

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. F.Durastanti
Dott. Ing. V.Truffini
Dott. Arch. A.Bracchini
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram
Dott. Ing. F.Pambianco
Dott. Ing. M.Briganti Botta
Dott. Ing. L.Gagliardini
Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci
Dott. Ing. A.Signorelli
Dott. Ing. E.Moscatelli
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello
Dott. Arch. G.Guastella
Dott. Geol. M.Leonardi
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi
Dott. Ing. M.Panfilì
Dott. Arch. P.Ghirelli
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci
Dott. Arch. A.Strati
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi
Dott. Ing. V.Piunno
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



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

VIADOTTI VIADOTTO SAN LEONARDO - CARR. SX Relazione di calcolo delle sottostrutture

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04VI08STRRE03C				
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04VI08STRRE03			C	-
C	Revisione a seguito di Rapporto di Verifica			Nov 2021	M. Botta	F. Durastanti	N.Granieri
B	Revisione a seguito istruttoria Anas			Set 2021	M. Botta	F. Durastanti	N.Granieri
A	Emissione			Giù 2021	M. Botta	F. Durastanti	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	6
1.1.1 Impalcato	7
1.1.2 Sottostrutture	7
1.1.3 Sistema di vincolo	11
1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
1.2.1 Calcestruzzo	11
1.2.1.1 Elevazione della pila	12
1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla	12
1.2.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata	13
1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	14
1.4 SOFTWARE DI CALCOLO	15
1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI	15
2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO	15
2.1 VINCOLI ESTERNI	19
3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	19
3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO	19
3.2 PARAMETRI GEOTECNICI	20
4. ANALISI DEI CARICHI	21
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	22
4.4 EFFETTO DEL SOVRACCARICO STRADALE A TERGO SPALLA	22
4.5 EFFETTO DELL'ATTRITO APPOGGI	22
4.6 AZIONE SISMICA	23

4.6.1	Inquadramento	23
4.6.2	Azioni sismiche sulle spalla	27
4.7	CARICHI SULL'IMPALCATO	29
4.8	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA ($F_{w,k}$)	30
5.	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	31
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	35
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	38
7.3.4	Resistenza di progetto del palo	38
7.4	RESISTENZA DEI PALI DI FONDAZIONE AI CARICHI TRASVERSALI	39
7.5	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LUNGO IL FUSTO DEL PALO	39
7.6	OVERIFICHE STATO LIMITE ESERCIZIO PALI DI FONDAZIONE	41
7.7	CARICO LIMITE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI	43
7.8	CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI SUPERFICIALI	44
8.	ANALISI STRUTTURALE E PRINCIPALI RISULTATI	44
8.1	ANALISI DINAMICA	45
8.1.1	Spostamenti sismici dell'impalcato	47
8.2	SOLLECITAZIONI	52
8.2.1	Elevazioni	52
8.2.2	Fondazioni	63

9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE	70
9.1 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P1 E PILA 2	71
9.2 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P3 E PILA P4	72
9.3 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE 1	77
9.4 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE 2	79
10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE	82
10.1 VERIFICA STRUTTURALE PILE 1, 2, 3, 4	82
10.1.1 Fusto Pile	82
10.1.2 Armature orizzontali di diffusione fusto	126
10.1.3 Baggioli pila	127
10.1.4 Palo di fondazione	129
10.1.5 Platea di fondazione su pali – pile n. 1 - 2	135
10.1.6 Platea di fondazione su fondazione diretta – pile 3 - 4	148
10.2 VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA 1	164
10.2.1 Muro frontale	165
10.2.2 Paraghiaia	171
10.2.3 Muro di risvolto	177
10.2.4 Platea di fondazione	224
10.2.5 Baggioli spalla	247
10.2.6 Palo di fondazione	249
10.3-VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA 2	265
10.3.1 Muro di risvolto	266
10.3.2 Platea di fondazione	295
10.3.3 Baggioli spalla	313
11. APPOGGI E GIUNTI	313

11.1 PORTATE APPOGGI	314
11.2 DEFORMAZIONI ED ESCURSIONI AGLI APPOGGI	315
11.2.1 Spostamenti orizzontali	315
11.2.2 Verifica decompressione	316
11.2.3 Verifica massimi spostamenti sisma SLC	318
11.2.4 Verifica massime rotazioni	318
11.2.5 S.L.E. deformazione sotto azione del vento	320
11.3 DIMENSIONAMENTO VARCHI E GIUNTI	322
11.3.1 Giunti	322
11.3.2 Varchi	323
12. – VALUTAZIONI PER VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI	323
12.1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA	323
12.2 ANALISI STRUTTURALE	325
12.2.1 Analisi "Upper Bound"	326
12.2.1.1 Periodo di vibrazione.....	326
12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)	327
12.2.1.3 Spiccato e fondazioni pile.....	328
12.2.2 Analisi "Lower Bound"	331
12.2.2.1 Periodo di vibrazione.....	331
12.2.2.2 Escursione ai giunti.....	332
12.3 CONCLUSIONI	333
12.3.1 Reazioni sui baggioli	333
12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali	334
12.3.3 Sollecitazioni pile 1-2-3-4	334
12.3.4 Sollecitazioni pali e soles pile n. 1 e 2	343
12.3.5 Sollecitazioni fondazioni pile 3 e 4	345
12.3.6 Spostamenti ai giunti	345

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI	346
ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE	424
ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI	427

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione di spalle, pile, appoggi e giunti del viadotto "San Leonardo" 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 48-66-66-66-48 m per la carreggiata destra e per la carreggiata sinistra. 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 destra e di estendere la validità delle stesse alla struttura in carreggiata sinistra.

La carreggiata sinistra sostituisce nella stessa sede un impalcato esistente in cap con 8 campate da 33 m, che verrà demolito interamente mantenendo solo i pali esistenti che non avranno più funzione strutturale, la posizione delle pile rimane in corrispondenza di alcune delle pile del viadotto esistente mentre le spalle vengono arretrate di 15 m.

In questo modo le fondazioni delle nuove spalle della carreggiata sinistra non interferiscono con le fondazioni delle spalle esistenti, le fondazioni profonde delle nuove pile 1 e 2 carreggiata sinistra invece interferiscono con le fondazioni profonde delle due pile esistenti posizionate alla stessa progressiva; si prevede quindi per le pile P1 e P2 una zattera di fondazione ampia in modo che i nuovi pali rimangano esterni rispetto a quelli esistenti.

La figura seguente mostra le sezioni longitudinali delle due carreggiate.

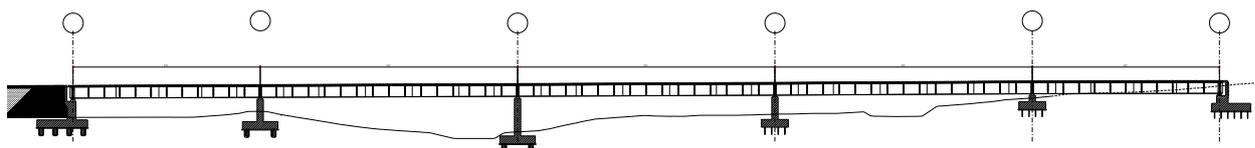


Figura 1.1: Sezione longitudinale carreggiata destra RG-CT

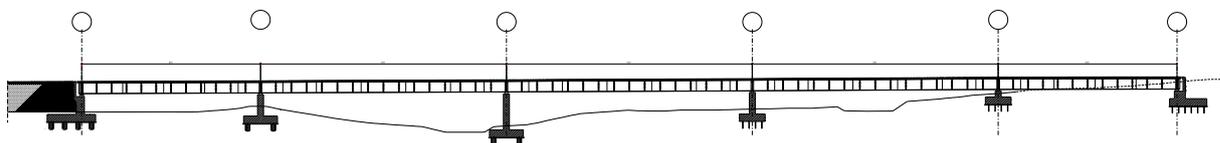


Figura 1.2: Sezione longitudinale carreggiata sinistra CT-RG

1.1.1 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato prevede due travi metalliche con sezione a doppio T di altezza pari a 2900 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 4125 mm. I traversi di testata sono realizzati mediante travi a doppio T, composte mediante saldatura, di altezza pari a 1900 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, salvo un minimo allargamento di 320 mm in corrispondenza della ultima campata in adiacenza alla spalla 2 carreggiata sinistra, 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:

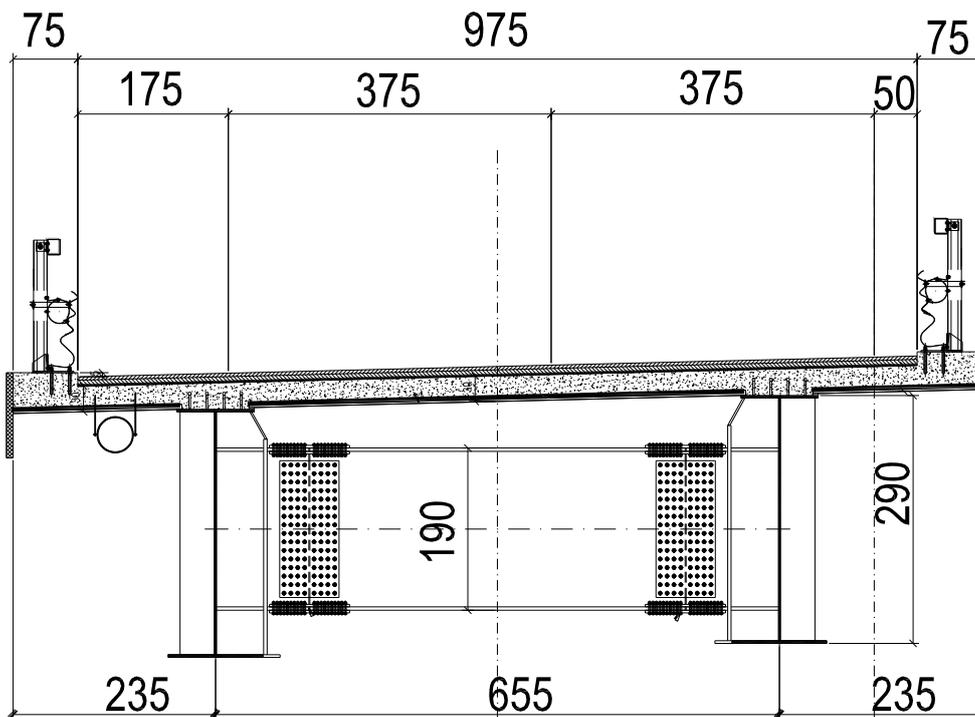


Figura 1.3: Sezione trasversale dell'impalcato

1.1.2 Sottostrutture

Le pile sono di tipo tradizionale in c.a. e sono costituite da fusti a sezione piena di massimo ingombro pari a 9,30 m x 1,60 m sia per la carreggiata destra che sinistra. La sezione si mantiene con dimensioni costanti per tutta l'estensione del fusto, l'altezza delle pile per le due carreggiate è compresa fra 1,6 e 10,2 m.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Le fondazioni delle pile 1 e 2 della carreggiata destra e sinistra sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 9,10 m x 14,10 x 2 m su 8 pali trivellati $\varnothing 1200$ di lunghezza 36 m.

Le fondazioni delle pile 3 e 4 della carreggiata destra e sinistra sono del tipo diretto su roccia consolidata con un reticolo di micropali e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 6,90 m x 12,00 m ed altezza 2 m.

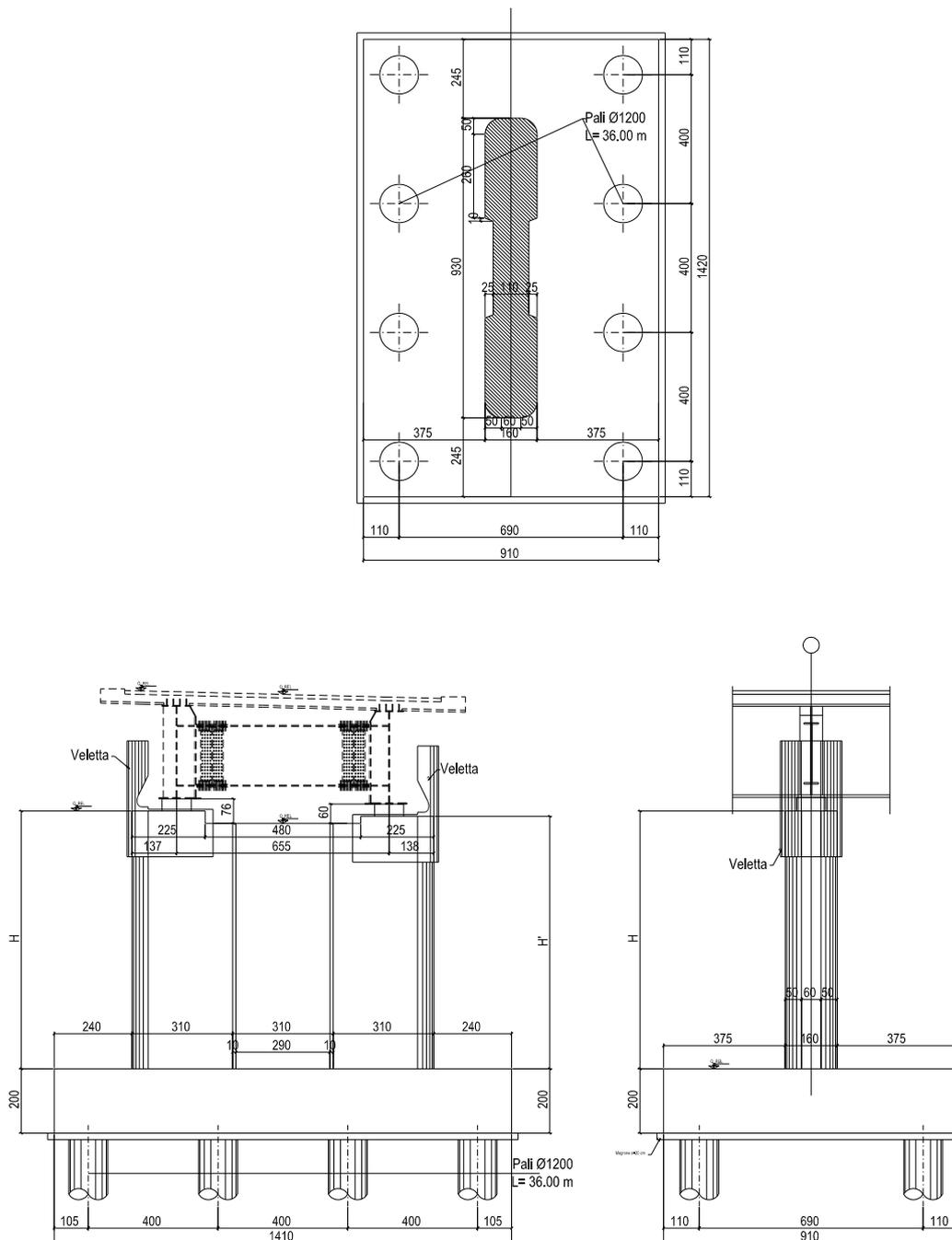


Figura 1.4: Sezione trasversale, vista trasversale e longitudinale delle pile 1 e 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

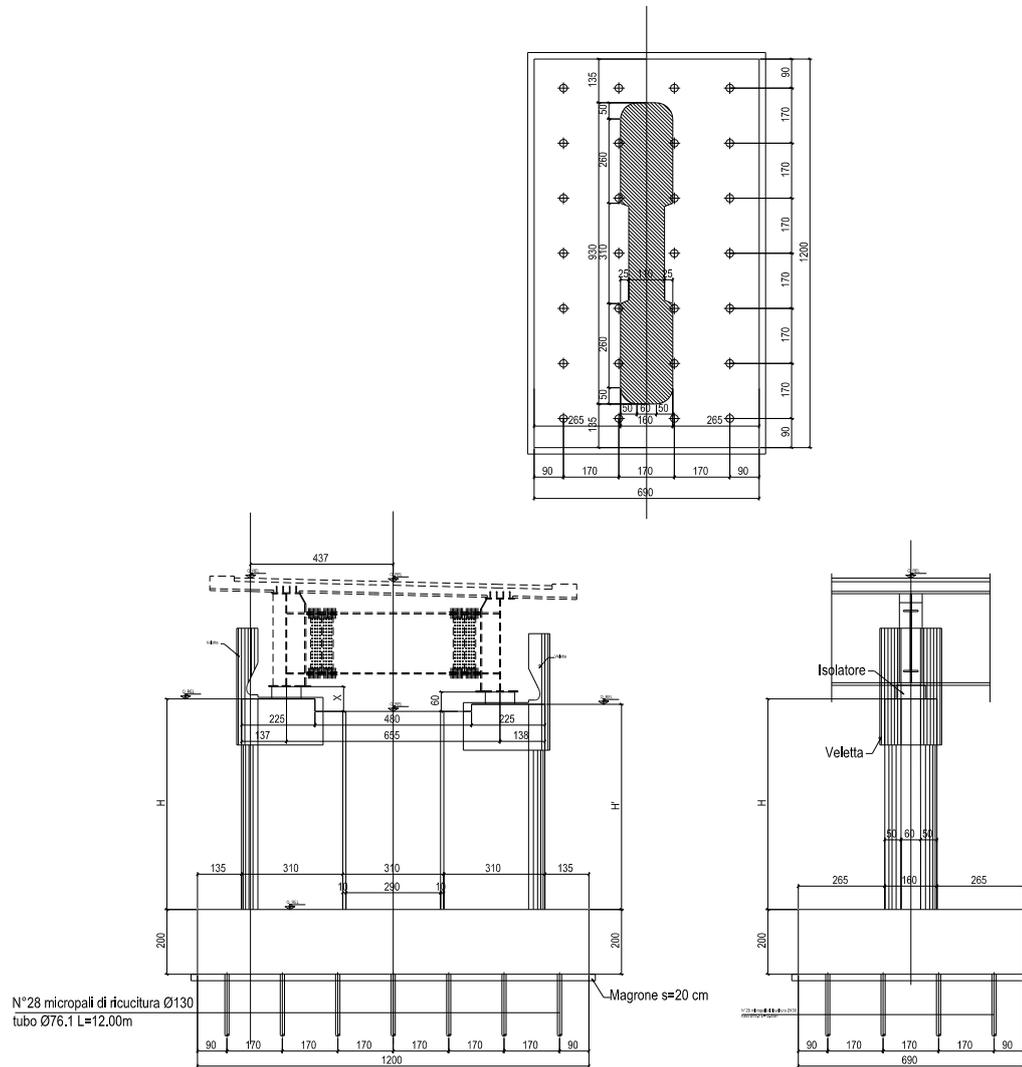


Figura 1.5: Sezione trasversale, vista trasversale e longitudinale delle pile 3 e 4

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

VIADOTTO SAN LEONARDO - PILE				
Pila	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
P1Sx – P2Sx	8	36	1,2	2
P1Dx – P2Dx	8	36	1,2	2
P3Sx – P4Sx				2
P3Dx – P4Dx				2

Tabella 1.6: Caratteristiche geometriche delle fondazioni delle pile

Le spalle 1 delle due carreggiate sono di tipo tradizionale in c.a. e presentano un muro frontale di spessore 2.20 m ed un paraghiaia di spessore 0.60 m. Le fondazioni sono del tipo indiretto e sono costituite da plinti rettangolari su pali di dimensioni 13 m x 13 m, spessore 2 m.

Le spalle 2 delle due carreggiate sono in c.a. e presentano un muro frontale di spessore 2.95 m ed un paraghiaia di spessore 0.60 m. Le fondazioni sono del tipo diretto su roccia consolidata con un reticolo di micropali e sono costituite da plinti rettangolari di dimensioni 10,00 m x 12,0 m ed altezza 2 m.

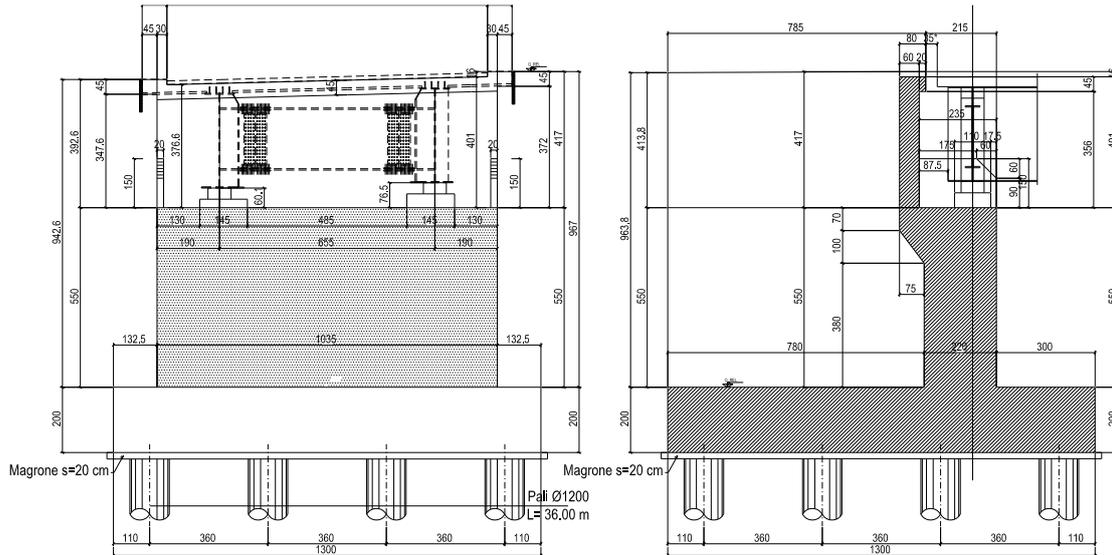


Figura 1.7: Vista frontale e sezione longitudinale spalle SP1

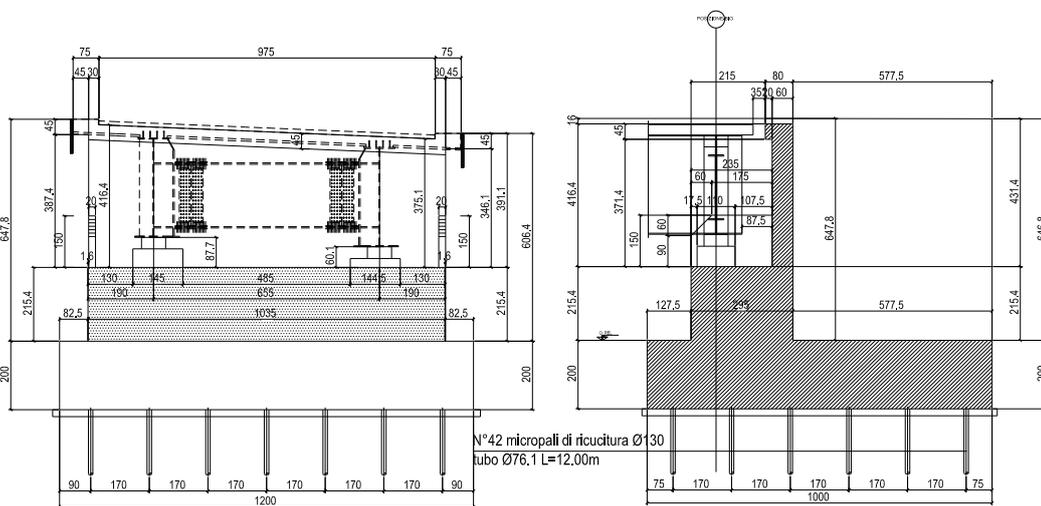


Figura 1.8: Vista frontale e sezione longitudinale spalla SP2

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

VIADOTTO SAN LEONARDO - SPALLE				
Spalla	N. Pali	L Pali (m)	Diam. Pali (m)	Spessore platea (m)
Sp1Sx	16	36	1,2	2
Sp2Sx	16	36	1,2	2
Sp1Dx				2
Sp2Dx				2

Tabella 1.9: Caratteristiche geometriche delle fondazioni delle spalle

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.

Al fine di evitare uno spostamento eccessivo degli isolatori in prossimità delle spalle dovuto ad azioni termiche si prevede di montare gli isolatori sulle spalle in serie a degli appoggi unidirezionali che consentono la deformazione longitudinale.

Il predimensionamento dei dispositivi viene effettuato a partire dai dati di "portata" verticale in condizione di esercizio e sismica, unitamente al valore di rigidità che si intende conseguire, al fine di ottenere un periodo di oscillazione medio nelle due direzioni principali 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 "H":

Diam = 900 mm / H=204 mm per le pile $K_e = 4.37 \text{ kN/mm}$, $K_v = 2921 \text{ kN/mm}$;

Diam = 800 mm / H=180 mm per le spalle $K_e = 3.91 \text{ kN/mm}$, $K_v = 2710 \text{ kN/mm}$.

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

1.2.1 Calcestruzzo

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono riportate nel seguito:

1.2.1.1 Elevazione della pila

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

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

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

1.2.1.2 Pali, Zattere di fondazione ed Elevazione della spalla

C32/40	classe di resistenza
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$ 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

$\gamma_s=1.15$	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 sovreresistenza
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	deformazione ultima caratteristica
$\epsilon_{ud} = 0.9 * \epsilon_{uk} = 0.0675$	deformazione ultima di calcolo

1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

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

1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

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

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

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

1.5 CONVENZIONI GENERALI, PER LE VERIFICHE E LE ANALISI GLOBALI

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

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

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

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

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

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

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

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

2. DESCRIZIONE DEL MODELLO NUMERICO

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

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

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

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

Le spalle sono modellate in maniera semplificata, con l'obiettivo di restituire l'andamento delle sollecitazioni lungo le elevazioni ed all'intradosso fondazione. La massa del terreno viene modellata mediante una massa concentrata, posizionata in corrispondenza del baricentro del blocco di terreno, e collegata alla fondazione mediante un elemento rigido.

Le azioni sono trasmesse dagli impalcati alle spalle in maniera diretta, collegando l'asse appoggi in asse spalla, al piano appoggi della spalla.

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

Scale: 1.845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704402, -0.581002, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 350/SLV_vert

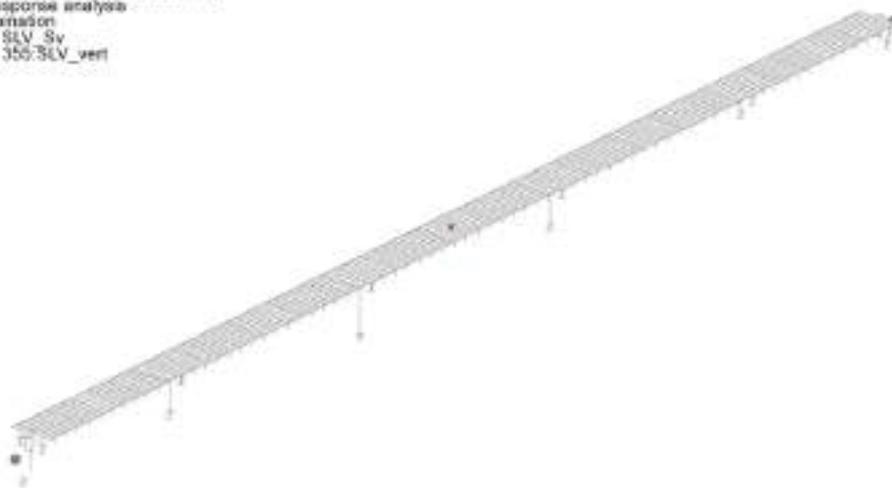


Figura 2.1 - Modello globale principale – layout E.F.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581002, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 350:SLV_vert

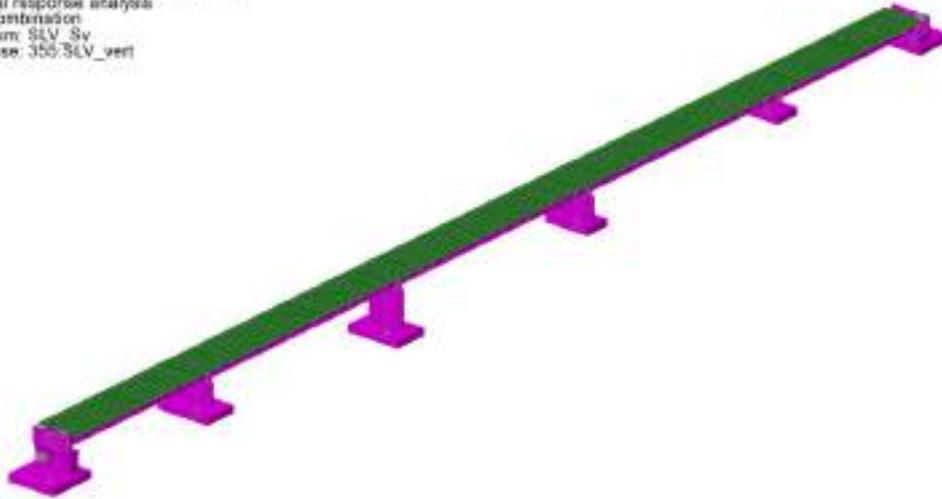


Figura 2.2 - Modello globale principale - Rendering

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

Scale: 1:845.701
Zoom: 542.485
Eye: (-0.704422, -0.581002, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 350:SLV_vert

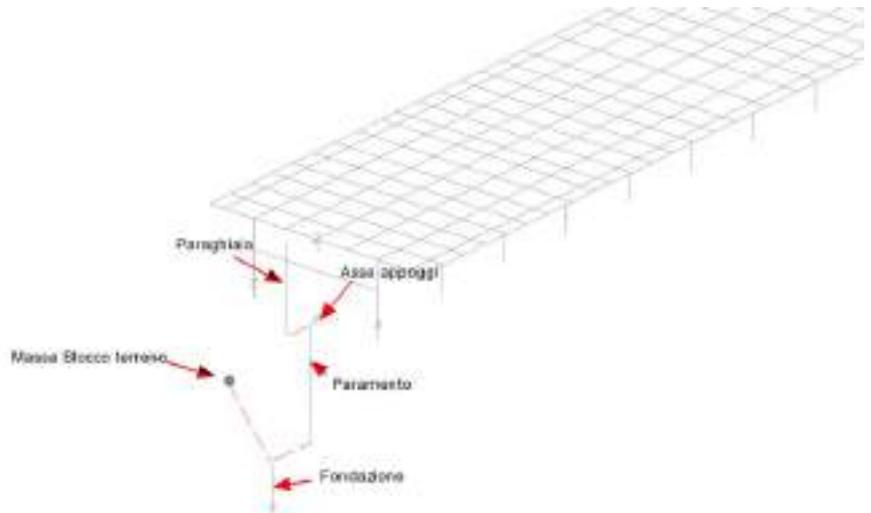


Figura 2.3 Modellazione spalla - layout E.F.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:845,701
Zoom: 542,485
Eye: (-0,704422, -0,581002, 0,407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum SLV_Sv
Loadcase: 355-SLV_vert

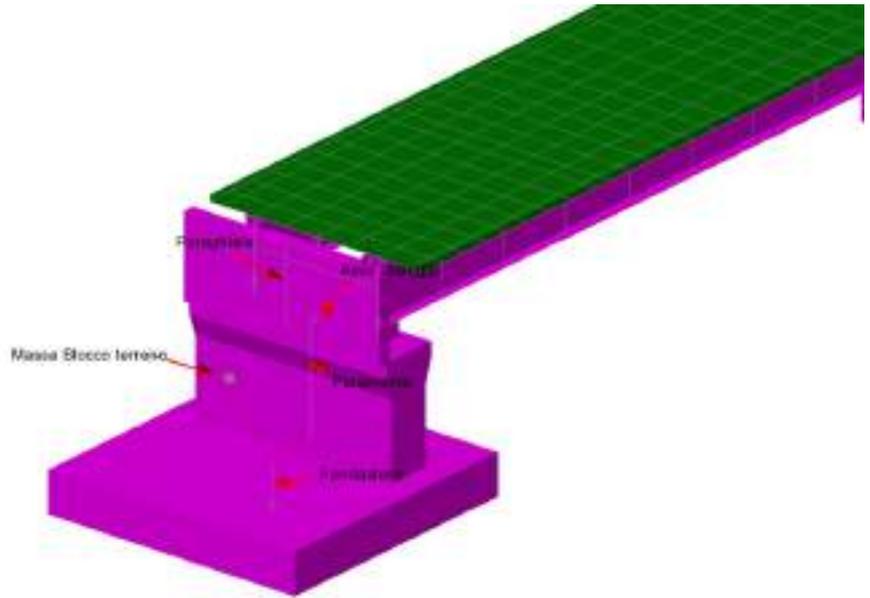


Figura 2.4 Modellazione spalla - Rendering

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

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

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

Fase	Azioni di	Proprietà sezioni impalcato
01 - Fase1	gk1 - Pesi propri struttura in acciaio gk1 - Peso proprio getto soletta gk1 - Pesi propri el. Sottostrutture (pile e boggioni)	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 Gfriction - Attrito appoggi Qt - Frenatura	acciaio + cis (nfase 3, short term)
05 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 - Pesi propri spalla gk,t,v - Pesi propri reinterro gk,t,spinte del terreno (statiche) Qv - Sovraccarichi sul reinterro Ed, x/y Azioni inerziali sismiche (long e trasv) gk,t,Ed - Sovraspinte sismiche longitudinali	acciaio + cis (nfase 3, short term)

Tabella 2.1 Sintesi analisi modello principale

2.1 VINCOLI ESTERNI

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

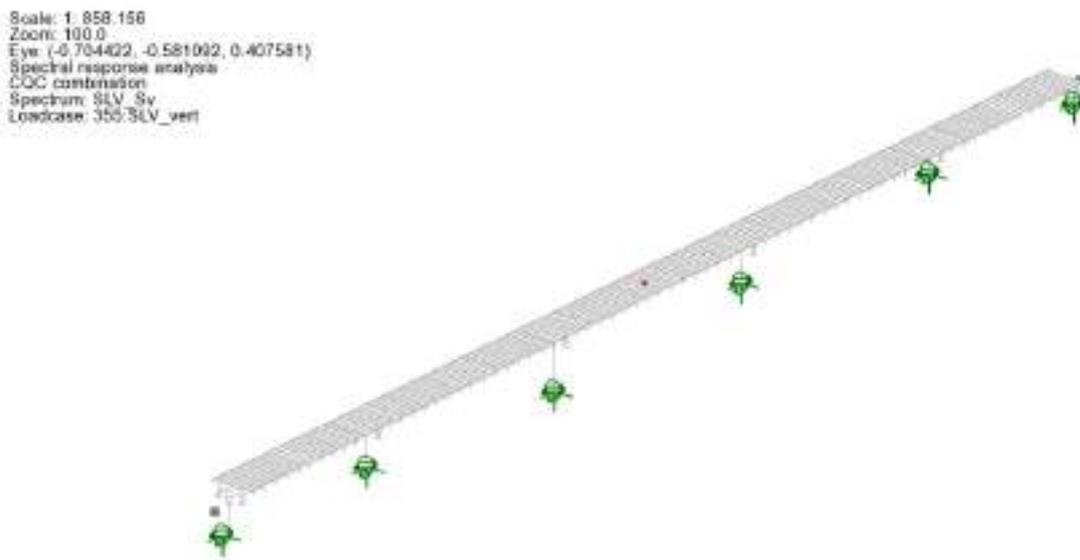


Figura 2.5 - Posizione vincoli esterni

3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente paragrafo si riporta il modello geotecnico utilizzato per il calcolo delle fondazioni delle pile e delle spalle del viadotto San Leonardo.

3.1 STRATIGRAFIA DI CALCOLO

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

San Leonardo	Sp1	P1	P2	P3	P4	Sp2
	Spessore litotipi in m da testa palo o piano d'imposta plinto					
a_fine (coesivo)	10.4	9.8	3.7	-	-	-
a_gross (incoerente)	6.9	6.8	4.3	-	-	-
Qa	-	-	10.8	-	-	-
Pvs - GG	>20	>20	>20	-	-	-
Pvl - R2	-	-	-	>20	>20	>20

Tabella 3.1 : Stratigrafia di calcolo

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Nei calcoli, in favore di sicurezza, la quota della falda è stata considerata coincidente con quella della testa dei pali o del piano d'imposta dei plinti.

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). Fa eccezione la formazione PVI-R2 (basalto) per la quale, ad ulteriore cautela, si è deciso di trascurare la componente coesione e di limitare l'angolo d'attrito a 50°. Tali parametri sono riportati nelle tabelle seguenti:

unità geologica	unità geotecnica	litotipo	z (m)	γ (kN/m ³)	c_v (MPa)	ROD (-)	OS (-)	c' (kPa)	ϕ^p (°)	c_u (kPa)	E (MPa)	OCR
B	riporti antropici	B	rilevato esistente	-	17+18	-	-	0	33+35	-	20	-
ec	depositi eluvio-colluviali	ec	terreni agraria grossa	-	16	-	-	0	22	-	5	-
a	alluvioni fluviali	a-BF	terreni agraria fine	0+5 ≥5	17+19	-	-	5+15	23+18	100	30 20	≥10 ≥5
		a-GS	terreni agraria grossa	-	19+21	-	-	0	38+42	-	40	-
ar	Terracci fluviali	ar	terreni agraria grossa	-	18	-	-	0	40	-	40+50	-
				0+30 10+40 ≥40	19+21	-	-	0	38+42	-	50 70+120 150	-
Qa	Argille siltose micose giglio-azzurre	Qa	terreni agraria fine	0+5 5+10 10+25 15+30 ≥30	17+19	-	-	10+20	20+15	150	10+20 15+35 20+60 40+300	10+30 2+10 2+5 2
				0+30 10+25 ≥25	17.5+18.5	-	-	0	38+42	-	50 80+100 300	-
				0+5 5+10 10+25 15+30 ≥15	17+19	-	-	25+30	25+10	150-250	20 5+15 5+10 5	15 5+15 5+10 5
				0+10 ≥10	18+18	-	-	0	30+42	-	70+100 100+150	-
Pw	depositi sedimentari intercalati alle vulcanici: sabbie e limi carbonatici	Pw-GF	depositi argillosi	0+5 5+10 10+25 ≥15	17+19	-	-	25+30	25+10	150-250	20 5+15 5+10 5	15 5+15 5+10 5
		Pw-GS	depositi agraria grossa	0+10 ≥10	18+18	-	-	0	30+42	-	70+100 100+150	-
Pwv	tirrecci a pillows	Pwv-R	roccia vulcanica	-	21	5+15	58	40+58	-	-	200+450	-
Pwv-Pv	tirrecci a pillows e taloclastici	V-S3 (Pwv-GG e Pv-GS)	terreni agraria grossa	0+15 ≥15	17+19	-	-	0	40+42	-	40+70 ≥100	-
				0+30 ≥10	17+19	-	-	0	44	-	75+100 ≥150	-
Pv1	colate laviche (basalti)	Pv1-R2	roccia vulcanica	0+30 ≥10	17+19	-	-	0	44	-	75+100 ≥150	-
				0+5 5+25 ≥25	23+25	10+40	40	50	-	-	150+400 300+600 ≥700	-

Tabella 3.2 : Parametri geotecnici di calcolo

unità geotecnica		caratteristiche roccia					profondità da piano campagna (anta operam)		Mohr - Coulomb		
		γ [kN/m ³]	c_v [MPa]	ROD [-]	GSI [-]	mi [-]	z da p.c. [m]	z med da p.c. [m]	$\sigma_1 = \sigma_2$ [MPa]	c' [kPa]	ϕ^p [°]
PVI-R2	basalto	23	35	40	50	25	0+10	5	115	175	67
							10+20	15	345	275	62
							20+30	25	575	360	58
							30+40	35	805	440	56

Tabella 3.3 : Parametri geotecnici di dettaglio per la formazione litoide PVI-R2

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 delle pile è stato condotto tenendo conto delle seguenti azioni agenti sull'opera nel suo complesso:

- peso proprio delle membrature;
- peso del terreno a monte delle spalle;
- spinte del terreno a monte delle spalle;
- spinta dovuta al sovraccarico stradale a tergo delle spalle;
- 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 spalle;
- azioni trasmesse dall'impalcato nelle varie combinazioni di carico.

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

4.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

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

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

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

4.2 PESO DEL TERRENO A MONTE DELL'OPERA

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

Le dimensioni lorde del blocco insistente a tergo spalla (larghezza complessiva 10.35 m per ambedue le spalle) risulta:

$V_{spalla1} = 70.55 \times 10.35 = 730 \text{ m}^3$ (hmedia = 9.55 m)

$V_{spalla2} = 5.775 \times 6.05 \times 10.35 = 362 \text{ m}^3$ (hmedia = 6.05 m)

Il peso complessivo del blocco a tergo spalla assunto nelle analisi risulta dalla somma del contributo del terreno e di quello del peso proprio dei muri laterali, per i quali si è considerato lo spessore medio, ottenendo:

$$G_{sp1} = (19 \times 730 + 25 \times 1.3) \times 4.95 \times 5.7 = 14059 \text{ kN}$$

$$G_{sp2} = (19 \times 21.47 + 25 \times 1.3) \times 4.95 \times 7.1 = 7185 \text{ kN}$$

4.3 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA

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

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

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

$$K_0 = 1 - \tan^2 \varphi$$

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:

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

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

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.

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

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

Ai fini del calcolo delle azioni gravanti in fondazione, si terrà conto anche della componente verticale di tale carico, distribuita sull'intera larghezza lorda (10.35 m per ambedue le spalle), e sull'intera lunghezza del retrospalla (paraghaia incluso).

4.5 EFFETTO DELL'ATTRITO APPOGGI

Il particolare sistema di vincolo prescelto vede la presenza di apparecchiature longitudinalmente scorrevoli poste in corrispondenza delle spalle.

Ai fini dell'analisi delle sottostrutture, si terrà conto degli effetti indotti dall'attrito delle apparecchiature scorrevoli, considerando la presenza di un'azione concentrata agente in direzione dell'asse impalcato, di intensità pari a:

$$R_h = \mu R_v$$

In cui:

$$\mu = 0.05 \quad \text{coefficiente di attrito appoggi scorrevoli}$$

$$R_v = R_{v(gk1)} + R_{v(gk2)} \quad \text{reazione verticale dovuta a carichi di peso proprio e permanente}$$

4.6 AZIONE SISMICA

4.6.1 Inquadramento

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

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

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

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

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

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

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

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

Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Latitudine:	37.31000									
Longitudine:	15.01000									
Stato limite	V_N(anni)	C_U	V_R(anni)	T_R(anni)	a_g (g)	F_0	T^*c	$a_e(m/s^2)$	F_v	
SLO	50	2	100	60	0.076	2.603	0.273	0.746	0.969	
SLD	50	2	100	101	0.105	2.383	0.308	1.030	1.042	
SLV	50	2	100	949	0.370	2.350	0.468	3.630	1.930	
SLC	50	2	100	1950	0.526	2.343	0.527	5.160	2.294	

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

In quest'ultima V_N è la vita nominale dell'opera; C_U è il coefficiente relativo alla classe d'uso; V_R è il periodo di riferimento per l'azione sismica; T_R è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita; a_g è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento; F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; F_v è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_c^* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

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

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	1.612	0.147	0.440	1.904	
SLD	C	T1	1.50	1.00	1.50	1.549	0.159	0.477	2.020	
SLV	C	T1	1.18	1.00	1.18	1.349	0.210	0.631	3.080	
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.297	0.228	0.684	3.704	

Tabella 4.2 : Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

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

L'impalcato è isolato con isolatori elastomerici ad elevato smorzamento. Conformemente ai criteri contenuti nelle NTC, nell'ambito dell'analisi dinamica lineare, gli spettri verranno scalati in funzione delle smorzamento del sistema ξ_{esi} per periodi maggiori di T_{is} , ove con T_{is} si individua il minore dei periodo fondamentale della sovrastruttura.

Per il caso in esame, l'analisi preliminare dei modi di vibrazione del sistema consente di individuare un primo modo, longitudinale, con $T = 2.56$ s, ed il secondo modo, trasversale, caratterizzato da $T = T_{is} = 2.06$ s.

La tabella seguente riporta il calcolo del fattore η di scalatura degli spettri elastici.

Periodo dell'isolatore

Isolato	true
Tisol	2.060 s
csi	15.000 %
q	1.00
η	0.71

Tabella 4.3 Caratteristiche dinamiche sistema

Si evidenzia che i modi fondamentali estratti dall'analisi modale FEM differiscono solo leggermente da quelli calcolati in fase di predimensionamento, dal momento che questi ultimi vengono valutati sulla base della sola rigidità del sistema di vincolo, mentre l'analisi FEM conteggia anche il contributo della flessibilità delle sottostrutture.

Di seguito si riporta in figura lo spettro elastico per componente orizzontale adottato nelle analisi.

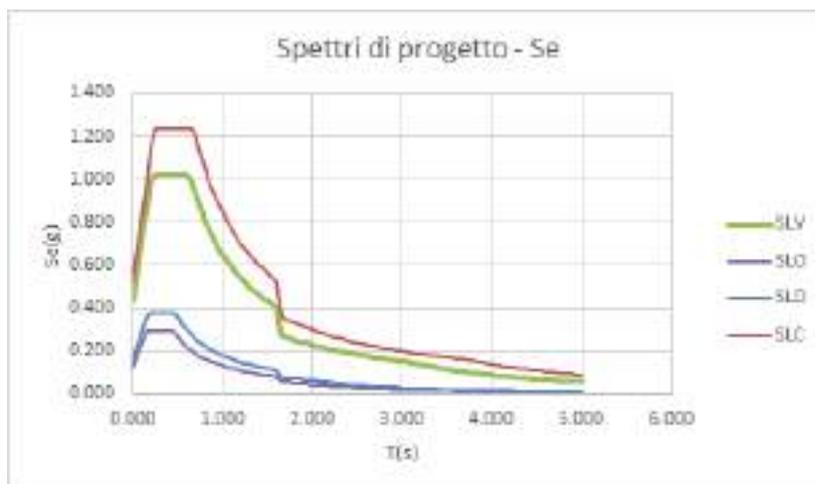


Figura 4.1 : Spettro elastico per la componente orizzontale

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	1.612	0.050	0.150	1.000
SLD	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.549	0.050	0.150	1.000
SLV	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.349	0.050	0.150	1.000
SLC	C	T1	1.00	1.00	1.00	1.297	0.050	0.150	1.000

Tabella 4.4 : Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima S_S ed S_T sono rispettivamente il fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente verticale; T_C è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente verticale; 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.

