636	633	637	637
9	640	634	636	633	637	637
10	640	634	636	633	637	637
11	640	634	636	633	637	637
12	640	634	636	633	637	637

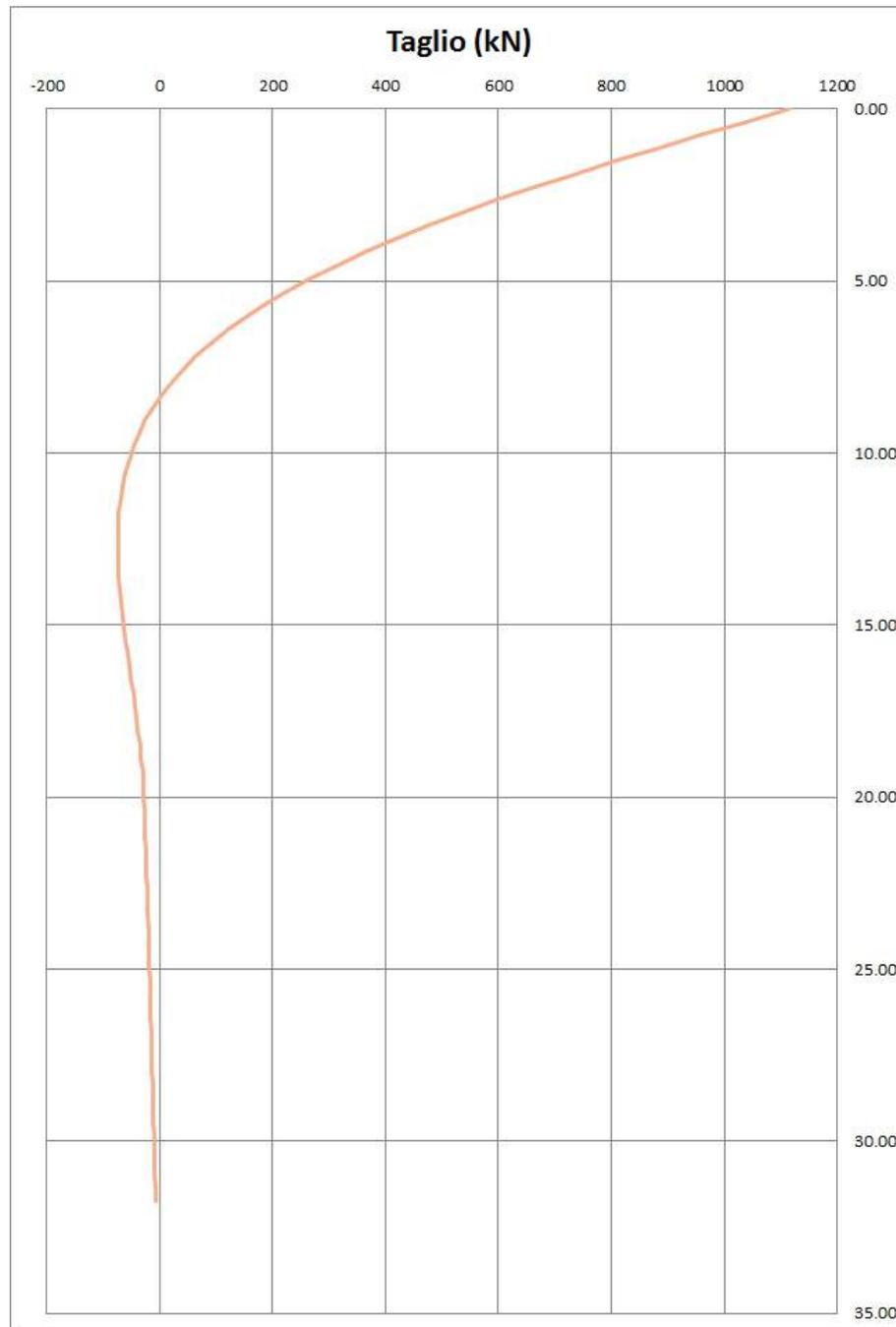