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

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

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

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

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

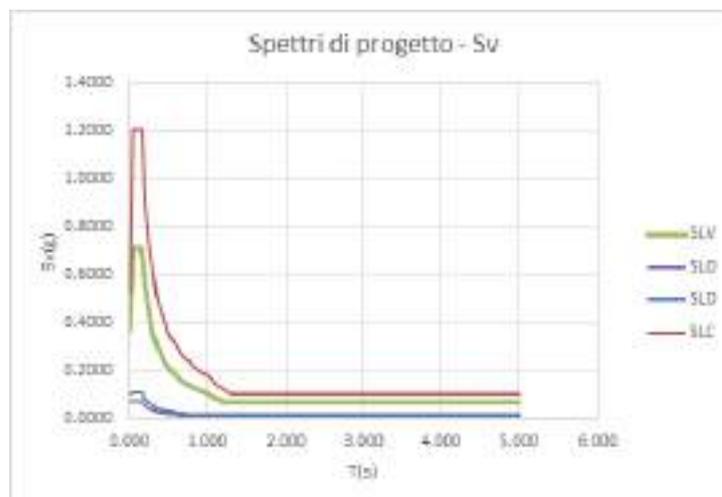


Figura 4.2 : Spettro elastico per la componente verticale

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

4.6.2 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	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 di spalle che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

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

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

Effetti inerziali sulle masse della spalla e del terrapieno

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

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

Caratterizz. sismica (SLV)		Caratteristiche terreno			Coefficienti di spinta	
Cat. Suolo	C		[°]	[rad]	θ_A	0.5086
a_g	0.370	$\theta_{elevato}$ (M1)	35.0	0.6109	θ_B	0.3437
FD	2.350	δ Attrito terra-muro	17.5	0.3054	$k_{E,statico}$ (M1)	0.4264
S_c	1.178	$\theta_{elevato}$ (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)	0.9142
S	1.18	ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708	$k_{A,din.2}$ (M1)	0.5421
a_{max}	0.436	β Incl. scarpata	0.0	0.0000		
β_{th}	1.000					
k_h	0.44	γ_{ob}	25.00	[kN/m ³]		
		$\gamma_{riservo}$	19.00	[kN/m ³]		
k_v	0.22	q_v	20.00	[kN/m ²]		

Tabella 4.6 Parametri spinte terreno

4.7 CARICHI SULL'IMPALCATO

Per i carichi applicati sull'impalcato relativi a:

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

si fa riferimento alla relativa relazione di calcolo.

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

Le superfici di influenza sono state elaborate allo scopo di:

- Massimizzare/minimizzare le azioni verticali su ciascun dispositivo di vincolo
- Massimizzare/minimizzare le azioni verticali totali in corrispondenza di ciascun intradosso fondazione
- Massimizzare/minimizzare le azioni flettenti M_x (asse momento longitudinale) totali in corrispondenza di ciascun intradosso fondazione.

Sono state studiate in totale n. 18 superfici di influenza per massima/minima azione verticale e 6 superfici di influenza per massimo/minimo momento M_x .

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

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	55 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_l	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_{0II}	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 S. Leonardo

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
11.00	1.02	2.41	28.69	0.19	1182.45	827.71

q _{5,vento pile,h}	828 N/m ²
w _{pila}	1.60 m
q _{5,vento pile,h}	1324

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

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

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

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

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

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

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

$\gamma_{G1} 1.35 - 1$ coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio

- $\gamma_{G2} 1.35 - 1$ coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente (*)
- $\gamma_{G3} 1.3 - 1$ coefficiente moltiplicativo per le azioni di natura geotecnica
- $\gamma_{sh} 1.2 - 1.2$ coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro
- $\gamma_{fr} 1.5 - 0$ coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute all'attrito appoggi
- $\gamma_{settl.} 0 - 1.2$ coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
- $\gamma_{Q1} 1.35 - 0$ coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
- $\gamma_{Q2} 1.5$ coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
- $\gamma_{Q3} 1.2$ coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

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

S.L.U. - GEO

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

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

S.L.E. - fondamentale

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. fond. - Q_k dominante

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

S.L.E. fond. - T_k dominante

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

S.L.E. fond. - $F_{w,k}$ dominante

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

S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. freq. - Q_k dominante

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

S.L.E. freq. - T_k dominante

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

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

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

S.L.E. - quasi permanente

Si considera la seguente combinazione.

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

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:

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

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 pile:

- 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 E_d 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):

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

- Armatura poco sensibile
- Cond. Ambientali "aggressive"

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

Tabella 6.1 Requisiti prestazionali S.L.E. frequente

Si farà pertanto riferimento alle seguenti aperture-limite:

- $w_k \leq 0.3 \text{ mm}$ comb. S.L.E. frequente
- $w_k \leq 0.2 \text{ mm}$ comb. S.L.E. quasi permanente

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

Per i dispositivi di vincolo:

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

Per i dispositivi di giunto:

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

7. VERIFICHE GEOTECNICHE (GENERALITÀ)

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

7.1 CRITERI DI VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

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

In particolare si esegue la seguente procedura di calcolo:

- calcolo della quintupla di azioni (F_x , F_y , F_z , M_x ed M_y) ad intradosso zattera di fondazione, risultanti dalle combinazioni di carico su descritte;
- calcolo delle azioni su ciascun palo;
- dimensionamento dei pali di fondazione ai fini del soddisfacimento delle verifiche di capacità portante degli stessi.

7.2 VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI TESTA PALI

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

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

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

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

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

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

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

- M_x = momento esterno attorno all'asse X;
- M_y = momento esterno attorno all'asse Y;
- F_x = forza orizzontale esterna nella direzione X;
- F_y = forza orizzontale esterna nella direzione Y;
- F_z = forza verticale esterna nella direzione Z;
- N_i = forza verticale agente alla testa del palo;

- V_{xi} = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione X;
- V_{yi} = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione Y;
- x_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione X;
- y_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione Y.

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

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

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

7.3 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI DI FONDAZIONE

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

7.3.1 Resistenza laterale

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

Terreni a grana grossa (sabbie)

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

dove:

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

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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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)

$$q_{ub} = 9 c_u$$

dove:

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

Terreni a grana grossa

$$q_{ub} = N_q \times \sigma'_{vo}$$

dove:

N_q fattore di capacità portante, valutato secondo le indicazioni di Berezantzev, di seguito riportate

σ'_{vo} tensione verticale efficace alla base del palo.

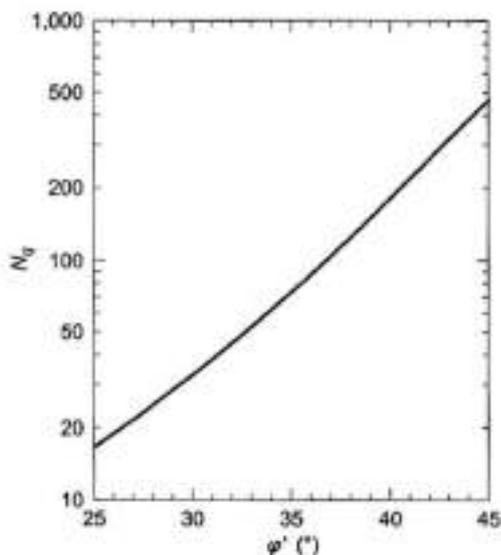


Figura 7.1 – Valori di N_q proposti da Berezantzev

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:

- 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: $\xi_3 = \xi_4 = \xi = 1.70$ avendo a disposizione un'unica verticale 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).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

Tabella 7.2 Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche

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

7.4 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:

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

con il seguente significato dei simboli:

- $T = \left(\frac{E_p \cdot I_p}{E_s} \right)^{0,25}$
- A e B = coefficienti adimensionali funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti $\frac{L_p}{T}$ e $\frac{z}{T}$, essendo L_p la lunghezza del palo e z la profondità generica riferita alla testa palo.

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

7.6 OVERIFICHE 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).

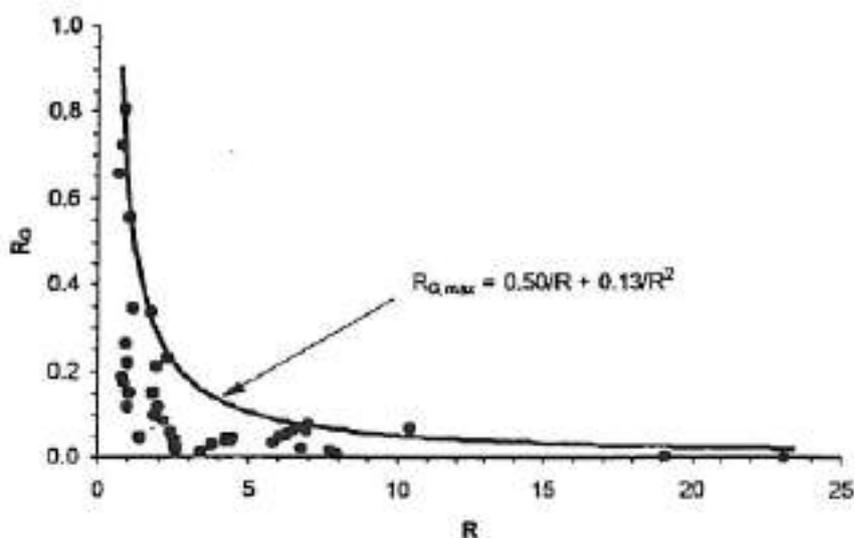


Figura 7.2 Coefficiente R_g (Mandolini et al., 1997).

7.7 CARICO LIMITE PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

La pressione limite della fondazione è stata valutata in base alla soluzione di Prandtl (1921) e successive generalizzazioni:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B_e N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c \cdot g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

in cui:

- B = dimensione efficace minore della fondazione;
- N_γ , N_q , N_c = fattori di capacità portante, funzioni dell'angolo di attrito φ' ;
- s_γ , s_q , s_c = fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione;
- d_γ , d_q , i_c = fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di imposta;
- i_γ , i_q , i_c = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione del carico;
- b_γ , b_q , b_c = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione della base della fondazione;
- g_γ , g_q , g_c = fattori correttivi che tengono conto della inclinazione del piano campagna circostante la fondazione;
- σ'_{vo} = pressione verticale efficace agente nelle adiacenze della fondazione alla quota del piano di imposta;

I coefficienti di capacità portante N_γ , N_q ed N_c sono ricavati dalle seguenti espressioni (Vesic 1973):

$$N_q = \frac{1 + \text{sen}\varphi}{1 - \text{sen}\varphi} e^{\pi \tan \varphi}$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q + 1) \times \tan(\varphi)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi)$$

I coefficienti correttivi possono essere valutati mediante le espressioni:

- $s_\gamma = s_q = 1 + 0.1 (B/L) (1 + \text{sen}\varphi)/(1 - \text{sen}\varphi)$
- $s_c = 1 + 0.2 (B/L) (1 + \text{sen}\varphi)/(1 - \text{sen}\varphi)$
- $i_\gamma = (1 - H/(N + B L c' / \tan \varphi))^{(m+1)}$
- $i_q = (1 - H/(N + B L c' / \tan \varphi))^m$
- $i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \tan \varphi)$
- $m = (2 + B/L)/(1+B/L)$
- $d_\gamma = 1$
- $d_q = 1 + 2 \tan \varphi' (1 - \text{sen} \varphi')^2 \arctan (z_f/B)$
- $d_c = d_q - (1 - d_q)/(N_c \tan \varphi')$
- $b_\gamma = b_q$
- $b_q = (1 - \alpha \tan \varphi')^2$
- $b_c = b_q - (1 - b_q)/(N_c \tan \varphi')$
- $g_\gamma = g_q$
- $g_q = (1 - \tan \omega)^2$
- $g_c = g_q - (1 - g_q)/(N_c \tan \varphi')$

I simboli utilizzati nelle espressioni precedenti rappresentano:

- z_f = profondità del piano di imposta misurata dal tetto dello strato portante;

- N = componente della risultante dei carichi perpendicolare al piano di imposta (risultante dei carichi verticali nel caso più comune di piano di imposta orizzontale);
- α = inclinazione, in radianti, del piano di imposta, positiva per piano di imposta pendente verso "monte", cioè in direzione opposta a quella verso cui si presume si sviluppi la rottura;
- ω = inclinazione, in radianti, del piano campagna, positiva per piano campagna pendente verso "valle", cioè nella direzione verso cui si presume si sviluppi la rottura.

7.8 CRITERI DI VERIFICA PER LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Le verifiche sono state condotte in accordo con quanto previsto dalle NTC2008 ed in particolare con il capitolo relativo alle fondazioni superficiali (capitolo 6.5.3).

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO):
 - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - Stabilità globale.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-struttura, nel caso specifico, non è significativa e, pertanto, non è stata svolta.

Le verifiche sono state effettuate secondo l'approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati in Tabella 6.4.I delle NTC2008.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 7-3: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno (Tab. 6.4.I – NTC2008)

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 2.06 s.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

8.1 ANALISI DINAMICA

Ai fini dell’analisi dinamica, le spalle vengono trattate come “elementi rigidi”; essi non contribuiscono quindi, né alla dinamica del sistema, né alla massa, che viene annullata (le azioni inerziali vengono applicate tramite un’analisi separata). L’analisi è stata condotta estraendo i primi 50 modi di vibrare.

La tabella seguente riporta i dati identificativi dei modi estratti.

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS											
MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION			50% D.P.	50% D.P.
	F. FACTOR	MASS P.P.	MODAL D.P.	F. FACTOR	MASS P.P.	MODAL D.P.	F. FACTOR	MASS P.P.	MODAL D.P.		
1	0.2351	0.6120	0.8120	0.1204E-06	0.15512E-18	0.1811E-20	0.2581E-01	0.6811E-12	0.8012E-13	0.5012E-11	0.5012E-11
2	0.2308E-04	0.3800E-18	0.8120	-0.0097	0.2903E	0.3800E	-0.2000E-01	0.1901E-24	0.0012E-13	0.0012E-13	0.0012E-13
3	0.2080E-07	0.7804E-21	0.8120	1.394	0.5888E-04	0.3800E	-0.3000E-13	0.1000E-20	0.0012E-13	0.0012E-13	0.0012E-13
4	-0.3493E-00	0.2725E-24	0.8120	587.6	0.4588E-01	0.6000E	0.2072E-10	0.2000E-17	0.0012E-13	0.0012E-13	0.0012E-13
5	0.4585E-00	0.2725E-24	0.8120	-0.2720E-01	0.2001E-10	0.6000E	0.3072E-10	0.1250E-20	0.0012E-13	0.0012E-13	0.0012E-13
6	0.6244E-06	0.5892E-18	0.8120	-10.06	0.4110E-04	0.6118	0.2945E-06	0.1890E-10	0.0012E-13	0.0012E-13	0.0012E-13
7	0.1098	0.2000E-00	0.8120	-0.2000E-04	0.1000E-10	0.6118	0.99E-03	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
8	-0.3482E-07	0.1812E-22	0.8120	0.9800E-02	0.1100E-00	0.6118	-0.3570E-07	0.1200E-10	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
9	1.591	0.4870E-06	0.8120	0.1610E-02	0.3425E-11	0.6118	1.463	0.1820E-06	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
10	-0.2507E-00	0.4866E-14	0.8120	-1.895	0.1701E-06	0.6118	0.2204E-06	0.1400E-10	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
11	0.2878	0.3708E-00	0.8120	0.7812E-00	0.2072E-13	0.6118	0.01E-2	0.0100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
12	0.2475E-02	0.1870E-12	0.8120	46.25	0.2143E-03	0.6118	-0.2900E-07	0.1100E-10	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
13	0.4578E-00	0.2700E-10	0.8120	-0.2342	0.2015E-07	0.6118	0.5588E-05	0.4400E-17	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
14	-0.2042E-03	0.4492E-10	0.8120	-12.90	0.2217E-04	0.6118	-0.2675E-05	0.1600E-17	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
15	4.208	0.3800E-00	0.8120	0.1800E-01	0.1100E-14	0.6118	-22.42	0.1200E-03	0.1100E-02	0.1100E-02	0.1100E-02
16	0.3713E-01	0.1843E-11	0.8120	0.1121E-00	0.2380E-10	0.6118	-17.17	0.3840	0.4575	0.4575	0.4575
17	0.3071E-00	0.1888E-10	0.8120	0.1895	0.4788E-04	0.6118	-0.0700E-00	0.1244E-10	0.4575	0.4575	0.4575
18	0.1738E-00	0.1897E-10	0.8120	0.2850	0.4588E-07	0.6118	-0.2412E-04	0.1504E-10	0.4575	0.4575	0.4575
19	0.2407E-03	0.1800E-17	0.8120	1.701	0.4240E-00	0.6118	-0.0040E-00	0.1800E-10	0.4575	0.4575	0.4575
20	7.818	0.1807E-00	0.8120	0.2898E-00	0.0010E-10	0.6118	0.3910	0.1800E-07	0.4575	0.4575	0.4575
21	0.2001E-04	0.1300E-18	0.8120	-8.224	0.5149E-05	0.6118	-0.1238E-00	0.2813E-10	0.4575	0.4575	0.4575
22	-0.3485E-04	0.1732E-18	0.8120	-1.200	0.4195E-06	0.6118	0.4000E-04	0.1100E-10	0.4575	0.4575	0.4575
23	1.280	0.5407E-00	0.8120	-0.2812E-00	0.0071E-10	0.6118	-22.27	0.0400E-04	0.4575	0.4575	0.4575
24	0.4080	0.2803E-00	0.8120	-0.1888E-00	0.0070E-10	0.6118	10.28	0.3800E-03	0.4575	0.4575	0.4575
25	0.5381E-01	0.1820E-00	0.8120	-0.1722E-00	0.3910E-10	0.6118	2.587	0.0314E-00	0.4575	0.4575	0.4575
26	-0.2577E-02	0.3387E-14	0.8120	0.2007	0.1500E-07	0.6118	0.1743E-03	0.4401E-10	0.4575	0.4575	0.4575
27	-0.2270	0.2204E-00	0.8120	-0.3007E-00	0.1140E-10	0.6118	-1.472	0.1200E-00	0.4575	0.4575	0.4575
28	0.2090	0.0211E-00	0.8120	-0.0000E-00	0.0002E-17	0.6118	0.318	0.1300E-02	0.4575	0.4575	0.4575
29	19.88	0.4820E-04	0.8120	-0.1822E-04	0.1588E-16	0.6118	-0.3124	0.1100E-07	0.4575	0.4575	0.4575
30	-2.335	0.2800E-00	0.8120	-0.2816E-05	0.0300E-17	0.6118	-1.140	0.1517E-00	0.4575	0.4575	0.4575
31	-1.223	0.1376E-00	0.8120	-0.1860E-05	0.0415E-18	0.6118	-0.5314	0.1700E-03	0.4575	0.4575	0.4575
32	0.408	0.1400E-00	0.8120	0.1000E-00	0.2998E-18	0.6118	-0.0000	0.1000E-07	0.4575	0.4575	0.4575
33	-0.3518E-03	0.1496E-13	0.8120	-1.951	-0.2414E-06	0.6118	0.5104E-02	0.3891E-11	0.4575	0.4575	0.4575
34	-0.2159E-01	0.1777E-10	0.8120	-0.7755	0.2994E-07	0.6118	-0.2041E-01	0.1807E-00	0.4575	0.4575	0.4575
35	28.87	0.1310E-07	0.8127	-0.4200E-05	0.2766E-09	0.6118	5.284	0.2611E-00	0.4575	0.4575	0.4575
36	188.8	0.1808E-01	0.8122	0.6477E-01	0.2491E-09	0.6118	-8.991	0.1800E-00	0.4575	0.4575	0.4575
37	125.8	0.0810E-02	0.8100	-0.6203E-02	0.5091E-11	0.6118	7.938	0.0300E-07	0.4575	0.4575	0.4575
38	-19.28	0.0510E-04	0.8100	0.1891E-01	0.5147E-10	0.6118	-0.539	0.2771E-05	0.4575	0.4575	0.4575
39	-1.584	0.2396E-04	0.8100	7.240	0.1000E-06	0.6118	1.287	0.1000E-05	0.4575	0.4575	0.4575
40	0.2400	0.0201E-00	0.8100	0.1000E-02	0.1120E-18	0.6118	0.0000	0.0200E-07	0.4575	0.4575	0.4575
41	0.2000	0.1320E-00	0.8100	-0.0000E-01	0.1000E-00	0.6118	0.000	0.0010E-00	0.4575	0.4575	0.4575
42	0.8140	0.0502E-07	0.8100	-1.580	0.3380E-06	0.6118	0.604	0.5873E-05	0.4575	0.4575	0.4575
43	1.115	0.1644E-00	0.8100	0.5501E-01	0.4091E-09	0.6118	-00.97	0.5075E-03	0.4580	0.4580	0.4580
44	-1.124	0.1870E-00	0.8100	-0.2400	0.1000E-07	0.6118	44.74	0.2000E-00	0.4581	0.4581	0.4581
45	1.080	0.0508E-04	0.8100	-1.780	0.0100E-04	0.6118	-18.28	0.1000E-04	0.4581	0.4581	0.4581
46	0.5011	0.4892E-07	0.8100	-2.270	0.0071E-06	0.6118	-35.71	0.1358E-03	0.4582	0.4582	0.4582
47	-1.227	0.1825E-06	0.8100	-0.2895	0.0592E-06	0.6118	1.420	0.1000E-05	0.4582	0.4582	0.4582
48	1.194	0.2380E-04	0.8100	-0.1823	0.0401E-00	0.6118	40.85	0.1217E-02	0.4584	0.4584	0.4584
49	1.868	0.1498E-04	0.8100	0.2100E-01	0.1027E-10	0.6118	-38.00	0.1000E-01	0.4584	0.4584	0.4584
50	-0.0414E-01	0.1372E-00	0.8100	0.1815E-01	0.4840E-10	0.6118	-5.140	0.1000E-05	0.4585	0.4585	0.4585

Tabella 8.1 Risultati analisi dinamica

La massa complessiva del sistema analizzato, che include il contributo della sovrastruttura (pesi propri e permanenti) e delle pile (elevazioni e fondazioni) risulta pari a:

$$M_s = 7561590 \text{ kg}$$

L’esame dei risultati dell’analisi dinamica consente evidenza che attraverso i primi 50 modi è stata eccitata una massa pari al 61 % della complessiva, ovvero:

$$M_e = 75161590 \times 0.72 = 4612570 \text{ kg}$$

Assumendo come “masse efficaci” quelle afferenti alla sovrastruttura sommate al 50 % delle elevazioni pile, si ottiene:

$$M_{eff} = 4593520 + 0.5 \times 847870 = 5017455$$

Si ha pertanto:

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

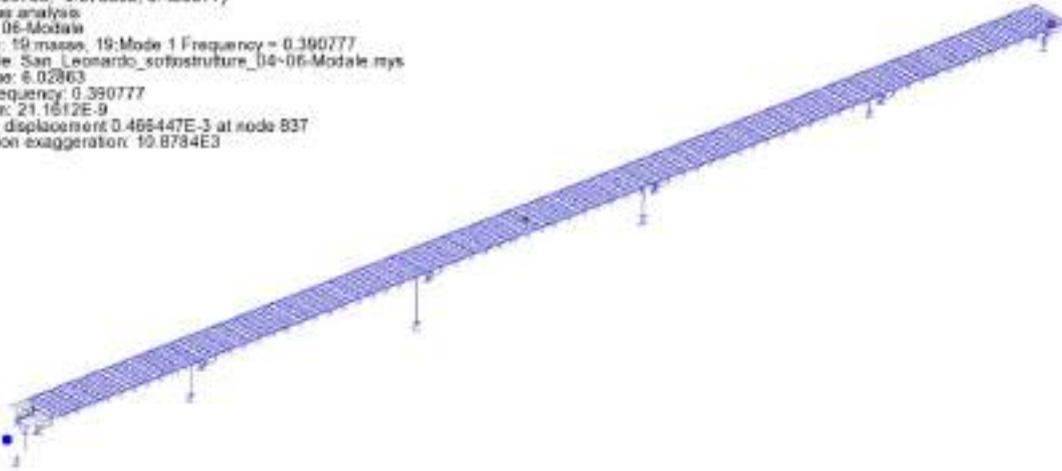
L’analisi può essere considerata accettabile.

Qui di seguito si riportano le deformate modali dei modi principali

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

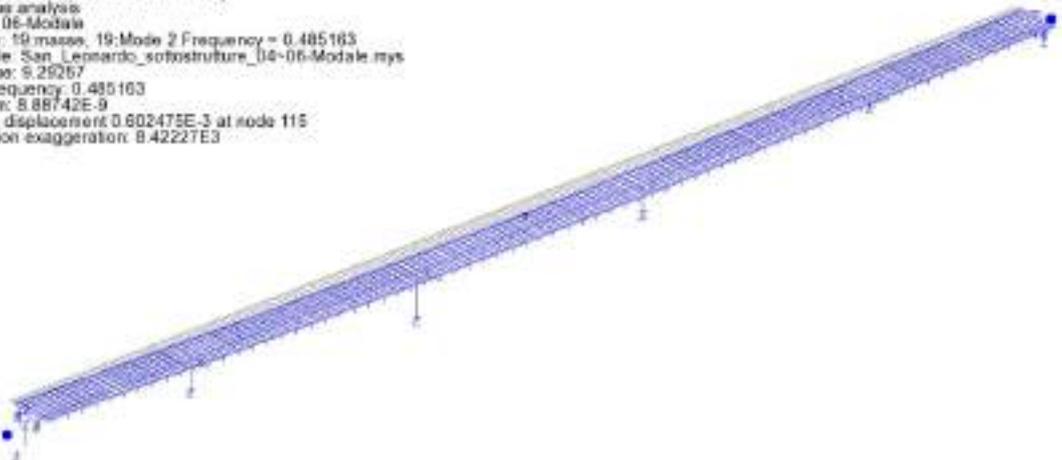
Modo 1 (f = 0.39 Hz, T = 2.56 s)

Scale: 1.845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.580766, -0.673895, 0.458677)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06-Modale
Loadcase: 19 masse, 19; Mode 1 Frequency = 0.390777
Results file: San_Leonardo_sottostrutture_04-06-Modale.mys
Eigenvalue: 6.02863
Natural frequency: 0.390777
Error norm: 21.1612E-9
Maximum displacement: 0.465447E-3 at node 837
Deformation exaggeration: 10.8784E3



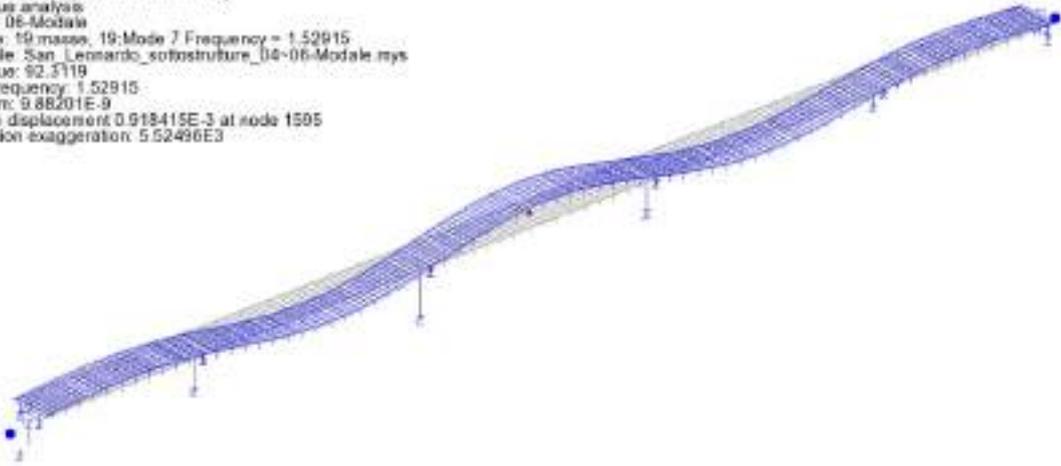
Modo 2 (f = 0.485 Hz, T = 2.06 s)

Scale: 1.845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.580766, -0.673895, 0.458677)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06-Modale
Loadcase: 19 masse, 19; Mode 2 Frequency = 0.485163
Results file: San_Leonardo_sottostrutture_04-06-Modale.mys
Eigenvalue: 5.25267
Natural frequency: 0.485163
Error norm: 8.88742E-9
Maximum displacement: 0.602475E-3 at node 115
Deformation exaggeration: 8.42227E3



Modo 7 (f = 1.529 Hz, T = 0.65 s)

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.580786, -0.673895, 0.458677)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06-Modale
Loadcase: 19 massa, 19; Mode 7 Frequency = 1.52915
Results file: San_Leonardo_sottostrutture_04-06-Modale.mys
Eigenvalue: 92.3719
Natural frequency: 1.52915
Error norm: 9.88201E-9
Maximum displacement: 0.918415E-3 at node 1505
Deformation exaggeration: 5.52496E3

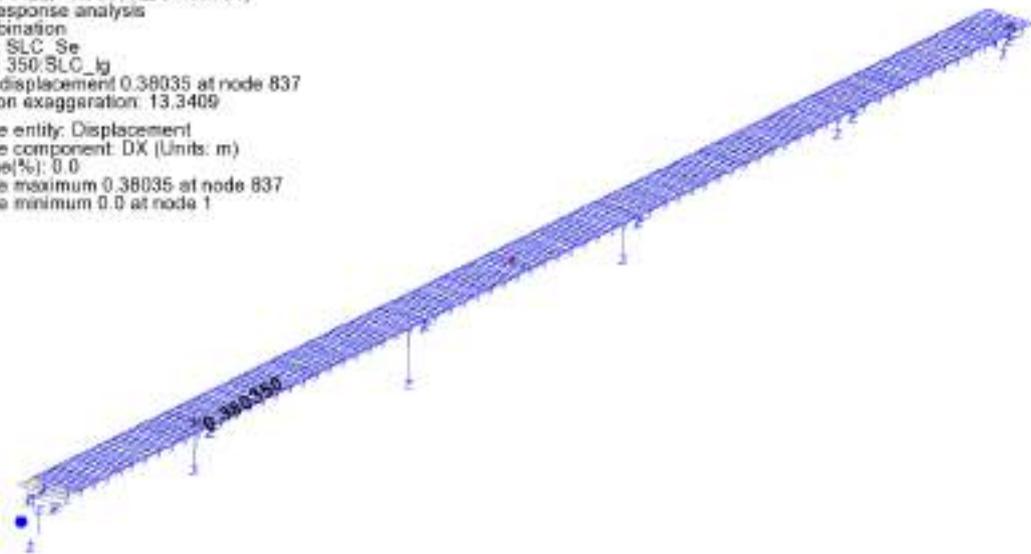


8.1.1 Spostamenti sismici dell'impalcato

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

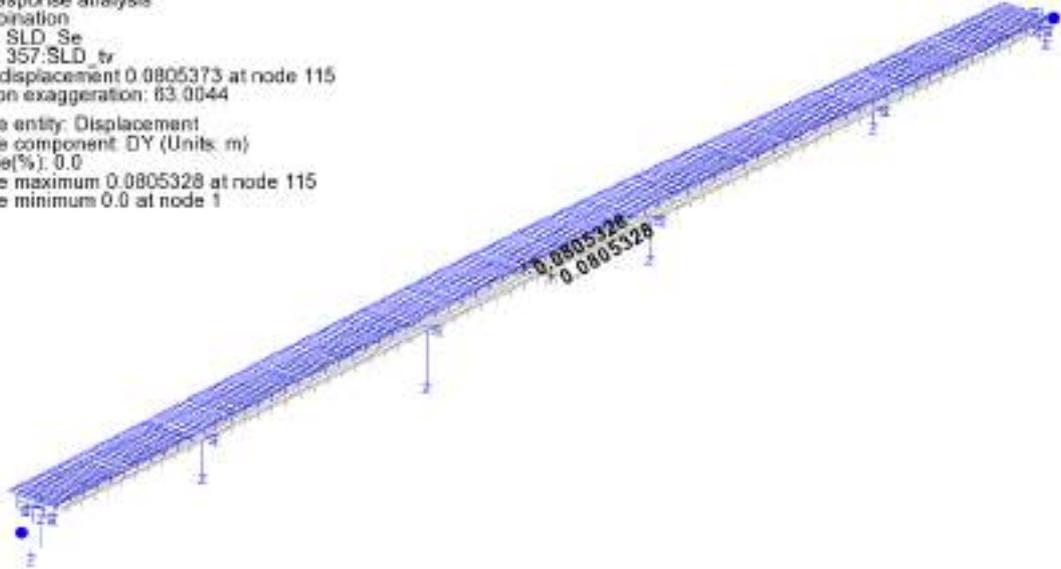
Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Se
Loadcase: 350:SLC_lg
Maximum displacement: 0.38035 at node 837
Deformation exaggeration: 13.3409
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum: 0.38035 at node 837
Peak/value minimum: 0.0 at node 1



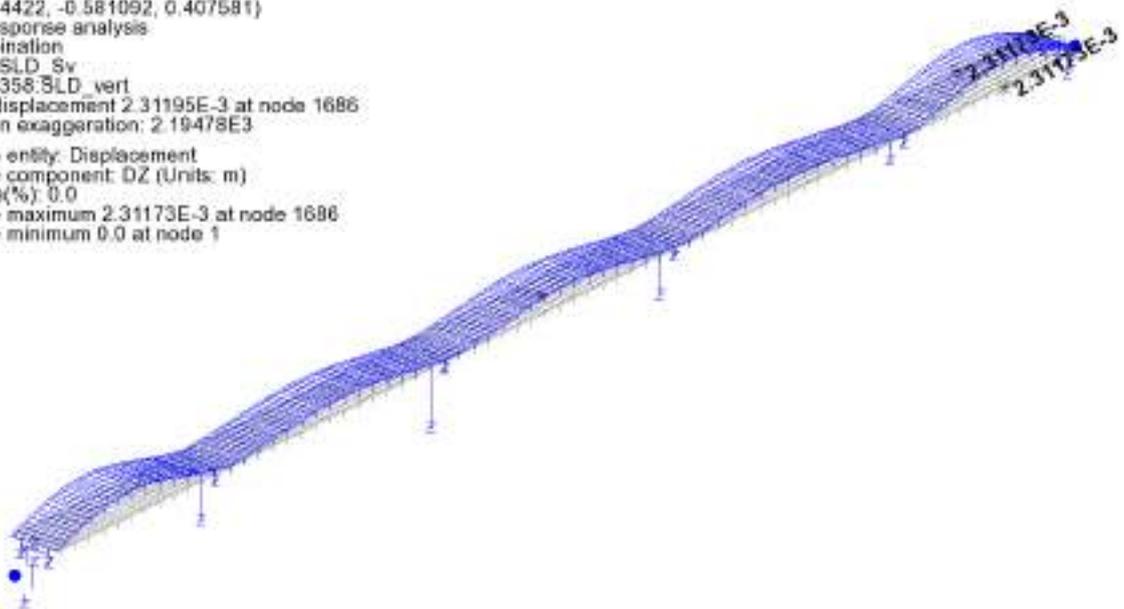
SLD – tv

SLD – vert

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Sv
Loadcase: 357:SLD_tv
Maximum displacement 0.0805328 at node 115
Deformation exaggeration: 83.0044
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0805328 at node 115
Peak/value minimum 0.0 at node 1

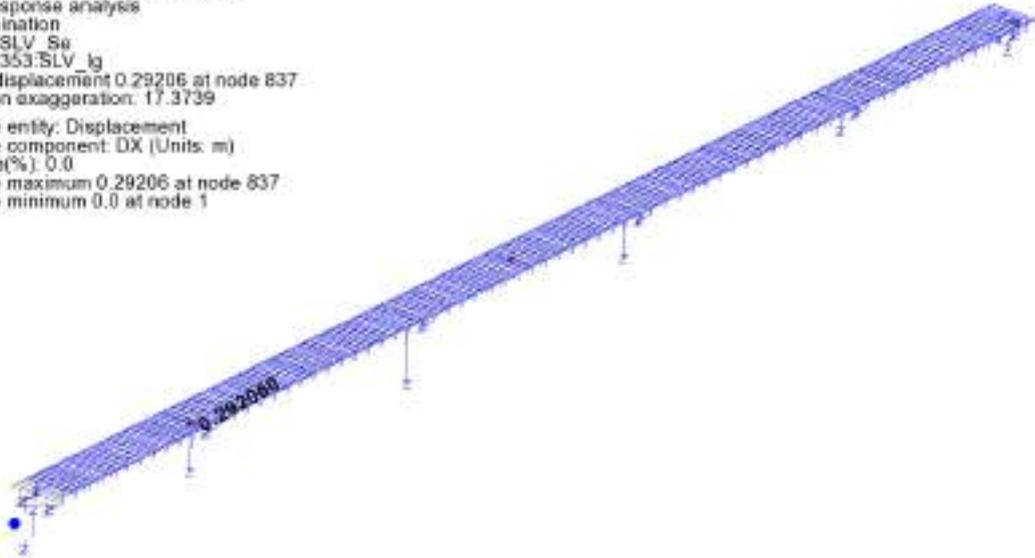


Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Sv
Loadcase: 358:SLD_vert
Maximum displacement 2.31195E-3 at node 1686
Deformation exaggeration: 2.19478E3
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 2.31173E-3 at node 1686
Peak/value minimum 0.0 at node 1



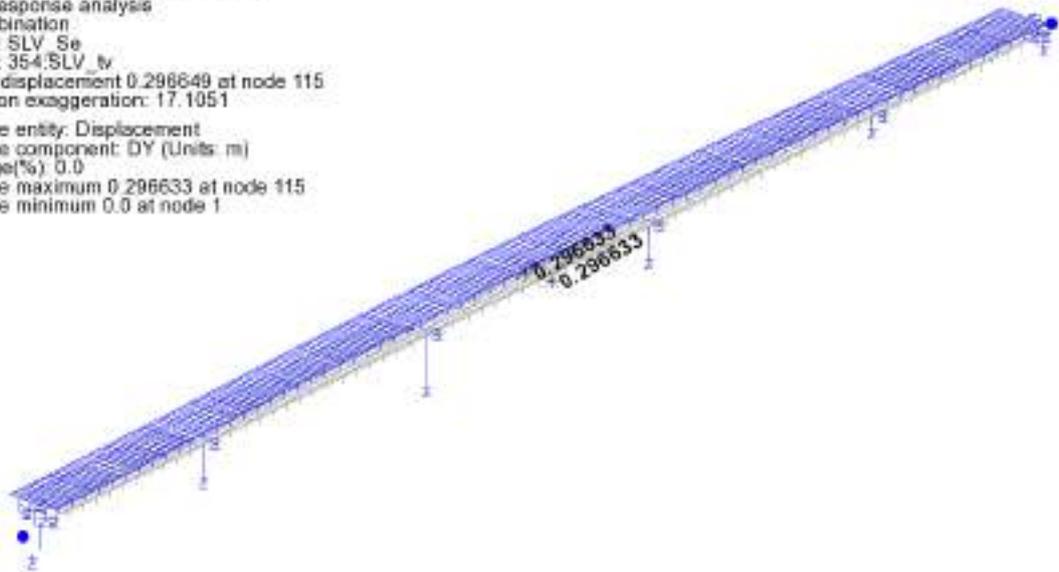
SLV – lg

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 353:SLV_lg
Maximum displacement 0.29206 at node 837
Deformation exaggeration: 17.3739
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.29206 at node 837
Peak/value minimum 0.0 at node 1



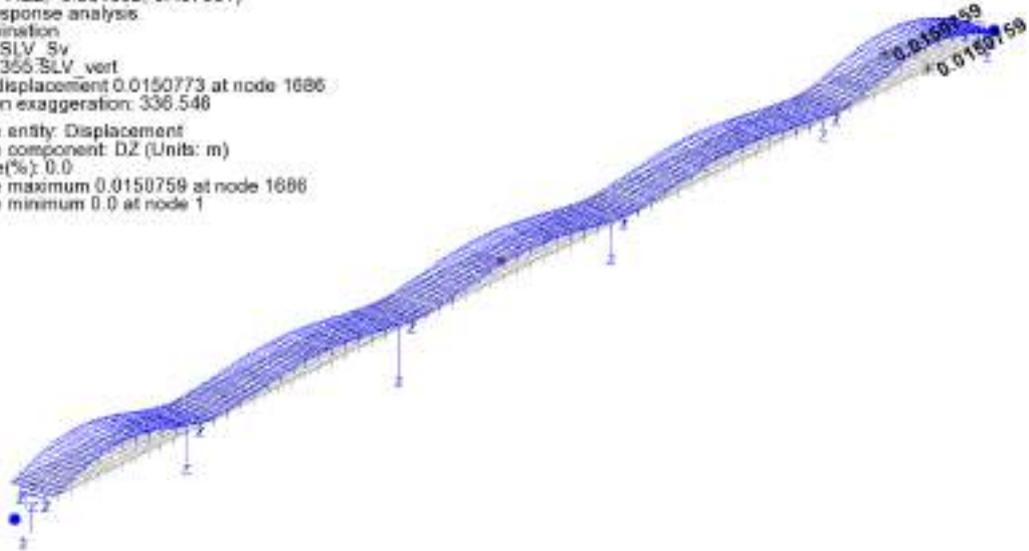
SLV – tv

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 354:SLV_tv
Maximum displacement 0.296649 at node 115
Deformation exaggeration: 17.1051
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.296633 at node 115
Peak/value minimum 0.0 at node 1



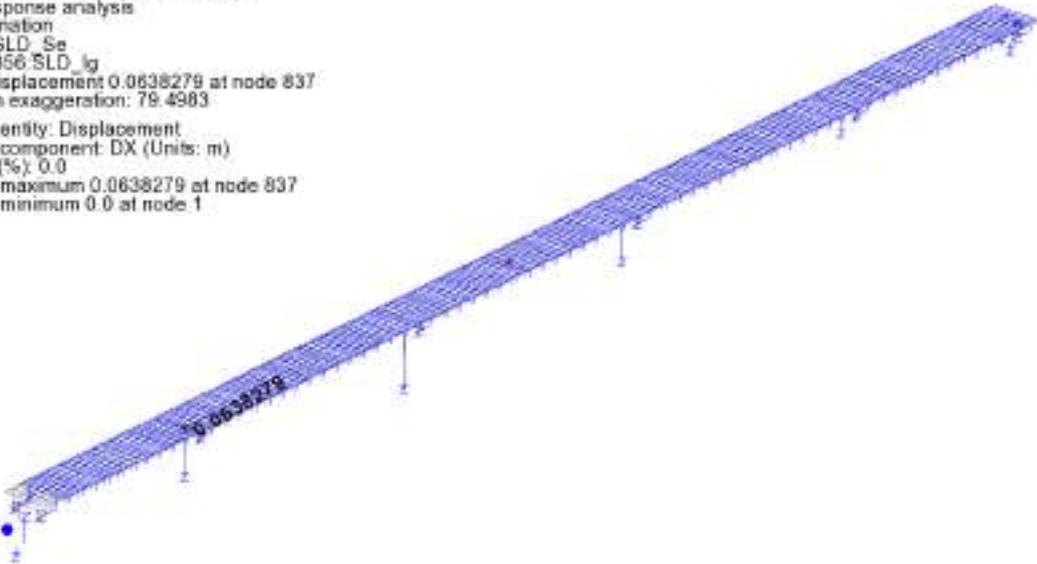
SLV – vert

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 355_SLV_vert
Maximum displacement 0.0150773 at node 1686
Deformation exaggeration: 336.548
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0150759 at node 1686
Peak/value minimum 0.0 at node 1



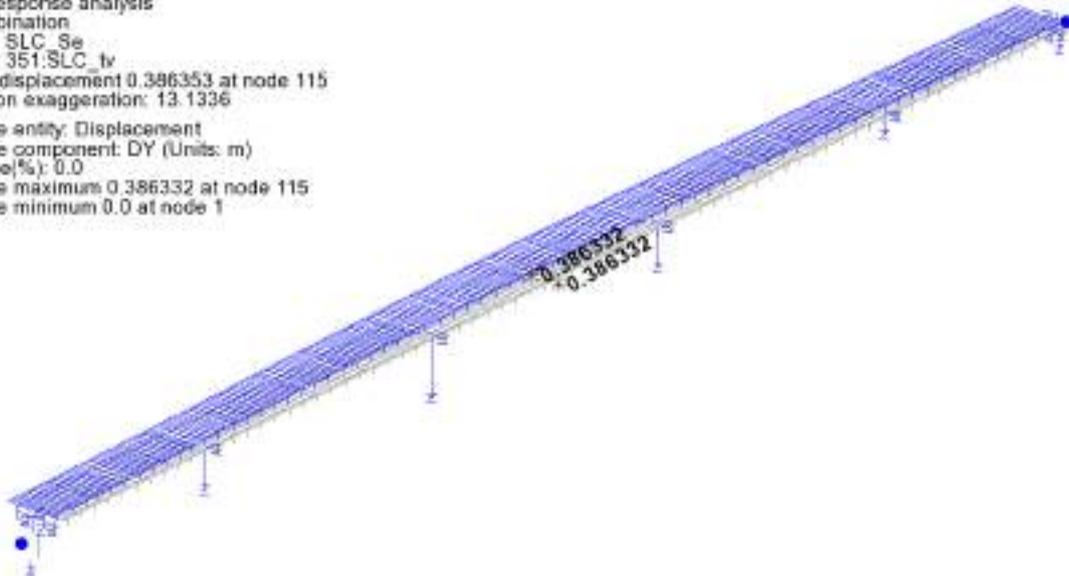
SLC – lg

Scale: 1: 845.701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 356_SLD_lg
Maximum displacement 0.0638279 at node 837
Deformation exaggeration: 79.4983
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0638279 at node 837
Peak/value minimum 0.0 at node 1



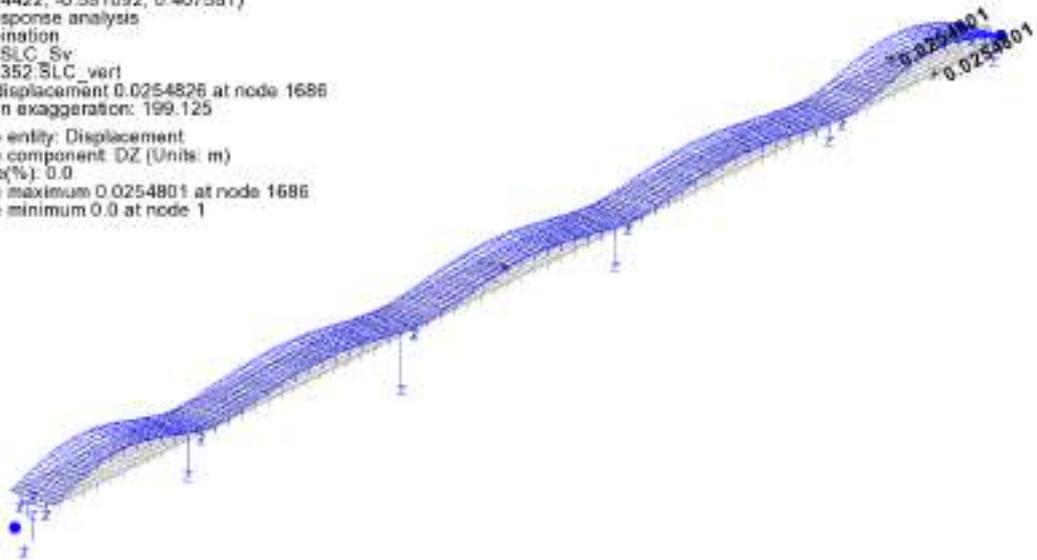
SLC – tv

Scale: 1: 845,701
Zoom: 100,0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Se
Loadcase: 351:SLC_tv
Maximum displacement 0.386353 at node 115
Deformation exaggeration: 13.1336
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DY (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.386332 at node 115
Peak/value minimum 0.0 at node 1



SLC – vert

Scale: 1: 845,701
Zoom: 100,0
Eye: (-0.704422, -0.581092, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLC_Sv
Loadcase: 352:SLC_vert
Maximum displacement 0.0254826 at node 1688
Deformation exaggeration: 199.125
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 0.0254801 at node 1688
Peak/value minimum 0.0 at node 1



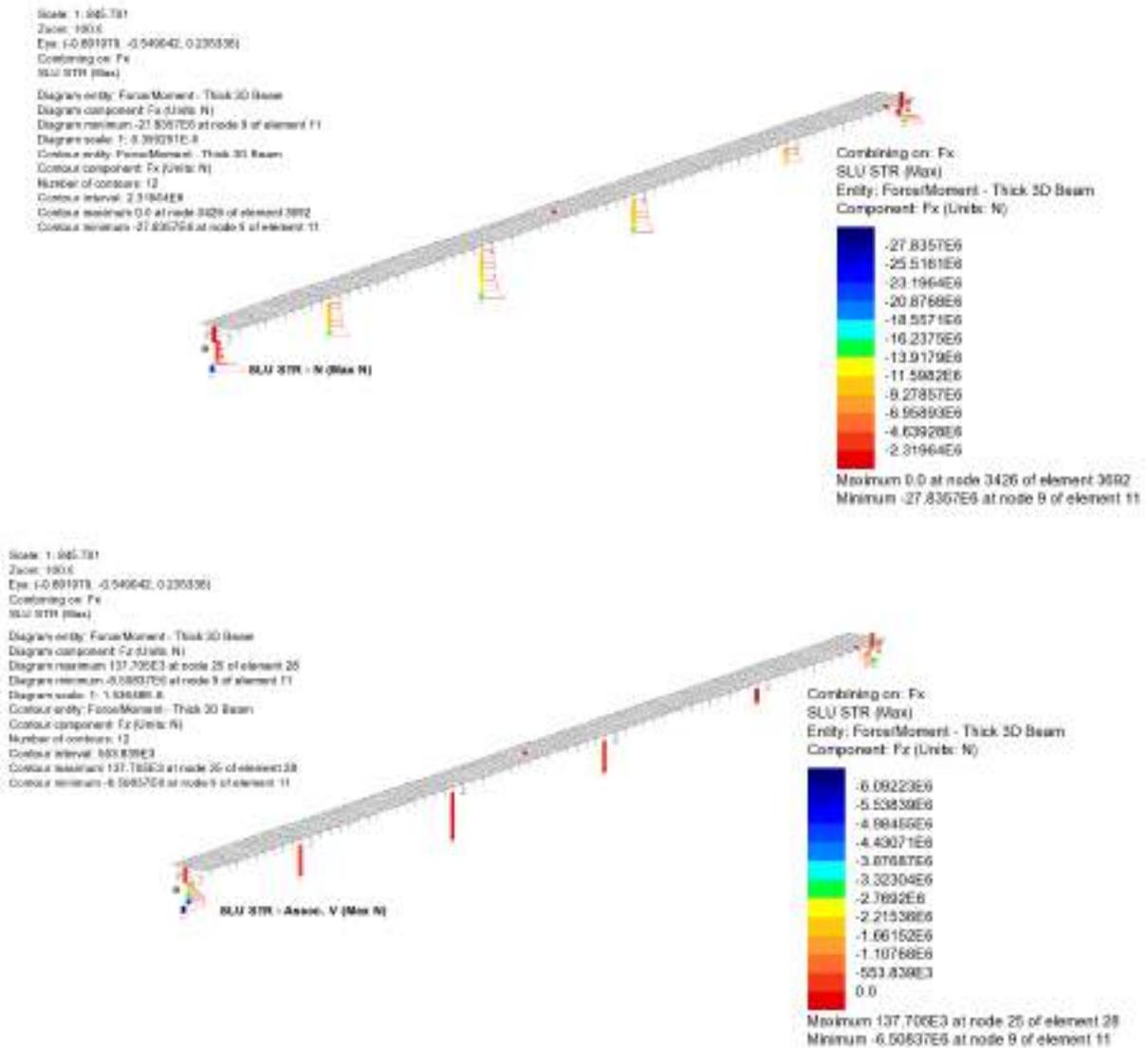
8.2 SOLLECITAZIONI

8.2.1 Elevazioni

Per una visualizzazione immediata dei risultati, si elaborano i diagrammi in forma lineare e di "contour" dell'andamento delle caratteristiche di sollecitazione significative (azioni assiali, tagli momenti nelle due direzioni), elaborazione effettuate con riferimento agli 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, rimandando all'allegato nel presente documento per la serie completa di diagrammi

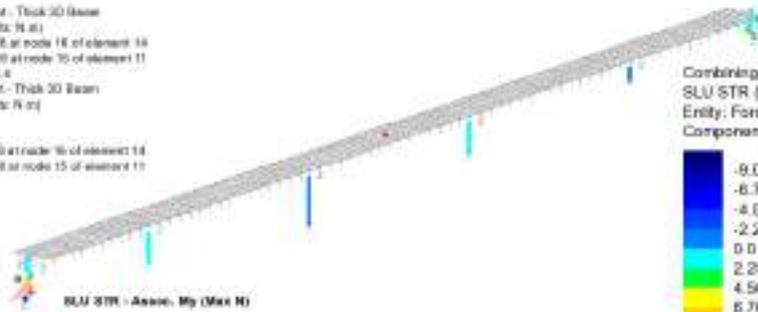
L'output è riferito ai soli elementi delle elevazioni delle sottostrutture, (l'asse dell'elemento che rappresenta il muro frontale è eccentrico rispetto a quelli che rappresentano il plinto ed il paragliaia).



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.1750E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -9.88415E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.82223E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.21481E6
Contour maximum: 17.1750E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -9.88415E6 at node 15 of element 11



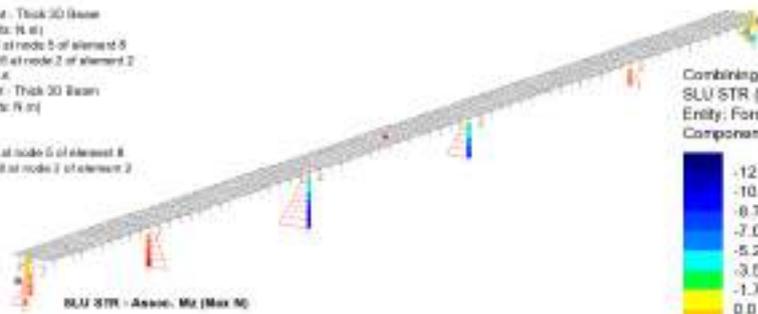
Combining on: Fx
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 17.1750E6 at node 16 of element 14
Minimum -9.88415E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 8.1856E6 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -12.8864E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1 : 8.716011E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.718E6
Contour maximum: 8.1856E6 at node 5 of element 8
Contour minimum: -12.8864E6 at node 2 of element 2



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

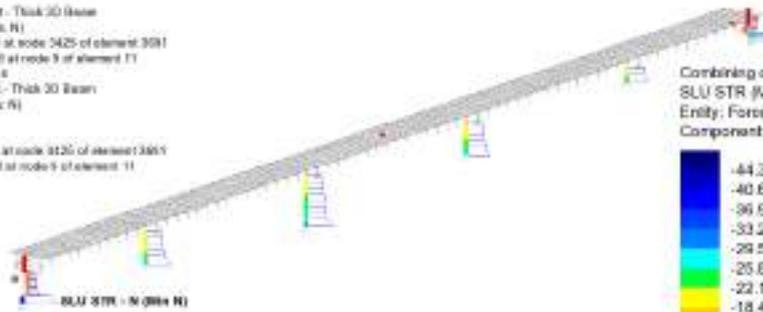


Maximum 8.1856E6 at node 5 of element 8
Minimum -12.8864E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.791
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 167.87E3 at node 3425 of element 3691
Diagram minimum: -44.5381E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 6.204027E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.88703E8
Contour maximum: 167.87E3 at node 3425 of element 3691
Contour minimum: -44.5381E3 at node 9 of element 11



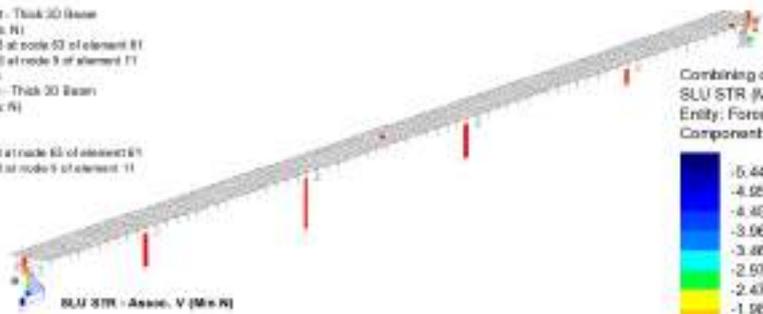
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum: 167.87E3 at node 3425 of element 3691
Minimum: -44.5381E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965.791
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.739819E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 495.034E3
Contour maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11



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

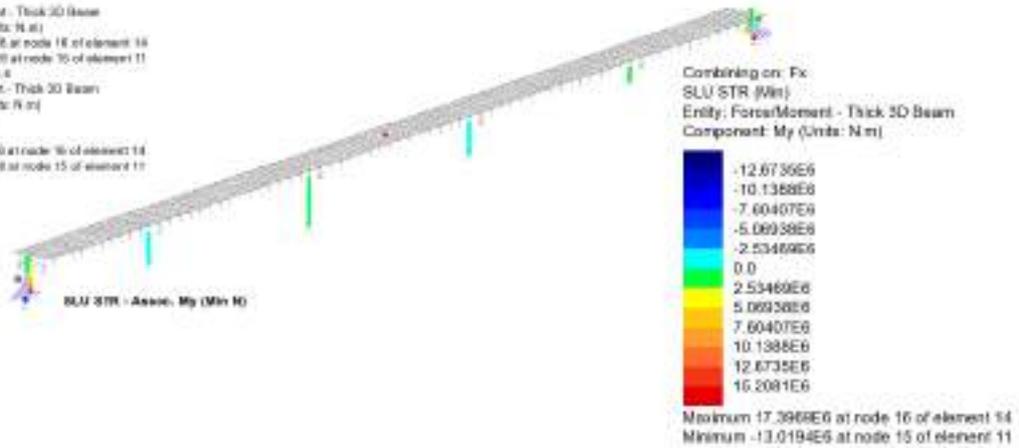


Maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

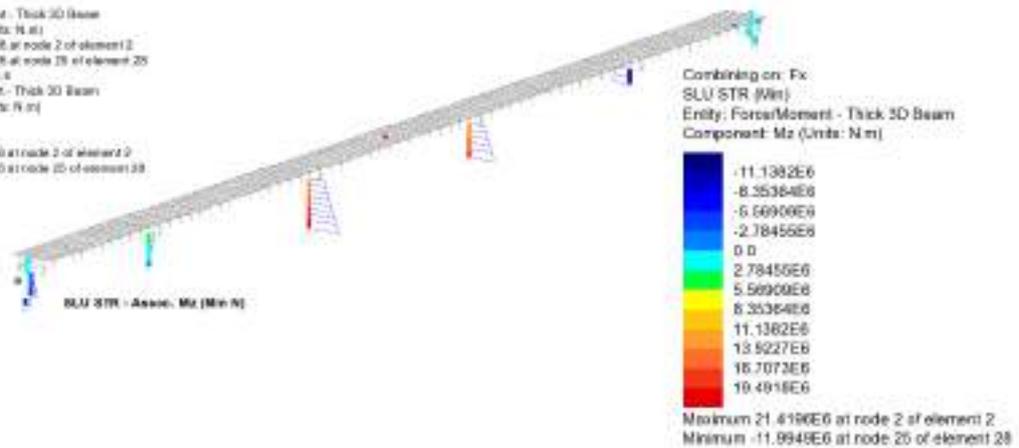
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.3968E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -13.0194E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.34000E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.53469E6
Contour maximum: 17.3968E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -13.0194E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Win)

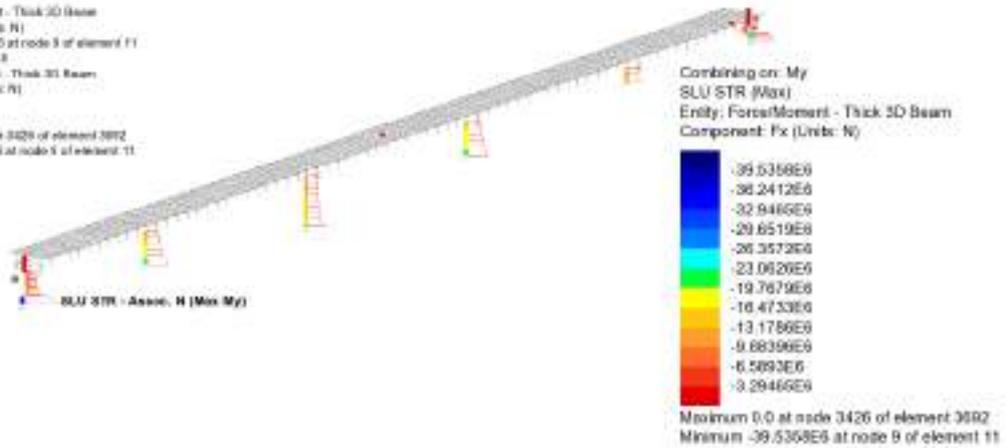
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 21.4190E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -11.9945E6 at node 20 of element 28
Diagram scale: 1.34000E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.78455E6
Contour maximum: 21.4190E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -11.9945E6 at node 20 of element 28



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

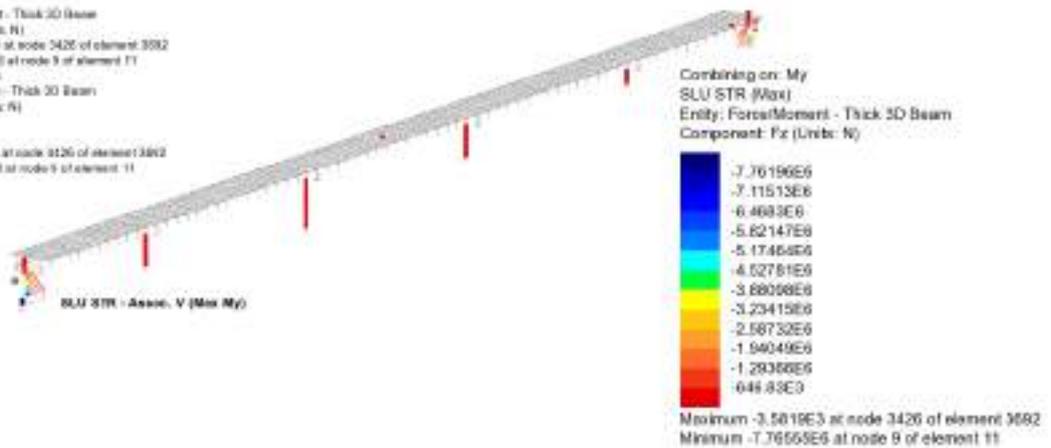
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -39.5368E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.29209E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.29466E9
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3092
Contour minimum: -39.5368E9 at node 9 of element 11



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

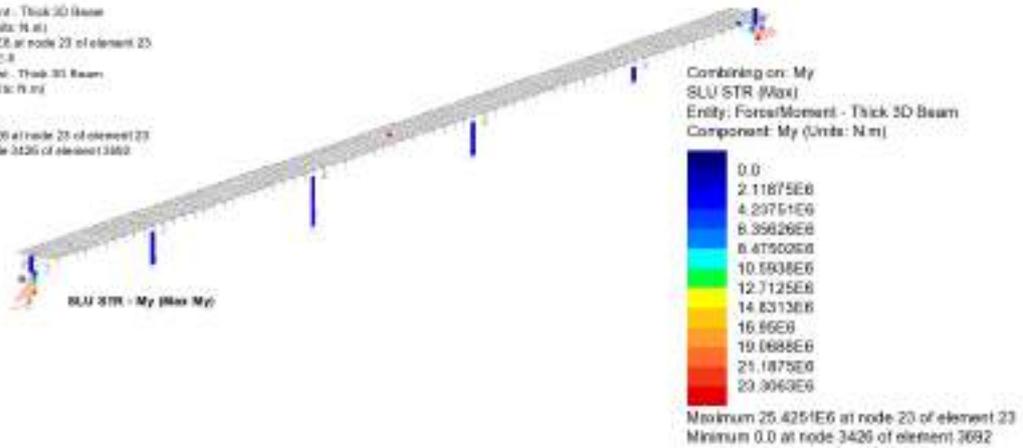
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -3.5819E9 at node 3426 of element 3092
Diagram minimum: -7.7655E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 1.28776E+9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 646.83E5
Contour maximum: -3.5819E9 at node 3426 of element 3092
Contour minimum: -7.7655E9 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

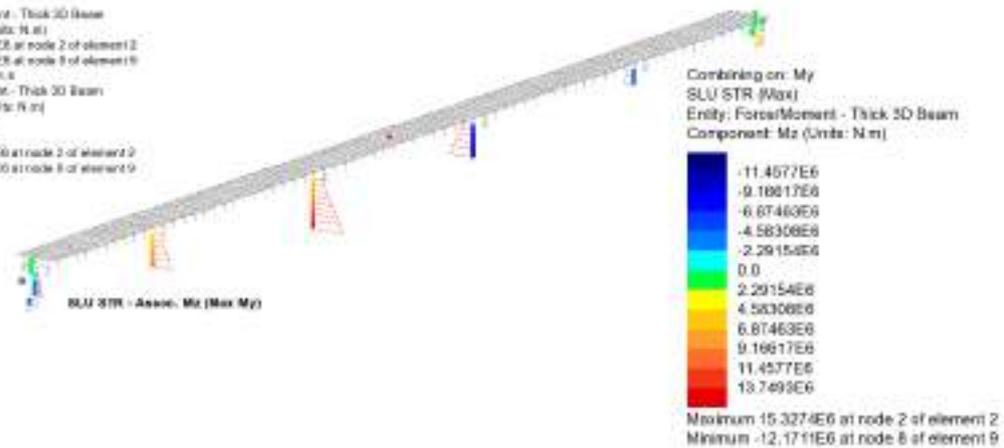
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 25.4251E6 at node 20 of element 25
Diagram scale: 1 : 8.393310E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.11875E6
Contour maximum: 25.4251E6 at node 20 of element 25
Contour minimum: 0.0 at node 3426 of element 3492



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

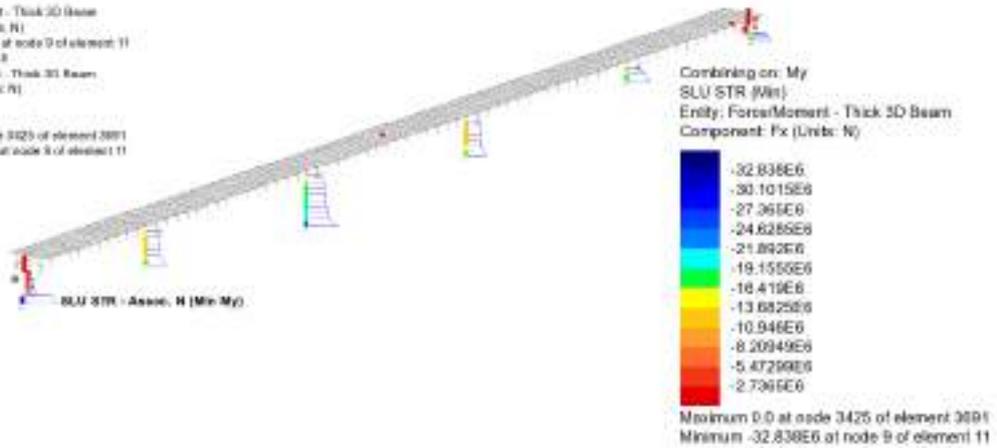
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 15.3274E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -12.1711E6 at node 8 of element 9
Diagram scale: 1 : 8.462637E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.29154E6
Contour maximum: 15.3274E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -12.1711E6 at node 8 of element 9



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

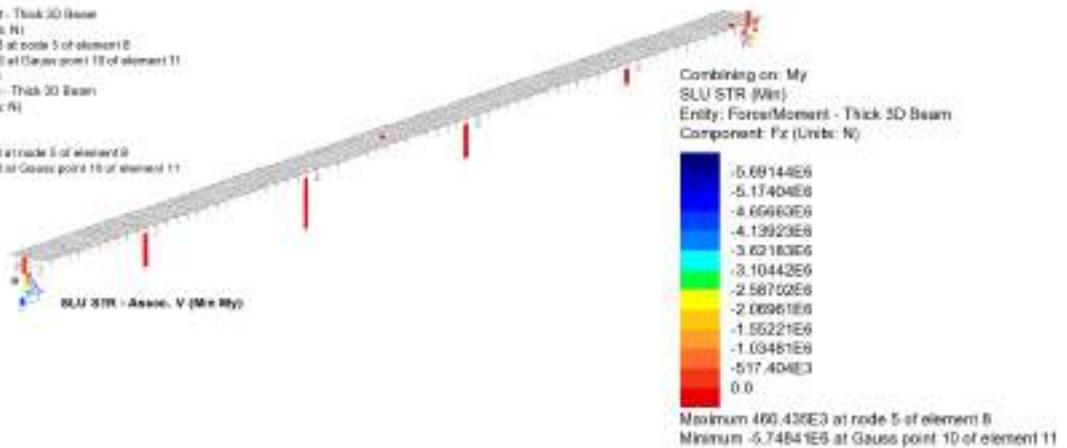
Scale: 1:965,781
Zoom: 100%
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -32.838E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 5.384029E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.7369E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -32.838E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 100%
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Win)

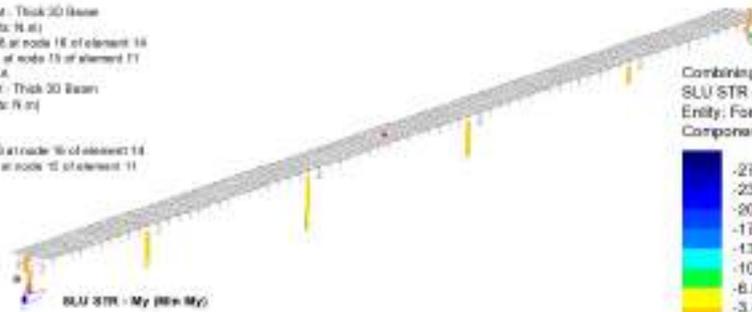
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 460.430E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.74841E5 at Gauss point 10 of element 11
Diagram scale: 1: 1.739813E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 8.11404E3
Contour maximum: 460.430E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.74841E5 at Gauss point 10 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.000011E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.40783E6
Contour maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11



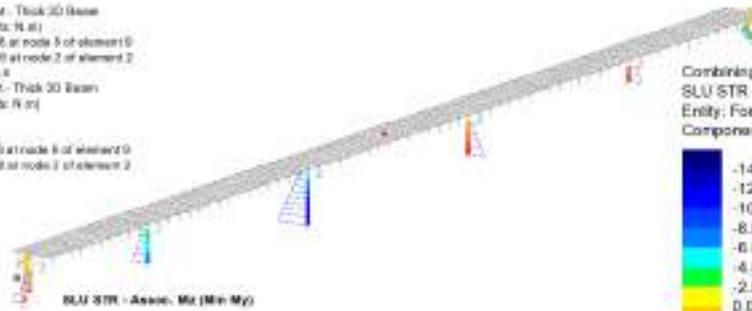
Combining on: My
SLU STR (Mk)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Diagram minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.000011E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.01141E6
Contour maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Contour minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2



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

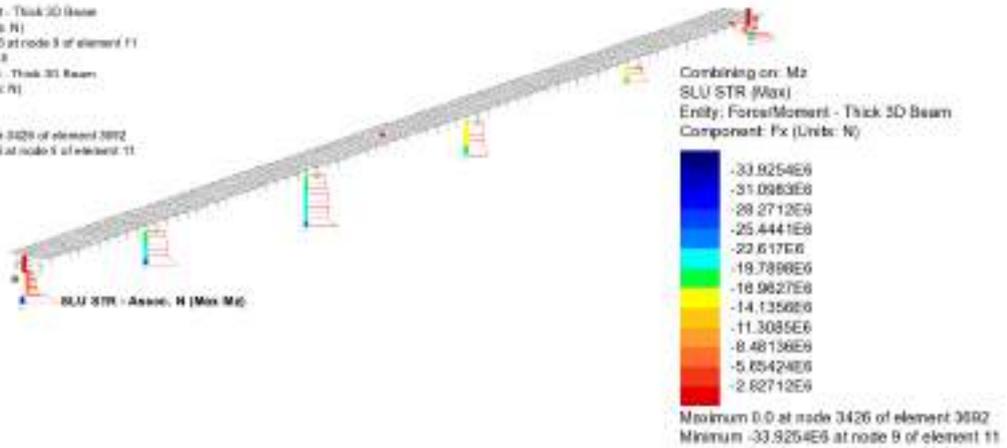


Maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

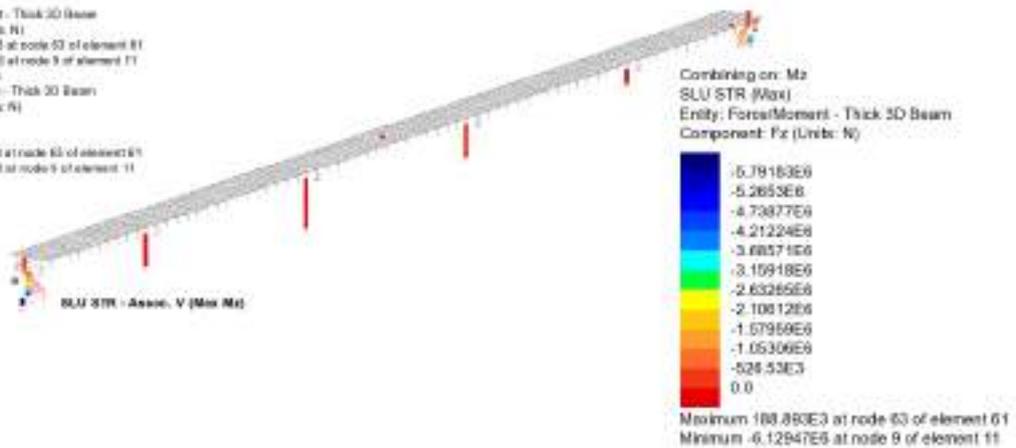
Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -33,9254E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,29478E6,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,82712E6
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -33,9254E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

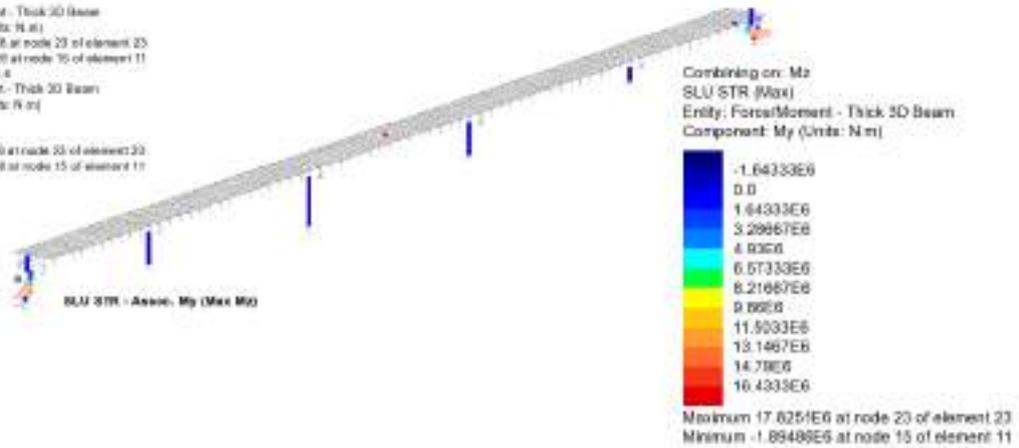
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 188,893E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -6,12947E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,40148E6,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 526,93E3
Contour maximum: 188,893E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -6,12947E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

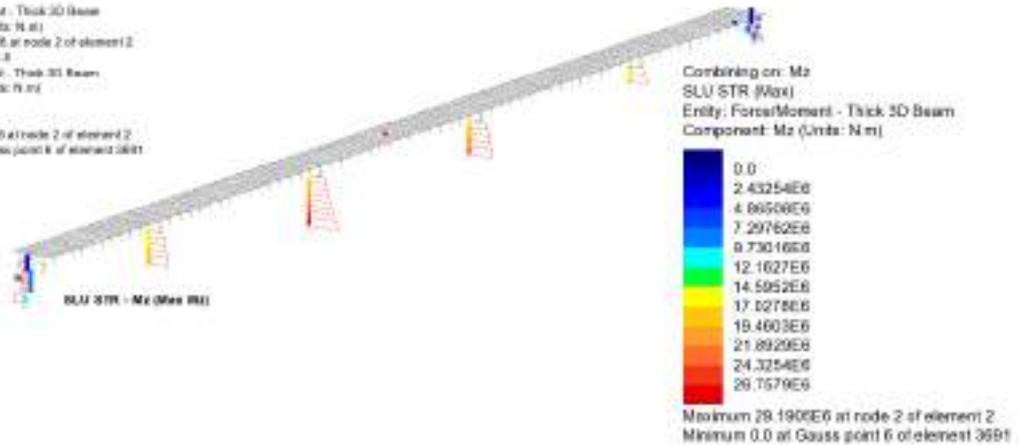
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.6251E6 at node 23 of element 23
Diagram minimum: -1.89498E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.8342E+08
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.8342E+08
Contour maximum: 17.6251E6 at node 23 of element 23
Contour minimum: -1.89498E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

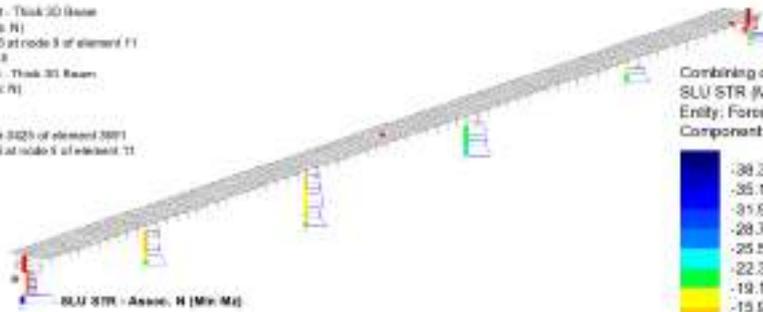
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 29.1905E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.8342E+08
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.43254E6
Contour maximum: 29.1905E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: 0.0 at Gauss point 6 of element 3691



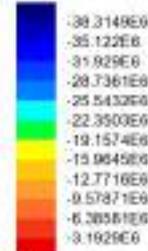
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -38,3149E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8,26708E,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3,1929E6
Contour maximum: 0,0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -38,3149E6 at node 9 of element 11



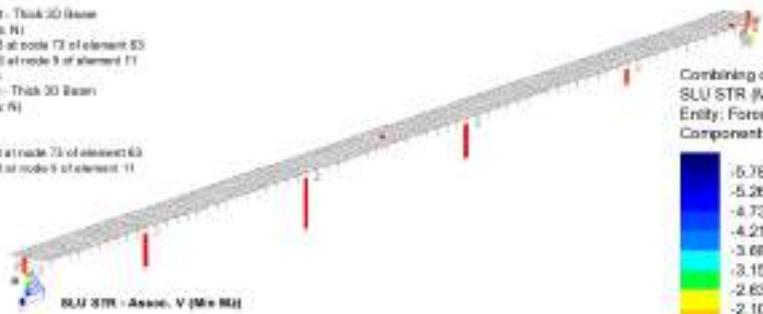
Combining on: Mz
SLU STR (Win)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 0,0 at node 3425 of element 3891
Minimum -38,3149E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

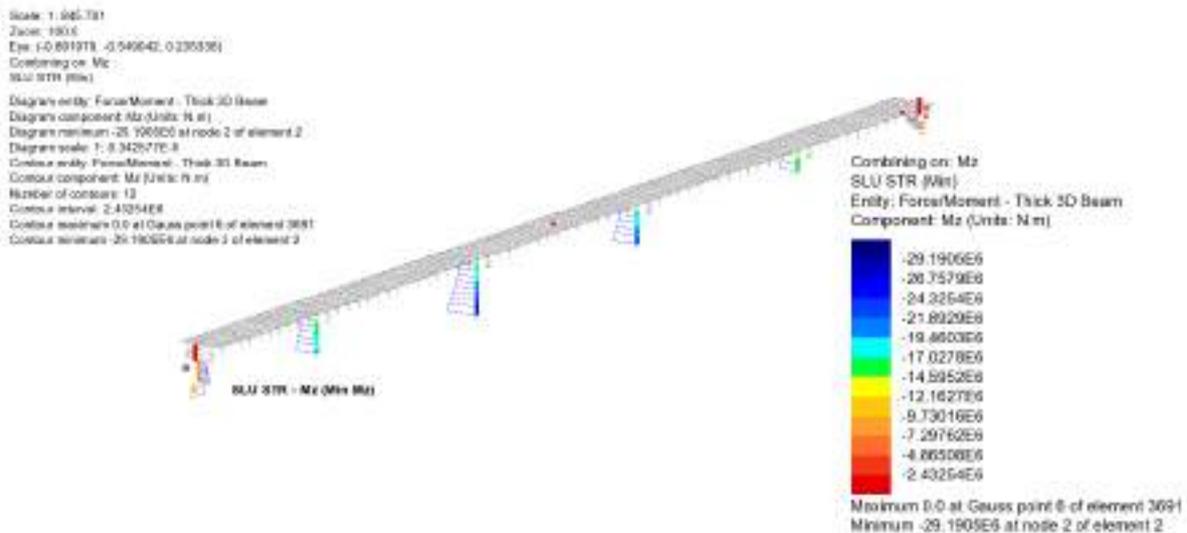
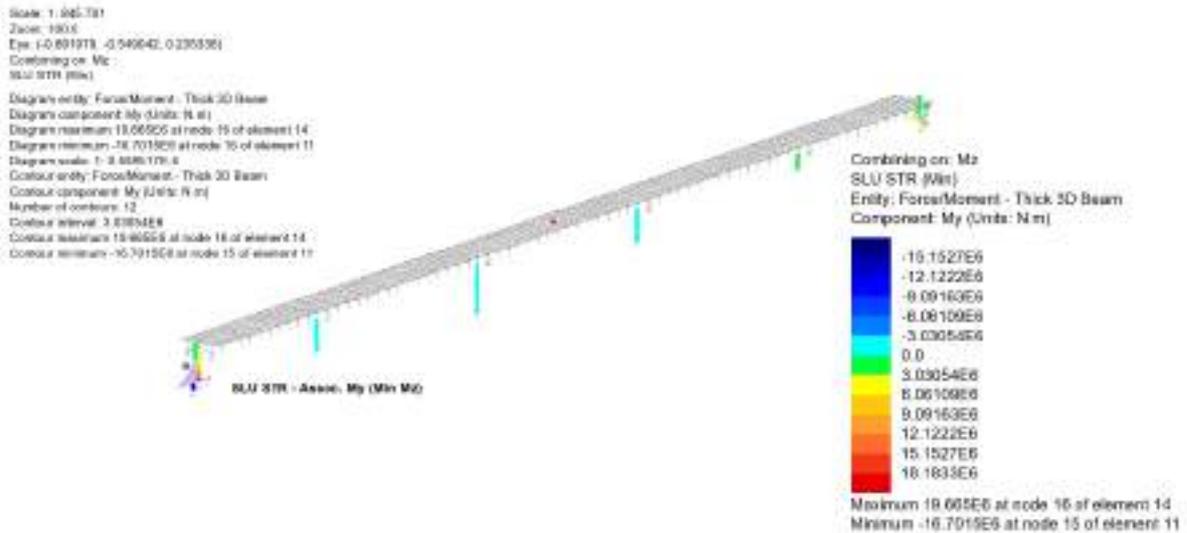
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 188,890E3 at node 73 of element 63
Diagram minimum: -6,12731E5 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,40204E,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 626,338E3
Contour maximum: 188,890E3 at node 73 of element 63
Contour minimum: -6,12731E5 at node 9 of element 11



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



Maximum 188,890E3 at node 73 of element 63
Minimum -6,12731E5 at node 9 of element 11



8.2.2 Fondazioni

Le tabelle seguenti riepilogano i risultati ottenuti dagli involucri delle sollecitazioni rilevate ad intradosso fondazione per il dimensionamento/verifica delle sottofondazioni, avendo massimizzato/minimizzato a turno F_x , M_y , M_z sull'elemento beam del modello

L'output seguente è riferito agli elementi "joints" impiegati per simulare l'incastro delle fondazioni, dei quali si riporta posizione e numerazione nell'ambito del modello FEM, il sistema di riferimento per questi elementi di molla concentrata è diverso rispetto a quello dell'elemento beam che rappresenta il plinto (asse X parallelo all'impalcato, asse Y ortogonale all'impalcato, asse Z verticale).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:845,701
Zoom: 100.0
Eye: (-0.7044022, -0.581002, 0.407581)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 355:SLV_vert

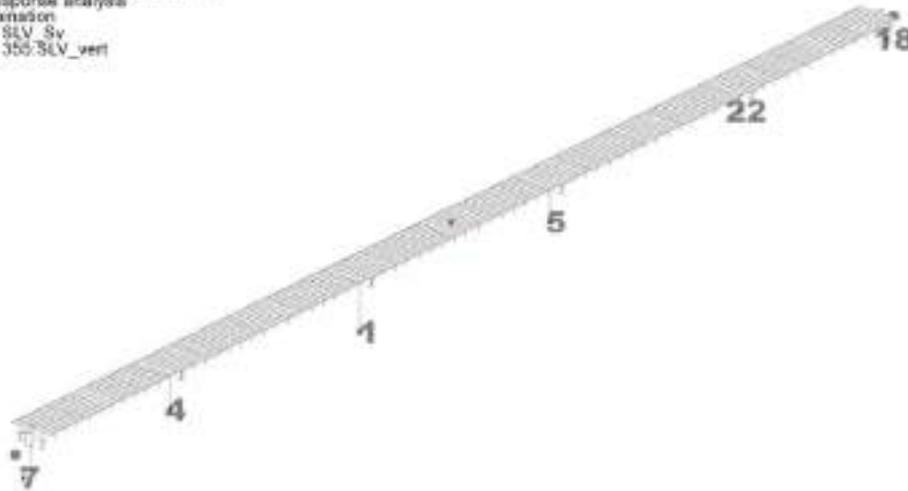


Figura 8.1 Labels Elem. Fondazione

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

Scale: 1:858,156
Zoom: 125.44
Eye: (-0.671206, -0.634032, 0.384036)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 355:SLV_vert

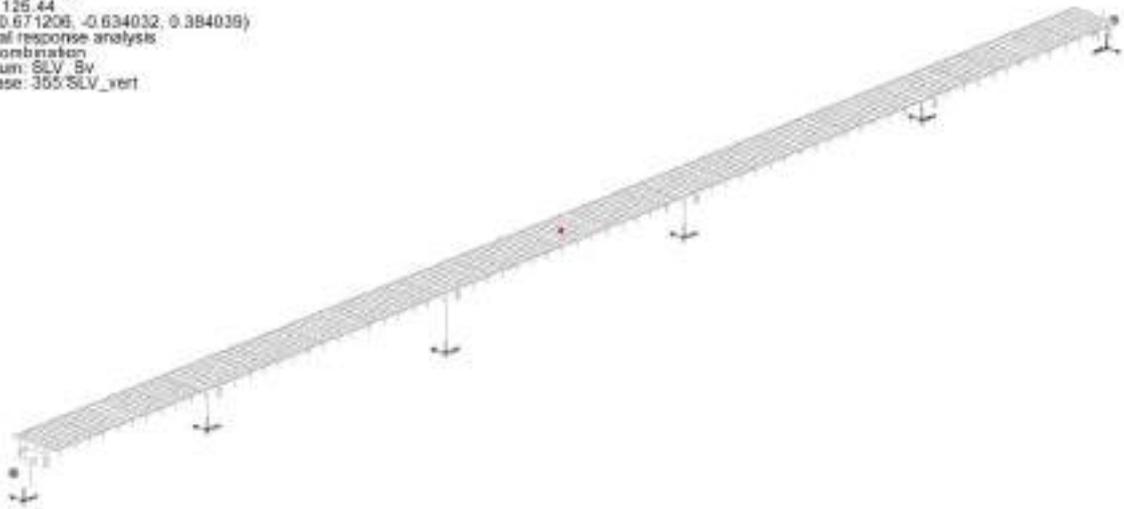


Figura 8.2 Orientamento elementi "joints" fondazioni

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla 1 - elem. 7

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-27835.72	7740.42	-404.67	-1122.96	5244.78	3132.60
SLU STR min N	-44538.08	6780.21	390.89	1084.72	-4482.82	-1522.56
SLU STR max My	-30535.82	9116.77	390.89	1084.72	-4482.82	22998.01
SLU STR min My	-32837.97	5403.86	-404.67	-1122.96	5244.78	-21387.98
SLU STR max Mx	-42541.07	6780.21	-650.73	-1805.76	10997.11	-7064.26
SLU STR min Mx	-29699.23	7740.42	650.73	1805.76	-10997.11	8303.86
SLU GEO max N	-27933.15	5782.76	-350.50	-972.63	4534.39	-4134.00
SLU GEO min N	-33715.83	6576.31	338.76	940.05	-3885.32	5651.91
SLU GEO max My	-33695.25	6955.21	338.76	940.05	-3885.32	8701.76
SLU GEO min My	-27742.61	5467.01	-569.00	-1578.99	6788.62	-7251.91
SLU GEO max Mx	-31963.59	6639.46	-563.95	-1564.96	9478.94	1307.28
SLU GEO min Mx	-29367.51	5719.61	563.95	1564.96	-9478.94	-671.49
Ed SLV max N	-28135.92	23332.68	-3130.79	5010.65	20018.90	87524.84
Ed SLV min N	-29563.11	-5996.67	3130.79	-5010.65	-20018.90	-58001.32
Ed SLV max My	-28797.74	23332.68	3785.36	-3194.21	-12690.29	89361.39
Ed SLV min My	-28901.29	-5996.67	-3785.36	3194.21	12690.29	-60137.88
Ed SLV max Mx	-28699.52	10617.75	-10436.17	16701.59	66722.56	23579.00
Ed SLV min Mx	-28999.51	4043.23	10436.17	-16701.59	-66722.56	-9803.78
SLE RARA max N	-28082.56	5719.61	-270.87	-751.66	3551.92	-4237.23
SLE RARA min N	-33016.06	6486.53	260.66	723.34	-2987.51	4639.28
SLE RARA max My	-33002.34	6739.13	260.66	723.34	-2987.51	6672.51
SLE RARA min My	-28096.28	5467.01	-270.87	-751.66	3551.92	-6270.47
SLE RARA max Mx	-31518.46	6486.53	-433.88	-1204.01	7590.84	483.44
SLE RARA min Mx	-29481.27	5719.61	433.88	1204.01	-7590.84	-355.80
SLE FREQUENTE max N	-28304.92	5719.61	-4.99	-13.84	254.91	-3620.16
SLE FREQUENTE min N	-32055.37	6486.53	0.28	0.77	-47.83	1973.36
SLE FREQUENTE max My	-32041.65	6739.13	0.28	0.77	-47.83	4006.59
SLE FREQUENTE min My	-28318.65	5467.01	-4.99	-13.84	254.91	-5653.40
SLE FREQUENTE max Mx	-31473.90	6486.53	-0.59	-1.64	2594.32	359.77
SLE FREQUENTE min Mx	-29501.40	5719.61	0.59	1.64	-2594.32	-299.96
SLE Q,PERMANENTE max N	-28511.74	5719.61	0.00	0.00	0.00	-3046.25
SLE Q,PERMANENTE min N	-29187.29	5467.01	0.00	0.00	0.00	-3242.93
SLE Q,PERMANENTE max My	-29173.56	5719.61	0.00	0.00	0.00	-1209.69
SLE Q,PERMANENTE min My	-28525.47	5467.01	0.00	0.00	0.00	-5079.48
SLE Q,PERMANENTE max Mx	-29043.99	5467.01	0.00	0.00	0.00	-3640.57
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-28655.04	5719.61	0.00	0.00	0.00	-2648.60