max 640 min 633

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi

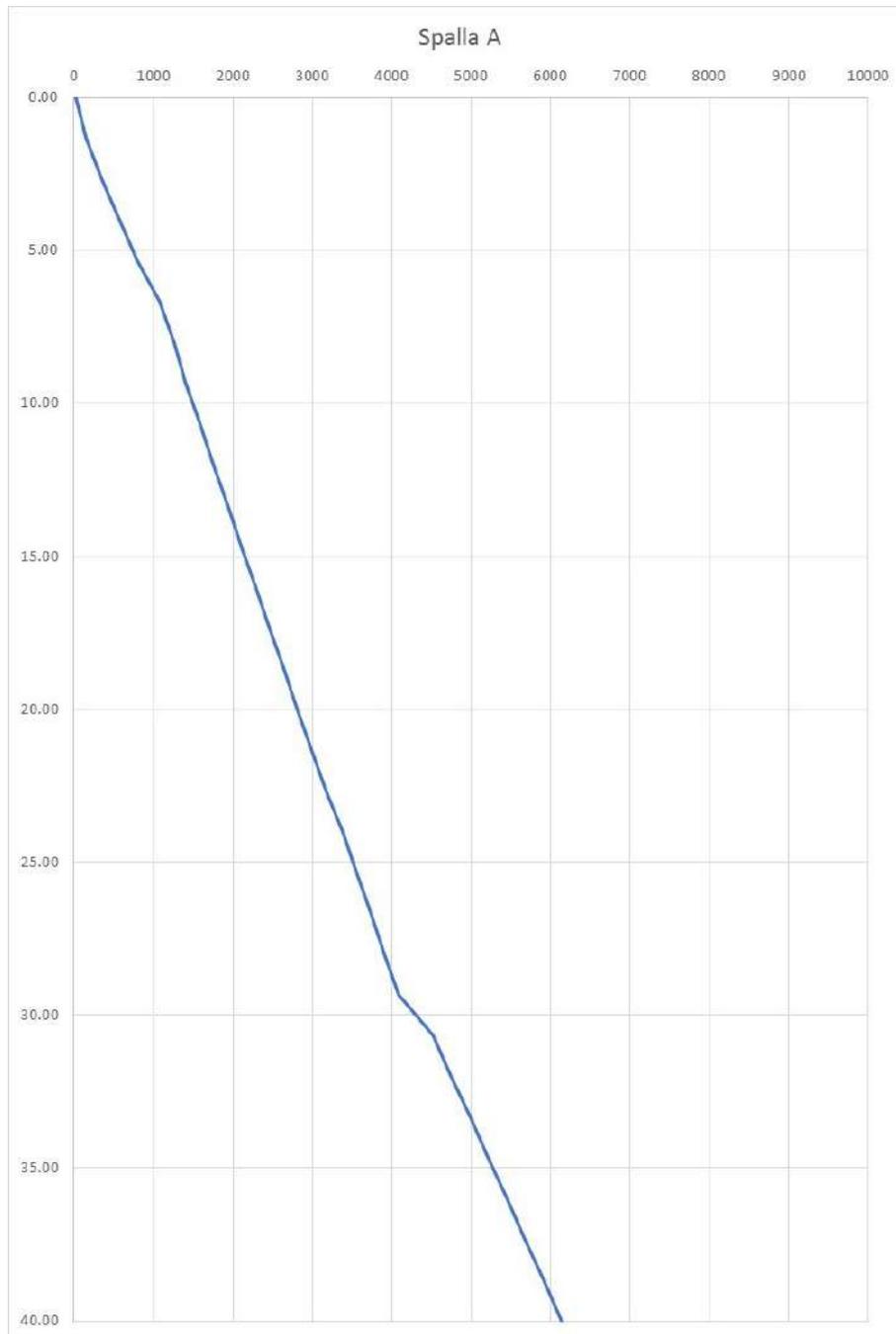
Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 2977 kNm)



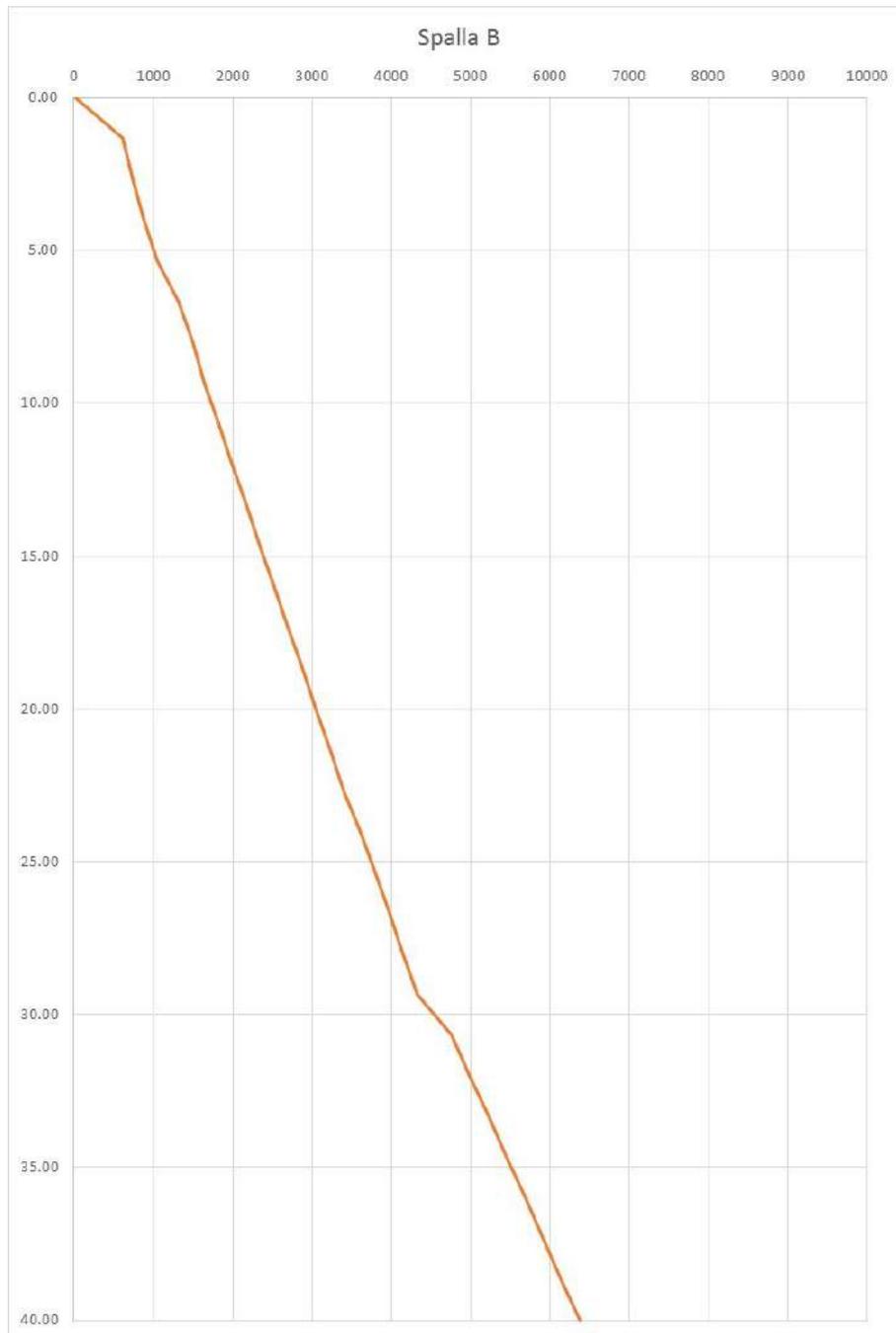
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE



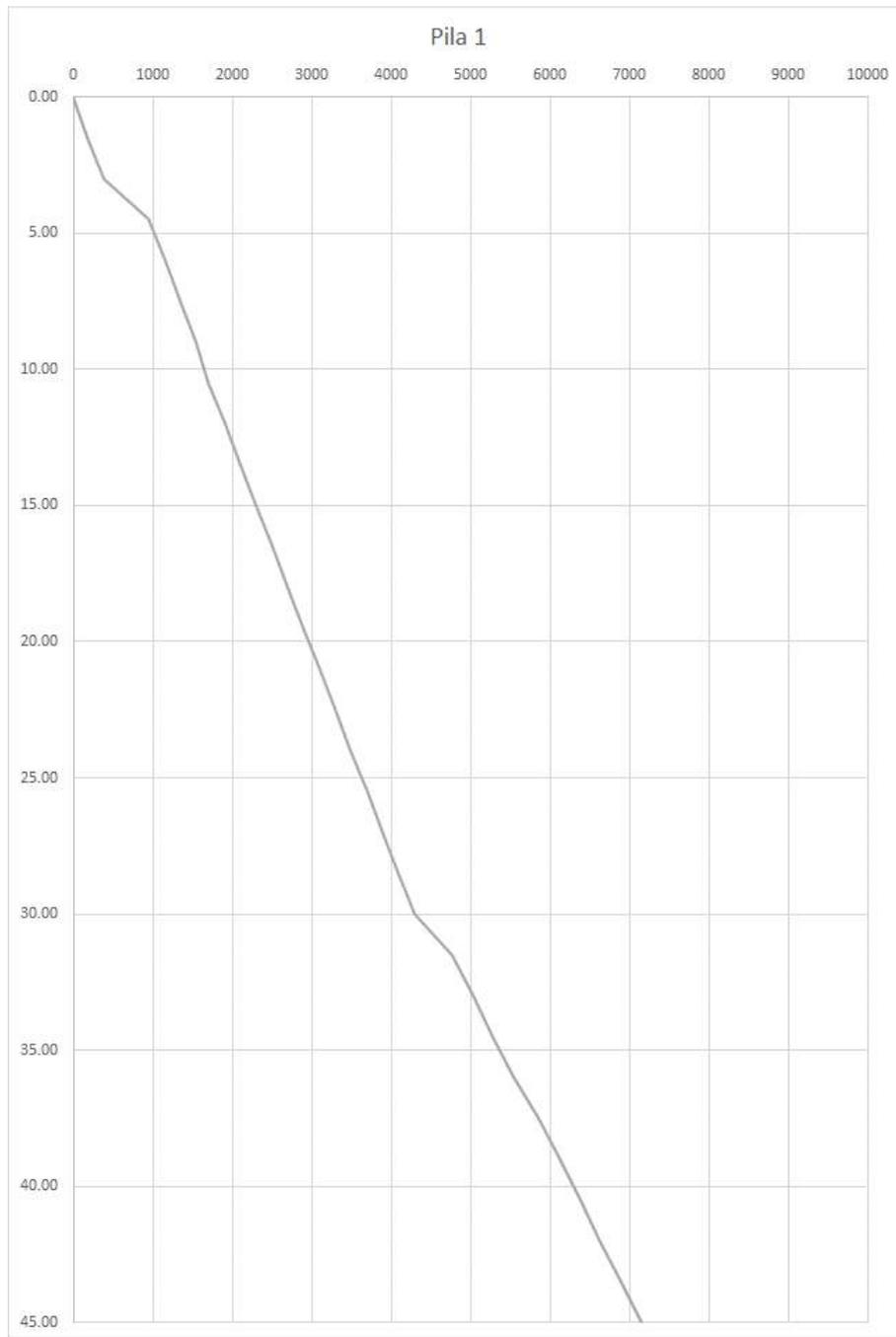
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



MANDATARIA:

MANDANTI:

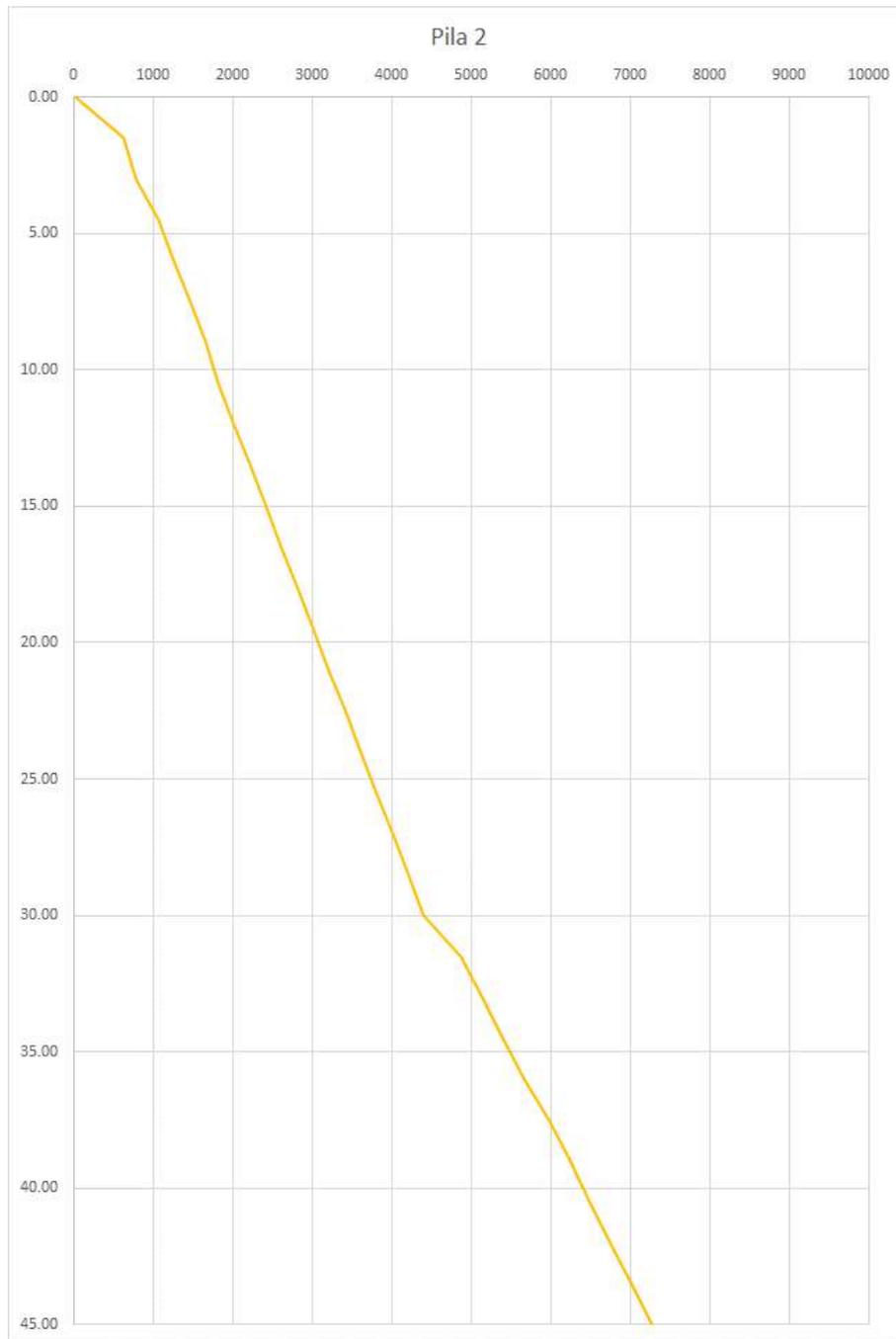
RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