Tabella 8.2 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla A

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 1 - elem. 4

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-14896.26	-137.92	683.44	40.92	-8185.55	-1224.77
SLU STR min N	-28090.72	126.29	-674.28	-21.78	927.26	1121.47
SLU STR max My	-17210.18	460.43	-681.03	-37.00	7961.54	4088.57
SLU STR min My	-23247.76	-387.64	683.86	34.85	-9784.67	-3442.25
SLU STR max Mx	-26010.03	-25.76	-692.45	-68.69	19891.41	-228.72
SLU STR min Mx	-20828.61	84.63	692.45	68.69	-19891.41	751.51
SLU GEO max N	-14843.27	-166.31	592.28	35.42	-7089.47	-1476.84
SLU GEO min N	-21635.79	125.31	-584.48	-19.11	906.48	1112.77
SLU GEO max My	-17100.10	410.04	-590.23	-32.08	6898.04	3646.52
SLU GEO min My	-17276.27	-360.46	592.64	47.28	-8451.68	-3200.89
SLU GEO max Mx	-19679.08	-40.64	-599.96	-59.08	17061.13	-360.89
SLU GEO min Mx	-20131.80	78.97	599.96	59.08	-17061.13	701.29
Ed SLV max N	-14920.07	2009.16	493.80	52.11	5664.80	17838.59
Ed SLV min N	-17403.65	-1930.50	-493.80	-52.11	-5664.80	-17140.11
Ed SLV max My	-15693.53	2154.04	493.86	52.10	5664.05	19125.13
Ed SLV min My	-16630.19	-2075.38	-493.86	-52.10	-5664.05	-18426.65
Ed SLV max Mx	-15280.30	614.00	1645.92	173.67	18765.42	5451.41
Ed SLV min Mx	-17043.43	-535.34	-1645.92	-173.67	-18765.42	-4752.94
SLE RARA max N	-15103.69	-115.25	455.80	27.50	-5480.40	-1023.46
SLE RARA min N	-20884.53	107.16	-449.02	-13.32	103.89	951.56
SLE RARA max My	-16951.18	354.82	-454.02	-24.60	5314.47	3150.84
SLE RARA min My	-17197.47	-292.79	456.11	37.82	-6664.94	-2600.01
SLE RARA max Mx	-19269.86	-20.28	-462.48	-48.07	14151.41	-180.10
SLE RARA min Mx	-19605.21	72.01	462.48	48.07	-14151.41	639.43
SLE FREQUENTE max N	-15483.95	-29.76	1.77	2.22	-233.67	-264.24
SLE FREQUENTE min N	-18728.56	103.33	1.83	5.33	-2263.76	917.53
SLE FREQUENTE max My	-16520.92	125.08	0.00	0.00	0.00	1110.69
SLE FREQUENTE min My	-15774.86	-52.03	0.00	0.00	0.00	-462.04
SLE FREQUENTE max Mx	-17687.46	-4.13	-3.13	-11.35	4345.87	-36.64
SLE FREQUENTE min Mx	-17948.72	72.91	3.13	11.35	-4345.87	647.40
SLE Q.PERMANENTE max N	-15699.39	-31.28	0.00	0.00	0.00	-277.78
SLE Q.PERMANENTE min N	-16624.33	109.94	0.00	0.00	0.00	976.25
SLE Q.PERMANENTE max My	-16472.85	113.60	0.00	0.00	0.00	1008.76
SLE Q.PERMANENTE min My	-15850.87	-34.94	0.00	0.00	0.00	-310.28
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-16031.23	0.81	0.00	0.00	0.00	7.22
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-16292.49	77.84	0.00	0.00	0.00	691.26

Tabella 8.3 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 2 - elem. 1

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-16795.35	41.87	-871.63	-9.22	12885.98	539.23
SLU STR min N	-30231.82	-15.76	892.31	13.02	-21418.76	-203.05
SLU STR max My	-25575.37	360.72	-880.06	3.32	15568.04	4646.07
SLU STR min My	-19246.26	-337.25	879.39	29.64	-15326.80	-4343.81
SLU STR max Mx	-26048.72	-3.41	-1467.54	-21.91	29189.34	-43.96
SLU STR min Mx	-19827.66	30.40	1467.54	21.91	-29189.34	391.54
SLU GEO max N	-16897.60	40.93	-755.45	-8.05	11180.24	527.20
SLU GEO min N	-23136.96	-22.09	773.07	11.28	-18448.90	-284.56
SLU GEO max My	-19102.65	313.09	-762.63	2.64	13464.95	4032.58
SLU GEO min My	-19053.12	-296.49	762.06	25.44	-13259.46	-3818.82
SLU GEO max Mx	-19538.03	-8.19	-1271.71	-18.98	25203.80	-105.55
SLU GEO min Mx	-19487.82	41.89	1271.71	18.98	-25203.80	539.59
Ed SLV max N	-16951.67	2531.19	716.01	22.99	11033.57	29692.76
Ed SLV min N	-18510.53	-2509.05	-716.01	-22.99	-11033.57	-29407.60
Ed SLV max My	-17065.93	2533.88	716.01	22.99	11033.57	29727.45
Ed SLV min My	-18396.27	-2511.74	-716.01	-22.99	-11033.57	-29442.29
Ed SLV max Mx	-17177.77	750.08	2386.05	76.50	36642.73	8786.16
Ed SLV min Mx	-18284.43	-727.94	-2386.05	-76.50	-36642.73	-8501.00
SLE RARA max N	-17017.68	34.99	-580.89	-5.89	8528.73	450.71
SLE RARA min N	-22415.63	-13.38	596.21	8.70	-14849.31	-172.31
SLE RARA max My	-18929.55	271.40	-587.13	3.40	10515.44	3495.68
SLE RARA min My	-18870.03	-251.74	586.64	21.02	-10336.75	-3242.40
SLE RARA max Mx	-19292.96	-2.90	-979.13	-14.66	19927.66	-37.37
SLE RARA min Mx	-19287.91	25.17	979.13	14.66	-19927.66	324.21
SLE FREQUENTE max N	-17266.95	32.36	0.96	1.41	-281.20	416.83
SLE FREQUENTE min N	-20148.50	-8.89	5.14	-0.15	-2485.26	-114.53
SLE FREQUENTE max My	-18934.19	48.16	-4.26	11.88	1367.47	620.28
SLE FREQUENTE min My	-18861.89	-26.88	3.76	12.54	-1188.78	-346.26
SLE FREQUENTE max Mx	-19286.64	0.09	-7.67	-0.53	4681.04	1.20
SLE FREQUENTE min Mx	-19290.74	23.79	7.67	0.53	-4681.04	306.39
SLE Q.PERMANENTE max N	-17514.85	32.01	0.00	0.00	0.00	412.28
SLE Q.PERMANENTE min N	-17947.35	-9.87	0.00	0.00	0.00	-127.12
SLE Q.PERMANENTE max My	-17630.17	34.93	0.00	0.00	0.00	449.93
SLE Q.PERMANENTE min My	-17832.03	-12.79	0.00	0.00	0.00	-164.76
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-17729.05	-0.78	0.00	0.00	0.00	-10.01
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-17733.15	22.92	0.00	0.00	0.00	295.18

Tabella 8.4 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 3 - elem. 5

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-15504.16	-41.62	-868.15	9.41	9417.90	-369.56
SLU STR min N	-28489.67	15.57	889.38	-13.22	-17876.63	138.25
SLU STR max My	-17965.94	346.03	865.12	5.12	-8568.51	3072.71
SLU STR min My	-23822.54	-369.53	-877.08	-4.41	12171.40	-3281.41
SLU STR max Mx	-18590.48	2.26	-1461.67	21.19	23346.57	20.03
SLU STR min Mx	-24704.55	-29.06	1461.67	-21.19	-23346.57	-258.04
SLU GEO max N	-15606.43	-40.71	-752.43	8.20	8174.40	-361.52
SLU GEO min N	-21846.58	21.91	770.52	-11.46	-15379.98	194.57
SLU GEO max My	-17771.23	303.96	749.86	4.17	-7450.85	2699.18
SLU GEO min My	-17803.15	-320.59	-760.04	-3.57	10519.97	-2846.87
SLU GEO max Mx	-18291.59	7.22	-1266.63	18.37	20140.73	64.12
SLU GEO min Mx	-18537.72	-40.74	1266.63	-18.37	-20140.73	-361.79
Ed SLV max N	-15653.65	2007.81	716.41	23.12	8175.95	17826.63
Ed SLV min N	-17226.53	-2029.89	-716.41	-23.12	-8175.95	-18022.76
Ed SLV max My	-15970.91	2052.60	716.41	23.12	8176.03	18224.42
Ed SLV min My	-16909.26	-2074.69	-716.41	-23.12	-8176.03	-18420.55
Ed SLV max Mx	-15733.07	612.20	2387.89	76.93	27135.46	5435.54
Ed SLV min Mx	-17147.10	-634.29	-2387.89	-76.93	-27135.46	-5631.67
SLE RARA max N	-15726.54	-34.80	-578.57	6.02	6217.51	-309.04
SLE RARA min N	-21125.16	13.23	594.30	-8.84	-12483.23	117.49
SLE RARA max My	-17586.94	258.24	576.33	4.75	-5588.33	2293.20
SLE RARA min My	-17631.16	-277.93	-585.19	-4.22	8257.13	-2468.00
SLE RARA max Mx	-19760.72	1.66	-600.64	9.23	16504.97	14.77
SLE RARA min Mx	-20052.03	-24.35	600.64	-9.23	-16504.97	-216.19
SLE FREQUENTE max N	-15975.86	-32.26	0.87	-1.24	-263.04	-286.43
SLE FREQUENTE min N	-18857.81	8.84	5.34	0.12	-2467.66	78.49
SLE FREQUENTE max My	-17578.99	27.18	-4.18	13.32	1240.14	241.36
SLE FREQUENTE min My	-17635.61	-48.47	-4.68	-12.80	1428.67	-430.43
SLE FREQUENTE max Mx	-18015.03	-1.06	-7.70	-0.19	4648.46	-9.39
SLE FREQUENTE min Mx	-18315.53	-22.68	7.70	0.19	-4648.46	-201.39
SLE Q.PERMANENTE max N	-16223.78	-31.95	0.00	0.00	0.00	-283.73
SLE Q.PERMANENTE min N	-16656.39	9.86	0.00	0.00	0.00	87.60
SLE Q.PERMANENTE max My	-16541.05	12.84	0.00	0.00	0.00	114.05
SLE Q.PERMANENTE min My	-16339.12	-34.93	0.00	0.00	0.00	-310.19
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-16289.84	-0.23	0.00	0.00	0.00	-2.06
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-16590.34	-21.85	0.00	0.00	0.00	-194.07

Tabella 8.5 : Involupi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 3

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 4 - elem. 21

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-13475.04	137.70	673.66	-35.16	-4589.57	616.90
SLU STR min N	-26173.74	-126.15	-683.09	54.48	11994.97	-565.15
SLU STR max My	-21334.96	390.83	678.83	-54.96	-6786.33	1750.92
SLU STR min My	-15785.07	-463.56	-675.93	37.07	4965.29	-2076.74
SLU STR max Mx	-24105.95	-12.72	-688.01	68.89	16854.21	-56.98
SLU STR min Mx	-19394.70	-45.89	688.01	-68.89	-16854.21	-205.59
SLU GEO max N	-13422.09	166.15	583.88	-30.52	-3981.85	744.34
SLU GEO min N	-20215.93	-125.20	-591.90	46.97	10290.16	-560.89
SLU GEO max My	-15859.95	363.20	588.27	-47.38	-5853.17	1627.12
SLU GEO min My	-15675.64	-413.33	-585.81	32.14	4301.91	-1851.70
SLU GEO max Mx	-18285.51	-1.15	-596.09	59.25	14429.51	-5.17
SLU GEO min Mx	-18685.43	-36.95	596.09	-59.25	-14429.51	-165.53
Ed SLV max N	-13478.48	2090.19	493.32	52.22	3493.61	9364.03
Ed SLV min N	-16003.77	-2168.90	-493.32	-52.22	-3493.61	-9716.65
Ed SLV max My	-13622.06	2093.32	493.32	52.22	3493.61	9378.05
Ed SLV min My	-15860.19	-2172.03	-493.32	-52.22	-3493.61	-9730.67
Ed SLV max Mx	-13829.69	591.61	1644.29	174.01	11522.44	2650.39
Ed SLV min Mx	-15652.56	-670.32	-1644.29	-174.01	-11522.44	-3003.01
SLE RARA max N	-13682.58	115.10	448.94	-23.23	-3038.57	515.63
SLE RARA min N	-19464.56	-107.06	-455.92	37.54	8524.05	-479.63
SLE RARA max My	-15780.57	295.16	452.76	-37.90	-4665.80	1322.32
SLE RARA min My	-15527.20	-357.16	-450.62	24.65	3316.88	-1600.05
SLE RARA max Mx	-17860.69	-11.80	-459.56	48.21	12123.49	-52.85
SLE RARA min Mx	-18173.47	-39.74	459.56	-48.21	-12123.49	-178.03
SLE FREQUENTE max N	-14062.89	29.55	-1.69	2.09	211.44	132.39
SLE FREQUENTE min N	-17308.34	-103.35	-1.96	5.52	2369.76	-463.02
SLE FREQUENTE max My	-14354.07	52.07	0.00	0.00	0.00	233.28
SLE FREQUENTE min My	-15100.23	-125.17	0.00	0.00	0.00	-560.75
SLE FREQUENTE max Mx	-16257.50	-22.53	-3.38	11.41	4335.07	-100.93
SLE FREQUENTE min Mx	-16537.53	-46.23	3.38	-11.41	-4335.07	-207.10
SLE Q.PERMANENTE max N	-14278.60	31.29	0.00	0.00	0.00	140.18
SLE Q.PERMANENTE min N	-15203.65	-110.00	0.00	0.00	0.00	-492.80
SLE Q.PERMANENTE max My	-14430.10	34.97	0.00	0.00	0.00	156.68
SLE Q.PERMANENTE min My	-15052.15	-113.68	0.00	0.00	0.00	-509.30
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-14601.11	-27.51	0.00	0.00	0.00	-123.23
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-14881.14	-51.20	0.00	0.00	0.00	-229.39

Tabella 8.6 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni pila 4

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla 2 - elem. 30

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
SLU STR max N	-16445.07	3857.46	404.47	1213.41	-3826.99	4062.67
SLU STR min N	-28817.53	3486.87	-390.53	-1171.59	3108.80	15942.41
SLU STR max My	-26329.92	4816.73	-390.53	-1171.59	3108.80	25425.06
SLU STR min My	-18932.68	2527.60	404.47	1213.41	-3826.99	-5419.98
SLU STR max Mx	-22996.69	2906.50	-387.55	-1162.66	9246.09	14176.77
SLU STR min Mx	-23826.11	4437.83	387.55	1162.66	-9246.09	10508.90
SLU GEO max N	-16542.53	2906.50	350.32	1050.96	-3306.38	1803.30
SLU GEO min N	-22032.83	3344.75	-338.45	-1015.34	2694.59	15383.26
SLU GEO max My	-22012.24	3723.65	-338.45	-1015.34	2694.59	17102.33
SLU GEO min My	-16352.02	2590.75	568.54	1705.61	-4793.14	-252.26
SLU GEO max Mx	-19043.41	2906.50	-335.91	-1007.73	7922.65	9305.93
SLU GEO min Mx	-20861.01	3344.75	335.91	1007.73	-7922.65	11867.80
Ed SLV max N	-16735.75	12328.32	-1641.58	2400.28	8991.54	37733.25
Ed SLV min N	-18182.37	-3907.06	1641.58	-2400.28	-8991.54	-18384.96
Ed SLV max My	-17397.62	12328.32	2295.01	-439.98	-3960.79	39718.87
Ed SLV min My	-17520.49	-3907.06	-2295.01	439.98	3960.79	-20370.58
Ed SLV max Mx	-17009.01	4748.48	-5472.16	8000.27	29963.18	11192.76
Ed SLV min Mx	-17909.10	1477.18	5472.16	-8000.27	-29963.18	-681.72
SLE RARA max N	-16691.96	2843.35	270.75	812.25	-2603.04	1954.78
SLE RARA min N	-21371.21	3301.32	-260.42	-781.27	2071.05	13840.02
SLE RARA max My	-21357.49	3553.92	-260.42	-781.27	2071.05	14986.06
SLE RARA min My	-16705.68	2590.75	270.75	812.25	-2603.04	808.74
SLE RARA max Mx	-18833.40	2843.35	-258.22	-774.66	6617.19	8379.10
SLE RARA min Mx	-20385.47	3301.32	258.22	774.66	-6617.19	10882.80
SLE FREQUENTE max N	-16914.38	2843.35	5.04	15.13	-238.07	2622.04
SLE FREQUENTE min N	-20404.29	3301.32	-0.28	-0.84	45.99	10939.23
SLE FREQUENTE max My	-20390.56	3553.92	-0.28	-0.84	45.99	12085.27
SLE FREQUENTE min My	-16928.10	2590.75	5.04	15.13	-238.07	1476.00
SLE FREQUENTE max Mx	-18205.92	2843.35	-0.57	-1.70	2599.62	6496.67
SLE FREQUENTE min Mx	-19729.99	3301.32	0.57	1.70	-2599.62	8916.33
SLE Q.PERMANENTE max N	-17121.28	2843.35	0.00	0.00	0.00	3242.69
SLE Q.PERMANENTE min N	-17796.86	2590.75	0.00	0.00	0.00	4082.26
SLE Q.PERMANENTE max My	-17783.13	2843.35	0.00	0.00	0.00	5228.30
SLE Q.PERMANENTE min My	-17134.99	2590.75	0.00	0.00	0.00	2096.64
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-17356.84	2843.35	0.00	0.00	0.00	3949.43
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-17561.28	2590.75	0.00	0.00	0.00	3375.52

Tabella 8.7 : Involuppi sollecitazioni intradosso fondazioni spalla B

9. VERIFICA GEOTECNICA DI PILE E SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche geotecniche di pile e spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto, le fondazioni delle Pile 1 e 2, le fondazioni delle Pile 3 e 4 e quelle della spalla 1 e 2 essendo molto simili sono state verificate per le sollecitazioni massime presenti su ciascuna coppia di strutture.

9.1 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P1 E PILA 2

La fondazione della pila, presenta dimensioni in pianta di 9.10 x 14.20 m e spessore pari a 2 m, realizzata su n. 8 pali trivellati Φ 1200 ad interasse in direzione longitudinale molto maggiore di 3 volte il diametro per evitare interferenze coi pali della fondazione esistente sulla carreggiata sinistra, la lunghezza L_p è pari a 36 m.

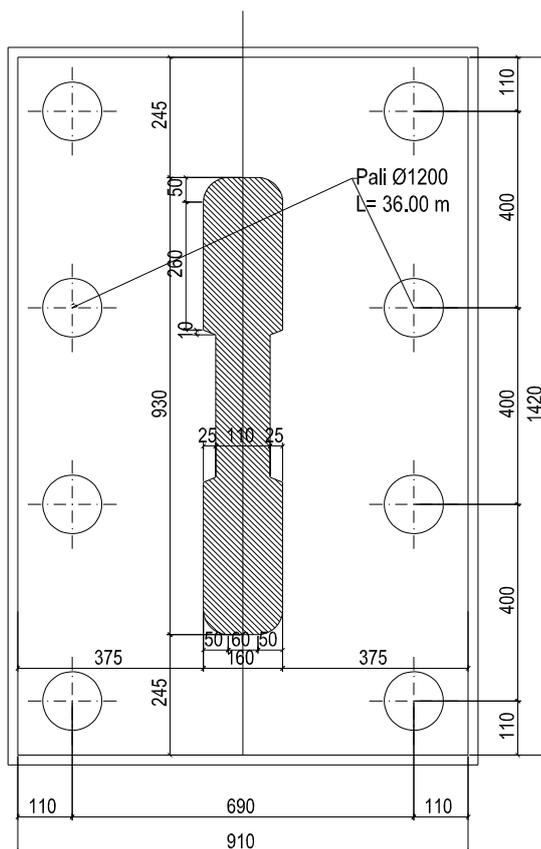


Figura 9.1: Planimetria dei pali delle pile 1 e 2

Le verifiche delle pile sono state condotte in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione "SLU STR max M_x " per la **pila 1** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 4345$ kN cui va aggiunto il peso proprio del palo e del terreno gravante sopra il plinto per un **totale di 6088 kN**) e la combinazione "SLU STR min N" per la **pila 2** (con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 4974$ kN cui va aggiunto il peso proprio del palo e del terreno gravante sopra il plinto per un **totale di 6717 kN**).

Il palo in progetto di lunghezza pari a 36 m ha una capacità portante pari a $Q_{Rd} = 8172$ kN (di cui 6450 kN laterale e 1721 kN di base) **per la pila 1** e pari a $Q_{Rd} = 7767$ kN (di cui 6116 kN laterale e 1652 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 **845 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a **329 kN**.

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

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

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

$$N = 3224 \text{ kN};$$

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

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

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

$$n = 8;$$

$$i = 4.0 \text{ m};$$

$$L = 36 \text{ m};$$

$$R = 0.94;$$

$$R_g = 0.677.$$

$$w_{palo} = 5.81 \text{ mm}$$

$$w_{palificata} = 31.47 \text{ mm}$$

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

9.2 VERIFICA GEOTECNICA FONDAZIONE PILA P3 E PILA P4

Il plinto di fondazione della pila 3 e della pila 4 presenta dimensioni in pianta pari a 6.9m x 12m, spessore 2 m ed è fondato superficialmente sullo strato di roccia consolidato con 28 micropali di ricucitura diam 130 mm, tubo diam 76 mm L = 12 m.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

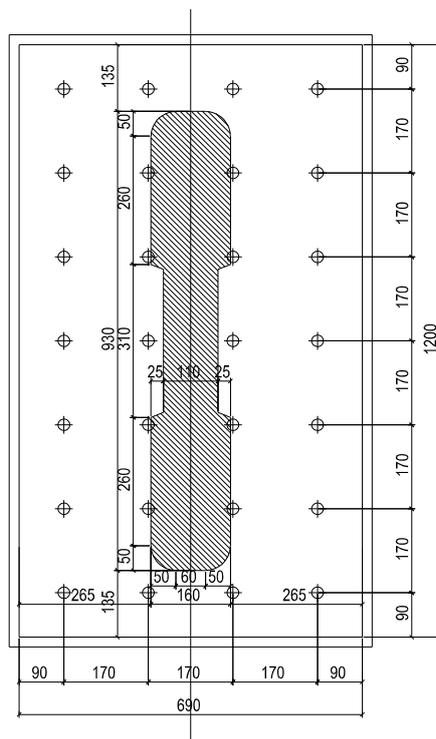
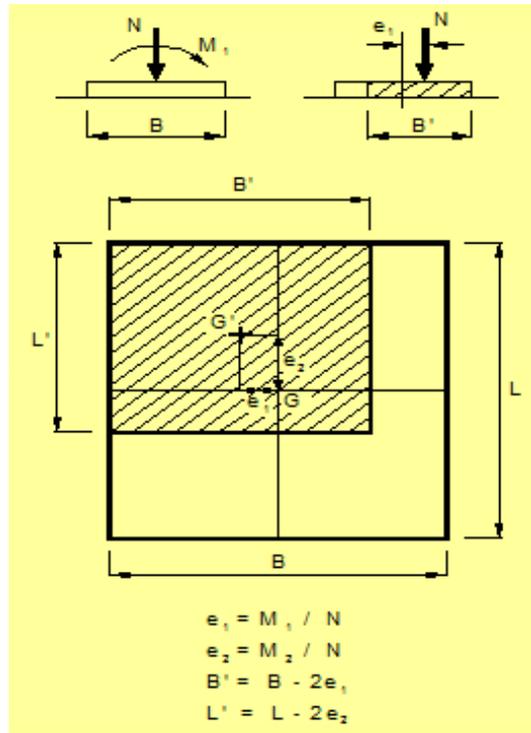


Figura 9.2: Sezione trasversale, vista trasversale e longitudinale delle pile 3 e 4

Le sollecitazioni agenti sul piano di posa, derivanti dall'analisi delle sovrastrutture, evidenziano la presenza di carichi eccentrici.

Per la stima delle pressioni agenti sul piano di posa ci si è quindi ricondotti ad una fondazione equivalente di dimensioni ridotte, ma sottoposta a carichi centrati, secondo lo schema seguente:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati sia per la pila 3 che per la pila 4

Pila 3

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Vt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)	ex (m)	B*(m)	ey (m)	L*(m)	A*(m ²)	sigma (kPa)
SLU STR max N	15504	-42	-868	9	9418	-370	0.02	6.85	0.61	10.79	73.90	209.79
SLU STR min N	28490	16	889	-13	-17876	138	0.00	6.89	0.63	10.75	74.04	384.80
SLU STR max My	17961	346	865	5	-8577	3073	0.17	6.56	0.48	11.04	72.43	247.98
SLU STR min My	23823	-370	-877	-4	12171	-3281	0.14	6.62	0.51	10.98	72.73	327.57
SLU STR max Mx	24208	-36	-1462	22	23356	-316	0.01	6.87	0.96	10.07	69.22	349.71
SLU STR min Mx	18629	4	1462	-22	-23356	34	0.00	6.90	1.25	9.49	65.46	284.57
SLU GEO max N	15606	-41	-752	8	8174	-362	0.02	6.85	0.52	10.95	75.06	207.91
SLU GEO min N	21847	22	771	-11	-15380	195	0.01	6.88	0.70	10.59	72.90	299.69
SLU GEO max My	17767	304	750	4	-7458	2699	0.15	6.60	0.42	11.16	73.62	241.35
SLU GEO min My	17803	-321	-760	-4	10520	-2847	0.16	6.58	0.59	10.82	71.19	250.09
SLU GEO max Mx	18147	-34	-1267	19	20148	-305	0.02	6.87	1.11	9.78	67.15	270.25
SLU GEO min Mx	18381	45	1267	-19	-20148	402	0.02	6.86	1.10	9.81	67.24	273.34
Ed SLV max N	15654	2008	716	23	8227	17826	1.14	4.62	0.53	10.95	50.61	309.30
Ed SLV min N	17226	-2030	-716	-23	-8227	-18022	1.05	4.81	0.48	11.04	53.10	324.41
Ed SLV max My	15972	2053	716	23	8226	18224	1.14	4.62	0.52	10.97	50.66	315.28
Ed SLV min My	16908	-2075	-716	-23	-8226	-18420	1.09	4.72	0.49	11.03	52.06	324.79
Ed SLV max Mx	15808	587	2388	77	27153	5210	0.33	6.24	1.72	8.56	53.45	295.75
Ed SLV min Mx	17068	-612	-2388	-77	-27153	-5435	0.32	6.26	1.59	8.82	55.23	309.03

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 4

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)	ex (m)	B*(m)	ey (m)	L*(m)	A*(m^2)	sigma (kPa)
SLU STR max N	13475	138	678	-41	-5181	617	0.05	6.81	0.38	11.23	76.47	176.22
SLU STR min N	26174	-126	-683	54	11995	-565	0.02	6.86	0.46	11.08	76.00	344.40
SLU STR max My	21340	391	679	-55	-6795	1751	0.08	6.74	0.32	11.36	76.54	278.80
SLU STR min My	15784	-464	-676	37	4963	-2077	0.13	6.64	0.31	11.37	75.47	209.14
SLU STR max Mx	24449	-50	-688	69	16855	-223	0.01	6.88	0.69	10.62	73.09	334.49
SLU STR min Mx	19003	4	688	-69	-16855	19	0.00	6.90	0.89	10.23	70.54	269.40
SLU GEO max N	13422	166	588	-35	-4486	744	0.06	6.79	0.33	11.33	76.93	174.47
SLU GEO min N	20216	-125	-592	47	10290	-561	0.03	6.84	0.51	10.98	75.17	268.95
SLU GEO max My	15864	363	588	-47	-5861	1627	0.10	6.69	0.37	11.26	75.39	210.42
SLU GEO min My	15675	-413	-586	32	4300	-1852	0.12	6.66	0.27	11.45	76.31	205.41
SLU GEO max Mx	18642	-41	-596	59	14430	-184	0.01	6.88	0.77	10.45	71.91	259.24
SLU GEO min Mx	18276	17	596	-59	-14430	77	0.00	6.89	0.79	10.42	71.82	254.48
Ed SLV max N	13479	2090	493	52	3498	9364	0.69	5.51	0.26	11.48	63.27	213.04
Ed SLV min N	16004	-2169	-493	-52	-3498	-9717	0.61	5.69	0.22	11.56	65.74	243.43
Ed SLV max My	13622	2093	493	52	3498	9378	0.69	5.52	0.26	11.49	63.44	214.72
Ed SLV min My	15860	-2172	-493	-52	-3498	-9731	0.61	5.67	0.22	11.56	65.57	241.87
Ed SLV max Mx	14092	566	1644	174	11522	2534	0.18	6.54	0.82	10.36	67.79	207.88
Ed SLV min Mx	15356	-635	-1644	-174	-11522	-2846	0.19	6.53	0.75	10.50	68.55	223.99

La pressione massima risulta pari a **385 kPa** per la pila p3 e **345 kPa** per la pila p4.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le verifiche di capacità portante per ognuna delle pile.

Pila 3

Combination	Nq	N γ	s γ	i γ	g γ	b γ	Rd	Rd/Ed
SLU STR max N	319.06	762.86	1.48	0.86	1.00	1.00	76506	365 > 2.3 - ok
SLU STR min N	319.06	762.86	1.48	0.92	1.00	1.00	82582	215 > 2.3 - ok
SLU STR max My	319.06	762.86	1.45	0.87	1.00	1.00	72435	292 > 2.3 - ok
SLU STR min My	319.06	762.86	1.46	0.90	1.00	1.00	76007	232 > 2.3 - ok
SLU STR max Mx	319.06	762.86	1.52	0.85	1.00	1.00	77736	222 > 2.3 - ok
SLU STR min Mx	319.06	762.86	1.55	0.81	1.00	1.00	75874	267 > 2.3 - ok
SLU GEO max N	319.06	762.86	1.47	0.88	1.00	1.00	77782	374 > 2.3 - ok
SLU GEO min N	319.06	762.86	1.49	0.91	1.00	1.00	81948	273 > 2.3 - ok
SLU GEO max My	319.06	762.86	1.45	0.88	1.00	1.00	74036	307 > 2.3 - ok
SLU GEO min My	319.06	762.86	1.46	0.88	1.00	1.00	74381	297 > 2.3 - ok
SLU GEO max Mx	319.06	762.86	1.53	0.83	1.00	1.00	76421	283 > 2.3 - ok
SLU GEO min Mx	319.06	762.86	1.53	0.83	1.00	1.00	76370	279 > 2.3 - ok
Ed SLV max N	319.06	762.86	1.32	0.67	1.00	1.00	36001	116 > 2.3 - ok
Ed SLV min N	319.06	762.86	1.33	0.70	1.00	1.00	39094	121 > 2.3 - ok
Ed SLV max My	319.06	762.86	1.32	0.67	1.00	1.00	35944	114 > 2.3 - ok
Ed SLV min My	319.06	762.86	1.32	0.69	1.00	1.00	37650	116 > 2.3 - ok
Ed SLV max Mx	319.06	762.86	1.55	0.65	1.00	1.00	54880	186 > 2.3 - ok
Ed SLV min Mx	319.06	762.86	1.54	0.67	1.00	1.00	56398	183 > 2.3 - ok

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 4

Combination	Nq	N γ	s γ	i γ	g γ	b γ	Rd	Rd/Ed	
SLU STR max N	319.06	762.86	1.46	0.87	1.00	1.00	75817	430	> 2.3 - ok
SLU STR min N	319.06	762.86	1.47	0.93	1.00	1.00	82246	239	> 2.3 - ok
SLU STR max My	319.06	762.86	1.45	0.91	1.00	1.00	77530	278	> 2.3 - ok
SLU STR min My	319.06	762.86	1.44	0.87	1.00	1.00	72896	349	> 2.3 - ok
SLU STR max Mx	319.06	762.86	1.49	0.93	1.00	1.00	83438	249	> 2.3 - ok
SLU STR min Mx	319.06	762.86	1.51	0.91	1.00	1.00	82989	308	> 2.3 - ok
SLU GEO max N	319.06	762.86	1.45	0.88	1.00	1.00	76539	439	> 2.3 - ok
SLU GEO min N	319.06	762.86	1.47	0.92	1.00	1.00	81549	303	> 2.3 - ok
SLU GEO max My	319.06	762.86	1.45	0.89	1.00	1.00	75691	360	> 2.3 - ok
SLU GEO min My	319.06	762.86	1.44	0.88	1.00	1.00	74384	362	> 2.3 - ok
SLU GEO max Mx	319.06	762.86	1.50	0.92	1.00	1.00	83007	320	> 2.3 - ok
SLU GEO min Mx	319.06	762.86	1.50	0.92	1.00	1.00	83145	327	> 2.3 - ok
Ed SLV max N	319.06	762.86	1.36	0.63	1.00	1.00	41393	194	> 2.3 - ok
Ed SLV min N	319.06	762.86	1.37	0.67	1.00	1.00	45864	188	> 2.3 - ok
Ed SLV max My	319.06	762.86	1.36	0.63	1.00	1.00	41703	194	> 2.3 - ok
Ed SLV min My	319.06	762.86	1.37	0.67	1.00	1.00	45529	188	> 2.3 - ok
Ed SLV max Mx	319.06	762.86	1.48	0.71	1.00	1.00	60044	289	> 2.3 - ok
Ed SLV min Mx	319.06	762.86	1.47	0.73	1.00	1.00	61180	273	> 2.3 - ok

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

Per quanto riguarda la verifica a scorrimento il confronto è stato effettuato, per ogni combinazione di carico, tra la risultante dell'azione orizzontale (Ed) e la resistenza complessiva offerta dal plinto di fondazione (Rd). Quest'ultima è stata calcolata moltiplicando l'azione verticale agente in fondazione per la tangente dell'angolo d'attrito.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati, per entrambe le pile, i risultati delle verifiche che risultano ampiamente soddisfatte.

Pila 3

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Tmax	Rd	Rd/Ed	
SLU STR max N	15504	-42	-868	869	18477	21.26	>1.1 - verifica ok
SLU STR min N	28490	16	889	889	33953	38.17	>1.1 - verifica ok
SLU STR max My	17961	346	865	932	21405	22.97	>1.1 - verifica ok
SLU STR min My	23823	-370	-877	952	28391	29.83	>1.1 - verifica ok
SLU STR max Mx	24208	-36	-1462	1462	28850	19.73	>1.1 - verifica ok
SLU STR min Mx	18629	4	1462	1462	22201	15	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max N	15606	-41	-752	754	18599	24.68	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min N	21847	22	771	771	26036	33.78	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max My	17767	304	750	809	21174	26.17	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min My	17803	-321	-760	825	21217	25.72	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max Mx	18147	-34	-1267	1267	21627	17.06	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min Mx	18381	45	1267	1268	21905	17	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max N	15654	2008	716	2132	18656	8.75	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min N	17226	-2030	-716	2153	20529	9.54	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max My	15972	2053	716	2174	19034	8.76	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min My	16908	-2075	-716	2195	20151	9.18	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max Mx	15808	587	2388	2459	18839	7.66	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min Mx	17068	-612	-2388	2465	20340	8	>1.1 - verifica ok

Pila 4

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Tmax	Rd	Rd/Ed	
SLU STR max N	13475	138	692	16059	23	>1.1 - verifica ok
SLU STR min N	26174	-126	695	31193	45	>1.1 - verifica ok
SLU STR max My	21340	391	783	25432	32	>1.1 - verifica ok
SLU STR min My	15784	-464	820	18810	23	>1.1 - verifica ok
SLU STR max Mx	24449	-50	690	29137	42	>1.1 - verifica ok
SLU STR min Mx	19003	4	688	22647	33	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max N	13422	166	611	15996	26	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min N	20216	-125	605	24092	40	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max My	15864	363	691	18906	27	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min My	15675	-413	717	18680	26	>1.1 - verifica ok
SLU GEO max Mx	18642	-41	597	22217	37	>1.1 - verifica ok
SLU GEO min Mx	18276	17	596	21780	37	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max N	13479	2090	2148	16063	7	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min N	16004	-2169	2224	19072	9	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max My	13622	2093	2151	16234	8	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min My	15860	-2172	2227	18901	8	>1.1 - verifica ok
Ed SLV max Mx	14092	566	1739	16794	10	>1.1 - verifica ok
Ed SLV min Mx	15356	-635	1763	18300	10	>1.1 - verifica ok

9.3 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE 1

Le spalle 1 delle due carreggiate sono di tipo tradizionale in c.a. e presentano fondazioni del tipo indiretto costituite da plinti rettangolari di dimensioni 13 m x 13 m, spessore 2 m, con 40 pali diam 1.2m L = 36 m posti ad interasse 3.6 m nelle due direzioni.

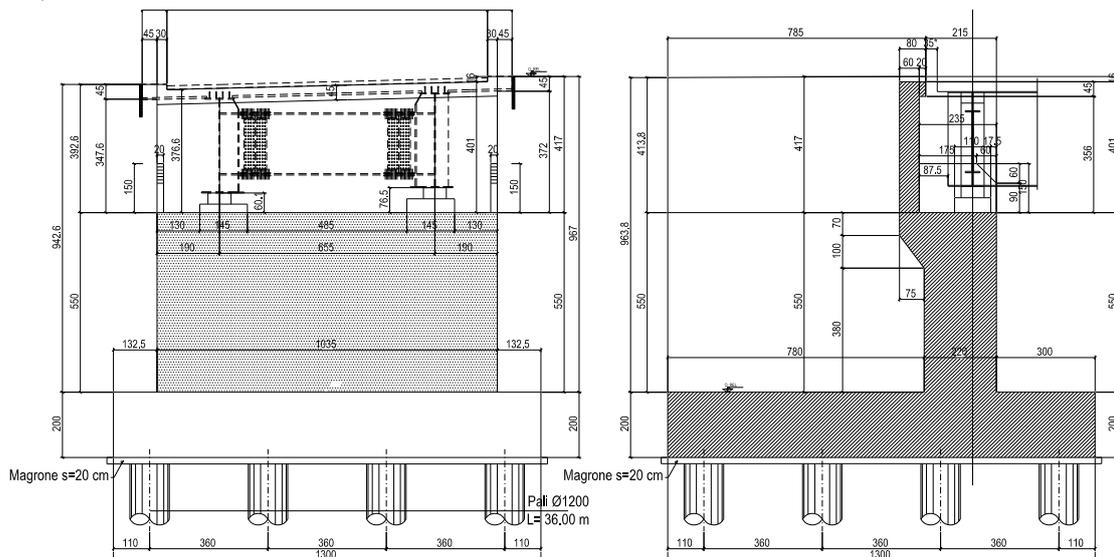


Figura 9.3: Vista frontale e sezione longitudinale spalle SP1

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

La verifica della spalla è stata condotta in tutte le combinazioni previste e quella più gravosa è risultata la combinazione "Ed SLV max My" con azione massima di compressione pari a $Q_{Ed} = 4072 \text{ kN}$ cui va aggiunto il peso proprio del palo per un **totale di 5090 kN**.

Il palo in progetto di lunghezza pari a 36 m ha una capacità portante pari a $Q_{Rd} = 8133 \text{ kN}$ (di cui 6425 kN laterale e 1709 kN di base), valore che risulta superiore alle azioni agenti, per cui la verifica a capacità portante è soddisfatta.

In trazione la Q_{Rd} , trascurando il contributo favorevole del peso proprio del palo, risulta pari a **5911 kN**, mentre l'azione massima di trazione risulta pari a **472 kN**.

Per quanto riguarda le azioni orizzontali la Q_{Rd} risulta pari a **1643 kN** (vedi allegato 3) a fronte di una sollecitazione massima pari a 1477 kN.

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

In tutti i casi le verifiche risultano soddisfatte.

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

$N = 2080 \text{ kN}$;

$E_p = 30000000 \text{ kPa}$;

$R_o = 0.6 \text{ m}$;

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

$n = 16$;

$i = 3.6 \text{ m}$;

$L = 36 \text{ m}$;

$R = 1.26$;

$R_g = 0.477$.

$w_{palo} = 3.75 \text{ mm}$

$w_{palificata} = 28.60 \text{ mm}$

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

9.4 VERIFICA GEOTECNICA DELLE SPALLE 2

Le spalle 2 delle due carreggiate sono in c.a. e presentano fondazioni del tipo diretto su roccia consolidata con 42 micropali di ricucitura diam 130 mm, tubo diam 76 mm L = 12 m.e la zattera è costituita da plinti rettangolari di dimensioni 10,00 m x 12,0 m ed altezza 2 m.

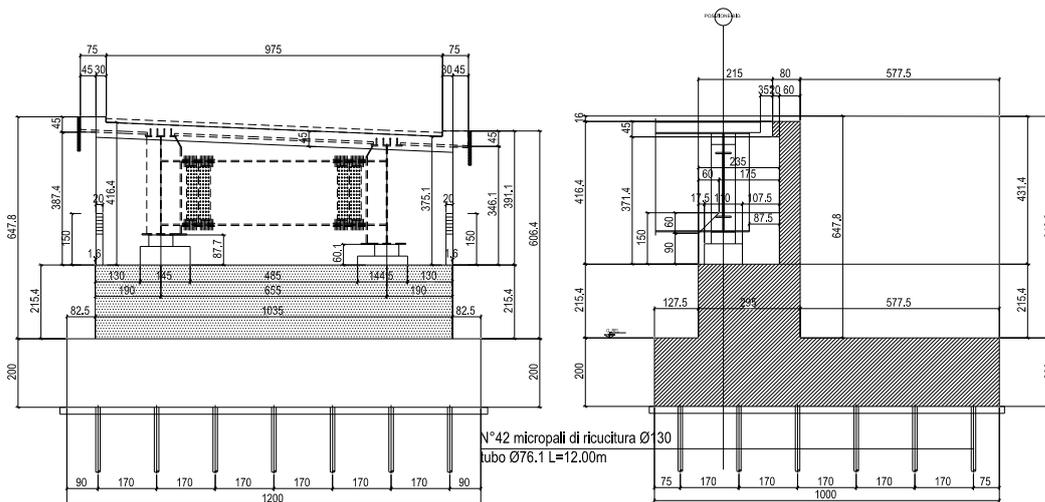
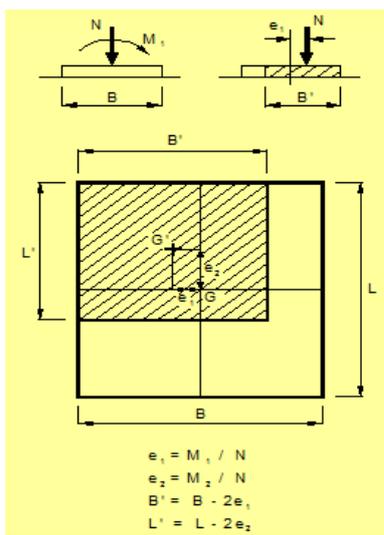


Figura 9.4: Vista frontale e sezione longitudinale spalla SP2

Le sollecitazioni agenti sul piano di posa, derivanti dall'analisi delle sovrastrutture, evidenziano la presenza di carichi eccentrici.

Per la stima delle pressioni agenti sul piano di posa ci si è quindi ricondotti ad una fondazione equivalente di dimensioni ridotte, ma sottoposta a carichi centrati, secondo lo schema seguente:



Nella tabella seguente sono riportati i risultati ottenuti:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla B													
Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)	ex (m)	B*(m)	ey (m)	L*(m)	A*(m^2)	sigma (kPa)	
SLU STR max N	16445	3857	404	1213	-3827	4063	0.25	9.51	0.23	11.53	109.65	149.98	
SLU STR min N	28818	3487	-391	-1172	3109	15942	0.55	8.89	0.11	11.78	104.80	274.97	
SLU STR max My	26330	4817	-391	-1172	3109	25425	0.97	8.07	0.12	11.76	94.92	277.39	
SLU STR min My	18933	2528	404	1213	-3827	-5420	0.29	9.43	0.20	11.60	109.32	173.19	
SLU STR max Mx	22997	2906	-388	-1163	9246	14177	0.62	8.77	0.40	11.20	98.15	234.29	
SLU STR min Mx	23826	4438	388	1163	-9246	10509	0.44	9.12	0.39	11.22	102.34	232.82	277.39
SLU GEO max N	16543	2906	350	1051	-3306	1803	0.11	9.78	0.20	11.60	113.47	145.78	
SLU GEO min N	22033	3345	-338	-1015	2695	15383	0.70	8.60	0.12	11.76	101.14	217.85	
SLU GEO max My	22012	3724	-338	-1015	2695	17102	0.78	8.45	0.12	11.76	99.29	221.71	
SLU GEO min My	16352	2591	569	1706	-4793	-252	0.02	9.97	0.29	11.41	113.79	143.71	
SLU GEO max Mx	19043	2906	-336	-1008	7923	9306	0.49	9.02	0.42	11.17	100.76	188.99	
SLU GEO min Mx	20861	3345	336	1008	-7923	11868	0.57	8.86	0.38	11.24	99.62	209.42	221.71
Ed SLV max N	16736	12328	-1642	2400	8992	37733	2.25	5.49	0.54	10.93	59.99	278.98	
Ed SLV min N	18182	-3907	1642	-2400	-8992	-18385	1.01	7.98	0.49	11.01	87.84	206.99	
Ed SLV max My	17398	12328	2295	-440	-3961	39719	2.28	5.43	0.23	11.54	62.73	277.33	
Ed SLV min My	17520	-3907	-2295	440	3961	-20371	1.16	7.67	0.23	11.55	88.63	197.69	
Ed SLV max Mx	17009	4748	-5472	8000	29963	11193	0.66	8.68	1.76	8.48	73.61	231.06	
Ed SLV min Mx	17909	1477	5472	-8000	-29963	-682	0.04	9.92	1.67	8.65	85.88	208.54	278.98
SLE RARA max N	16692	2843	271	812	-2603	1955	0.12	9.77	0.16	11.69	114.14	146.24	
SLE RARA min N	21371	3301	-260	-781	2071	13840	0.65	8.70	0.10	11.81	102.77	207.95	
SLE RARA max My	21357	3554	-260	-781	2071	14986	0.70	8.60	0.10	11.81	101.49	210.43	
SLE RARA min My	16706	2591	271	812	-2603	809	0.05	9.90	0.16	11.69	115.75	144.32	
SLE RARA max Mx	18833	2843	-258	-775	6617	8379	0.44	9.11	0.35	11.30	102.92	182.99	
SLE RARA min Mx	20385	3301	258	775	-6617	10883	0.53	8.93	0.32	11.35	101.39	201.06	210.43
SLE FREQUENTE max N	16914	2843	5	15	-238	2622	0.16	9.69	0.01	11.97	116.01	145.81	
SLE FREQUENTE min N	20404	3301	0	-1	46	10939	0.54	8.93	0.00	12.00	107.09	190.53	
SLE FREQUENTE max My	20391	3554	0	-1	46	12085	0.59	8.81	0.00	12.00	105.74	192.84	
SLE FREQUENTE min My	16928	2591	5	15	-238	1476	0.09	9.83	0.01	11.97	117.63	143.91	
SLE FREQUENTE max Mx	18206	2843	-1	-2	2600	6497	0.36	9.29	0.14	11.71	108.78	167.36	
SLE FREQUENTE min Mx	19730	3301	1	2	-2600	8916	0.45	9.10	0.13	11.74	106.76	184.81	192.84
SLE Q.PERMANENTE max N	17121	2843	0	0	0	3243	0.19	9.62	0.00	12.00	115.45	148.29	
SLE Q.PERMANENTE min N	17797	2591	0	0	0	4082	0.23	9.54	0.00	12.00	114.49	155.44	
SLE Q.PERMANENTE max My	17783	2843	0	0	0	5228	0.29	9.41	0.00	12.00	112.94	157.45	
SLE Q.PERMANENTE min My	17135	2591	0	0	0	2097	0.12	9.76	0.00	12.00	117.06	146.37	
SLE Q.PERMANENTE max Mx	17357	2843	0	0	0	3949	0.23	9.54	0.00	12.00	114.54	151.54	
SLE Q.PERMANENTE min Mx	17561	2591	0	0	0	3376	0.19	9.62	0.00	12.00	115.39	152.19	157.45

La pressione massima risulta pari a **279 kPa**.