MANDATARIA:

MANDANTI:

RELAZIONE DI CALCOLO - Sottostrutture Margi



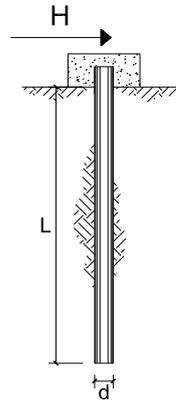
ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI

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

OPERA: V.tto Margi - PILE

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ_{cu}	γ_T
S.U.	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.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	38.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	2056.00	(kN m)		
Coazione non drenata	$c_{u \text{ med}} =$	175.00	(kPa)	$c_{u \text{ min}} =$	175.00 (kPa)
Coazione 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 =	253	(kN)		

Palo corto:

$H1_{\text{med}} = 68418.00$ (kN) $H1_{\text{min}} = 68418.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{\text{med}} = 26537.10$ (kN) $H2_{\text{min}} = 26537.10$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{\text{med}} = 1805.40$ (kN) $H3_{\text{min}} = 1805.40$ (kN)

$H_{\text{med}} = 1805.40$ (kN) palo lungo $H_{\text{min}} = 1805.40$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{\text{med}}/\xi_3 ; R_{\text{min}}/\xi_4) = 1128.37$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 867.98$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 253.00$ (kN)

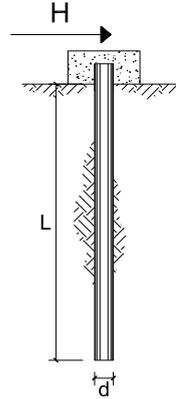
$FS = H_d / F_d = 3.43$

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

OPERA: V.tto Margi - SPALLE

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)

coefficienti parziali		A		M	R
Metodo di calcolo		permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{cu}	γ_T
S.L.U.	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.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	32.00	(m)			
Diametro del palo	d =	1.20	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	M_y =	4092.00	(kN m)			
Coesione non drenata	$c_{u, med}$ =	175.00	(kPa)	$c_{u, min}$ =	175.00	(kPa)
Coesione non drenata di progetto	$c_{u, med, d}$ =	175.00	(kPa)	$c_{u, min, d}$ =	175.00	(kPa)
Carico Assiale Permanente (G):	G =		(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	1117	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 57078.00$ (kN) $H1_{min} = 57078.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 21965.21$ (kN) $H2_{min} = 21965.21$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 3117.90$ (kN) $H3_{min} = 3117.90$ (kN)

$H_{med} = 3117.90$ (kN) palo lungo $H_{min} = 3117.90$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1948.69$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 1498.99$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1117.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.34$