Nella tabella seguente si riportano invece i risultati delle verifiche di capacità portante:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla B								
Combinazione	N _g	N	S	T	E	b	Rd	Rd/Ed
SLU STR max N	319.06	762.86	1.62	0.50	1.00	1.00	68159	454 > 2.3 - ok
SLU STR min N	319.06	762.86	1.57	0.72	1.00	1.00	87727	319 > 2.3 - ok
SLU STR max My	319.06	762.86	1.52	0.59	1.00	1.00	68502	229 > 2.3 - ok
SLU STR min My	319.06	762.86	1.61	0.69	1.00	1.00	92129	532 > 2.3 - ok
SLU STR max Mx	319.06	762.86	1.59	0.71	1.00	1.00	86297	368 > 2.3 - ok
SLU STR min Mx	319.06	762.86	1.81	0.59	1.00	1.00	76098	327 > 2.3 - ok
SLU GEO max N	319.06	762.86	1.84	0.61	1.00	1.00	85598	587 > 2.3 - ok
SLU GEO min N	319.06	762.86	1.55	0.65	1.00	1.00	76476	351 > 2.3 - ok
SLU GEO max My	319.06	762.86	1.54	0.62	1.00	2.00	70672	319 > 2.3 - ok
SLU GEO min My	319.06	762.86	1.05	0.64	1.00	2.00	92678	646 > 2.3 - ok
SLU GEO max Mx	319.06	762.86	1.61	0.65	1.00	1.00	83234	440 > 2.3 - ok
SLU GEO min Mx	319.06	762.86	1.00	0.64	1.00	2.00	79203	378 > 2.3 - ok
Ed SLV max N	319.06	762.86	1.38	0.03	1.00	2.00	1734	6.36 > 2.3 - ok
Ed SLV min N	319.06	762.86	1.55	0.50	1.00	1.00	54556	264 > 2.3 - ok
Ed SLV max My	319.06	762.86	1.36	0.03	1.00	1.00	2115	7.63 > 2.3 - ok
Ed SLV min My	319.06	762.86	1.50	0.46	1.00	1.00	46428	235 > 2.3 - ok
Ed SLV max Mx	319.06	762.86	1.77	0.25	1.00	1.00	33848	346 > 2.3 - ok
Ed SLV min Mx	319.06	762.86	1.87	0.39	1.00	1.00	68557	305 > 2.3 - ok

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

Per quanto riguarda la verifica a scorrimento il confronto è stato effettuato, per ogni combinazione di carico, tra la risultante dell'azione orizzontale (Ed) e la resistenza complessiva offerta dal plinto di fondazione (Rd). Quest'ultima è stata calcolata moltiplicando l'azione verticale agente in fondazione per la tangente dell'angolo d'attrito.

Nella seguente tabella vengono riportati i risultati delle verifiche che risultano ampiamente soddisfatte.

Spalla B						
Combinazione	N (kN)	T _x (kN)	T _y (kN)	T _z (kN)	Rd	Rd/Ed
SLU STR max N	16448	3857	404	3879	19928	5.05 > 1.1 - verifica ok
SLU STR min N	26818	3487	-391	3509	34343	9.79 > 1.1 - verifica ok
SLU STR max My	26836	4217	-381	4233	31379	6.49 > 1.1 - verifica ok
SLU STR min My	18938	2528	404	2560	22963	8.81 > 1.1 - verifica ok
SLU STR max Mx	22997	2926	-382	2882	27466	9.85 > 1.1 - verifica ok
SLU STR min Mx	23526	4488	383	4455	28325	6 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO max N	16548	2926	359	2928	19715	6.73 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO min N	22738	3345	-382	3362	26252	7.81 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO max My	22612	3724	-386	3719	26393	7.32 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO min My	16852	2591	384	2652	19422	7.35 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO max Mx	19048	2926	-386	2926	22995	7.76 > 1.1 - verifica ok
SLU GEO min Mx	20261	3345	336	3362	24861	7 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV max N	16736	12322	-1642	12437	19945	1.60 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV min N	18182	-3607	1642	4298	21669	5.11 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV max My	17392	12322	2295	12546	26734	1.65 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV min My	17520	-3607	-2295	4531	20880	4.61 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV max Mx	17009	4798	-5472	7245	26271	2.80 > 1.1 - verifica ok
Ed SLV min Mx	17502	1477	5472	5862	21343	4 > 1.1 - verifica ok

10. VERIFICA STRUTTURALE DI PILE E SPALLE

Le sollecitazioni da cui derivano le verifiche strutturali di pile e spalle sono state calcolate per ciascuna opera del viadotto, le opere simili sono state verificate per le sollecitazioni massime presenti sulle stesse.

10.1 Verifica strutturale pile 1, 2, 3, 4

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

- Fusto pila
- Baggioli
- Fondazione
- Pali

10.1.1 Fusto Pile

Le pile presentano altezze di spiccatto comprese tra 2.15 e 10.50 m.

Le verifiche verranno eseguite con riferimento alle sezioni più sollecitate, ovvero quella di spiccatto fondazione delle varie pile, per poi estendere l'armatura di progetto a tutto il fusto.

L'armatura predisposta per le pile avente fusto di altezza massima 6.50 m (pila 1 - pila 3 - pila 4) è riportata di seguito.

Armatura verticale

n. 212 \varnothing 20 perimetrali

Staffe

Staffe perimetrali \varnothing 14/10

Completano l'armatura delle legature orizzontali, \varnothing 10 40x40, disposte a vincolare in maniera alternata le barre verticali in direzione trasversale della pila.

Qui di seguito lo schema delle armature di verifica.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

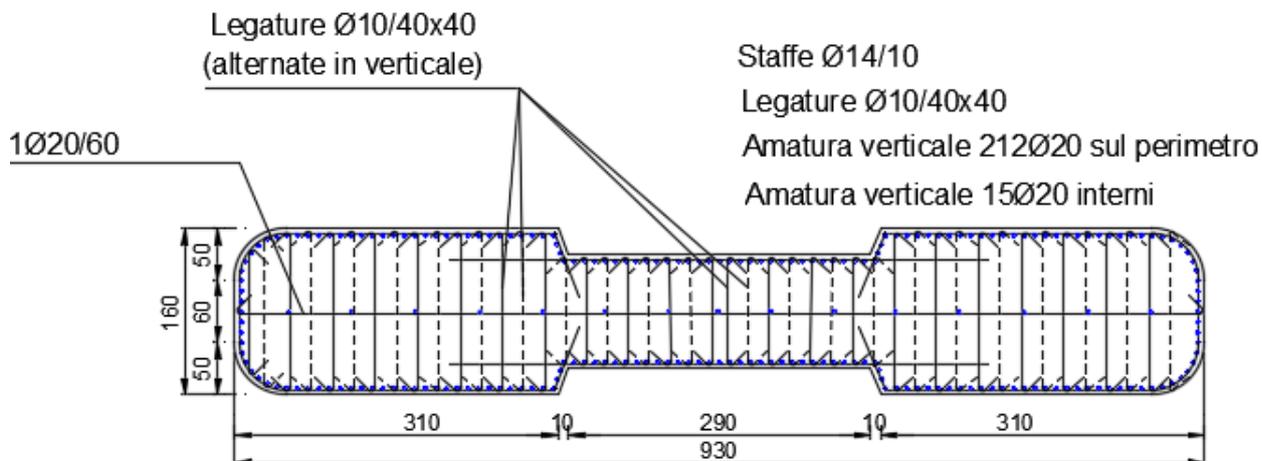


Figura 10.1: Dimensioni ed armatura pila 1 - pila 3 – pila 4

L'armatura predisposta per la pila 2, avente fusto di altezza 10.56 m, è riportata di seguito.

Armatura verticale

n. 212 Ø 24 perimetrali

Staffe

Staffe perimetrali Ø 14/10

Completano l'armatura delle legature orizzontali, Ø 10 40x40, disposte a vincolare in maniera alternata le barre verticali in direzione trasversale della pila.

Qui di seguito lo schema delle armature di verifica.

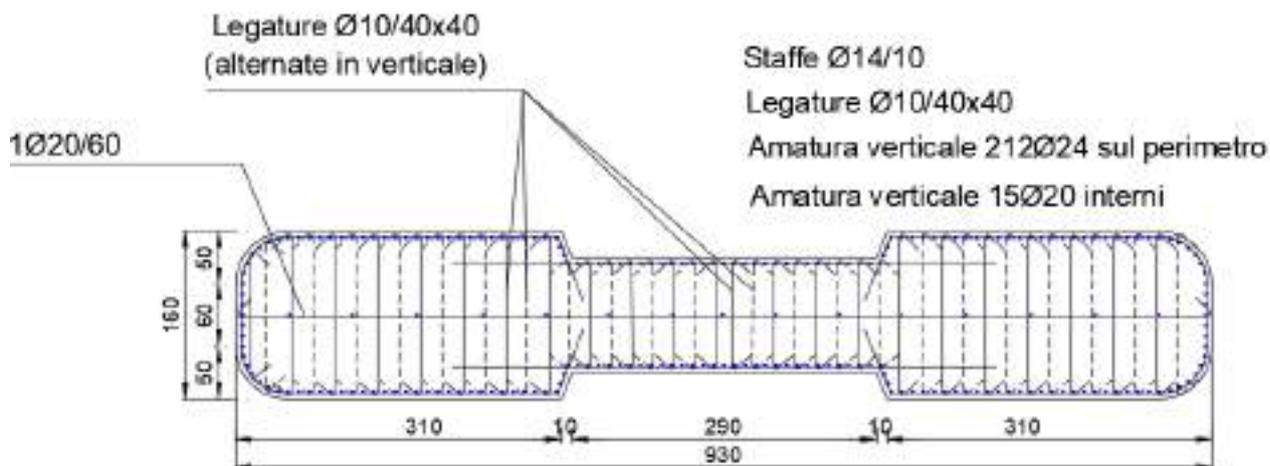


Figura 10.2: Dimensioni ed armatura pila 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Le tabelle seguenti riepilogano le sollecitazioni, ricavate a valle dell'elaborazione dei vari involuipi, insistenti in tale sezione alla quota dello spiccato delle fondazioni rispettivamente per la pila 1, pila 2, pila 3 e pila 4.

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



Figura 10.3 Elem. di riferimento verifiche pile e sist. riferimento

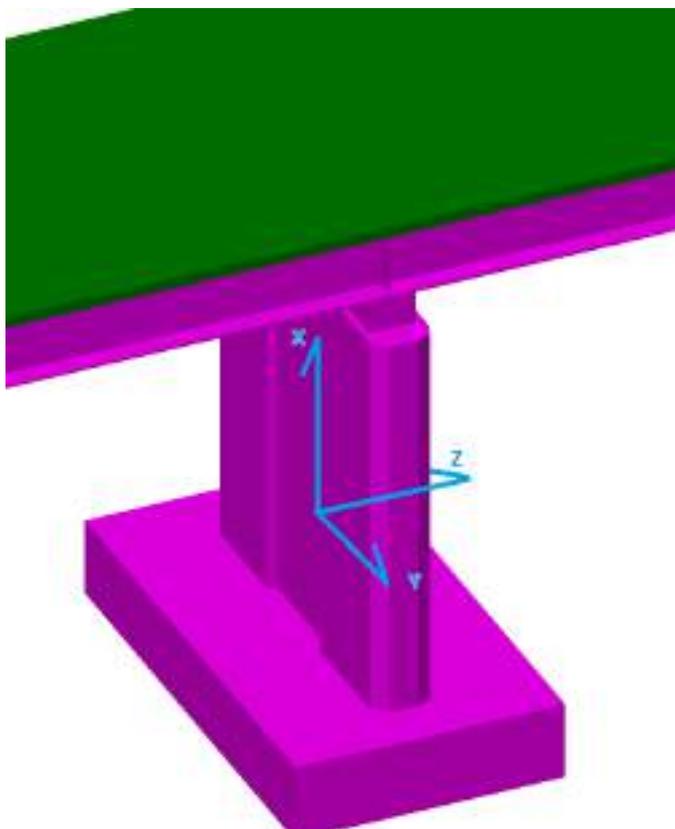


Figura 10.4: Sistema di riferimento elementi pila

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:964.000
Zoom: 139.895
Eye: (-0.593877, -0.668223, 0.451061)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

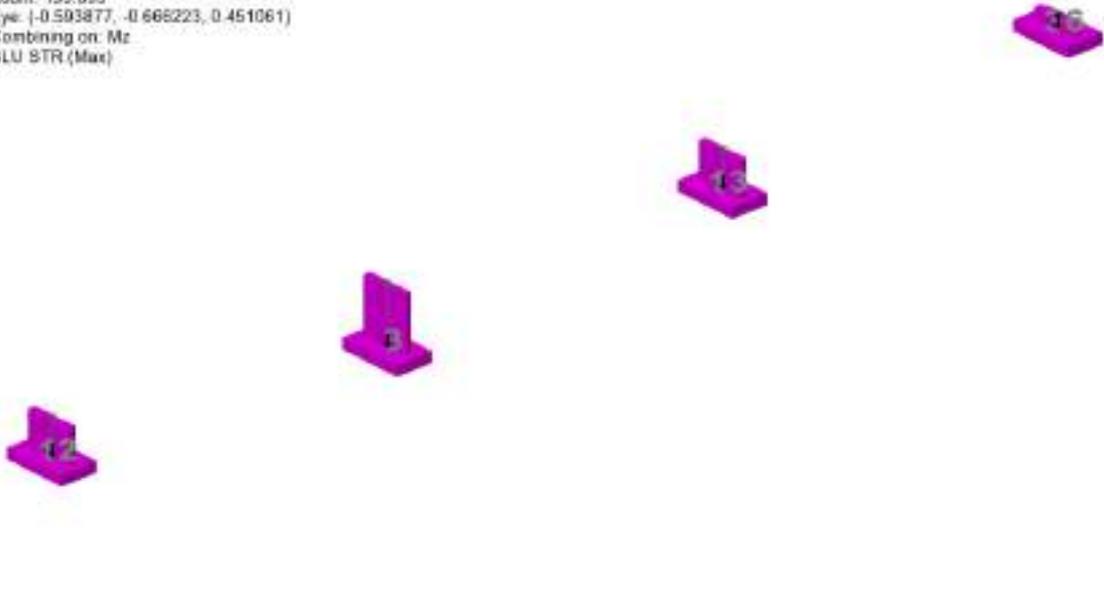


Figura 10.5 Numerazione elementi spiccato pila

ENV	SollInv	El	ng	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(N)	Mx(kNm)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	12	0	-10834.89	-682.53	-137.92	-40.92	948.91	6818.68
SLU STR (Min)	Fx	0	0	-22607.97	673.38	126.29	21.78	-868.87	421.30
SLU STR (Max)	My	0	0	-17769.59	-683.25	-387.64	-56.06	2666.98	8551.05
SLU STR (Min)	My	0	0	-13147.58	680.13	460.43	37.00	-3167.73	-6597.21
SLU STR (Max)	Mz	0	0	-16242.66	-692.52	49.50	-69.67	-340.53	18529.75
SLU STR (Min)	Mz	0	0	-20392.68	692.52	-2.49	69.67	17.14	-18529.75
Ed_SLV (Max)	Fx	0	0	-10858.74	493.88	2009.15	52.10	14254.49	4694.06
Ed_SLV (Min)	Fx	0	0	-13342.30	-493.88	-1930.49	-52.10	-14795.66	-4694.06
Ed_SLV (Max)	My	0	0	-11002.31	493.88	2006.04	52.10	14275.86	4694.06
Ed_SLV (Min)	My	0	0	-13198.74	-493.88	-1927.38	-52.10	-14817.03	-4694.06
Ed_SLV (Max)	Mz	0	0	-11319.64	1645.92	666.72	173.64	3853.33	15486.08
Ed_SLV (Min)	Mz	0	0	-12846.94	-1645.92	-597.24	-173.64	-4331.34	-15486.08
SLE RARA (Max)	Fx	0	0	-11042.33	-455.20	-115.25	-27.50	792.95	4568.80
SLE RARA (Min)	Fx	0	0	-16823.23	448.42	107.16	13.32	-737.24	794.14
SLE RARA (Max)	My	0	0	-13139.57	-455.73	-292.80	-38.72	2014.43	5852.04
SLE RARA (Min)	My	0	0	-12888.90	453.42	354.83	24.60	-2441.20	-4404.75
SLE RARA (Max)	Mz	0	0	-15134.92	-462.60	42.67	-48.80	-293.55	13243.66
SLE RARA (Min)	Mz	0	0	-15124.63	462.60	-0.96	48.80	6.58	-13243.66
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	0	0	-11422.59	-1.77	-29.76	-2.22	204.72	230.14
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	0	0	-14667.24	-1.83	103.33	-5.33	-710.88	2260.10
SLE FREQUENTE (Max)	My	0	0	-11713.52	0.00	-52.03	0.00	357.98	0.00
SLE FREQUENTE (Min)	My	0	0	-12459.58	0.00	125.08	0.00	-860.53	0.00
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	0	0	-13565.39	-3.67	48.41	-11.89	-333.08	4352.52
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	0	0	-13575.02	3.67	11.94	11.89	-82.12	-4352.52
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	0	0	-11638.05	0.00	-31.28	0.00	215.21	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	0	0	-12562.99	0.00	109.94	0.00	-756.38	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	0	0	-11789.53	0.00	-34.94	0.00	240.40	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	0	0	-12411.51	0.00	113.60	0.00	-781.56	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	0	0	-12078.48	0.00	52.98	0.00	-364.49	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	0	0	-12088.11	0.00	16.50	0.00	-113.52	0.00

Tabella 10.1 : Involuppi sollecitazioni spiccato pila 1

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

ENV	SollInv	El	ng	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(N)	Mx(kNm)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	3	0	-12734.01	870.77	41.86	9.22	-455.49	-11142.71
SLU STR (Min)	Fx	0	0	-24749.01	-891.46	-15.76	-13.02	171.51	19634.17
SLU STR (Max)	My	0	0	-15180.32	-867.97	-337.25	5.18	3669.33	10311.09
SLU STR (Min)	My	0	0	-20092.56	879.65	360.72	-4.52	-3924.64	-13924.40
SLU STR (Max)	Mz	0	0	-15825.90	-1466.10	1.71	-21.91	-18.65	26254.31
SLU STR (Min)	Mz	0	0	-20511.73	1466.10	21.33	21.91	-232.07	-26254.31
Ed_SLV (Max)	Fx	0	0	-12890.38	715.99	2525.84	23.01	23975.82	9599.56
Ed_SLV (Min)	Fx	0	0	-14449.14	-715.99	-2503.70	-23.01	-24216.71	-9599.56
Ed_SLV (Max)	My	0	0	-13207.56	716.00	2481.04	23.01	24463.26	9599.50
Ed_SLV (Min)	My	0	0	-14131.95	-716.00	-2458.90	-23.01	-24704.15	-9599.50
Ed_SLV (Max)	Mz	0	0	-13163.29	2386.03	751.67	76.50	7279.68	31870.94
Ed_SLV (Min)	Mz	0	0	-14179.92	-2386.03	-732.27	-76.50	-7490.79	-31870.94
SLE RARA (Max)	Fx	0	0	-12956.34	580.32	34.99	5.89	-380.72	-7366.94
SLE RARA (Min)	Fx	0	0	-18354.29	-595.64	-13.38	-8.70	145.55	13656.91
SLE RARA (Max)	My	0	0	-14805.28	-578.24	-251.74	4.78	2738.94	6750.93
SLE RARA (Min)	My	0	0	-14868.22	586.89	271.40	-4.29	-2952.88	-9427.45
SLE RARA (Max)	Mz	0	0	-15276.22	-978.17	1.27	-14.66	-13.79	17969.45
SLE RARA (Min)	Mz	0	0	-15186.47	978.17	17.72	14.66	-192.77	-17969.45
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	0	0	-13205.61	-0.96	32.36	-1.41	-352.10	279.29
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	0	0	-16087.16	-5.14	-8.89	0.14	96.74	2474.99
SLE FREQUENTE (Max)	My	0	0	-14797.14	4.06	-26.89	13.26	292.51	-1231.30
SLE FREQUENTE (Min)	My	0	0	-14872.86	4.59	48.16	-12.77	-523.97	-1445.22
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	0	0	-15273.22	-7.67	3.48	-0.53	-37.86	4665.72
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	0	0	-15185.23	7.67	17.66	0.53	-192.18	-4665.72
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	0	0	-13453.51	0.00	32.01	0.00	-348.26	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	0	0	-13886.01	0.00	-9.87	0.00	107.38	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	0	0	-13770.69	0.00	-12.79	0.00	139.18	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	0	0	-13568.82	0.00	34.93	0.00	-380.06	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	0	0	-13715.61	0.00	2.61	0.00	-28.40	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	0	0	-13627.61	0.00	16.79	0.00	-182.71	0.00

Tabella 10.2 : Involuppi sollecitazioni spiccato pila 2

ENV	SollInv	El	ng	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(N)	Mx(kNm)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	13	0	-11442.82	867.24	-41.62	-9.41	286.32	-7681.59
SLU STR (Min)	Fx	0	0	-23006.86	-888.48	15.57	13.23	-107.10	16097.87
SLU STR (Max)	My	0	0	-18339.74	876.17	-369.53	4.41	2542.36	-10417.22
SLU STR (Min)	My	0	0	-13900.02	-864.21	346.03	-5.12	-2380.68	6846.85
SLU STR (Max)	Mz	0	0	-21029.19	-897.55	3.76	15.14	-25.89	21521.66
SLU STR (Min)	Mz	0	0	-16815.41	897.55	-31.57	-15.14	217.19	-21521.66
Ed_SLV (Max)	Fx	0	0	-11593.07	716.41	2007.79	23.10	14252.25	6766.59
Ed_SLV (Min)	Fx	0	0	-13164.43	-716.41	-2029.88	-23.10	-14100.29	-6766.59
Ed_SLV (Max)	My	0	0	-11707.34	716.40	2005.04	23.10	14271.16	6766.67
Ed_SLV (Min)	My	0	0	-13050.15	-716.40	-2027.13	-23.10	-14119.20	-6766.67
Ed_SLV (Max)	Mz	0	0	-11762.83	2387.87	614.17	76.91	4202.33	22371.56
Ed_SLV (Min)	Mz	0	0	-12994.66	-2387.87	-636.26	-76.91	-4050.37	-22371.56
SLE RARA (Max)	Fx	0	0	-11665.20	577.97	-34.80	-6.02	239.43	-5060.35
SLE RARA (Min)	Fx	0	0	-17063.82	-593.70	13.23	8.84	-91.03	11294.63
SLE RARA (Max)	My	0	0	-13569.83	584.58	-277.93	4.22	1912.14	-7086.74
SLE RARA (Min)	My	0	0	-13522.21	-575.72	258.25	-4.75	-1776.73	4442.02
SLE RARA (Max)	Mz	0	0	-15568.04	-600.42	3.34	10.26	-22.98	15312.25
SLE RARA (Min)	Mz	0	0	-15675.72	600.42	-26.21	-10.26	180.33	-15312.25
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	0	0	-11914.52	-0.94	-32.26	1.40	221.91	275.27
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	0	0	-14796.47	-5.34	8.84	-0.12	-60.81	2456.99
SLE FREQUENTE (Max)	My	0	0	-13574.28	4.68	-48.47	12.80	333.49	-1419.30
SLE FREQUENTE (Min)	My	0	0	-13514.26	4.19	27.18	-13.33	-187.01	-1225.42
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	0	0	-13878.09	-7.99	0.62	0.58	-4.23	4639.45
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	0	0	-13995.03	7.99	-24.49	-0.58	168.51	-4639.45
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	0	0	-12162.44	0.00	-31.95	0.00	219.83	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	0	0	-12595.05	0.00	9.86	0.00	-67.87	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	0	0	-12277.78	0.00	-34.93	0.00	240.33	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	0	0	-12479.71	0.00	12.84	0.00	-88.37	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	0	0	-12320.28	0.00	1.51	0.00	-10.39	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	0	0	-12437.22	0.00	-23.60	0.00	162.35	0.00

Tabella 10.3 : Involuppi sollecitazioni spiccato pila 3

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

ENV	SollInv	El	ng	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(N)	Mx(kNm)	My(kNm)	Mz(kNm)
SLU STR (Max)	Fx	36	0	-9413.69	-677.39	137.70	41.01	-341.50	3824.15
SLU STR (Min)	Fx	0	0	-20690.95	682.08	-126.15	-54.48	312.85	-10628.74
SLU STR (Max)	My	0	0	-11722.47	674.93	-463.56	-37.07	1149.62	-3611.13
SLU STR (Min)	My	0	0	-15856.80	-677.82	390.83	54.96	-969.26	5437.46
SLU STR (Max)	Mz	0	0	-15339.79	-686.96	-49.53	68.52	122.82	15479.21
SLU STR (Min)	Mz	0	0	-18567.77	686.96	3.95	-68.52	-9.80	-15479.21
Ed_SLV (Max)	Fx	0	0	-9417.33	493.31	2090.18	52.22	5027.07	2514.88
Ed_SLV (Min)	Fx	0	0	-11942.24	-493.31	-2168.89	-52.22	-4831.87	-2514.88
Ed_SLV (Max)	My	0	0	-10190.89	493.31	1945.21	52.22	5386.60	2514.88
Ed_SLV (Min)	My	0	0	-11168.68	-493.31	-2023.92	-52.22	-5191.40	-2514.88
Ed_SLV (Max)	Mz	0	0	-10067.86	1644.28	565.77	173.99	1666.31	8246.84
Ed_SLV (Min)	Mz	0	0	-11257.24	-1644.28	-635.29	-173.99	-1493.88	-8246.84
SLE RARA (Max)	Fx	0	0	-9621.23	-451.77	115.10	27.56	-285.44	2571.73
SLE RARA (Min)	Fx	0	0	-15403.23	455.25	-107.06	-37.54	265.51	-7612.17
SLE RARA (Max)	My	0	0	-11464.92	449.95	-357.16	-24.65	885.75	-2413.94
SLE RARA (Min)	My	0	0	-11722.68	-452.09	295.16	37.90	-732.00	3766.78
SLE RARA (Max)	Mz	0	0	-14121.41	-458.86	-42.48	47.95	105.36	11205.11
SLE RARA (Min)	Mz	0	0	-13749.22	458.86	1.83	-47.95	-4.53	-11205.11
SLE FREQUENTE (Max)	Fx	0	0	-10001.55	-1.81	29.55	2.24	-73.29	223.00
SLE FREQUENTE (Min)	Fx	0	0	-13247.00	1.96	-103.35	-5.52	256.31	-2365.82
SLE FREQUENTE (Max)	My	0	0	-11038.89	0.00	-125.17	0.00	310.42	0.00
SLE FREQUENTE (Min)	My	0	0	-10292.73	0.00	52.07	0.00	-129.14	0.00
SLE FREQUENTE (Max)	Mz	0	0	-12495.26	-3.35	-48.42	11.21	120.08	4328.89
SLE FREQUENTE (Min)	Mz	0	0	-12143.00	3.35	-11.26	-11.21	27.92	-4328.89
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Fx	0	0	-10217.26	0.00	31.29	0.00	-77.60	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Fx	0	0	-11142.31	0.00	-110.00	0.00	272.80	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	My	0	0	-10990.81	0.00	-113.68	0.00	281.93	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	My	0	0	-10368.76	0.00	34.97	0.00	-86.73	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Max)	Mz	0	0	-10838.69	0.00	-53.34	0.00	132.29	0.00
SLE Q. PERMANENTE (Min)	Mz	0	0	-10486.42	0.00	-16.18	0.00	40.13	0.00

Tabella 10.4 : Involupi sollecitazioni spiccato pila 4

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

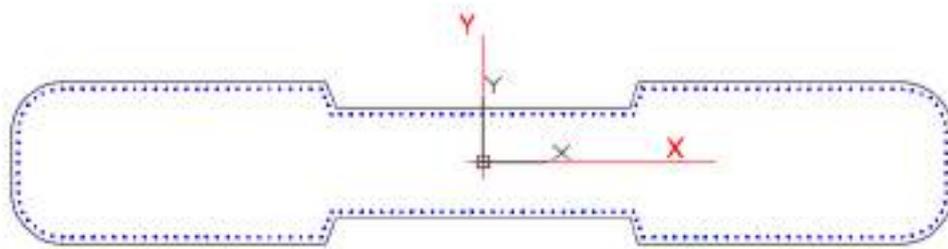


Figura 10.6: Sistema di riferimento software RC-SEZ

N = azione assiale

Vy/Vx = azione tagliante agente in direzione trasversale/ longitudinale

Mx/My = 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: Pila1_SLeonardo

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Sezione generica di Pilastro

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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	462.6	-45.5
2	455.5	-59.4
3	444.4	-70.5
4	430.5	-77.6
5	415.0	-80.0
6	155.0	-80.0
7	145.0	-55.0
8	-145.0	-55.0
9	-155.0	-80.0
10	-415.0	-80.0
11	-430.5	-77.6
12	-444.4	-70.5
13	-455.5	-59.4
14	-462.6	-45.5
15	-465.0	-30.0
16	-465.0	30.0
17	-462.6	45.5
18	-455.5	59.4
19	-444.4	70.5

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

20	-430.5	77.6
21	-415.0	80.0
22	-155.0	80.0
23	-145.0	55.0
24	145.0	55.0
25	155.0	80.0
26	415.0	80.0
27	430.5	77.6
28	444.4	70.5
29	455.5	59.4
30	462.6	45.5
31	465.0	30.0
32	465.0	-30.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	457.5	-39.7	20
2	454.3	-48.9	20
3	449.1	-57.2	20
4	442.2	-64.1	20
5	433.9	-69.3	20
6	424.7	-72.5	20
7	415.0	-73.6	20
8	404.8	-73.6	20
9	394.6	-73.6	20
10	384.3	-73.6	20
11	374.1	-73.6	20
12	363.9	-73.6	20
13	353.6	-73.6	20
14	343.4	-73.6	20
15	333.2	-73.6	20
16	323.0	-73.6	20
17	312.7	-73.6	20
18	302.5	-73.6	20
19	292.3	-73.6	20
20	282.1	-73.6	20
21	271.8	-73.6	20
22	261.6	-73.6	20
23	251.4	-73.6	20
24	241.2	-73.6	20
25	230.9	-73.6	20
26	220.7	-73.6	20
27	210.5	-73.6	20
28	200.2	-73.6	20
29	190.0	-73.6	20
30	179.8	-73.6	20
31	169.6	-73.6	20
32	159.3	-73.6	20
33	156.0	-65.3	20
34	152.7	-56.9	20
35	149.3	-48.6	20
36	139.4	-48.6	20
37	129.4	-48.6	20
38	119.5	-48.6	20
39	109.5	-48.6	20
40	99.6	-48.6	20
41	89.6	-48.6	20
42	79.6	-48.6	20
43	69.7	-48.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

44	59.7	-48.6	20
45	49.8	-48.6	20
46	39.8	-48.6	20
47	29.9	-48.6	20
48	19.9	-48.6	20
49	10.0	-48.6	20
50	0.0	-48.6	20
51	-10.0	-48.6	20
52	-19.9	-48.6	20
53	-29.9	-48.6	20
54	-39.8	-48.6	20
55	-49.8	-48.6	20
56	-59.7	-48.6	20
57	-69.7	-48.6	20
58	-79.6	-48.6	20
59	-89.6	-48.6	20
60	-99.6	-48.6	20
61	-109.5	-48.6	20
62	-119.5	-48.6	20
63	-129.4	-48.6	20
64	-139.4	-48.6	20
65	-149.3	-48.6	20
66	-152.7	-56.9	20
67	-156.0	-65.3	20
68	-159.3	-73.6	20
69	-169.6	-73.6	20
70	-179.8	-73.6	20
71	-190.0	-73.6	20
72	-200.2	-73.6	20
73	-210.5	-73.6	20
74	-220.7	-73.6	20
75	-230.9	-73.6	20
76	-241.2	-73.6	20
77	-251.4	-73.6	20
78	-261.6	-73.6	20
79	-271.8	-73.6	20
80	-282.1	-73.6	20
81	-292.3	-73.6	20
82	-302.5	-73.6	20
83	-312.7	-73.6	20
84	-323.0	-73.6	20
85	-333.2	-73.6	20
86	-343.4	-73.6	20
87	-353.6	-73.6	20
88	-363.9	-73.6	20
89	-374.1	-73.6	20
90	-384.3	-73.6	20
91	-394.6	-73.6	20
92	-404.8	-73.6	20
93	-415.0	-73.6	20
94	-424.7	-72.5	20
95	-433.9	-69.3	20
96	-442.2	-64.1	20
97	-449.1	-57.2	20
98	-454.3	-48.9	20
99	-457.5	-39.7	20
100	-458.6	-30.0	20
101	-458.6	-20.0	20
102	-458.6	-10.0	20
103	-458.6	0.0	20
104	-458.6	10.0	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

105	-458.6	20.0	20
106	-458.6	30.0	20
107	-457.5	39.7	20
108	-454.3	48.9	20
109	-449.1	57.2	20
110	-442.2	64.1	20
111	-433.9	69.3	20
112	-424.7	72.5	20
113	-415.0	73.6	20
114	-404.8	73.6	20
115	-394.6	73.6	20
116	-384.3	73.6	20
117	-374.1	73.6	20
118	-363.9	73.6	20
119	-353.6	73.6	20
120	-343.4	73.6	20
121	-333.2	73.6	20
122	-323.0	73.6	20
123	-312.7	73.6	20
124	-302.5	73.6	20
125	-292.3	73.6	20
126	-282.1	73.6	20
127	-271.8	73.6	20
128	-261.6	73.6	20
129	-251.4	73.6	20
130	-241.2	73.6	20
131	-230.9	73.6	20
132	-220.7	73.6	20
133	-210.5	73.6	20
134	-200.2	73.6	20
135	-190.0	73.6	20
136	-179.8	73.6	20
137	-169.6	73.6	20
138	-159.3	73.6	20
139	-156.0	65.3	20
140	-152.7	56.9	20
141	-149.4	48.6	20
142	-139.5	48.6	20
143	-129.6	48.6	20
144	-119.6	48.6	20
145	-109.7	48.6	20
146	-99.7	48.6	20
147	-89.8	48.6	20
148	-79.8	48.6	20
149	-69.9	48.6	20
150	-59.9	48.6	20
151	-50.0	48.6	20
152	-40.0	48.6	20
153	-30.1	48.6	20
154	-20.1	48.6	20
155	-10.2	48.6	20
156	-0.2	48.6	20
157	9.7	48.6	20
158	19.7	48.6	20
159	29.6	48.6	20
160	39.6	48.6	20
161	49.5	48.6	20
162	59.5	48.6	20
163	69.4	48.6	20
164	79.4	48.6	20
165	89.3	48.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

166	99.3	48.6	20
167	109.2	48.6	20
168	119.2	48.6	20
169	129.1	48.6	20
170	139.1	48.6	20
171	149.0	48.6	20
172	152.4	56.9	20
173	155.9	65.3	20
174	159.3	73.6	20
175	169.5	73.6	20
176	179.7	73.6	20
177	190.0	73.6	20
178	200.2	73.6	20
179	210.4	73.6	20
180	220.7	73.6	20
181	230.9	73.6	20
182	241.1	73.6	20
183	251.3	73.6	20
184	261.6	73.6	20
185	271.8	73.6	20
186	282.0	73.6	20
187	292.3	73.6	20
188	302.5	73.6	20
189	312.7	73.6	20
190	322.9	73.6	20
191	333.2	73.6	20
192	343.4	73.6	20
193	353.6	73.6	20
194	363.9	73.6	20
195	374.1	73.6	20
196	384.3	73.6	20
197	394.5	73.6	20
198	404.8	73.6	20
199	415.0	73.6	20
200	424.7	72.5	20
201	433.9	69.3	20
202	442.2	64.1	20
203	449.1	57.2	20
204	454.3	48.9	20
205	457.5	39.7	20
206	458.6	30.0	20
207	458.6	20.0	20
208	458.6	10.0	20
209	458.6	0.0	20
210	458.6	-10.0	20
211	458.6	-20.0	20
212	458.6	-30.0	20

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y			
		Mx	My	Vy	Vx
1	10834.89	-948.91	6818.68	-137.92	682.53
2	22607.97	868.87	421.30	126.29	-673.38
3	17769.59	-2666.98	8551.05	-387.64	683.25
4	13147.58	3167.73	-6597.21	460.43	-680.13
5	16242.66	340.53	18529.75	49.50	692.52
6	20392.68	-17.14	-18529.75	-2.49	-692.52
7	10858.74	-14254.49	4694.06	2009.15	-493.88
8	13342.30	14795.66	-4694.06	-1930.49	493.88
9	11002.31	-14275.86	4694.06	2006.04	-493.88
10	13198.74	14817.03	-4694.06	-1927.38	493.88
11	11319.64	-3853.33	15486.08	666.72	-1645.92
12	12846.94	4331.34	-15486.08	-597.24	1645.92

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	11042.33	-792.95	4568.80
2	16823.23	737.24	794.14
3	13139.57	-2014.43	5852.04
4	12888.90	2441.20	-4404.75
5	15134.92	293.55	13243.66
6	15124.63	-6.58	-13243.66

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	11422.59	-204.72 (0.00)	230.14 (0.00)
2	14667.24	710.88 (0.00)	2260.10 (0.00)
3	11713.52	-357.98 (0.00)	0.00 (0.00)
4	12459.58	860.53 (0.00)	0.00 (0.00)
5	13565.39	333.08 (0.00)	4352.52 (0.00)
6	13575.02	82.12 (0.00)	-4352.52 (0.00)

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1	11638.05	-215.21 (0.00)	0.00 (0.00)
2	12562.99	756.38 (0.00)	0.00 (0.00)
3	11789.53	-240.40 (0.00)	0.00 (0.00)
4	12411.51	781.56 (0.00)	0.00 (0.00)
5	12078.48	364.49 (0.00)	0.00 (0.00)
6	12088.11	113.52 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.4 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	10834.89	-948.91	6818.68	10835.09	-11312.87	81576.43	11.96666.0(394.6)	
2	S	22607.97	868.87	421.30	22607.98	26253.29	12800.08	30.23666.0(394.6)	
3	S	17769.59	-2666.98	8551.05	17769.86	-19550.78	63343.12	7.40666.0(394.6)	
4	S	13147.58	3167.73	-6597.21	13147.54	19282.46	-40430.78	6.12666.0(394.6)	
5	S	16242.66	340.53	18529.75	16242.70	1696.79	119076.84	6.43666.0(394.6)	
6	S	20392.68	-17.14	-18529.75	20392.49	-3.89	-132851.08	7.17666.0(394.6)	
7	S	10858.74	-14254.49	4694.06	10858.67	-20704.78	6839.56	1.45666.0(394.6)	
8	S	13342.30	14795.66	-4694.06	13342.06	22004.97	-6936.13	1.49666.0(394.6)	
9	S	11002.31	-14275.86	4694.06	11002.30	-20787.77	6745.17	1.45666.0(394.6)	
10	S	13198.74	14817.03	-4694.06	13198.95	21928.93	-6960.25	1.48666.0(394.6)	
11	S	11319.64	-3853.33	15486.08	11319.73	-15718.05	63351.62	4.09666.0(394.6)	
12	S	12846.94	4331.34	-15486.08	12846.74	17027.52	-60644.70	3.92666.0(394.6)	

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

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	0.00103	430.5	-77.6	0.00098	424.7	-72.5	-0.00196	-424.7	72.5
2	0.00120	415.0	80.0	0.00107	415.0	73.6	-0.00196	-415.0	-73.6
3	0.00127	415.0	-80.0	0.00118	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
4	0.00111	-415.0	80.0	0.00101	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
5	0.00086	462.6	45.5	0.00084	457.5	39.7	-0.00196	-457.5	-39.7

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

6	0.00091	-465.0	-30.0	0.00089	-458.6	-30.0	-0.00196	458.6	30.0
7	0.00091	415.0	-80.0	0.00080	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
8	0.00097	-415.0	80.0	0.00085	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
9	0.00092	415.0	-80.0	0.00080	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
10	0.00097	-415.0	80.0	0.00085	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
11	0.00113	415.0	-80.0	0.00105	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
12	0.00116	-415.0	80.0	0.00108	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6

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	0.000002087	-0.000008024	-0.000488444	----	----
2	0.000000244	0.000019199	-0.000442123	----	----
3	0.000001207	-0.000014504	-0.000388032	----	----
4	-0.000000809	0.000015607	-0.000472112	----	----
5	0.000002964	0.000001024	-0.000559656	----	----
6	-0.000003104	-0.000000003	-0.000533116	----	----
7	0.000000143	-0.000017915	-0.000578627	----	----
8	-0.000000142	0.000018285	-0.000551934	----	----
9	0.000000141	-0.000017945	-0.000577360	----	----
10	-0.000000142	0.000018262	-0.000553369	----	----
11	0.000001347	-0.000012823	-0.000453725	----	----
12	-0.000001237	0.000013626	-0.000440371	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[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	305.27	14376.60	3435.17145.1	114.1	438.2	2.500	1.052	2.7	30.8(0.0)
2	S	117.72	33349.16	3657.63141.4	121.4	906.0	2.500	1.108	1.0	30.8(0.0)
3	S	442.97	32776.74	3732.08142.1	123.9	891.4	2.500	1.085	3.7	30.8(0.0)
4	S	495.01	32646.41	3755.92141.7	124.7	900.6	2.500	1.063	4.1	30.8(0.0)
5	S	670.74	14446.64	8588.62348.5	285.2	171.9	2.500	1.078	2.4	30.8(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

6	S	692.52	29215.57	22497.97841.9	747.0	130.3	2.500	1.098	0.9	30.8(0.0)
7	S	2013.03	32646.34	3766.27141.4	125.1	907.5	2.500	1.052	16.5	30.8(0.0)
8	S	1934.26	32787.06	3741.44141.4	124.2	907.2	2.500	1.064	15.9	30.8(0.0)
9	S	2009.85	32654.28	3764.81141.4	125.0	907.5	2.500	1.053	16.4	30.8(0.0)
10	S	1931.17	32778.51	3742.81141.4	124.3	907.2	2.500	1.063	15.9	30.8(0.0)
11	S	835.01	31576.62	3834.24142.4	127.3	860.4	2.500	1.054	6.7	30.8(0.0)
12	S	743.57	32358.82	3802.90142.3	126.3	882.8	2.500	1.062	6.0	30.8(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm 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	1.18	415.0	-80.0	5.9	-424.7	72.5	----	----
2	S	1.43	415.0	80.0	14.4	-415.0	-73.6	----	----
3	S	1.73	415.0	-80.0	2.6	-415.0	73.6	----	----
4	S	1.78	-415.0	80.0	1.4	415.0	-73.6	----	----
5	S	1.68	455.5	59.4	7.0	-449.1	-57.2	----	----
6	S	1.63	-465.0	-30.0	7.7	458.6	30.0	----	----

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.88	415.0	-80.0	11.2	-415.0	73.6	----	----
2	S	1.33	415.0	80.0	11.4	-415.0	-73.6	----	----
3	S	0.93	415.0	-80.0	11.0	-415.0	73.6	----	----
4	S	1.13	415.0	80.0	9.8	-415.0	-73.6	----	----
5	S	1.22	430.5	77.6	10.5	-424.7	-72.5	----	----
6	S	1.16	-455.5	59.4	11.5	449.1	-57.2	----	----

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.88	415.0	-80.0	11.5	-415.0	73.6	----	----
2	S	1.11	415.0	80.0	10.3	-415.0	-73.6	----	----
3	S	0.90	415.0	-80.0	11.5	-415.0	73.6	----	----
4	S	1.10	415.0	80.0	10.0	-415.0	-73.6	----	----
5	S	0.96	415.0	80.0	11.3	-415.0	-73.6	----	----
6	S	0.89	415.0	80.0	12.4	-415.0	-73.6	----	----

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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pila2_SLeonardo

(Percorso File: D:\571_343_imp_misti_Ragusana_SS194_Sintagma\San_Leonardo\ver_pila\Pila2_SLeonardo.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 S. Leonardo

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	462.6	-45.5
2	455.5	-59.4
3	444.4	-70.5
4	430.5	-77.6
5	415.0	-80.0
6	155.0	-80.0
7	145.0	-55.0
8	-145.0	-55.0
9	-155.0	-80.0
10	-415.0	-80.0
11	-430.5	-77.6
12	-444.4	-70.5
13	-455.5	-59.4
14	-462.6	-45.5
15	-465.0	-30.0
16	-465.0	30.0
17	-462.6	45.5
18	-455.5	59.4
19	-444.4	70.5
20	-430.5	77.6
21	-415.0	80.0
22	-155.0	80.0
23	-145.0	55.0
24	145.0	55.0
25	155.0	80.0
26	415.0	80.0
27	430.5	77.6
28	444.4	70.5
29	455.5	59.4
30	462.6	45.5
31	465.0	30.0
32	465.0	-30.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	457.5	-39.7	24
2	454.3	-48.9	24
3	449.1	-57.2	24
4	442.2	-64.1	24
5	433.9	-69.3	24
6	424.7	-72.5	24
7	415.0	-73.6	24
8	404.8	-73.6	24
9	394.6	-73.6	24
10	384.3	-73.6	24
11	374.1	-73.6	24
12	363.9	-73.6	24
13	353.6	-73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

14	343.4	-73.6	24
15	333.2	-73.6	24
16	323.0	-73.6	24
17	312.7	-73.6	24
18	302.5	-73.6	24
19	292.3	-73.6	24
20	282.1	-73.6	24
21	271.8	-73.6	24
22	261.6	-73.6	24
23	251.4	-73.6	24
24	241.2	-73.6	24
25	230.9	-73.6	24
26	220.7	-73.6	24
27	210.5	-73.6	24
28	200.2	-73.6	24
29	190.0	-73.6	24
30	179.8	-73.6	24
31	169.6	-73.6	24
32	159.3	-73.6	24
33	156.0	-65.3	24
34	152.7	-56.9	24
35	149.3	-48.6	24
36	139.4	-48.6	24
37	129.4	-48.6	24
38	119.5	-48.6	24
39	109.5	-48.6	24
40	99.6	-48.6	24
41	89.6	-48.6	24
42	79.6	-48.6	24
43	69.7	-48.6	24
44	59.7	-48.6	24
45	49.8	-48.6	24
46	39.8	-48.6	24
47	29.9	-48.6	24
48	19.9	-48.6	24
49	10.0	-48.6	24
50	0.0	-48.6	24
51	-10.0	-48.6	24
52	-19.9	-48.6	24
53	-29.9	-48.6	24
54	-39.8	-48.6	24
55	-49.8	-48.6	24
56	-59.7	-48.6	24
57	-69.7	-48.6	24
58	-79.6	-48.6	24
59	-89.6	-48.6	24
60	-99.6	-48.6	24
61	-109.5	-48.6	24
62	-119.5	-48.6	24
63	-129.4	-48.6	24
64	-139.4	-48.6	24
65	-149.3	-48.6	24
66	-152.7	-56.9	24
67	-156.0	-65.3	24
68	-159.3	-73.6	24
69	-169.6	-73.6	24
70	-179.8	-73.6	24
71	-190.0	-73.6	24
72	-200.2	-73.6	24
73	-210.5	-73.6	24
74	-220.7	-73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

75	-230.9	-73.6	24
76	-241.2	-73.6	24
77	-251.4	-73.6	24
78	-261.6	-73.6	24
79	-271.8	-73.6	24
80	-282.1	-73.6	24
81	-292.3	-73.6	24
82	-302.5	-73.6	24
83	-312.7	-73.6	24
84	-323.0	-73.6	24
85	-333.2	-73.6	24
86	-343.4	-73.6	24
87	-353.6	-73.6	24
88	-363.9	-73.6	24
89	-374.1	-73.6	24
90	-384.3	-73.6	24
91	-394.6	-73.6	24
92	-404.8	-73.6	24
93	-415.0	-73.6	24
94	-424.7	-72.5	24
95	-433.9	-69.3	24
96	-442.2	-64.1	24
97	-449.1	-57.2	24
98	-454.3	-48.9	24
99	-457.5	-39.7	24
100	-458.6	-30.0	24
101	-458.6	-20.0	24
102	-458.6	-10.0	24
103	-458.6	0.0	24
104	-458.6	10.0	24
105	-458.6	20.0	24
106	-458.6	30.0	24
107	-457.5	39.7	24
108	-454.3	48.9	24
109	-449.1	57.2	24
110	-442.2	64.1	24
111	-433.9	69.3	24
112	-424.7	72.5	24
113	-415.0	73.6	24
114	-404.8	73.6	24
115	-394.6	73.6	24
116	-384.3	73.6	24
117	-374.1	73.6	24
118	-363.9	73.6	24
119	-353.6	73.6	24
120	-343.4	73.6	24
121	-333.2	73.6	24
122	-323.0	73.6	24
123	-312.7	73.6	24
124	-302.5	73.6	24
125	-292.3	73.6	24
126	-282.1	73.6	24
127	-271.8	73.6	24
128	-261.6	73.6	24
129	-251.4	73.6	24
130	-241.2	73.6	24
131	-230.9	73.6	24
132	-220.7	73.6	24
133	-210.5	73.6	24
134	-200.2	73.6	24
135	-190.0	73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

136	-179.8	73.6	24
137	-169.6	73.6	24
138	-159.3	73.6	24
139	-156.0	65.3	24
140	-152.7	56.9	24
141	-149.4	48.6	24
142	-139.5	48.6	24
143	-129.6	48.6	24
144	-119.6	48.6	24
145	-109.7	48.6	24
146	-99.7	48.6	24
147	-89.8	48.6	24
148	-79.8	48.6	24
149	-69.9	48.6	24
150	-59.9	48.6	24
151	-50.0	48.6	24
152	-40.0	48.6	24
153	-30.1	48.6	24
154	-20.1	48.6	24
155	-10.2	48.6	24
156	-0.2	48.6	24
157	9.7	48.6	24
158	19.7	48.6	24
159	29.6	48.6	24
160	39.6	48.6	24
161	49.5	48.6	24
162	59.5	48.6	24
163	69.4	48.6	24
164	79.4	48.6	24
165	89.3	48.6	24
166	99.3	48.6	24
167	109.2	48.6	24
168	119.2	48.6	24
169	129.1	48.6	24
170	139.1	48.6	24
171	149.0	48.6	24
172	152.4	56.9	24
173	155.9	65.3	24
174	159.3	73.6	24
175	169.5	73.6	24
176	179.7	73.6	24
177	190.0	73.6	24
178	200.2	73.6	24
179	210.4	73.6	24
180	220.7	73.6	24
181	230.9	73.6	24
182	241.1	73.6	24
183	251.3	73.6	24
184	261.6	73.6	24
185	271.8	73.6	24
186	282.0	73.6	24
187	292.3	73.6	24
188	302.5	73.6	24
189	312.7	73.6	24
190	322.9	73.6	24
191	333.2	73.6	24
192	343.4	73.6	24
193	353.6	73.6	24
194	363.9	73.6	24
195	374.1	73.6	24
196	384.3	73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

197	394.5	73.6	24
198	404.8	73.6	24
199	415.0	73.6	24
200	424.7	72.5	24
201	433.9	69.3	24
202	442.2	64.1	24
203	449.1	57.2	24
204	454.3	48.9	24
205	457.5	39.7	24
206	458.6	30.0	24
207	458.6	20.0	24
208	458.6	10.0	24
209	458.6	0.0	24
210	458.6	-10.0	24
211	458.6	-20.0	24
212	458.6	-30.0	24

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	12734.01	455.49	-11142.71	41.86	-870.77
2	24749.01	-171.51	19634.17	-15.76	891.46
3	15180.32	-3669.33	10311.09	-337.25	867.97
4	20092.56	3924.64	-13924.40	360.72	-879.65
5	15825.90	18.65	26254.31	1.71	1466.10
6	20511.73	232.07	-26254.31	21.33	-1466.10
7	12890.38	-23975.82	9599.56	2525.84	-715.99
8	14449.14	24216.71	-9599.56	-2503.70	715.99
9	13207.56	-24463.26	9599.50	2481.04	-716.00
10	14131.95	24704.15	-9599.50	-2458.90	716.00
11	13163.29	-7279.68	31870.94	751.67	-2386.03
12	14179.92	7490.79	-31870.94	-732.27	2386.03

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	12956.34	380.72	-7366.94
2	18354.29	-145.55	13656.91
3	14805.28	-2738.94	6750.93

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

4	14868.22	2952.88	-9427.45
5	15276.22	13.79	17969.45
6	15186.47	192.77	-17969.45

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	13205.61	352.10 (0.00)	279.29 (0.00)
2	16087.16	-96.74 (0.00)	2474.99 (0.00)
3	14797.14	-292.51 (0.00)	-1231.30 (0.00)
4	14872.86	523.97 (0.00)	-1445.22 (0.00)
5	15273.22	37.86 (0.00)	4665.72 (0.00)
6	15185.23	192.18 (0.00)	-4665.72 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	13453.51	348.26 (0.00)	0.00 (0.00)
2	13886.01	-107.38 (0.00)	0.00 (0.00)
3	13770.69	-139.18 (0.00)	0.00 (0.00)
4	13568.82	380.06 (0.00)	0.00 (0.00)
5	13715.61	28.40 (0.00)	0.00 (0.00)
6	13627.61	182.71 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.2 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	12734.01	455.49	-11142.71	12733.82	4946.75	-128062.79	11.49959.1(394.6)	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

2	S	24749.01	-171.51	19634.17	24749.26	-1063.73	168112.89	8.56959.1(394.6)
3	S	15180.32	-3669.33	10311.09	15180.15	-23124.37	65762.44	6.37959.1(394.6)
4	S	20092.56	3924.64	-13924.40	20092.84	23638.37	-83245.69	5.98959.1(394.6)
5	S	15825.90	18.65	26254.31	15826.01	2.91	143746.75	5.48959.1(394.6)
6	S	20511.73	232.07	-26254.31	20511.77	1033.48	-156286.63	5.95959.1(394.6)
7	S	12890.38	-23975.82	9599.56	12890.57	-27354.51	11035.93	1.14959.1(394.6)
8	S	14449.14	24216.71	-9599.56	14449.22	28140.50	-11135.25	1.16959.1(394.6)
9	S	13207.56	-24463.26	9599.50	13207.50	-27526.17	10933.47	1.13959.1(394.6)
10	S	14131.95	24704.15	-9599.50	14131.90	28012.29	-10747.87	1.13959.1(394.6)
11	S	13163.29	-7279.68	31870.94	13163.36	-19122.90	85463.02	2.68959.1(394.6)
12	S	14179.92	7490.79	-31870.94	14179.95	19831.61	-85332.33	2.68959.1(394.6)

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	0.00091	-455.5	59.4	0.00088	-449.1	57.2	-0.00196	449.1	-57.2
2	0.00105	462.6	-45.5	0.00103	457.5	-39.7	-0.00196	-457.5	39.7
3	0.00126	415.0	-80.0	0.00117	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
4	0.00139	-415.0	80.0	0.00129	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
5	0.00088	465.0	30.0	0.00086	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
6	0.00098	-462.6	45.5	0.00096	-457.5	39.7	-0.00196	457.5	-39.7
7	0.00104	415.0	-80.0	0.00092	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
8	0.00107	-415.0	80.0	0.00095	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
9	0.00105	415.0	-80.0	0.00093	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
10	0.00107	-415.0	80.0	0.00095	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
11	0.00124	415.0	-80.0	0.00116	424.7	-72.5	-0.00196	-424.7	72.5
12	0.00126	-415.0	80.0	0.00118	-424.7	72.5	-0.00196	424.7	-72.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002829	0.000002624	-0.000535859	---	---
2	0.000003220	-0.000000539	-0.000461762	---	---
3	0.000001149	-0.000014734	-0.000395218	---	---
4	-0.000001400	0.000014193	-0.000330972	---	---
5	0.000003076	0.000000002	-0.000545913	---	---
6	-0.000003140	0.000000526	-0.000498979	---	---
7	0.000000200	-0.000018434	-0.000516610	---	---
8	-0.000000200	0.000018642	-0.000501314	---	---
9	0.000000198	-0.000018485	-0.000513784	---	---
10	-0.000000194	0.000018624	-0.000505247	---	---
11	0.000001584	-0.000012219	-0.000397961	---	---
12	-0.000001549	0.000012574	-0.000386928	---	---

VERIFICHE A TAGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione 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.proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	666.95	10767.96	4252.43199.3	141.2	262.9	2.500	1.061	4.8	30.8(0.0)
2	S	881.83	21787.96	17118.33643.1	568.4	125.3	2.500	1.119	1.6	30.8(0.0)
3	S	403.72	32464.52	3729.87142.0	123.8	893.6	2.500	1.073	3.3	30.8(0.0)
4	S	445.32	32666.28	3702.95142.2	122.9	886.3	2.500	1.096	3.7	30.8(0.0)
5	S	1466.10	29021.19	22633.46844.9	751.5	131.3	2.500	1.076	2.0	30.8(0.0)
6	S	1449.49	21310.06	17143.80639.6	569.2	124.7	2.500	1.098	2.6	30.8(0.0)
7	S	2533.47	32486.96	3716.16141.4	123.4	906.8	2.500	1.062	21.0	30.8(0.0)
8	S	2511.25	32592.49	3702.85141.4	122.9	906.7	2.500	1.069	20.9	30.8(0.0)
9	S	2488.57	32508.69	3713.45141.4	123.3	906.8	2.500	1.063	20.6	30.8(0.0)
10	S	2466.22	32571.83	3705.60141.4	123.0	906.7	2.500	1.068	20.5	30.8(0.0)
11	S	1052.09	29193.16	3743.85141.7	124.3	807.9	2.500	1.063	8.7	30.8(0.0)
12	S	1018.52	30682.91	3769.13142.3	125.1	839.5	2.500	1.068	8.3	30.8(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [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	1.27	-430.5	77.6	7.7	433.9	-69.3	----	----
2	S	1.84	462.6	-45.5	10.3	-454.3	48.9	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

3	S	2.01	415.0	-80.0	1.2	-415.0	73.6	----	----
4	S	2.17	-415.0	80.0	-1.0	415.0	-73.6	233	9.0
5	S	1.79	465.0	30.0	4.8	-458.6	-30.0	----	----
6	S	1.80	-462.6	45.5	4.3	454.3	-48.9	----	----

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	1.01	415.0	80.0	12.1	-415.0	-73.6	----	----
2	S	1.22	444.4	-70.5	14.8	-442.2	64.1	----	----
3	S	1.14	-415.0	-80.0	13.4	415.0	73.6	----	----
4	S	1.21	-415.0	80.0	12.5	415.0	-73.6	----	----
5	S	1.24	462.6	45.5	12.8	-457.5	-39.7	----	----
6	S	1.27	-444.4	70.5	12.3	442.2	-64.1	----	----

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----------------------------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

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	1.02	415.0	80.0	12.5	-415.0	-73.6	----	----
2	S	0.98	415.0	-80.0	13.9	-415.0	73.6	----	----
3	S	0.98	415.0	-80.0	13.6	-415.0	73.6	----	----
4	S	1.03	415.0	80.0	12.5	-415.0	-73.6	----	----
5	S	0.95	415.0	80.0	14.0	-415.0	-73.6	----	----
6	S	0.98	415.0	80.0	13.3	-415.0	-73.6	----	----

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
-------	-----	----	----	----	---	----	-----------------------------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.
NOME SEZIONE: Pila3_SLeonardo**

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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	462.6	-45.5
2	455.5	-59.4
3	444.4	-70.5
4	430.5	-77.6
5	415.0	-80.0
6	155.0	-80.0
7	145.0	-55.0
8	-145.0	-55.0
9	-155.0	-80.0
10	-415.0	-80.0
11	-430.5	-77.6
12	-444.4	-70.5
13	-455.5	-59.4
14	-462.6	-45.5
15	-465.0	-30.0
16	-465.0	30.0
17	-462.6	45.5
18	-455.5	59.4

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

19	-444.4	70.5
20	-430.5	77.6
21	-415.0	80.0
22	-155.0	80.0
23	-145.0	55.0
24	145.0	55.0
25	155.0	80.0
26	415.0	80.0
27	430.5	77.6
28	444.4	70.5
29	455.5	59.4
30	462.6	45.5
31	465.0	30.0
32	465.0	-30.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	457.5	-39.7	20
2	454.3	-48.9	20
3	449.1	-57.2	20
4	442.2	-64.1	20
5	433.9	-69.3	20
6	424.7	-72.5	20
7	415.0	-73.6	20
8	404.8	-73.6	20
9	394.6	-73.6	20
10	384.3	-73.6	20
11	374.1	-73.6	20
12	363.9	-73.6	20
13	353.6	-73.6	20
14	343.4	-73.6	20
15	333.2	-73.6	20
16	323.0	-73.6	20
17	312.7	-73.6	20
18	302.5	-73.6	20
19	292.3	-73.6	20
20	282.1	-73.6	20
21	271.8	-73.6	20
22	261.6	-73.6	20
23	251.4	-73.6	20
24	241.2	-73.6	20
25	230.9	-73.6	20
26	220.7	-73.6	20
27	210.5	-73.6	20
28	200.2	-73.6	20
29	190.0	-73.6	20
30	179.8	-73.6	20
31	169.6	-73.6	20
32	159.3	-73.6	20
33	156.0	-65.3	20
34	152.7	-56.9	20
35	149.3	-48.6	20
36	139.4	-48.6	20
37	129.4	-48.6	20
38	119.5	-48.6	20
39	109.5	-48.6	20
40	99.6	-48.6	20
41	89.6	-48.6	20
42	79.6	-48.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

43	69.7	-48.6	20
44	59.7	-48.6	20
45	49.8	-48.6	20
46	39.8	-48.6	20
47	29.9	-48.6	20
48	19.9	-48.6	20
49	10.0	-48.6	20
50	0.0	-48.6	20
51	-10.0	-48.6	20
52	-19.9	-48.6	20
53	-29.9	-48.6	20
54	-39.8	-48.6	20
55	-49.8	-48.6	20
56	-59.7	-48.6	20
57	-69.7	-48.6	20
58	-79.6	-48.6	20
59	-89.6	-48.6	20
60	-99.6	-48.6	20
61	-109.5	-48.6	20
62	-119.5	-48.6	20
63	-129.4	-48.6	20
64	-139.4	-48.6	20
65	-149.3	-48.6	20
66	-152.7	-56.9	20
67	-156.0	-65.3	20
68	-159.3	-73.6	20
69	-169.6	-73.6	20
70	-179.8	-73.6	20
71	-190.0	-73.6	20
72	-200.2	-73.6	20
73	-210.5	-73.6	20
74	-220.7	-73.6	20
75	-230.9	-73.6	20
76	-241.2	-73.6	20
77	-251.4	-73.6	20
78	-261.6	-73.6	20
79	-271.8	-73.6	20
80	-282.1	-73.6	20
81	-292.3	-73.6	20
82	-302.5	-73.6	20
83	-312.7	-73.6	20
84	-323.0	-73.6	20
85	-333.2	-73.6	20
86	-343.4	-73.6	20
87	-353.6	-73.6	20
88	-363.9	-73.6	20
89	-374.1	-73.6	20
90	-384.3	-73.6	20
91	-394.6	-73.6	20
92	-404.8	-73.6	20
93	-415.0	-73.6	20
94	-424.7	-72.5	20
95	-433.9	-69.3	20
96	-442.2	-64.1	20
97	-449.1	-57.2	20
98	-454.3	-48.9	20
99	-457.5	-39.7	20
100	-458.6	-30.0	20
101	-458.6	-20.0	20
102	-458.6	-10.0	20
103	-458.6	0.0	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

104	-458.6	10.0	20
105	-458.6	20.0	20
106	-458.6	30.0	20
107	-457.5	39.7	20
108	-454.3	48.9	20
109	-449.1	57.2	20
110	-442.2	64.1	20
111	-433.9	69.3	20
112	-424.7	72.5	20
113	-415.0	73.6	20
114	-404.8	73.6	20
115	-394.6	73.6	20
116	-384.3	73.6	20
117	-374.1	73.6	20
118	-363.9	73.6	20
119	-353.6	73.6	20
120	-343.4	73.6	20
121	-333.2	73.6	20
122	-323.0	73.6	20
123	-312.7	73.6	20
124	-302.5	73.6	20
125	-292.3	73.6	20
126	-282.1	73.6	20
127	-271.8	73.6	20
128	-261.6	73.6	20
129	-251.4	73.6	20
130	-241.2	73.6	20
131	-230.9	73.6	20
132	-220.7	73.6	20
133	-210.5	73.6	20
134	-200.2	73.6	20
135	-190.0	73.6	20
136	-179.8	73.6	20
137	-169.6	73.6	20
138	-159.3	73.6	20
139	-156.0	65.3	20
140	-152.7	56.9	20
141	-149.4	48.6	20
142	-139.5	48.6	20
143	-129.6	48.6	20
144	-119.6	48.6	20
145	-109.7	48.6	20
146	-99.7	48.6	20
147	-89.8	48.6	20
148	-79.8	48.6	20
149	-69.9	48.6	20
150	-59.9	48.6	20
151	-50.0	48.6	20
152	-40.0	48.6	20
153	-30.1	48.6	20
154	-20.1	48.6	20
155	-10.2	48.6	20
156	-0.2	48.6	20
157	9.7	48.6	20
158	19.7	48.6	20
159	29.6	48.6	20
160	39.6	48.6	20
161	49.5	48.6	20
162	59.5	48.6	20
163	69.4	48.6	20
164	79.4	48.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

165	89.3	48.6	20
166	99.3	48.6	20
167	109.2	48.6	20
168	119.2	48.6	20
169	129.1	48.6	20
170	139.1	48.6	20
171	149.0	48.6	20
172	152.4	56.9	20
173	155.9	65.3	20
174	159.3	73.6	20
175	169.5	73.6	20
176	179.7	73.6	20
177	190.0	73.6	20
178	200.2	73.6	20
179	210.4	73.6	20
180	220.7	73.6	20
181	230.9	73.6	20
182	241.1	73.6	20
183	251.3	73.6	20
184	261.6	73.6	20
185	271.8	73.6	20
186	282.0	73.6	20
187	292.3	73.6	20
188	302.5	73.6	20
189	312.7	73.6	20
190	322.9	73.6	20
191	333.2	73.6	20
192	343.4	73.6	20
193	353.6	73.6	20
194	363.9	73.6	20
195	374.1	73.6	20
196	384.3	73.6	20
197	394.5	73.6	20
198	404.8	73.6	20
199	415.0	73.6	20
200	424.7	72.5	20
201	433.9	69.3	20
202	442.2	64.1	20
203	449.1	57.2	20
204	454.3	48.9	20
205	457.5	39.7	20
206	458.6	30.0	20
207	458.6	20.0	20
208	458.6	10.0	20
209	458.6	0.0	20
210	458.6	-10.0	20
211	458.6	-20.0	20
212	458.6	-30.0	20

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My	con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.	
				Vy	Vx
				Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y	
				Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x	
1	11442.82	-286.32	-7681.59	-41.62	-867.24
2	23006.86	107.10	16097.87	15.57	888.48
3	18339.74	-2542.36	-10417.22	-369.53	-876.17
4	13900.02	2380.68	6846.85	346.03	864.21
5	21029.19	25.89	21521.66	3.76	897.55
6	16815.41	-217.19	-21521.66	-31.57	-897.55
7	11593.07	-14252.25	6766.59	2007.79	-716.41
8	13164.43	14100.29	-6766.59	-2029.88	716.41
9	11707.34	-14271.16	6766.67	2005.04	-716.40
10	13050.15	14119.20	-6766.67	-2027.13	716.40
11	11762.83	-4202.33	22371.56	614.17	-2387.87
12	12994.66	4050.37	-22371.56	-636.26	2387.87

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

N°Comb.	N	Mx	My	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	
				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	
				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	
1	11665.20	-239.43	-5060.35		
2	17063.82	91.03	11294.63		
3	13569.83	-1912.14	-7086.74		
4	13522.21	1776.73	4442.02		
5	15568.04	22.98	15312.25		
6	15675.72	-180.33	-15312.25		

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

N°Comb.	N	Mx	My	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	
				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	
				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	
1	11914.52	-221.91 (0.00)	275.27 (0.00)		
2	14796.47	60.81 (0.00)	2456.99 (0.00)		
3	13574.28	-333.49 (0.00)	-1419.30 (0.00)		
4	13514.26	187.01 (0.00)	-1225.42 (0.00)		
5	13878.09	4.23 (0.00)	4639.45 (0.00)		
6	13995.03	-168.51 (0.00)	-4639.45 (0.00)		

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

N°Comb.	N	Mx	My	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)	
				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	
				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	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My
1	12162.44	-219.83 (0.00)	0.00 (0.00)
2	12595.05	67.87 (0.00)	0.00 (0.00)
3	12277.78	-240.33 (0.00)	0.00 (0.00)
4	12479.71	88.37 (0.00)	0.00 (0.00)
5	12320.28	10.39 (0.00)	0.00 (0.00)
6	12437.22	-162.35 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.4 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	11442.82	-286.32	-7681.59	11442.54	-3466.44	-101829.46	13.26666.0(394.6)	
2	S	23006.86	107.10	16097.87	23007.12	463.41	140190.64	8.71666.0(394.6)	
3	S	18339.74	-2542.36	-10417.22	18339.88	-18326.59	-76299.10	7.32666.0(394.6)	
4	S	13900.02	2380.68	6846.85	13900.21	18433.20	53540.81	7.81666.0(394.6)	
5	S	21029.19	25.89	21521.66	21029.11	5.35	134732.67	6.26666.0(394.6)	
6	S	16815.41	-217.19	-21521.66	16815.32	-842.65	-121594.06	5.65666.0(394.6)	
7	S	11593.07	-14252.25	6766.59	11593.00	-20872.01	9996.23	1.47666.0(394.6)	
8	S	13164.43	14100.29	-6766.59	13164.27	21673.42	-10365.53	1.54666.0(394.6)	
9	S	11707.34	-14271.16	6766.67	11707.20	-20943.04	9850.14	1.47666.0(394.6)	
10	S	13050.15	14119.20	-6766.67	13050.23	21608.83	-10432.79	1.53666.0(394.6)	
11	S	11762.83	-4202.33	22371.56	11762.98	-13967.60	75037.31	3.35666.0(394.6)	
12	S	12994.66	4050.37	-22371.56	12994.52	14177.39	-78874.74	3.52666.0(394.6)	

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

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	0.00081	-455.5	-59.4	0.00078	-449.1	-57.2	-0.00196	449.1	57.2
2	0.00096	465.0	30.0	0.00094	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
3	0.00131	-415.0	-80.0	0.00122	-415.0	-73.6	-0.00196	415.0	73.6
4	0.00117	415.0	80.0	0.00108	415.0	73.6	-0.00196	-415.0	-73.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

5	0.00092	465.0	30.0	0.00090	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
6	0.00085	-462.6	-45.5	0.00083	-457.5	-39.7	-0.00196	457.5	39.7
7	0.00095	415.0	-80.0	0.00083	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
8	0.00098	-415.0	80.0	0.00087	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
9	0.00095	415.0	-80.0	0.00083	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
10	0.00098	-415.0	80.0	0.00087	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
11	0.00112	430.5	-77.6	0.00106	424.7	-72.5	-0.00196	-424.7	72.5
12	0.00115	-430.5	77.6	0.00109	-424.7	72.5	-0.00196	424.7	-72.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002773	-0.000002177	-0.000586668	----	----
2	0.000003145	0.000000269	-0.000506037	----	----
3	-0.000001462	-0.000013343	-0.000367795	----	----
4	0.000001065	0.000014595	-0.000440423	----	----
5	0.000003117	0.000000004	-0.000527136	----	----
6	-0.000003006	-0.000000507	-0.000561087	----	----
7	0.000000207	-0.000017784	-0.000561771	----	----
8	-0.000000211	0.000017996	-0.000544240	----	----
9	0.000000204	-0.000017813	-0.000560996	----	----
10	-0.000000213	0.000017974	-0.000545242	----	----
11	0.000001713	-0.000010755	-0.000449133	----	----
12	-0.000001767	0.000010644	-0.000434374	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e 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 $L=lungh.legat.proietta-$
 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	707.84	11326.66	4834.37214.1	160.5	244.6	2.500	1.055	4.5	30.8(0.0)
2	S	886.58	25608.76	20634.75770.1	685.1	123.1	2.500	1.110	1.3	30.8(0.0)
3	S	462.76	32450.80	3758.58142.5	124.8	874.1	2.500	1.088	3.8	30.8(0.0)
4	S	407.99	32604.88	3766.80142.0	125.1	893.8	2.500	1.067	3.3	30.8(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

5	S	897.55	29259.82	22473.41841.7	746.2	130.3	2.500	1.101	1.2	30.8(0.0)
6	S	890.29	21374.61	17246.38636.2	572.6	126.3	2.500	1.081	1.6	30.8(0.0)
7	S	2015.99	32666.46	3759.01141.5	124.8	906.8	2.500	1.056	16.5	30.8(0.0)
8	S	2038.16	32754.31	3743.19141.5	124.3	906.6	2.500	1.063	16.8	30.8(0.0)
9	S	2013.10	32673.04	3757.89141.5	124.8	906.7	2.500	1.056	16.5	30.8(0.0)
10	S	2035.47	32747.52	3744.28141.5	124.3	906.6	2.500	1.063	16.7	30.8(0.0)
11	S	982.09	21786.67	3628.67141.0	120.5	626.0	2.500	1.056	8.3	30.8(0.0)
12	S	1018.70	21674.00	3601.11140.9	119.6	624.0	2.500	1.062	8.7	30.8(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm 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	1.09	-444.4	-70.5	8.5	433.9	69.3	---	---
2	S	1.70	462.6	45.5	10.8	-457.5	-39.7	---	---
3	S	1.78	-415.0	-80.0	2.7	415.0	73.6	---	---
4	S	1.64	415.0	80.0	4.7	-415.0	-73.6	---	---
5	S	1.75	465.0	30.0	6.9	-458.6	-30.0	---	---
6	S	1.78	-462.6	-45.5	6.6	454.3	48.9	---	---

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	0.92	415.0	-80.0	11.6	-415.0	73.6	---	---
2	S	1.16	455.5	59.4	14.0	-449.1	-57.2	---	---
3	S	1.11	-415.0	-80.0	12.3	415.0	73.6	---	---
4	S	1.06	-430.5	77.6	12.9	424.7	-72.5	---	---
5	S	1.18	465.0	30.0	11.8	-458.6	-30.0	---	---
6	S	1.22	-444.4	-70.5	11.4	442.2	64.1	---	---

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max(e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$. 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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.92	415.0	-80.0	12.0	-415.0	73.6	----	----
2	S	0.91	415.0	80.0	13.1	-415.0	-73.6	----	----
3	S	0.94	415.0	-80.0	12.1	-415.0	73.6	----	----
4	S	0.91	415.0	80.0	12.9	-415.0	-73.6	----	----
5	S	0.87	415.0	80.0	13.0	-415.0	-73.6	----	----
6	S	0.93	415.0	-80.0	12.5	-415.0	73.6	----	----

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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.
NOME SEZIONE: Pila3_SLeonardo**

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	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	462.6	-45.5
2	455.5	-59.4
3	444.4	-70.5
4	430.5	-77.6
5	415.0	-80.0
6	155.0	-80.0
7	145.0	-55.0
8	-145.0	-55.0
9	-155.0	-80.0
10	-415.0	-80.0
11	-430.5	-77.6
12	-444.4	-70.5
13	-455.5	-59.4
14	-462.6	-45.5
15	-465.0	-30.0
16	-465.0	30.0
17	-462.6	45.5
18	-455.5	59.4
19	-444.4	70.5
20	-430.5	77.6
21	-415.0	80.0
22	-155.0	80.0
23	-145.0	55.0
24	145.0	55.0
25	155.0	80.0
26	415.0	80.0
27	430.5	77.6
28	444.4	70.5
29	455.5	59.4
30	462.6	45.5
31	465.0	30.0
32	465.0	-30.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	457.5	-39.7	20
2	454.3	-48.9	20
3	449.1	-57.2	20
4	442.2	-64.1	20
5	433.9	-69.3	20
6	424.7	-72.5	20
7	415.0	-73.6	20
8	404.8	-73.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

9	394.6	-73.6	20
10	384.3	-73.6	20
11	374.1	-73.6	20
12	363.9	-73.6	20
13	353.6	-73.6	20
14	343.4	-73.6	20
15	333.2	-73.6	20
16	323.0	-73.6	20
17	312.7	-73.6	20
18	302.5	-73.6	20
19	292.3	-73.6	20
20	282.1	-73.6	20
21	271.8	-73.6	20
22	261.6	-73.6	20
23	251.4	-73.6	20
24	241.2	-73.6	20
25	230.9	-73.6	20
26	220.7	-73.6	20
27	210.5	-73.6	20
28	200.2	-73.6	20
29	190.0	-73.6	20
30	179.8	-73.6	20
31	169.6	-73.6	20
32	159.3	-73.6	20
33	156.0	-65.3	20
34	152.7	-56.9	20
35	149.3	-48.6	20
36	139.4	-48.6	20
37	129.4	-48.6	20
38	119.5	-48.6	20
39	109.5	-48.6	20
40	99.6	-48.6	20
41	89.6	-48.6	20
42	79.6	-48.6	20
43	69.7	-48.6	20
44	59.7	-48.6	20
45	49.8	-48.6	20
46	39.8	-48.6	20
47	29.9	-48.6	20
48	19.9	-48.6	20
49	10.0	-48.6	20
50	0.0	-48.6	20
51	-10.0	-48.6	20
52	-19.9	-48.6	20
53	-29.9	-48.6	20
54	-39.8	-48.6	20
55	-49.8	-48.6	20
56	-59.7	-48.6	20
57	-69.7	-48.6	20
58	-79.6	-48.6	20
59	-89.6	-48.6	20
60	-99.6	-48.6	20
61	-109.5	-48.6	20
62	-119.5	-48.6	20
63	-129.4	-48.6	20
64	-139.4	-48.6	20
65	-149.3	-48.6	20
66	-152.7	-56.9	20
67	-156.0	-65.3	20
68	-159.3	-73.6	20
69	-169.6	-73.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

70	-179.8	-73.6	20
71	-190.0	-73.6	20
72	-200.2	-73.6	20
73	-210.5	-73.6	20
74	-220.7	-73.6	20
75	-230.9	-73.6	20
76	-241.2	-73.6	20
77	-251.4	-73.6	20
78	-261.6	-73.6	20
79	-271.8	-73.6	20
80	-282.1	-73.6	20
81	-292.3	-73.6	20
82	-302.5	-73.6	20
83	-312.7	-73.6	20
84	-323.0	-73.6	20
85	-333.2	-73.6	20
86	-343.4	-73.6	20
87	-353.6	-73.6	20
88	-363.9	-73.6	20
89	-374.1	-73.6	20
90	-384.3	-73.6	20
91	-394.6	-73.6	20
92	-404.8	-73.6	20
93	-415.0	-73.6	20
94	-424.7	-72.5	20
95	-433.9	-69.3	20
96	-442.2	-64.1	20
97	-449.1	-57.2	20
98	-454.3	-48.9	20
99	-457.5	-39.7	20
100	-458.6	-30.0	20
101	-458.6	-20.0	20
102	-458.6	-10.0	20
103	-458.6	0.0	20
104	-458.6	10.0	20
105	-458.6	20.0	20
106	-458.6	30.0	20
107	-457.5	39.7	20
108	-454.3	48.9	20
109	-449.1	57.2	20
110	-442.2	64.1	20
111	-433.9	69.3	20
112	-424.7	72.5	20
113	-415.0	73.6	20
114	-404.8	73.6	20
115	-394.6	73.6	20
116	-384.3	73.6	20
117	-374.1	73.6	20
118	-363.9	73.6	20
119	-353.6	73.6	20
120	-343.4	73.6	20
121	-333.2	73.6	20
122	-323.0	73.6	20
123	-312.7	73.6	20
124	-302.5	73.6	20
125	-292.3	73.6	20
126	-282.1	73.6	20
127	-271.8	73.6	20
128	-261.6	73.6	20
129	-251.4	73.6	20
130	-241.2	73.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

131	-230.9	73.6	20
132	-220.7	73.6	20
133	-210.5	73.6	20
134	-200.2	73.6	20
135	-190.0	73.6	20
136	-179.8	73.6	20
137	-169.6	73.6	20
138	-159.3	73.6	20
139	-156.0	65.3	20
140	-152.7	56.9	20
141	-149.4	48.6	20
142	-139.5	48.6	20
143	-129.6	48.6	20
144	-119.6	48.6	20
145	-109.7	48.6	20
146	-99.7	48.6	20
147	-89.8	48.6	20
148	-79.8	48.6	20
149	-69.9	48.6	20
150	-59.9	48.6	20
151	-50.0	48.6	20
152	-40.0	48.6	20
153	-30.1	48.6	20
154	-20.1	48.6	20
155	-10.2	48.6	20
156	-0.2	48.6	20
157	9.7	48.6	20
158	19.7	48.6	20
159	29.6	48.6	20
160	39.6	48.6	20
161	49.5	48.6	20
162	59.5	48.6	20
163	69.4	48.6	20
164	79.4	48.6	20
165	89.3	48.6	20
166	99.3	48.6	20
167	109.2	48.6	20
168	119.2	48.6	20
169	129.1	48.6	20
170	139.1	48.6	20
171	149.0	48.6	20
172	152.4	56.9	20
173	155.9	65.3	20
174	159.3	73.6	20
175	169.5	73.6	20
176	179.7	73.6	20
177	190.0	73.6	20
178	200.2	73.6	20
179	210.4	73.6	20
180	220.7	73.6	20
181	230.9	73.6	20
182	241.1	73.6	20
183	251.3	73.6	20
184	261.6	73.6	20
185	271.8	73.6	20
186	282.0	73.6	20
187	292.3	73.6	20
188	302.5	73.6	20
189	312.7	73.6	20
190	322.9	73.6	20
191	333.2	73.6	20

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

192	343.4	73.6	20
193	353.6	73.6	20
194	363.9	73.6	20
195	374.1	73.6	20
196	384.3	73.6	20
197	394.5	73.6	20
198	404.8	73.6	20
199	415.0	73.6	20
200	424.7	72.5	20
201	433.9	69.3	20
202	442.2	64.1	20
203	449.1	57.2	20
204	454.3	48.9	20
205	457.5	39.7	20
206	458.6	30.0	20
207	458.6	20.0	20
208	458.6	10.0	20
209	458.6	0.0	20
210	458.6	-10.0	20
211	458.6	-20.0	20
212	458.6	-30.0	20

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	11442.82	-286.32	-7681.59	-41.62	-867.24
2	23006.86	107.10	16097.87	15.57	888.48
3	18339.74	-2542.36	-10417.22	-369.53	-876.17
4	13900.02	2380.68	6846.85	346.03	864.21
5	21029.19	25.89	21521.66	3.76	897.55
6	16815.41	-217.19	-21521.66	-31.57	-897.55
7	11593.07	-14252.25	6766.59	2007.79	-716.41
8	13164.43	14100.29	-6766.59	-2029.88	716.41
9	11707.34	-14271.16	6766.67	2005.04	-716.40
10	13050.15	14119.20	-6766.67	-2027.13	716.40
11	11762.83	-4202.33	22371.56	614.17	-2387.87
12	12994.66	4050.37	-22371.56	-636.26	2387.87

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My
1	11665.20	-239.43	-5060.35
2	17063.82	91.03	11294.63
3	13569.83	-1912.14	-7086.74
4	13522.21	1776.73	4442.02
5	15568.04	22.98	15312.25
6	15675.72	-180.33	-15312.25

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	11914.52	-221.91 (0.00)	275.27 (0.00)
2	14796.47	60.81 (0.00)	2456.99 (0.00)
3	13574.28	-333.49 (0.00)	-1419.30 (0.00)
4	13514.26	187.01 (0.00)	-1225.42 (0.00)
5	13878.09	4.23 (0.00)	4639.45 (0.00)
6	13995.03	-168.51 (0.00)	-4639.45 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	12162.44	-219.83 (0.00)	0.00 (0.00)
2	12595.05	67.87 (0.00)	0.00 (0.00)
3	12277.78	-240.33 (0.00)	0.00 (0.00)
4	12479.71	88.37 (0.00)	0.00 (0.00)
5	12320.28	10.39 (0.00)	0.00 (0.00)
6	12437.22	-162.35 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.4 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	11442.82	-286.32	-7681.59	11442.54	-3466.44	-101829.46	13.26666.0(394.6)	
2	S	23006.86	107.10	16097.87	23007.12	463.41	140190.64	8.71666.0(394.6)	
3	S	18339.74	-2542.36	-10417.22	18339.88	-18326.59	-76299.10	7.32666.0(394.6)	
4	S	13900.02	2380.68	6846.85	13900.21	18433.20	53540.81	7.81666.0(394.6)	
5	S	21029.19	25.89	21521.66	21029.11	5.35	134732.67	6.26666.0(394.6)	
6	S	16815.41	-217.19	-21521.66	16815.32	-842.65	-121594.06	5.65666.0(394.6)	
7	S	11593.07	-14252.25	6766.59	11593.00	-20872.01	9996.23	1.47666.0(394.6)	
8	S	13164.43	14100.29	-6766.59	13164.27	21673.42	-10365.53	1.54666.0(394.6)	
9	S	11707.34	-14271.16	6766.67	11707.20	-20943.04	9850.14	1.47666.0(394.6)	
10	S	13050.15	14119.20	-6766.67	13050.23	21608.83	-10432.79	1.53666.0(394.6)	
11	S	11762.83	-4202.33	22371.56	11762.98	-13967.60	75037.31	3.35666.0(394.6)	
12	S	12994.66	4050.37	-22371.56	12994.52	14177.39	-78874.74	3.52666.0(394.6)	

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	0.00081	-455.5	-59.4	0.00078	-449.1	-57.2	-0.00196	449.1	57.2
2	0.00096	465.0	30.0	0.00094	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
3	0.00131	-415.0	-80.0	0.00122	-415.0	-73.6	-0.00196	415.0	73.6
4	0.00117	415.0	80.0	0.00108	415.0	73.6	-0.00196	-415.0	-73.6
5	0.00092	465.0	30.0	0.00090	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
6	0.00085	-462.6	-45.5	0.00083	-457.5	-39.7	-0.00196	457.5	39.7
7	0.00095	415.0	-80.0	0.00083	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
8	0.00098	-415.0	80.0	0.00087	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
9	0.00095	415.0	-80.0	0.00083	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
10	0.00098	-415.0	80.0	0.00087	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
11	0.00112	430.5	-77.6	0.00106	424.7	-72.5	-0.00196	-424.7	72.5
12	0.00115	-430.5	77.6	0.00109	-424.7	72.5	-0.00196	424.7	-72.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002773	-0.000002177	-0.000586668	----	----
2	0.000003145	0.00000269	-0.000506037	----	----
3	-0.000001462	-0.000013343	-0.000367795	----	----
4	0.000001065	0.000014595	-0.000440423	----	----
5	0.000003117	0.000000004	-0.000527136	----	----
6	-0.000003006	-0.000000507	-0.000561087	----	----
7	0.000000207	-0.000017784	-0.000561771	----	----
8	-0.000000211	0.000017996	-0.000544240	----	----
9	0.000000204	-0.000017813	-0.000560996	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

10	-0.000000213	0.000017974	-0.000545242	----	----
11	0.000001713	-0.000010755	-0.000449133	----	----
12	-0.000001767	0.000010644	-0.000434374	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = 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	707.84	11326.66	4834.37214.1	160.5	244.6	2.500	1.055	4.5	30.8(0.0)
2	S	886.58	25608.76	20634.75770.1	685.1	123.1	2.500	1.110	1.3	30.8(0.0)
3	S	462.76	32450.80	3758.58142.5	124.8	874.1	2.500	1.088	3.8	30.8(0.0)
4	S	407.99	32604.88	3766.80142.0	125.1	893.8	2.500	1.067	3.3	30.8(0.0)
5	S	897.55	29259.82	22473.41841.7	746.2	130.3	2.500	1.101	1.2	30.8(0.0)
6	S	890.29	21374.61	17246.38636.2	572.6	126.3	2.500	1.081	1.6	30.8(0.0)
7	S	2015.99	32666.46	3759.01141.5	124.8	906.8	2.500	1.056	16.5	30.8(0.0)
8	S	2038.16	32754.31	3743.19141.5	124.3	906.6	2.500	1.063	16.8	30.8(0.0)
9	S	2013.10	32673.04	3757.89141.5	124.8	906.7	2.500	1.056	16.5	30.8(0.0)
10	S	2035.47	32747.52	3744.28141.5	124.3	906.6	2.500	1.063	16.7	30.8(0.0)
11	S	982.09	21786.67	3628.67141.0	120.5	626.0	2.500	1.056	8.3	30.8(0.0)
12	S	1018.70	21674.00	3601.11140.9	119.6	624.0	2.500	1.062	8.7	30.8(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [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.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1	S	1.09	-444.4	-70.5	8.5	433.9	69.3	----	----
2	S	1.70	462.6	45.5	10.8	-457.5	-39.7	----	----
3	S	1.78	-415.0	-80.0	2.7	415.0	73.6	----	----
4	S	1.64	415.0	80.0	4.7	-415.0	-73.6	----	----
5	S	1.75	465.0	30.0	6.9	-458.6	-30.0	----	----
6	S	1.78	-462.6	-45.5	6.6	454.3	48.9	----	----

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	0.92	415.0	-80.0	11.6	-415.0	73.6	----	----
2	S	1.16	455.5	59.4	14.0	-449.1	-57.2	----	----
3	S	1.11	-415.0	-80.0	12.3	415.0	73.6	----	----
4	S	1.06	-430.5	77.6	12.9	424.7	-72.5	----	----
5	S	1.18	465.0	30.0	11.8	-458.6	-30.0	----	----
6	S	1.22	-444.4	-70.5	11.4	442.2	64.1	----	----

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.92	415.0	-80.0	12.0	-415.0	73.6	----	----
2	S	0.91	415.0	80.0	13.1	-415.0	-73.6	----	----
3	S	0.94	415.0	-80.0	12.1	-415.0	73.6	----	----
4	S	0.91	415.0	80.0	12.9	-415.0	-73.6	----	----
5	S	0.87	415.0	80.0	13.0	-415.0	-73.6	----	----
6	S	0.93	415.0	-80.0	12.5	-415.0	73.6	----	----

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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

Sezione sempre compressa

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

10.1.2 Armature orizzontali di diffusione fusto

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

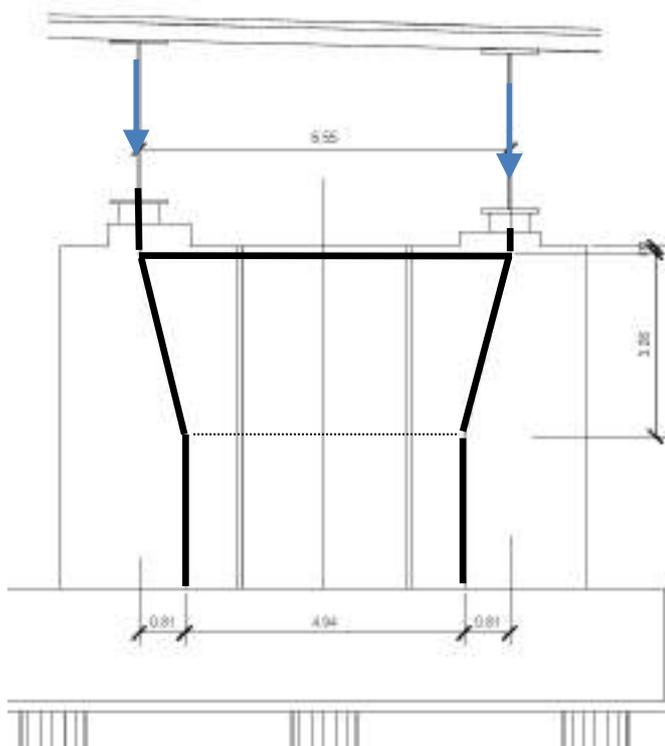


Figura 10.7 Modello diffusione azioni pila

Il meccanismo posiziona la sezione a completa diffusione posizionata a 3.28 m dalla catena. La diagonale compressa è assunta convergente nel baricentro della mezza sezione pila.

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

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

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

$$A_{s2} = 2 \times 8 \times 452 = 7232 \text{ mm}^2 \quad \text{armature aggiuntive } 8+8 \varnothing 24 \text{ trasversali}$$

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

$$z_g = (4620 \times 0.75 + 7232 \times 0.122)/(4620+7232) = 0.367 \text{ m}$$

$$A_{s,tot} = 4620+7232 = 11850 \text{ mm}^2 \quad \text{armatura totale nella catena}$$

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

$$N_{Ed} = -11900 \text{ kN}$$

$$Z = 11900 \times (3.275-2.47)/(3.275-0.367) = 9200 \times 0.28 = 3294 \text{ kN} \quad \text{trazione S.L.U. nella catena}$$

$$A_{s,min(S.L.U.)} = 3294000/(450/1.15) = 10069 \text{ mm}^2$$

La tensione effettiva nelle armature presenti risulta:

$$\sigma_{s,S.L.U.} = 3294000/11850 = 278 \text{ MPa} < 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa} < f_{yd} = 391 \text{ MPa}$$

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

S.L.E. caratteristica

$$N_{Ed} = -8800 \text{ kN}$$

$$\sigma_{s,S.L.E.} = 8800000 \times 0.28 / 11850 = 206 \text{ MPa}$$

S.L.E. frequente

$$N_{Ed} = -6900 \text{ kN}$$

$$\sigma_{s,S.L.E.} = 6900000 \times 0.277 / 11850 = 161.0 \text{ MPa}$$

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

10.1.3 Baggioli pila

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

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

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

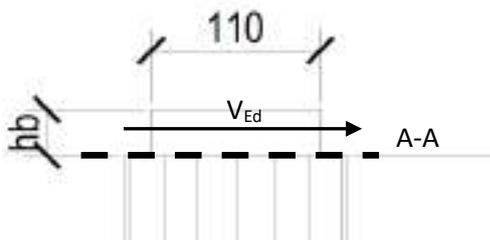


Figura 10.8 Sezione di verifica mecc. "shear friction "

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

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ($c = 0$)
- Si 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 la minima azione verticale concomitante:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

appoggi 1-2-3-4							appoggi 5-6-7-8						
Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)	Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)
1 411.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	65	1	1285	-321	5430	-4286	1 431.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	71	1	1185	333	1432	-4286
2 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	65	1	-1256	-321	5398	-5785	2 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	71	1	-1256	-323	1394	-5785
3 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	65	1	488	5073	1153	-2346	3 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	71	1	488	-1073	1574	-4804
4 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	65	1	-979	5073	1138	-6735	4 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	71	1	-458	-1073	1384	-6276
5 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	65	1	418	5073	1152	-3548	5 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	71	1	438	1073	1350	-3348
6 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	65	1	-979	5073	1138	-6735	6 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	71	1	-979	-1072	1337	-6735

Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)	Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)
1 411.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	66	1	1253	-466	5399	-4303	1 431.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	72	1	1114	467	1494	-4303
2 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	66	1	-1302	-466	5383	-6256	2 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	72	1	-1302	-467	1383	-6256
3 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	66	1	398	5304	1005	-3487	3 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	72	1	435	1594	1420	-3489
4 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	66	1	-387	5304	1002	-6892	4 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	72	1	-418	-1554	1407	-6750
5 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	66	1	419	5303	1009	-3430	5 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	72	1	435	1594	1409	-3430
6 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	66	1	-408	5303	1006	-6929	6 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	72	1	-418	-1554	1407	-6929

Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)	Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)
1 411.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	67	1	1339	-488	5418	-4268	1 431.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	73	1	1339	466	1417	-4268
2 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	67	1	-1250	-467	5428	-5982	2 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	73	1	-1250	-466	1428	-5982
3 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	67	1	419	5256	1014	-3458	3 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	73	1	388	1558	1408	-3461
4 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	67	1	-430	5256	1014	-6900	4 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	73	1	-418	-1556	1409	-6758
5 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	67	1	398	5255	1005	-3422	5 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	73	1	398	1558	1409	-3422
6 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	67	1	-489	5255	1007	-6937	6 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	73	1	-418	-1558	1409	-6937

Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)	Loadcase	Element	GP	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Fz(kN)
1 411.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	68	1	1389	-325	5406	-3983	1 431.Gk + Ed_SlC (Max)(Fx)	74	1	1189	321	1498	-3984
2 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	68	1	-1408	-325	5404	-6117	2 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	74	1	-1408	-325	1494	-6117
3 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	68	1	454	5072	1104	-3333	3 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	74	1	383	1072	1538	-3790
4 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	68	1	-493	5072	1180	-6750	4 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	74	1	-422	-1072	1527	-6291
5 413.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	68	1	454	5072	1164	-3231	5 433.Gk + Ed_SlC (Max)(Fz)	74	1	454	1070	1383	-3231
6 412.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	68	1	-493	5072	1180	-6750	6 432.Gk + Ed_SlC (Max)(Fy)	74	1	-493	-1070	1579	-6750

Tabella 10.5 Azioni SLC sui Baggioli Pile 1-2-3-4

Si pone pertanto

$V_{Ed,max} = 1614 \text{ kN}$ cfr. $G_k + Ed(SLC)$, max V_y

$N_{Ed,conc} = -3330 \text{ kN}$ cfr. $G_k + Ed(SLC)$

Si predispongono, in totale 48 barre $\varnothing 14$ passanti.

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

Baggioli Pile 1-2-3-4

Caratteristiche materiali		Caratteristiche super	
γ_c	1.50	l_{eff}	900 mm lunghezza eff. sezione di contatto
f_{tk}	32.00	l_{eff}	900 mm lunghezza eff. sezione di contatto
f_{yk}	2.32	tipo sup.	1 tipo superficie: 0= molto liscia/2= liscia/3= scabra/5= dentata
f_{td}	21.35		usa contributo (D/1)
f_{ctd}	1.41	c	0 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 0
μ	0.50	μ	0.6 EN 1992-1-1 6.2.5. (2) 1
γ_s	1.35	Caratteristiche sec. resistente	
f_{yk}	450.00	$A_{s,prov}$	7389.02 mm ² Barre vert. Passanti
f_{yk}	201.30	$A_{s,ref}$	810000 mm ² Area cir di riferimento ($\gamma_{c,ref} \times l_{c,ref}$)

Solicitazioni agenti	
V_{Ed}	1614 kN Risultante azione tagliante di progetto
$N_{Ed,conc}$	3330 kN Minima azione concorrente (positive le compressioni)
σ_{yk}	4.11 Mpa tens. Compressione su area ref.
$\sigma_{yk,conc}$	12.6 Mpa (D.L. f) tens. Compressione

Calcolo contributi resistenti a verifica

V_{Rd1}	1734.83 kN Contributo barre passanti = $A_{s,prov} \times \mu \times f_{td}$
V_{Rd2}	0.00 kN Contributo calcestruzzo = $A_{s,ref} \times c$
V_{Rd3}	2996.16 kN Contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$
$\Sigma V_{Rd1} + V_{Rd2} + V_{Rd3}$	3731.00 kN
$\sigma_{yk,max}$	10.67 Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))
σ_{yk}	1.99 Azione tangenziale agente di progetto
σ_{yk}	4.61 Azione tangenziale resistente di progetto
Rapp. Sfr. V_{Ed}/V_{Rd}	0.43 verificato
$V_{Ed} / \Sigma V_{Rd}$	0.93

Tabella 10.6 Verifica "shear friction" interfaccia baggioli pile

Come si evince dalla tabella di verifica, l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante. La verifica può pertanto considerarsi ampiamente soddisfatta.

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 2, caratterizzata da sollecitazioni leggermente superiori.

Andamento momento e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 838 kNm)

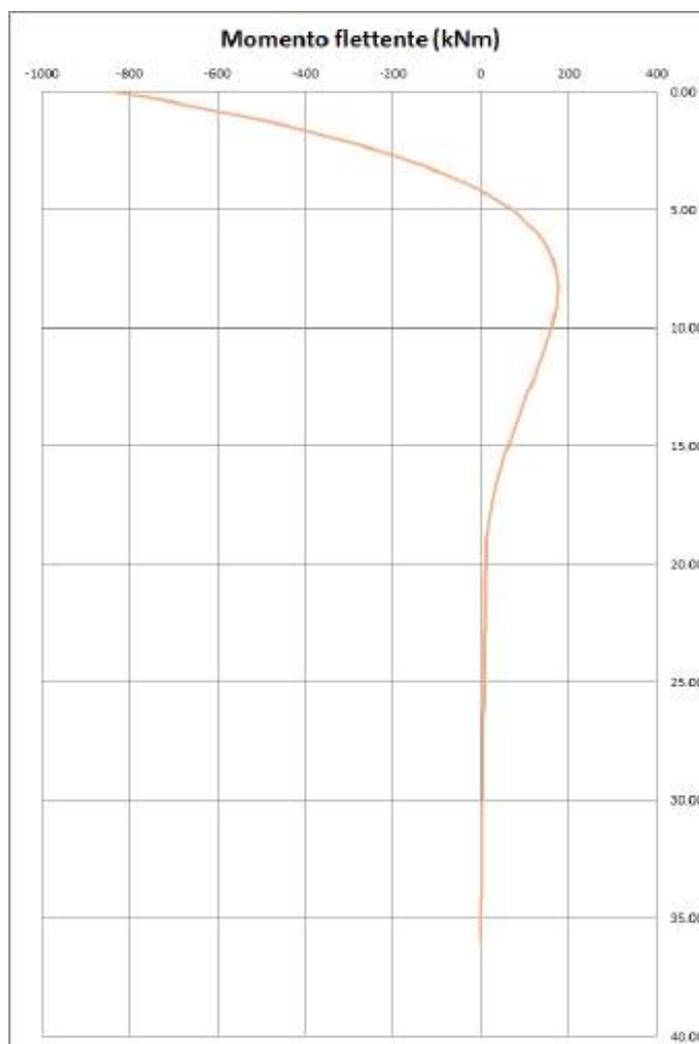


Figura 10.9 Andamento momento flettente lungo i pali - Pila 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

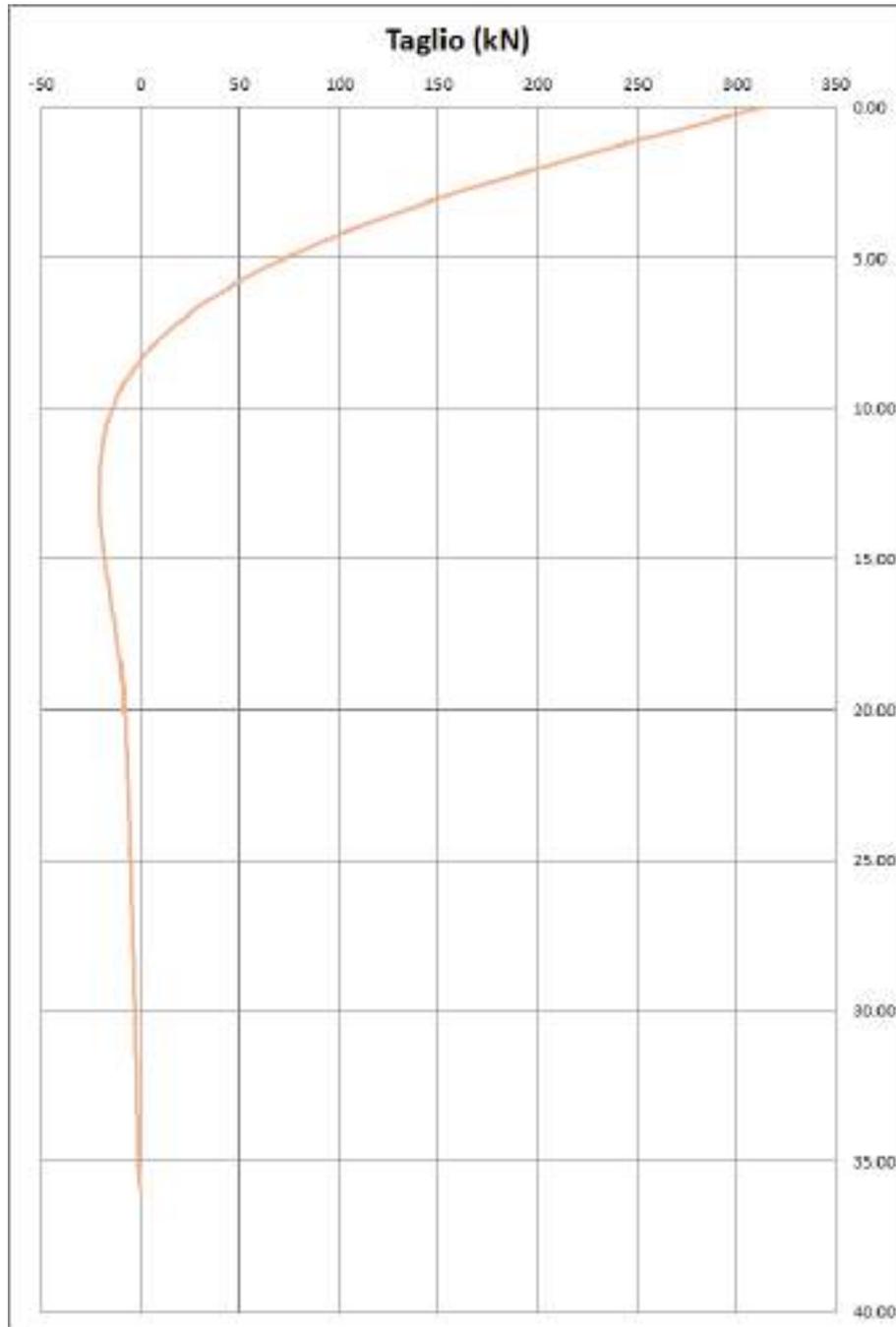


Figura 10.10 Andamento azione tagliante lungo i pali - pila 2

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 una profondità $z > 15$ m.

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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.

Verifica sez. 1-1			
	N_{Ed} (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
S.L.U. min N	-4974.00	184.00	489.00
S.L.U. max N	-1672.00	184.00	489.00
Sisma - min N	-3879	315	838
Sisma - max N	-734	315	838
S.L.E. min N	-3650.00		327.00
S.L.E. max N	-1934.00		327.00

Tabella 10.7 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

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
Resis. compr. ridotta $v1*fcd$:	9.405 MPa cfr.(6.9)EC2
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1*\beta 2$:	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	4974.00	-489.00	0.00	184.00	0.00
2	1672.00	-489.00	0.00	184.00	0.00
3	3879.00	-838.00	0.00	315.00	0.00
4	734.00	-838.00	0.00	315.00	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	3650.00	-327.00	0.00
2	1934.00	-327.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4974.00	-489.00	0.00	4974.07	-2866.01	0.00	5.86	72.4(33.4)
2	S	1672.00	-489.00	0.00	1672.14	-1989.45	0.00	4.07	72.4(33.4)
3	S	3879.00	-838.00	0.00	3879.28	-2630.14	0.00	3.14	72.4(33.4)
4	S	734.00	-838.00	0.00	734.23	-1654.80	0.00	1.97	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.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00275	0.0	-50.1	-0.00489	0.0	50.1
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00232	0.0	-50.1	-0.00966	0.0	50.1
3	0.00350	0.0	-60.0	0.00265	0.0	-50.1	-0.00598	0.0	50.1
4	0.00350	0.0	-60.0	0.00209	0.0	-50.1	-0.01223	0.0	50.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000076230	-0.001073813	----	----
2	0.000000000	-0.000119489	-0.003669332	----	----
3	0.000000000	-0.000086128	-0.001667663	----	----
4	0.000000000	-0.000142901	-0.005074052	----	----

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] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	184.00	2934.73	914.48	97.4 82.7	109.5	2.500	1.000	2.3	11.3(0.0)
2	S	184.00	2978.03	1016.52	100.7 91.9	99.9	2.500	1.000	2.0	11.3(0.0)
3	S	315.00	2995.34	940.34	97.8 85.0	108.7	2.500	1.000	3.8	11.3(0.0)
4	S	315.00	2917.78	1051.43	102.2 95.0	94.7	2.500	1.000	3.4	11.3(0.0)

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	4.74	0.0	-60.0	22.9	0.0	50.1	---	---
2	S	3.34	0.0	-60.0	1.8	0.0	50.1	0	0.0

10.1.5 Platea di fondazione su pali – pile n. 1 - 2

Si effettua la verifica strutturale del plinto delle pile n. 1 e 2, fondato su pali.

I plinti delle pile n. 1 e 2, di spessore 2.00m, sono fondati su 8 pali diam. 1.2 m, e presentano dimensioni complessive l x b = 9.1 x 14.2 m

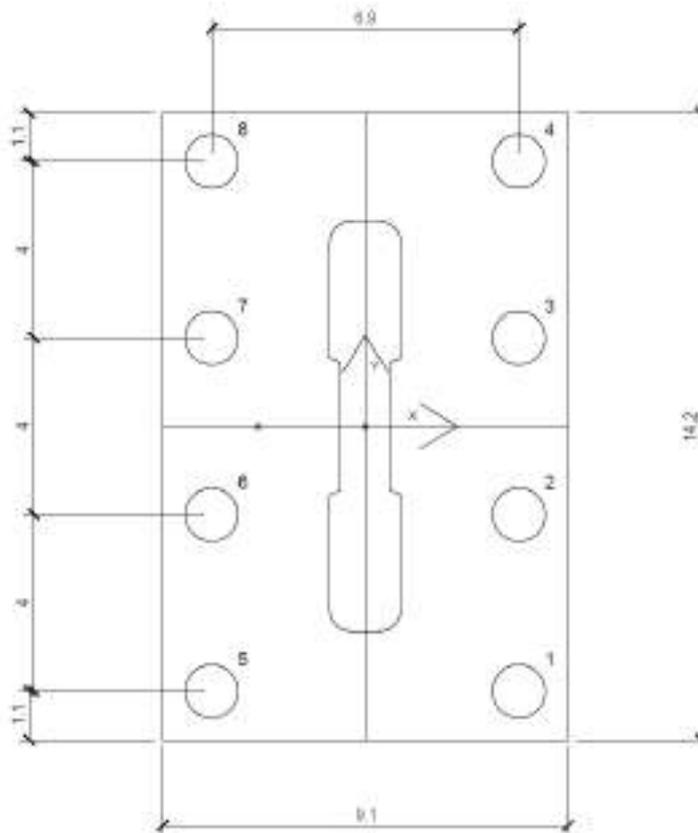


Figura 10.11: Pianta del plinto pile 1 e 2 con numerazione pali

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 in corrispondenza delle sezioni trasversali e longitudinali A-A e B-B dello schema seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

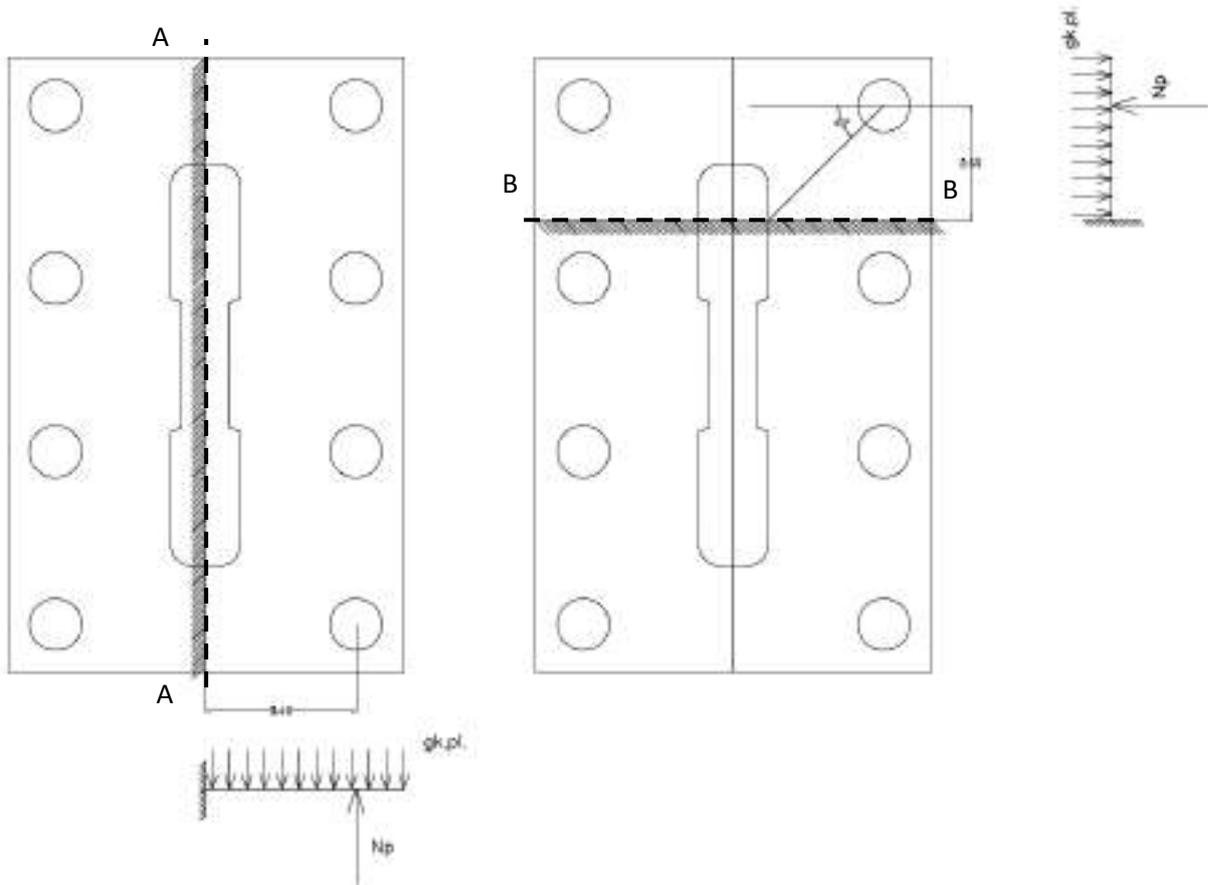


Figura 10.12: Schemi di calcolo per statica trasversale e longitudinale

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 per la verifica in direzione trasversale e longitudinale risulteranno pertanto, riferite alla larghezza unitaria:

Verifica in direzione longitudinale (sez. A-A):

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

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

Con:

$b_{dy} = 3.10$ m ampiezza di diffusione di competenza del palo di spigolo, proiettata sulla sez. A-A
 $b_x = 3.45$ m braccio dell'azione del palo rispetto alla sezione AA.
 $l_x = 4.55$ lunghezza teorica mensola in direzione longitudinale.

In direzione trasversale (sez. B-B):

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Con:

$b_{dy} = 4.55$ m ampiezza di diffusione di competenza del palo di spigolo, proiettata sulla sez. B-B

$b_x = 2.65$ m braccio dell'azione del palo rispetto alla sezione B-B.

$l_y = 3.75$ lunghezza teorica mensola in direzione trasversale.

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						Sollecitazioni di verifica	
	N_p [kN]	Contributo az. Pali		Contributo carichi su soola		$V_{Ed,A-A}$ [kN]	$M_{Ed,A-A}$ [kNm/m]	
		V_p [kN/m]	M_p [kN/m]	V_{sup} [kN]	M_{sup} [kNm/m]			
S.L.U. STR max N	-2886.81	-931.23	-3212.74	227.50	517.56	-703.73	-2695.18	
S.L.U. STR min N	-4073.80	-1604.45	-5535.36	307.13	698.71	-2297.33	-4836.65	
S.L.U. STR max My	-4337.72	-1399.27	-4827.47	227.50	517.56	-1171.77	-4309.90	
S.L.U. STR min My	-3787.48	-1221.77	-4215.10	307.13	698.71	-914.64	-3516.39	
S.L.U. STR max Mx	-4719.39	-1522.25	-5252.11	227.50	517.56	-1294.85	-4734.55	
S.L.U. STR min Mx	-3888.20	-1254.28	-4327.26	227.50	517.56	-1026.78	-3809.70	
Ed SLV max N	-3860.98	-1245.68	-4296.90	227.50	517.56	-1017.98	-3779.34	
Ed SLV min N	-4046.00	-1305.16	-4502.80	227.50	517.56	-1077.06	-3985.24	
Ed SLV max My	-3876.52	-1250.69	-4314.20	227.50	517.56	-1022.99	-3796.63	
Ed SLV min My	-4032.97	-1300.96	-4488.31	227.50	517.56	-1073.46	-3970.75	
Ed SLV max Mx	-4101.19	-1322.96	-4564.23	227.50	517.56	-1095.46	-4046.66	
Ed SLV min Mx	-4257.77	-1373.67	-4738.48	227.50	517.56	-1145.07	-4220.92	
SLE RARA max N	-2747.99	-886.45	-3058.25	227.50	517.56	-658.05	-2540.69	
SLE RARA min N	-3649.68	-1177.32	-4081.74	227.50	517.56	-949.62	-3544.18	
SLE RARA max My	-3175.08	-1024.22	-3533.55	227.50	517.56	-798.72	-3015.99	
SLE RARA min My	-3057.01	-988.13	-3402.16	227.50	517.56	-758.63	-2884.60	
SLE RARA max Mx	-3430.50	-1106.61	-3817.82	227.50	517.56	-875.11	-3300.26	
SLE RARA min Mx	-3468.42	-1118.85	-3880.02	227.50	517.56	-891.35	-3342.03	
SLE FREQUENTE max N	-2468.63	-796.33	-2747.35	227.50	517.56	-568.83	-2229.79	
SLE FREQUENTE min N	-2900.53	-935.65	-3228.01	227.50	517.56	-706.15	-2710.44	
SLE FREQUENTE max My	-2728.41	-880.13	-3036.45	227.50	517.56	-652.63	-2518.89	
SLE FREQUENTE min My	-2700.95	-871.27	-3005.00	227.50	517.56	-643.77	-2488.34	
SLE FREQUENTE max Mx	-2857.29	-921.71	-3179.88	227.50	517.56	-694.21	-2662.32	
SLE FREQUENTE min Mx	-2896.36	-934.31	-3223.37	227.50	517.56	-706.81	-2705.80	

Tabella 10.8 Sollecitazioni sezione A-A

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	N _p (kN)	Contributo az. Poli		Contributo carichi su sovrappiatta		Sollecitazioni di verifica	
		V _p (kN/m)	M _p (kNm/m)	V _{sp} (kN)	M _{sp} (kNm/m)	V _{calo} (kN)	M _{calo} (kNm/m)
SLU STR max N	-2886.81	-769.82	-2040.01	187.50	351.56	-582.32	-1688.45
SLU STR min N	-4973.80	-1326.35	-3514.82	253.13	474.61	-1073.22	-3040.21
SLU STR max My	-4337.72	-1156.73	-3085.32	187.50	351.56	-906.23	-2713.76
SLU STR min My	-3787.48	-1009.98	-2676.48	253.13	474.61	-796.87	-2201.88
SLU STR max Mx	-4719.10	-1258.48	-3334.98	187.50	351.56	-1070.08	-2883.40
SLU STR min Mx	-3888.20	-1036.87	-2747.71	187.50	351.56	-845.37	-2396.14
Ed SLV max N	-3860.98	-1029.59	-2728.43	187.50	351.56	-842.09	-2376.86
Ed SLV min N	-4046.00	-1078.93	-2859.17	187.50	351.56	-891.43	-2507.61
Ed SLV max My	-3876.52	-1033.74	-2739.41	187.50	351.56	-846.24	-2387.85
Ed SLV min My	-4032.97	-1075.46	-2849.97	187.50	351.56	-887.96	-2498.41
Ed SLV max Mx	-4101.19	-1093.65	-2898.17	187.50	351.56	-906.15	-2546.61
Ed SLV min Mx	-4257.77	-1135.40	-3008.82	187.50	351.56	-947.00	-2657.26
SLE RARA max N	-2747.99	-732.80	-1941.93	187.50	351.56	-545.30	-1590.35
SLE RARA min N	-3649.68	-973.23	-2579.11	187.50	351.56	-785.79	-2227.93
SLE RARA max My	-3175.08	-846.69	-2243.72	187.50	351.56	-696.19	-1892.16
SLE RARA min My	-3057.01	-815.20	-2180.29	187.50	351.56	-627.70	-1808.71
SLE RARA max Mx	-3430.50	-914.80	-2424.22	187.50	351.56	-727.30	-2072.66
SLE RARA min Mx	-3468.42	-924.91	-2451.02	187.50	351.56	-737.41	-2099.40
SLE FREQUENTE max N	-2468.63	-658.30	-1744.50	187.50	351.56	-470.80	-1392.94
SLE FREQUENTE min N	-2900.53	-773.47	-2049.71	187.50	351.56	-585.97	-1698.14
SLE FREQUENTE max My	-2728.41	-727.57	-1928.07	187.50	351.56	-540.07	-1576.51
SLE FREQUENTE min My	-2700.95	-720.25	-1908.67	187.50	351.56	-532.75	-1557.11
SLE FREQUENTE max Mx	-2857.19	-761.04	-2010.15	187.50	351.56	-574.84	-1667.59
SLE FREQUENTE min Mx	-2896.16	-772.36	-2046.76	187.50	351.56	-584.86	-1695.20

Tabella 10.9 Sollecitazioni sezione B-B

La tabella seguente riporta i valori massimi/minimi di progetto nell'ambito di ciascun S.L., per le verifiche delle armature longitudinali (sez. A-A) e trasversali (sez. B-B).

Valori estremi di progetto - Sez. A-A - verifica in direzione longitudinale

	max M (kNm/m)	Min M (kNm/m)	max V (kN/m)	min V (kN/m)
S.L.U.	-2665.18	-4836.65	-703.73	-1197.33
S.L.U. sisma	-3779.34	-4220.92	-703.73	-1145.97
S.L.E.	-2540.69	-3544.18		
S.L.E. frequente	-2229.79	-2710.44		

Valori estremi di progetto - Sez. B-B - verifica in direzione trasversale

	max M (kNm/m)	Min M (kNm/m)	max V (kN/m)	min V (kN/m)
S.L.U.	-1688.45	-3040.21	-582.32	-1073.22
S.L.U. sisma	-2376.86	-2657.26	-842.09	-947.90
S.L.E.	-1560.35	-2227.55		
S.L.E. frequente	-1392.94	-1698.14		

Tabella 10.10 Riepilogo sollecitazioni di verifica

Ai fini delle verifiche per tensioni normali, si predispongono le seguenti armature:

Armature longitudinali (verifica sezione A-A):

- Inferiore: ∅ 24/10 primo strato
- ∅ 24/10 secondo strato
- Superiore: ∅ 24/10 strato unico

Armature trasversali (verifica sezione B-B):

- Inferiore: ∅ 24/10 primo strato
- ∅ 24/20 secondo strato
- Superiore: ∅ 24/20 strato unico

Lo strato inferiore delle armature longitudinali è disposto all'interno rispetto allo strato inferiore delle armature trasversali.

Si predispongono inoltre un'armatura a taglio formata da staffe chiuse $\varnothing 24$ a due braccia, disposte a passo 120×60 cm (n. 1 barra ogni 60×60 cm). La staffatura verrà organizzata secondo lo schema riportato qui sotto.

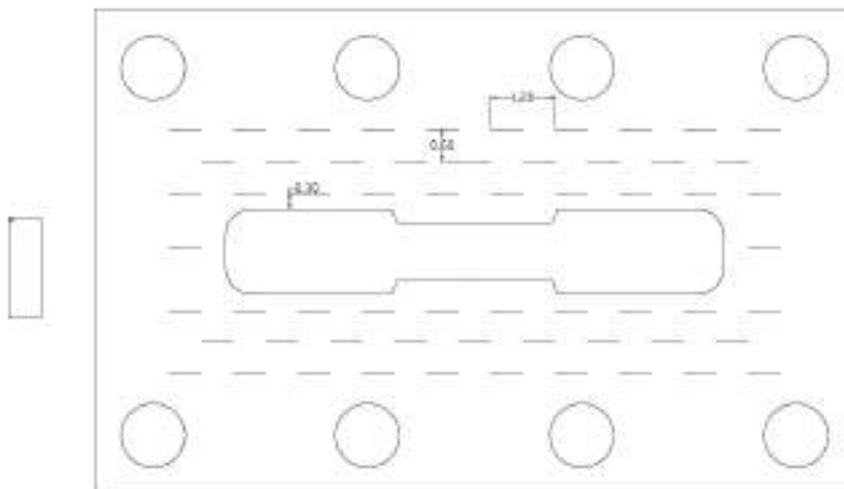


Figura 10.13 schema disposizione staffe

Di seguito si riportano le verifiche per tensioni normali e taglianti, queste ultime effettuate in maniera semplificata per le due direzioni considerate.

VERIFICA SEZIONE A-A

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sez_Ver_Long_Platea_Pile1-2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.6	24
2	-45.0	12.4	24
3	45.0	12.4	24
4	45.0	7.6	24
5	-45.0	192.4	24
6	45.0	192.4	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24
3	5	6	8	24

ARMATURE A TAGLIO

Passo staffe e legature:	60.0	cm
N° Legature:	1	
Diam. Legature:	31	

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	26	11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
26	-5.0	192.4
11	5.0	7.6

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	4837.00	1298.00

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3544.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2711.00 (2653.92)	0.00 (0.00)

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

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.8 cm

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	4837.00	0.00	6496.21	1.34	90.5(40.0)

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
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
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.072	-50.0	200.0	0.00158	-45.0	192.4	-0.04509	-45.0	7.6

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	0.000252564	-0.047012751	0.072	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Legature:	31 mm
Passo staffe e legature:	60.0 cm

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale 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]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. 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	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1298.00	5720.54	2170.64	196.0	100.0	2.500	1.000	7.5	12.6(12.6)

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.12	-50.0	200.0	-229.6	35.0	7.6	2500	90.5

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	4.68	-50.0	200.0	-175.7	35.0	7.6	2500	90.5

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00093	0	0.500	24.0	64	0.00057 (0.00053)	330	0.187 (0.30)	2653.92	0.00

VERIFICA SEZIONE B-B

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sez_Ver_Trasv_Platea_Pile1-2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto f_{cd} :	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta f_{cd}' :	9.405 MPa
	Def.unit. max resistenza e_{c2} :	0.0020
	Def.unit. ultima e_{cu} :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	3.100 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.2	24
2	-45.0	10.0	24
3	45.0	10.0	24
4	45.0	5.2	24
5	-45.0	194.8	24
6	45.0	194.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	3	24
3	5	6	3	24

ARMATURE A TAGLIO

Passo staffe e legature:	60.0	cm
N° Legature:	1	
Diam. Legature:	31	

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat. Barra 1 Barra 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1 19 10

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
19	0.0	194.8
10	-5.0	5.2

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	3041.00	1074.00

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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2658.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	2228.00 (2503.23)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 3.8 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
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
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	3041.00	0.00	4997.97	1.64	67.9(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.060	-50.0	200.0	0.00194	-45.0	194.8	-0.05491	-45.0	5.2

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	0.000299842	-0.056468374	0.060	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Legature:	31 mm
Passo staffe e legature:	60.0 cm

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale 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]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. 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.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1074.00	5720.54	2170.64	196.0	100.0	2.500	1.000	6.2	12.6(12.6)

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)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	5.26	-50.0	200.0	-223.1	35.0	5.2	1700	67.9

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	4.41	-50.0	200.0	-187.0	35.0	5.2	1700	67.9

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm} Esito della verifica											
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]											
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00097	0	0.500	24.0	40	0.00065 (0.00056)	238	0.154 (0.30)	2503.23	0.00	

10.1.6 Platea di fondazione su fondazione diretta – pile 3 - 4

Si effettua la verifica strutturale del plinto delle pile n. 3 e 4, fondate direttamente sul terreno.
I plinti presentano dimensioni complessive $l \times b = 6.9 \times 12$ m.

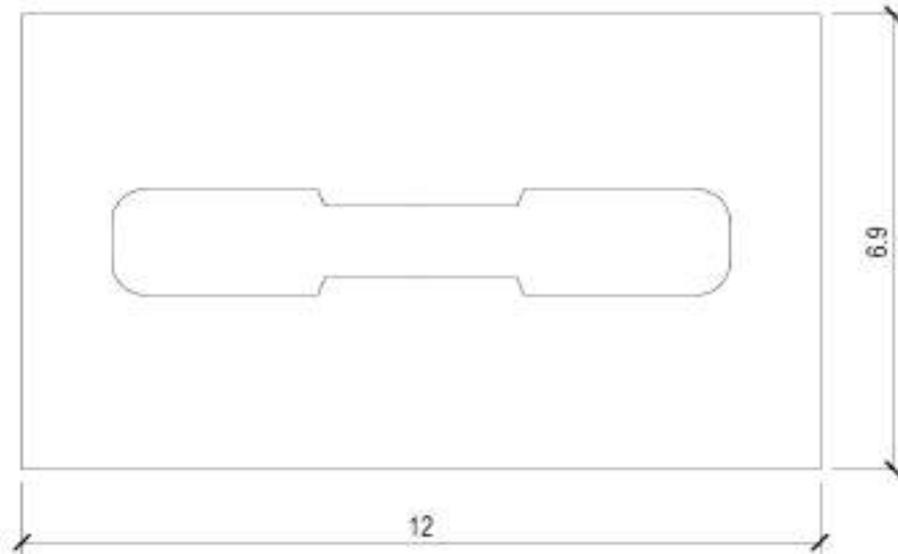


Figura 10.14: Pianta del plinto pile 3 e 4

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 in corrispondenza delle sezioni trasversali e longitudinali A-A e B-B dello schema seguente.

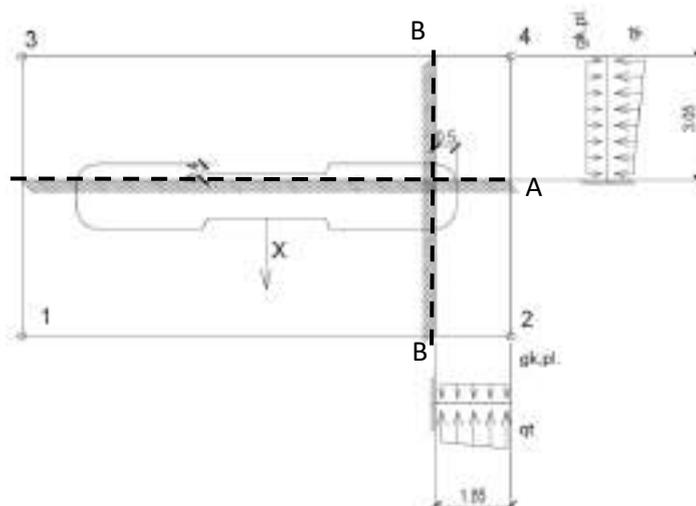


Figura 10.15: Schemi di calcolo per statica trasversale e longitudinale

Con riferimento agli schemi, si è posto:

$$g_k = \gamma_{cls} \times t_{cls} \times b$$

carico distribuito dovuto al peso proprio della mensola, valutato con riferimento alla mensola di ampiezza unitaria.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

qt pressione sul terreno, valutata in corrispondenza di ciascuno spigolo, considerando una ripartizione "a plinto rigido"

Il calcolo delle sollecitazioni risultanti di verifica viene effettuato a partire dalle pressioni di spigolo (punti 1, 2, 3, 4), considerando le quattro "mensole" ordinate rispettivamente in direzione longitudinale e trasversale per i vari involuipi di verifica.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando quindi le pressioni, interpolate linearmente tra i valori di spigolo, nei punti di spiccato delle mensole, posizionati secondo lo schema seguente.

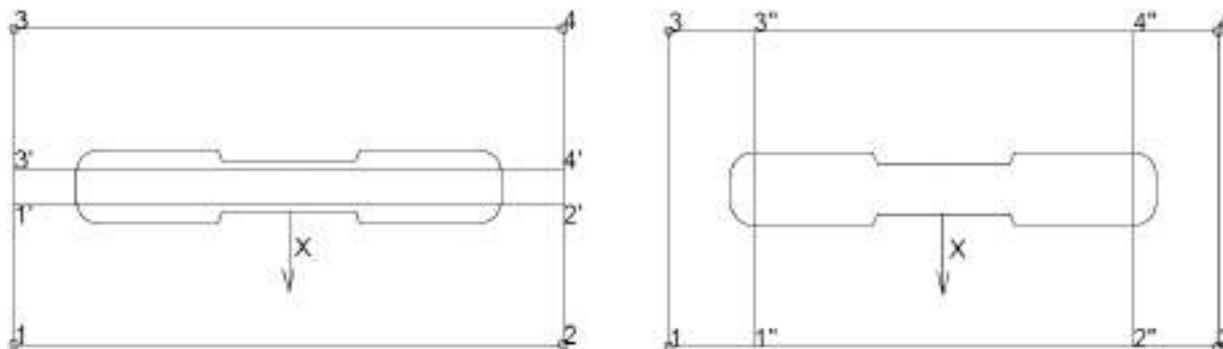


Figura 10.16 Punti di campionamento pressioni sottoplinto

Le sollecitazioni taglianti di calcolo in direzione longitudinale saranno pertanto quelle massime valutate tra:

$$V_{1-1'} = (\sigma_z(1) + \sigma_z(1'))/2 \times b_x$$

$$V_{2-2'} = (\sigma_z(2) + \sigma_z(2'))/2 \times b_x$$

$$V_{3-3'} = (\sigma_z(3) + \sigma_z(3'))/2 \times b_x$$

$$V_{4-4'} = (\sigma_z(4) + \sigma_z(4'))/2 \times b_x$$

Similmente, per i momenti flettenti:

$$M_{1-1'} = (\sigma_z(1) - \sigma_z(1'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(1) - \sigma_z(1'))/2 \times b_x^2/6$$

$$M_{2-2'} = (\sigma_z(2) - \sigma_z(2'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(2) - \sigma_z(2'))/2 \times b_x^2/6$$

$$M_{3-3'} = (\sigma_z(3) - \sigma_z(3'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(3) - \sigma_z(3'))/2 \times b_x^2/6$$

$$M_{4-4'} = (\sigma_z(4) - \sigma_z(4'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(4) - \sigma_z(4'))/2 \times b_x^2/6$$

$$b_x = 3.85 \text{ m} \quad \text{luce complessiva della mensola in direzione longitudinale}$$

Analoghe formule vengono impiegate per il calcolo in direzione trasversale, con le opportune permutazioni dei termini.

In linea generale, le pressioni vengono valutate con riferimento agli usuali metodi "lineari", considerando area e moduli di resistenza della sezione di contatto interamente reagente.

Si evidenzia che, solamente per la condizione sismica, si riscontra la presenza di una debole parzializzazione della sezione di interfaccia plinto terreno per la pila 3.

Tale occorrenza viene opportunamente gestita effettuando il calcolo con una apposita procedura in grado di tenere conto della parzializzazione dell'area di contatto.

Qui di seguito si riporta il calcolo per esteso delle pressioni sottoplinto per tutti i punti notevoli indicati nello schema di riferimento. I valori sono espressi in kN/m².

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 3

Mappature pressioni nei punti notevoli interfaccia plinto - terreno (kN/m²)

	σ ₁	σ _{1'}	σ _{1''}	σ ₂	σ _{2'}	σ _{2''}	σ ₃	σ _{3'}	σ _{3''}	σ ₄	σ _{4'}	σ _{4''}
SU STR max N	-240.24	-243.67	-222.70	-126.50	-129.93	-144.03	-248.00	-244.57	-230.47	-134.26	-130.83	-151.79
SU STR min N	-237.58	-236.30	-270.86	-453.48	-452.20	-420.20	-234.68	-235.96	-267.96	-450.58	-451.86	-417.29
SU STR max My	-197.40	-168.87	-213.37	-300.99	-272.46	-285.02	-132.86	-161.39	-148.83	-236.45	-264.98	-220.48
SU STR min My	-326.75	-357.22	-304.09	-179.75	-210.22	-202.41	-395.67	-385.21	-373.01	-248.67	-218.21	-271.34
SU STR max Mx	-363.29	-362.92	-319.81	-81.22	-80.84	-124.70	-362.45	-362.82	-318.96	-80.37	-80.74	-123.86
SU STR min Mx	-152.31	-154.43	-195.79	-434.38	-436.51	-390.90	-157.11	-154.90	-200.50	-439.18	-437.06	-395.70
SU GEO max N	-234.05	-237.41	-218.83	-135.32	-138.68	-150.94	-241.64	-238.29	-226.42	-142.92	-139.56	-158.14
SU GEO min N	-173.02	-171.21	-201.65	-358.77	-356.96	-330.13	-168.93	-170.74	-197.57	-354.68	-356.68	-326.04
SU GEO max My	-197.89	-172.83	-211.78	-287.97	-262.90	-274.08	-141.20	-166.26	-155.08	-231.27	-256.33	-217.38
SU GEO min My	-248.64	-275.07	-229.06	-121.59	-148.02	-141.18	-308.44	-282.01	-288.85	-181.39	-154.95	-200.97
SU GEO max Mx	-341.21	-340.41	-303.69	-97.86	-97.06	-135.38	-339.40	-340.20	-301.88	-96.05	-96.85	-133.57
SU GEO min Mx	-97.34	-99.81	-134.66	-340.49	-343.15	-302.97	-103.18	-100.51	-140.70	-346.52	-343.85	-309.01
Ed SLV max N	-428.10	-261.17	-412.44	-326.50	-150.56	-342.16	-50.45	-217.38	-34.78	0.00	-115.77	0.00
Ed SLV min N	0.00	-136.04	0.00	-68.90	-236.21	-53.40	-347.70	-180.02	-363.07	-447.40	-280.09	-432.03
Ed SLV max My	-436.10	-265.48	-420.44	-334.50	-163.87	-350.16	-50.10	-220.72	-34.43	0.00	-119.11	0.00
Ed SLV min My	0.00	-131.21	0.00	-59.85	-231.60	-44.37	-348.00	-176.26	-363.48	-448.40	-276.65	-432.92
Ed SLV max Mx	-411.80	-380.88	-361.14	-83.18	-32.25	-113.84	-296.60	-347.53	-245.93	0.00	-18.89	-18.62
Ed SLV min Mx	0.00	-36.32	-34.76	-312.10	-364.26	-261.55	-102.10	-89.99	-152.67	-430.10	-377.94	-379.53
SLE RARA max N	-224.23	-227.10	-212.66	-149.14	-152.01	-160.72	-230.72	-227.86	-219.15	-155.63	-152.77	-167.21
SLE RARA min N	-180.90	-179.80	-204.23	-331.75	-330.66	-308.51	-178.52	-179.63	-201.76	-329.28	-330.37	-306.04
SLE RARA max My	-202.66	-181.37	-213.00	-270.23	-248.94	-259.81	-154.49	-175.79	-164.91	-222.08	-243.35	-211.05
SLE RARA min My	-236.88	-259.79	-221.51	-137.16	-160.07	-152.53	-288.72	-265.80	-273.34	-188.99	-166.08	-204.37
SLE RARA max Mx	-336.05	-335.76	-305.30	-136.60	-136.31	-167.35	-335.39	-335.68	-304.64	-135.94	-136.23	-166.69
SLE RARA min Mx	-137.83	-139.61	-188.58	-337.28	-339.06	-306.53	-141.86	-140.08	-172.61	-341.31	-339.53	-310.56
SLE FREQUENTE max N	-188.26	-190.92	-188.78	-191.61	-194.27	-191.09	-194.28	-191.62	-194.80	-197.63	-194.97	-197.11
SLE FREQUENTE min N	-213.67	-212.95	-218.27	-243.48	-242.75	-238.88	-212.03	-212.75	-216.62	-241.83	-242.56	-237.23
SLE FREQUENTE max My	-232.25	-220.01	-219.95	-207.15	-205.11	-209.65	-217.18	-219.43	-214.88	-202.28	-204.52	-204.58
SLE FREQUENTE min My	-217.10	-221.09	-214.44	-199.84	-203.84	-202.50	-220.14	-222.14	-223.48	-208.88	-204.89	-211.54
SLE FREQUENTE max Mx	-243.74	-243.70	-235.07	-187.51	-187.47	-196.18	-243.64	-243.60	-234.07	-187.42	-187.46	-196.09
SLE FREQUENTE min Mx	-189.24	-190.92	-197.91	-245.47	-247.15	-236.80	-193.04	-191.16	-201.71	-249.27	-247.59	-240.60
SLE Q,PERMANENTE max N	-192.96	-195.59	-192.96	-192.96	-195.59	-192.96	-198.92	-198.28	-198.92	-198.92	-196.28	-198.92
SLE Q,PERMANENTE min N	-202.08	-201.27	-202.08	-202.08	-201.27	-202.08	-200.24	-201.06	-200.24	-200.24	-201.06	-200.24
SLE Q,PERMANENTE max My	-200.97	-199.91	-200.97	-200.97	-199.91	-200.97	-198.57	-199.63	-198.57	-198.57	-199.63	-198.57
SLE Q,PERMANENTE min My	-194.07	-196.95	-194.07	-194.07	-196.95	-194.07	-200.59	-197.71	-200.59	-200.59	-197.71	-200.59
SLE Q,PERMANENTE max Mx	-196.90	-196.78	-196.90	-196.90	-196.78	-196.90	-196.63	-196.75	-196.63	-196.63	-196.75	-196.63
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-198.63	-200.23	-198.63	-198.63	-200.23	-198.63	-202.26	-200.65	-202.26	-202.26	-200.65	-202.26

Tabella 10.11 pressioni sottoplinto (distrib. lineare) - pila 3

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 4

Mappature pressioni nei punti notevoli interfaccia plinto - terreno (kN/m²)

	σ ₁	σ _{1'}	σ _{1''}	σ ₂	σ _{2'}	σ _{2''}	σ ₃	σ _{3'}	σ _{3''}	σ ₄	σ _{4'}	σ _{4''}
SU STR max N	-137.93	-132.21	-147.58	-200.51	-194.78	-190.80	-124.90	-130.70	-134.62	-187.55	-193.28	-177.90
SU STR min N	-382.61	-387.85	-360.27	-237.74	-242.99	-260.07	-394.48	-389.23	-372.14	-249.61	-244.36	-271.94
SU STR max My	-235.08	-218.82	-247.73	-317.15	-300.89	-304.49	-168.30	-214.56	-216.96	-280.37	-296.63	-267.72
SU STR min My	-198.79	-218.07	-189.54	-138.85	-158.13	-148.09	-242.41	-223.12	-233.16	-187.47	-163.18	-191.71
SU STR max Mx	-394.71	-396.78	-363.33	-191.15	-193.22	-222.53	-399.40	-397.33	-368.02	-195.83	-193.76	-227.22
SU STR min Mx	-127.92	-127.75	-159.31	-331.49	-331.31	-300.11	-127.53	-127.70	-158.01	-331.09	-331.27	-299.71
SU GEO max N	-142.83	-135.92	-151.18	-197.01	-190.10	-188.85	-127.10	-194.11	-135.55	-181.57	-188.28	-173.02
SU GEO min N	-300.40	-305.61	-281.24	-176.13	-181.33	-195.28	-312.18	-306.98	-293.02	-187.91	-182.70	-207.07
SU GEO max My	-173.29	-158.18	-184.20	-244.07	-228.96	-233.16	-139.11	-154.22	-150.03	-209.90	-225.00	-198.98
SU GEO min My	-195.83	-213.02	-187.82	-143.89	-161.09	-151.90	-234.72	-217.53	-226.71	-182.79	-165.60	-190.79
SU GEO max Mx	-310.35	-312.06	-283.48	-136.07	-137.78	-162.94	-314.22	-312.51	-287.35	-139.94	-138.23	-166.81
SU GEO min Mx	-134.39	-133.68	-161.26	-308.67	-307.95	-281.80	-132.77	-133.49	-159.64	-307.05	-307.77	-280.18
Ed SLV max N	-282.25	-195.31	-275.73	-240.01	-153.07	-246.52	-85.56	-172.50	-79.05	-43.32	-130.26	-48.84
Ed SLV min N	-70.12	-180.33	-76.63	-112.36	-202.57	-105.84	-274.20	-183.99	-280.72	-316.40	-226.23	-309.93
Ed SLV max My	-284.13	-197.06	-277.62	-241.89	-154.82	-248.40	-87.15	-174.22	-80.64	-44.91	-131.98	-51.42
Ed SLV min My	-68.23	-158.58	-74.75	-110.48	-200.82	-103.96	-272.62	-182.27	-279.13	-314.86	-224.52	-308.35
Ed SLV max Mx	-286.38	-242.86	-244.93	-127.13	-101.70	-148.88	-213.18	-236.69	-101.71	-74.00	-97.53	-85.48
Ed SLV min Mx	-85.99	-112.41	-107.44	-225.15	-251.57	-209.70	-145.70	-119.34	-167.21	-284.92	-258.90	-263.66
SLE RARA max N	-149.67	-144.88	-156.14	-191.66	-186.87	-185.18	-138.84	-143.63	-145.31	-180.83	-185.61	-174.35
SLE RARA min N	-281.52	-285.97	-265.64	-178.57	-183.02	-194.44	-291.59	-287.14	-275.72	-188.64	-184.19	-204.51
SLE RARA max My	-176.30	-164.02	-185.00	-232.73	-220.45	-224.03	-148.53	-160.80	-157.23	-204.98	-217.23	-196.26
SLE RARA min My	-190.73	-205.59	-184.56	-150.69	-165.55	-156.86	-224.34	-209.48	-218.17	-184.30	-169.64	-190.47
SLE RARA max Mx	-200.36	-292.14	-267.79	-143.93	-145.71	-166.51	-204.38	-292.60	-271.81	-147.05	-146.18	-170.53
SLE RARA min Mx	-142.43	-142.34	-165.00	-288.85	-288.77	-266.28	-142.24	-142.32	-164.81	-288.66	-288.75	-266.09
SLE FREQUENTE max N	-169.86	-168.63	-170.29	-172.60	-171.37	-172.18	-167.08	-168.31	-167.50	-169.82	-171.05	-169.40
SLE FREQUENTE min N	-218.49	-222.78	-214.07	-189.87	-194.16	-194.18	-228.21	-223.91	-223.80	-199.59	-195.29	-204.00
SLE FREQUENTE max My	-175.81	-173.84	-175.81	-175.81	-173.84	-175.81	-170.91	-171.07	-170.91	-170.91	-171.07	-170.91
SLE FREQUENTE min My	-176.48	-181.69	-176.48	-176.48	-181.69	-176.48	-188.20	-183.05	-188.20	-188.20	-183.05	-188.20
SLE FREQUENTE max Mx	-223.41	-225.43	-215.34	-171.05	-173.07	-170.12	-227.98	-225.96	-219.91	-175.62	-173.60	-183.69
SLE FREQUENTE min Mx	-169.45	-169.91	-177.52	-221.81	-222.27	-213.74	-170.49	-170.01	-178.57	-222.86	-222.39	-214.78
SLE Q.Permanente max N	-173.92	-172.62	-173.92	-173.92	-172.62	-173.92	-170.97	-172.28	-170.97	-170.97	-172.28	-170.97
SLE Q.Permanente min N	-178.44	-183.02	-178.44	-178.44	-183.02	-178.44	-188.79	-184.22	-188.79	-188.79	-184.22	-188.79
SLE Q.Permanente max My	-175.92	-174.47	-175.92	-175.92	-174.47	-175.92	-172.63	-174.09	-172.63	-172.63	-174.09	-172.63
SLE Q.Permanente min My	-176.44	-181.17	-176.44	-176.44	-181.17	-176.44	-187.14	-182.41	-187.14	-187.14	-182.41	-187.14
SLE Q.Permanente max Mx	-176.99	-179.21	-176.99	-176.99	-179.21	-176.99	-182.02	-179.80	-182.02	-182.02	-179.80	-182.02
SLE Q.Permanente min Mx	-175.30	-176.06	-175.39	-175.39	-176.06	-175.39	-176.90	-176.23	-176.90	-176.90	-176.23	-176.90

Tabella 10.12 pressioni sottoplinto (distrib. lineare) - pila 4

Qui di seguito, per la pila 3 e 4, il calcolo delle sollecitazioni equivalenti in direzione longitudinale e trasversale effettuato per ciascuna delle quattro mensole di spigolo.

I valori indicati, riferiti all'unità di larghezza, sono espressi in kN/m e kNm/m.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Tab. 3 - Calcolo sollecitazioni equivalenti mensola in direzione longitudinale

bx	lice totale mensola							
	3,05 m							
ΔV(gk1)	152,5 kN/m							
ΔM(gk1)	232,56 kNm/m							
	M3-1'	M3-3'	M2-2'	M4-4'	V1-1'	V3-3'	V2-2'	V4-4'
SLE STR max N	-880,17	-915,63	-361,12	-385,58	-585,46	-568,67	-238,55	-251,75
SLE STR min N	-870,69	-860,96	-1874,70	-1885,17	-570,16	-565,22	-1228,66	-1223,72
SLE STR max My	-641,37	-429,84	-1123,18	-911,45	-498,07	-298,25	-722,01	-612,17
SLE STR min My	-1334,06	-1500,57	-650,74	-876,85	-890,55	-1007,84	-442,20	-559,50
SLE STR max Mx	1456,62	1453,86	144,61	-141,85	954,97	953,54	94,64	93,20
SLE STR min Mx	-470,15	-494,80	-1701,16	-1806,00	-315,27	-323,44	-1175,61	-1181,77
Ed SLE max N	-1499,82	-260,91	-1017,24	58,67	-898,63	-255,94	-588,74	-24,05
Ed SLE min N	21,64	-2124,70	-347,51	-1580,01	-34,96	-652,27	-312,79	-998,93
Ed SLE max My	-1521,21	-365,00	-1058,73	47,80	-617,40	-260,51	-607,51	-29,15
Ed SLE min My	29,13	-1119,80	-312,10	-1586,77	-47,60	-646,99	-291,96	-953,20
Ed SLE max Mx	-1803,87	-1225,95	-75,36	203,28	-1023,83	-829,79	-23,53	123,70
Ed SLE min Mx	176,25	-161,54	-1299,96	-1687,07	97,13	-79,46	-878,55	-1079,75
SLE RARA max N	-614,85	-836,15	-465,59	-486,88	-535,79	-546,84	-306,76	-317,80
SLE RARA min N	-607,56	-596,47	-1308,80	-1300,71	-247,85	-360,65	-857,68	-853,48
SLE RARA max My	-677,05	-519,04	-991,33	-833,32	-433,15	-351,18	-639,23	-557,26
SLE RARA min My	-804,75	-3074,81	-440,91	-631,97	-804,93	-693,14	-300,77	-388,99
SLE RARA max Mx	-1330,02	-1327,88	-402,34	-400,18	-872,00	-870,88	-263,68	-262,56
SLE RARA min Mx	-411,30	-424,51	-1338,98	-1352,19	-270,61	-277,46	-878,91	-885,78
SLE FREQUENTE max N	-647,22	-866,96	-682,79	-682,53	-425,76	-436,00	-435,97	-446,21
SLE FREQUENTE min N	-760,16	-754,75	-898,78	-893,37	-848,10	-495,29	-588,99	-586,13
SLE FREQUENTE max My	-797,71	-781,68	-728,40	-711,77	-521,95	-513,52	-476,50	-467,87
SLE FREQUENTE min My	-783,41	-813,07	-703,15	-732,83	-505,74	-531,13	-463,32	-478,50
SLE FREQUENTE max Mx	-901,06	-900,75	-639,54	-639,23	-590,84	-590,68	-419,35	-419,19
SLE FREQUENTE min Mx	-650,27	-662,75	-911,78	-924,25	-427,26	-433,72	-998,74	-603,21
SLE Q.Permanente max N	-609,03	-686,58	-609,03	-688,58	-440,04	-450,19	-440,04	-450,19
SLE Q.Permanente min N	-706,12	-706,08	-706,12	-700,08	-462,62	-459,48	-462,62	-459,48
SLE Q.Permanente max My	-700,55	-802,69	-700,55	-802,69	-458,84	-454,76	-458,84	-454,76
SLE Q.Permanente min My	-674,59	-695,97	-674,59	-695,97	-443,82	-454,91	-443,82	-454,91
SLE Q.Permanente max Mx	-683,07	-682,21	-683,07	-682,21	-447,85	-447,41	-447,85	-447,41
SLE Q.Permanente min Mx	-683,70	-705,73	-682,79	-705,71	-455,70	-461,94	-455,70	-461,94

Tab. 3 - Calcolo sollecitazioni mensola in direzione trasversale

bx	lice totale mensola							
	1,85 m							
ΔV(gk1)	92,5 kN/m							
ΔM(gk1)	85,56 kNm/m							
	M3-1'	M3-3'	M2-2'	M4-4'	V1-1'	V3-3'	V2-2'	V4-4'
SLE STR max N	-315,54	-328,83	-140,91	-154,19	-335,72	-350,08	-157,74	-172,10
SLE STR min N	-330,98	-335,01	-671,47	-666,50	-377,81	-372,44	-715,65	-710,26
SLE STR max My	-261,35	-150,90	-420,19	-309,95	-287,46	-168,06	-449,56	-330,16
SLE STR min My	-460,66	-578,60	-234,86	-352,91	-401,02	-618,53	-261,00	-388,51
SLE STR max Mx	-531,32	-506,87	-78,22	-74,78	-539,37	-537,81	-87,97	-96,43
SLE STR min Mx	-199,89	-208,09	-632,97	-641,18	-329,49	-336,37	-870,89	-876,76
Ed SLE max N	-638,09	8,17	-482,10	85,56	-685,00	13,66	-526,01	92,50
Ed SLE min N	85,56	-318,21	-23,50	-671,28	92,50	-364,96	-20,63	-720,97
Ed SLE max My	-651,79	8,77	-495,79	85,56	-699,80	14,31	-540,81	92,50
Ed SLE min My	85,56	-318,78	-8,01	-672,93	92,50	-365,62	-3,91	-722,72
Ed SLE max Mx	-580,23	-393,09	-85,68	74,94	-622,47	-409,38	-108,25	75,28
Ed SLE min Mx	85,73	-118,00	-409,88	-621,80	60,39	-143,10	-436,13	-836,41
SLE RARA max N	-294,55	-301,86	-176,26	-187,37	-311,62	-323,63	-194,12	-206,13
SLE RARA min N	-237,41	-233,19	-488,89	-464,66	-263,83	-250,26	-499,74	-495,17
SLE RARA max My	-267,18	-184,76	-370,91	-288,50	-292,08	-202,65	-397,76	-308,68
SLE RARA min My	-311,03	-399,74	-157,92	-246,62	-331,51	-427,41	-175,46	-271,36
SLE RARA max Mx	-471,96	-470,83	-185,71	-164,60	-503,74	-499,52	-188,65	-187,43
SLE RARA min Mx	-167,84	-174,74	-474,07	-480,96	-190,93	-198,38	-503,03	-510,48
SLE FREQUENTE max N	-236,90	-247,19	-242,04	-252,13	-256,27	-267,39	-261,50	-272,63
SLE FREQUENTE min N	-282,71	-279,89	-328,47	-325,65	-307,05	-304,00	-353,68	-350,63
SLE FREQUENTE max My	-293,45	-284,78	-270,38	-281,90	-318,54	-307,10	-293,12	-283,84
SLE FREQUENTE min My	-284,43	-299,50	-257,94	-273,41	-306,67	-323,39	-279,67	-296,40
SLE FREQUENTE max Mx	-326,59	-326,43	-240,26	-240,20	-350,40	-350,22	-262,42	-262,24
SLE FREQUENTE min Mx	-243,23	-249,73	-329,55	-338,09	-265,62	-272,65	-353,60	-360,63
SLE Q.Permanente max N	-246,64	-254,84	-244,64	-254,84	-264,48	-275,50	-264,48	-275,50
SLE Q.Permanente min N	-260,25	-257,11	-260,25	-257,11	-281,36	-277,95	-281,36	-277,95
SLE Q.Permanente max My	-258,35	-254,25	-258,35	-254,25	-279,29	-274,86	-279,29	-274,86
SLE Q.Permanente min My	-246,55	-257,70	-246,55	-257,70	-266,54	-278,59	-266,54	-278,59
SLE Q.Permanente max Mx	-251,37	-250,65	-251,37	-250,93	-271,76	-271,27	-271,76	-271,27
SLE Q.Permanente min Mx	-254,34	-260,55	-254,34	-260,55	-274,96	-281,68	-274,96	-281,68

Tabella 10.13 Sollecitazioni equivalenti - pila 3

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Pila 4 - Calcolo sollecitazioni equivalenti mensola in direzione longitudinale

ba	3.05 m		face totale mensola					
ΔV (gk1)	152.5 kN/m							
ΔM (gk1)	232.56 kNm/m							
	M3-1'	M3-3'	M3-2'	M4-4'	V1-1'	V3-3'	V1-2'	V4-4'
SU STR max N	-400.13	-357.62	-691.16	-648.66	-256.47	-217.42	-450.31	-428.26
SU STR min N	-1555.17	-1594.11	-881.36	-920.39	-1022.45	-1042.65	-580.01	-600.81
SU STR max My	-835.65	-715.00	-1217.36	-1096.71	-538.70	-477.12	-790.00	-727.42
SU STR min My	-721.99	-805.03	-643.14	-588.24	-483.20	-557.43	-300.38	-374.62
SU STR max Mx	-1606.55	-1621.93	-659.72	-675.19	-1054.53	-1062.51	-433.66	-441.63
SU STR min Mx	-362.17	-360.86	-1309.00	-1307.89	-237.40	-236.72	-858.27	-857.59
Ed SLV max N	-645.45	-300.21	-748.97	-603.74	-375.77	-241.05	-446.93	-112.22
Ed SLV min N	-233.43	-902.96	-429.91	-1099.44	-198.93	-546.25	-327.76	-675.08
Ed SLV max My	-953.99	-307.79	-757.52	-111.32	-581.31	-246.09	-452.47	-117.26
Ed SLV min My	-224.88	-895.38	-421.36	-1091.85	-193.39	-541.71	-322.22	-670.04
Ed SLV max Mx	-970.00	-705.39	-322.73	-148.12	-624.10	-532.53	-199.67	-104.09
Ed SLV min Mx	-208.36	-404.44	-855.63	-1055.70	-150.06	-251.77	-574.50	-676.21
SLE RARA max N	-456.17	-420.64	-651.46	-615.93	-296.69	-278.26	-424.76	-406.32
SLE RARA min N	-1083.74	-1116.79	-604.91	-617.98	-712.91	-730.06	-398.93	-459.07
SLE RARA max My	-548.43	-477.31	-830.89	-729.77	-366.50	-319.23	-538.60	-491.34
SLE RARA min My	-677.61	-787.86	-491.38	-601.63	-451.88	-509.08	-329.77	-386.96
SLE RARA max Mx	-1120.73	-1155.92	-439.67	-432.83	-735.81	-742.65	-289.21	-299.03
SLE RARA min Mx	-426.77	-420.14	-1110.88	-1100.25	-281.77	-281.45	-728.38	-728.05
SLE FREQUENTE max N	-555.61	-546.49	-568.34	-593.22	-363.71	-358.98	-372.06	-387.32
SLE FREQUENTE min N	-750.33	-822.24	-657.21	-689.12	-520.44	-536.99	-433.14	-449.70
SLE FREQUENTE max My	-581.81	-565.75	-581.81	-593.73	-380.41	-372.07	-380.41	-372.07
SLE FREQUENTE min My	-596.37	-625.01	-596.37	-635.01	-392.71	-412.75	-392.71	-412.75
SLE FREQUENTE max Mx	-809.70	-824.69	-566.15	-581.14	-531.98	-539.75	-372.27	-380.05
SLE FREQUENTE min Mx	-556.28	-559.73	-799.84	-803.28	-365.02	-366.80	-524.72	-526.50
SLE Q,PERMANENTE max N	-374.36	-564.70	-574.36	-564.70	-375.97	-370.96	-375.97	-370.96
SLE Q,PERMANENTE min N	-604.52	-638.47	-604.52	-638.47	-398.73	-416.35	-398.73	-416.35
SLE Q,PERMANENTE max My	-583.44	-572.64	-583.44	-572.64	-383.84	-376.24	-383.84	-376.24
SLE Q,PERMANENTE min My	-565.44	-630.53	-565.44	-630.53	-392.85	-411.06	-392.85	-411.06
SLE Q,PERMANENTE max Mx	-394.11	-610.62	-394.11	-610.62	-390.71	-399.27	-390.71	-399.27
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-584.25	-589.21	-584.25	-589.21	-383.45	-386.03	-383.45	-386.03

Pila 4 - Calcolo sollecitazioni mensola in direzione trasversale

ba	1.85 m		face totale mensola					
ΔV (gk1)	92.5 kN/m							
ΔM (gk1)	85.56 kNm/m							
	M3-1'	M3-3'	M3-2'	M4-4'	V1-1'	V3-3'	V1-2'	V4-4'
SU STR max N	-155.98	-133.81	-252.05	-229.88	-171.80	-147.63	-269.51	-245.54
SU STR min N	-536.43	-576.75	-354.01	-354.32	-594.88	-618.62	-367.98	-389.94
SU STR max My	-323.83	-261.00	-449.94	-387.00	-354.10	-286.06	-482.52	-414.48
SU STR min My	-249.34	-323.98	-157.31	-231.95	-286.71	-347.40	-172.91	-253.63
SU STR max Mx	-571.99	-580.01	-259.44	-267.46	-608.89	-617.38	-290.15	-298.82
SU STR min Mx	-151.25	-150.57	-463.80	-463.11	-173.19	-172.45	-491.72	-490.99
Ed SLV max N	-383.72	-57.15	-328.86	7.73	-423.63	-59.77	-157.53	6.33
Ed SLV min N	-38.14	-387.38	-302.99	-452.24	-43.24	-420.80	-109.34	-486.90
Ed SLV max My	-395.94	-59.88	-332.08	4.99	-427.11	-62.71	-361.01	1.39
Ed SLV min My	-34.82	-384.67	-99.77	-449.52	-39.76	-417.87	-105.86	-483.96
Ed SLV max Mx	-338.08	-288.97	-144.40	-93.31	-380.47	-282.03	-162.72	-84.25
Ed SLV min Mx	-73.83	-176.10	-287.49	-386.77	-86.43	-197.00	-304.18	-414.75
SLE RARA max N	-174.25	-155.72	-338.72	-220.19	-190.38	-170.34	-256.08	-236.04
SLE RARA min N	-387.13	-404.37	-320.07	-346.21	-412.62	-422.26	-252.53	-271.17
SLE RARA max My	-221.09	-173.57	-307.73	-260.21	-241.70	-190.32	-330.00	-278.62
SLE RARA min My	-217.30	-294.82	-175.83	-232.14	-254.84	-316.82	-191.99	-254.18
SLE RARA max Mx	-398.44	-405.32	-173.62	-180.50	-423.79	-431.22	-194.66	-202.09
SLE RARA min Mx	-171.04	-170.71	-395.86	-395.33	-191.87	-191.52	-421.00	-420.64
SLE FREQUENTE max N	-205.36	-200.00	-209.56	-204.80	-222.14	-216.99	-226.42	-221.28
SLE FREQUENTE min N	-285.80	-302.45	-241.86	-258.50	-307.82	-325.61	-162.83	-280.82
SLE FREQUENTE max My	-215.29	-208.90	-215.29	-206.60	-232.75	-223.68	-232.75	-223.68
SLE FREQUENTE min My	-216.44	-236.60	-216.44	-236.60	-233.99	-255.78	-233.99	-255.78
SLE FREQUENTE max Mx	-282.14	-298.96	-211.75	-218.56	-313.34	-321.79	-211.41	-230.86
SLE FREQUENTE min Mx	-209.01	-210.80	-389.40	-291.29	-228.44	-230.38	-330.38	-312.32
SLE Q,PERMANENTE max N	-212.06	-207.02	-212.06	-207.02	-228.25	-223.80	-228.25	-223.80
SLE Q,PERMANENTE min N	-219.80	-237.51	-219.80	-237.51	-237.62	-256.77	-217.62	-256.77
SLE Q,PERMANENTE max My	-215.48	-209.85	-215.48	-209.85	-232.38	-228.87	-232.38	-228.87
SLE Q,PERMANENTE min My	-216.37	-234.68	-216.37	-234.68	-233.82	-253.71	-233.82	-253.71
SLE Q,PERMANENTE max Mx	-217.31	-225.92	-217.31	-225.92	-234.93	-244.24	-234.93	-244.24
SLE Q,PERMANENTE min Mx	-214.57	-217.14	-214.57	-217.14	-231.97	-234.76	-231.97	-234.76

Tabella 10.14 Sollecitazioni equivalenti - Pila 4

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Dall'esame preliminare di valori ricavati, si può dedurre un impegno leggermente più elevato per la fondazione della pila n. 3.

Essa verrà pertanto presa a riferimento per l'effettuazione delle verifiche per tensioni normali e taglianti nell'ambito dei vari S.L.

Le sollecitazioni considerate ai fini delle verifiche nelle due direzioni sono pertanto le seguenti.

Pila 3

Valori di progetto nell'ambito dei singoli S.L. - direzione longitudinale

	MEd (kNm/m)		VEd(kN/m)	
	min	max	min	max
S.L.U.	-1874.70	-141.85	-1228.66	-93.20
Sisma	-1687.07	203.28	-1079.76	123.70
S.L.E.	-1352.19	-400.18	-885.78	-262.56
S.L.E. frequente	-924.25	-639.23	-605.21	-419.19
S.L.E. quasi permanente	-706.12	-669.03	-462.62	-440.04

Tabella 10.15 Sollecitazioni di verifica mensola longitudinale

Pila 3

Valori di progetto nell'ambito dei singoli S.L. - direzione trasversale

	MEd (kNm/m)		VEd(kN/m)	
	min	max	min	max
S.L.U.	-671.47	-76.78	-715.65	-96.41
Sisma	-672.93	85.56	-722.72	92.50
S.L.E.	-480.96	-157.92	-510.48	-175.46
S.L.E. frequente	-336.06	-236.90	-360.63	-256.27
S.L.E. quasi permanente	-260.55	-244.64	-281.68	-264.48

Tabella 10.16 Sollecitazioni di verifica mensola trasversale

Ai fini delle verifiche per tensioni normali, si predispongono le seguenti armature:

Armature longitudinali (verifica sezione A-A):

Inferiore: \varnothing 24/10

Superiore: \varnothing 24/20

Armature trasversali (verifica sezione B-B):

Inferiore: \varnothing 24/20

Superiore: \varnothing 24/20

Le armature longitudinali sono disposte all'interno rispetto alle armature trasversali.

Si predispongono inoltre un'armatura a taglio formata da staffe chiuse \varnothing 24 a due braccia, disposte a passo trasversale 60 cm, come indicato nello schema planimetrico seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

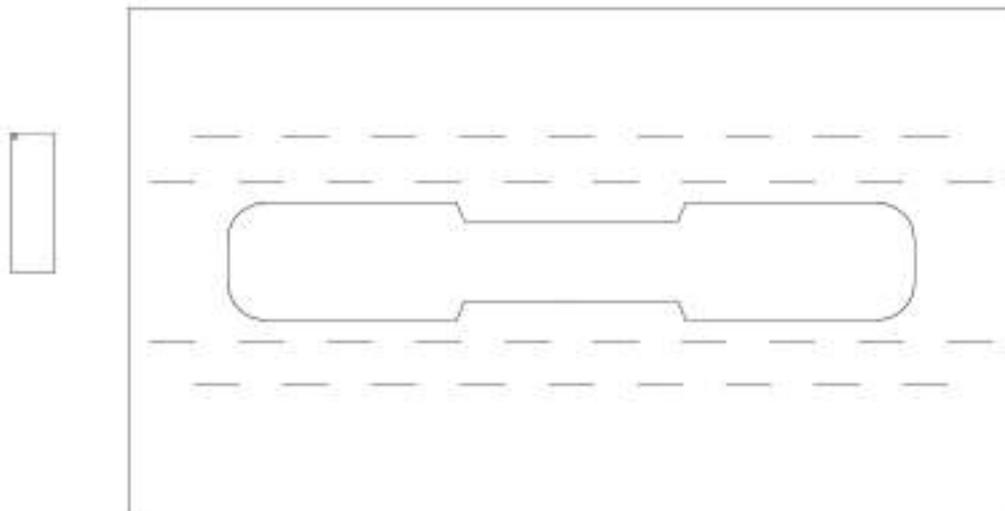


Figura 10.17 posizionamento staffatura

VERIFICA SEZIONE A-A

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sez_Ver_Long_Platea_Pile3-4

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	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	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.6	24
2	45.0	7.6	24
3	-45.0	192.4	24
4	45.0	192.4	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	24
2	3	4	3	24

ARMATURE A TAGLIO

Passo staffe e legature: 60.0 cm
N° Legature: 1
Diam. Legature: 31

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	14	9

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
14	0.0	192.4
9	5.0	7.6

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Vy			
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate			
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1875.00	1229.00
2	0.00	-203.00	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1352.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	925.00 (2369.97)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	707.00 (2369.97)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.
1	S	0.00	1875.00	0.00	3324.14	1.77

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

2 S 0.00 -203.00 0.00 -1683.82 8.29

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.049	-50.0	200.0	0.00071	-45.0	192.4	-0.06722	-45.0	7.6
2	0.00263	0.037	-50.0	0.0	-0.00014	-45.0	7.6	-0.06750	-45.0	192.4

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	0.000367564	-0.070012782	0.049	0.700
2	0.000000000	-0.000364500	0.002629780	0.037	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Legature: 31 mm
Passo staffe e legature: 60.0 cm

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale 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]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 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	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1229.00	5720.54	2170.64	196.0	100.0	2.500	1.000	7.1	12.6(12.6)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.15	-50.0	200.0	-166.9	35.0	7.6	1900	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	2.15	-50.0	200.0	-114.2	35.0	7.6	1900	45.2

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

Ver.	e1	e2	k1	kt	k2	k3	k4	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess.	My fess.
1	S	-0.00060	0	0.500	24.0	64	0.00034 (0.00034)	389	0.133 (0.30)	2369.97	0.00			

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.65	-50.0	200.0	-87.3	35.0	7.6	1900	45.2

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	-0.00046	0	0.500	24.0	64	0.00026 (0.00026)	389	0.102 (0.20)	2369.97	0.00

VERIFICA SEZIONE B-B

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sez_Ver_Trasv_Platea_Pile3-4

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1\beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.2	24
2	45.0	5.2	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

3	-45.0	194.8	24
4	45.0	194.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24

ARMATURE A TAGLIO

Passo staffe e legature: 60.0 cm
N° Legature: 1
Diam. Legature: 31

Indicazione Barre Longitudinali di estremità delle legature:

N°Legat.	Barra 1	Barra 2
1	6	9

Coordinate Barre generate di estremità delle legature:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
6	0.0	5.2
9	0.0	194.8

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	673.00	723.00
2	0.00	-86.00	723.00

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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	481.00	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	337.00 (2255.72)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	261.00 (2255.72)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.8 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
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
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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.
1	S	0.00	673.00	0.00	1700.75	2.53
2	S	0.00	-86.00	0.00	-1700.75	19.78

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00212	0.030	-50.0	200.0	0.00026	-45.0	194.8	-0.06750	-45.0	5.2
2	0.00212	0.030	-50.0	0.0	0.00026	-45.0	5.2	-0.06750	-45.0	194.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000357399	-0.069358477	0.030	0.700
2	0.000000000	-0.000357399	0.002121407	0.030	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 0 mm
Diam. Legature: 31 mm
Passo staffe e legature: 60.0 cm

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale 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]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
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	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	723.00	5720.54	2170.64	196.0	100.0	2.500	1.000	4.2	12.6(12.6)
2	S	723.00	5720.54	2170.64	196.0	100.0	2.500	1.000	4.2	12.6(12.6)

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	1.43	-50.0	200.0	-114.7	22.5	5.2	1300	22.6

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	1.00	-50.0	200.0	-80.4	22.5	5.2	1300	22.6

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace 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	-0.00041	0	0.500	24.0	40	0.00024 (0.00024)	370	0.089 (0.30)	2255.72	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.78	-50.0	200.0	-62.3	22.5	5.2	1300	22.6

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	-0.00032	0	0.500	24.0	40	0.00019 (0.00019)	370	0.069 (0.20)	2255.72	0.00

10.2 VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA 1

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

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

Le verifiche vengono effettuate con riferimento ai seguenti elementi strutturali:

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

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, prendendo in esame la sezione di incastro sulla fondazione.

La figura qui di seguito mostra la posizione dell'elemento presso il quale vengono estratte le sollecitazioni della spalla 1 (elemento 14 nodo 16).

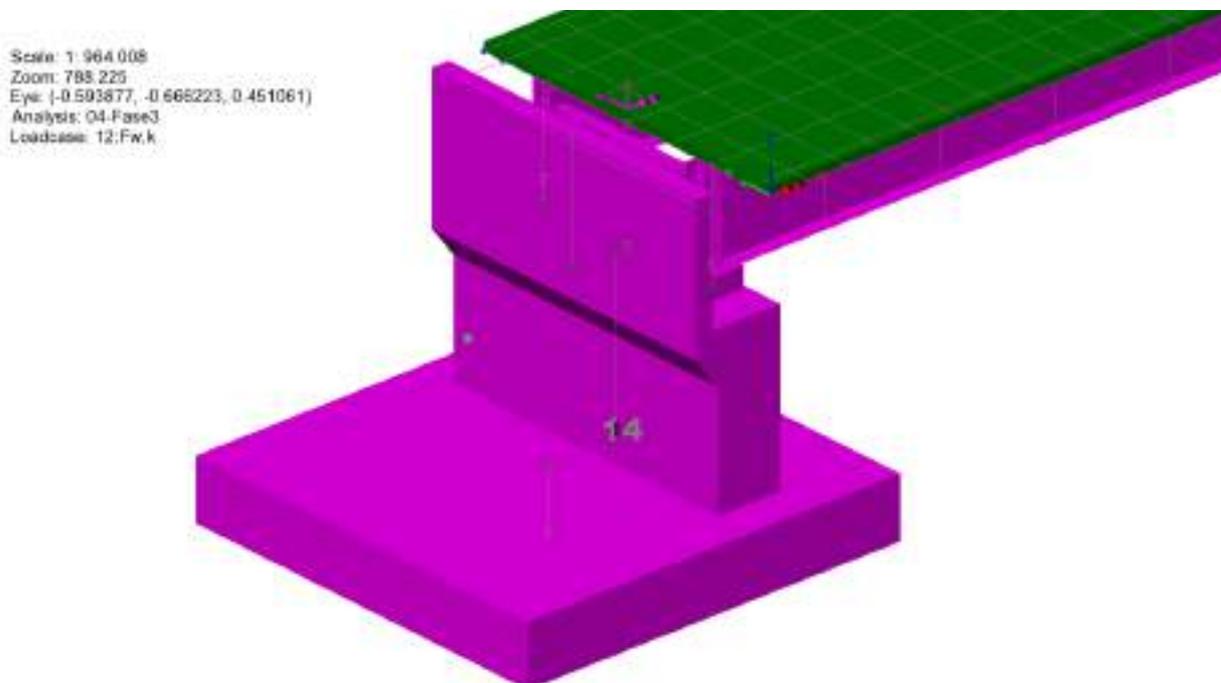


Figura 10.18 : Elementi per la verifica del muro frontale della spalla e del paraghiaia

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni rilevate in corrispondenza della sezione di incastro paramento, con riferimento agli 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, dividendo i risultati estratti dal modello FEM per 10.35 m (ampiezza del paramento).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni di verifica, riferite a sezione di ampiezza unitaria - paramento spalla 1

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189-SLU STR (Max)(V)	14	16	-1152.15	-333.09	1136.21
190-SLU STR (Min)(V)	14	16	-536.26	-509.90	2130.65
189-SLU STR (Max)(M)	14	16	-1040.66	-599.90	2319.80
190-SLU STR (Min)(M)	14	16	-647.76	-333.09	947.06
199-Gk + Ed_SLV (Max)(V)	14	16	-606.04	-180.31	520.80
200-Gk + Ed_SLV (Min)(V)	14	16	-615.62	-1001.52	4095.51
199-Gk + Ed_SLV (Max)(M)	14	16	-606.28	-1001.52	4146.97
200-Gk + Ed_SLV (Min)(M)	14	16	-616.28	-180.31	478.43
193-SLE RARA (Max)(V)	14	16	-855.85	-330.10	1155.86
194-SLE RARA (Min)(V)	14	16	-554.16	-443.02	1559.86
193-SLE RARA (Max)(M)	14	16	-871.52	-443.02	1678.87
194-SLE RARA (Min)(M)	14	16	-538.50	-339.19	1030.86
195-SLE FREQUENTE (Max)(V)	14	16	-766.02	-339.19	1122.18
196-SLE FREQUENTE (Min)(V)	14	16	-570.66	-443.02	1566.05
195-SLE FREQUENTE (Max)(M)	14	16	-778.70	-443.02	1644.00
196-SLE FREQUENTE (Min)(M)	14	16	-559.99	-339.19	1044.92
187-SLE Q.Permanente (Max)(V)	14	16	-643.91	-339.19	1076.39
188-SLE Q.Permanente (Min)(V)	14	16	-578.64	-363.59	1203.23
187-SLE Q.Permanente (Max)(M)	14	16	-642.59	-363.59	1227.21
188-SLE Q.Permanente (Min)(M)	14	16	-579.97	-339.19	1052.42

Tabella 10.17 Sollecitazioni paramento spalla 1

Ai fini delle verifiche per tensioni normali, la sezione, di spessore 2.2 m, viene armata mediante le seguenti armature verticali:

Lato terreno: $A_{s,i}$ \varnothing 24/10 4524 mm²/m

Lato esterno: $A_{s,e}$ \varnothing 24/20 2262 mm²/m

Le armature verticali sono disposte all'interno rispetto alle armature trasversali.

Si predispongono inoltre un'armatura a taglio formata da spilli \varnothing 14 disposti a passo trasversale x verticale 400 x 400 mm. L'armatura verrà prolungata fino a quota 2.50 m rispetto alla sezione di spiccato paramento. Oltre questa zona, si predispongono spilli \varnothing 12 passo 400 x 400 prolungati fino in sommità.

VERIFICHE SLU\SLE - PRESSOFLESSIONE

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezMuroSpalla1

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	220.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	6.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1152.15	1136.21	0.00	0.00
2	536.26	2130.65	0.00	0.00
3	1040.66	2319.80	0.00	0.00
4	647.76	947.06	0.00	0.00
5	606.94	529.89	0.00	0.00
6	615.62	4095.51	0.00	0.00
7	606.28	4146.97	0.00	0.00
8	616.28	478.43	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	855.85	1155.86
2	554.16	1559.86
3	871.52	1678.87
4	538.50	1036.86

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

N°Comb.	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
	N	Mx
1	766.02	1122.18 (3852.03)
2	570.66	1566.05 (3305.80)
3	778.70	1644.06 (3474.97)
4	559.99	1044.92 (3579.38)

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

N°Comb.	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
	N	Mx
1	643.91	1076.39 (3690.30)
2	578.64	1203.23 (3486.83)
3	642.59	1227.21 (3558.26)
4	579.97	1052.42 (3605.76)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	1152.15	1136.21	1152.11	4864.30	4.214	206.1	---	---	67.9 (66.0)
2	S	536.26	2130.65	536.44	4244.12	1.987	208.9	---	---	67.9 (66.0)
3	S	1040.66	2319.80	1040.65	4752.93	2.039	206.6	---	---	67.9 (66.0)
4	S	647.76	947.06	647.75	4357.09	4.550	208.4	---	---	67.9 (66.0)
5	S	606.94	529.89	607.07	4315.84	7.979	208.6	---	---	67.9 (66.0)
6	S	615.62	4095.51	615.35	4324.24	1.056	208.6	---	---	67.9 (66.0)
7	S	606.28	4146.97	606.38	4315.14	1.040	208.6	---	---	67.9 (66.0)
8	S	616.28	478.43	616.04	4324.93	8.831	208.6	---	---	67.9 (66.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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 compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	220.0	0.00179	213.2	-0.05024	6.8
2	0.00350	220.0	0.00136	213.2	-0.06365	6.8
3	0.00350	220.0	0.00172	213.2	-0.05237	6.8
4	0.00350	220.0	0.00145	213.2	-0.06092	6.8
5	0.00350	220.0	0.00141	213.2	-0.06190	6.8
6	0.00350	220.0	0.00142	213.2	-0.06171	6.8
7	0.00350	220.0	0.00141	213.2	-0.06192	6.8
8	0.00350	220.0	0.00142	213.2	-0.06169	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.38	220.0	0.00	134.2	-53.0	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
2	S	3.26	220.0	0.00	158.5	-120.5	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
3	S	3.51	220.0	0.00	149.2	-105.8	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
4	S	2.17	220.0	0.00	149.1	-65.3	213.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00028	0.00018	0.50	0.60	0.000159 (0.000159)	344	0.055 (990.00)	3971.26
2	S	-0.00063	0.00024	0.50	0.60	0.000361 (0.000361)	344	0.124 (990.00)	3292.40
3	S	-0.00055	0.00026	0.50	0.60	0.000318 (0.000318)	344	0.109 (990.00)	3550.59
4	S	-0.00034	0.00016	0.50	0.60	0.000196 (0.000196)	344	0.067 (990.00)	3551.01

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.32	220.0	0.00	138.4	-56.2	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
2	S	3.27	220.0	0.00	158.0	-119.7	213.2	17.0	1700	45.2	9.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

3	S	3.44	220.0	0.00	151.9	-109.9	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
4	S	2.18	220.0	0.00	148.1	-64.4	213.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00030	0.00017	0.50	0.60	0.000169 (0.000169)	344	0.058 (0.30)	3852.03
2	S	-0.00063	0.00025	0.50	0.60	0.000359 (0.000359)	344	0.123 (0.30)	3305.80
3	S	-0.00058	0.00026	0.50	0.60	0.000330 (0.000330)	344	0.113 (0.30)	3474.97
4	S	-0.00034	0.00016	0.50	0.60	0.000193 (0.000193)	344	0.066 (0.30)	3579.38

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.24	220.0	0.00	144.1	-60.9	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
2	S	2.52	220.0	0.00	151.5	-79.7	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
3	S	2.57	220.0	0.00	148.9	-76.9	213.2	17.0	1700	45.2	9.6
4	S	2.20	220.0	0.00	147.2	-63.6	213.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00032	0.00017	0.50	0.40	0.000183 (0.000183)	344	0.063 (0.20)	3690.30
2	S	-0.00042	0.00019	0.50	0.40	0.000239 (0.000239)	344	0.082 (0.20)	3486.83
3	S	-0.00040	0.00019	0.50	0.40	0.000231 (0.000231)	344	0.079 (0.20)	3558.26
4	S	-0.00033	0.00016	0.50	0.40	0.000191 (0.000191)	344	0.066 (0.20)	3605.76

VERIFICA SLU - TAGLIO

VERIFICA A TAGLIO CON ARMATURE SPECIFICHE	
d	2132 mm
b _w	1000 mm
f _{y,d}	391.3 N/mm ²
f _{cd}	18.81 N/mm ²
f' _{cd}	9.41 N/mm ²
cot θ	2.50
φ _w	14 mm
α	90 °
n bracci	2.5
s	400 mm
A _{sw}	385 mm ²
α _c	1 membrane non compresse
$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) =$	6223.97 kN
$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw} / s f_{y,d} (\cot \alpha + \cot \theta) \sin \alpha =$	1805.95 kN
$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) =$	1805.95 kN
$V_{Ed} =$	1001.52 kN
c.s. = $V_{Rd}/V_{Ed} =$	1.80 > 1

10.2.2 Paraghiaia

Le sollecitazioni di verifica del paraghiaia, per il quale si considera la sezione di incastro mensola, vengono dedotte sommando 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 adotterà pertanto la seguente larghezza di diffusione, valutata con riferimento all'altezza nominale media del paraghiaia, pari a 4.05 m:

$$b_{diff,tot} = 3 + 2 \times 3.2 \tan 30 = 7.68 \text{ m.}$$

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

$$V_{Qh} = 31.26 \text{ kN/m}$$

$$M_{Qh} = 126.6 \text{ kNm/m}$$

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

La figura seguente riporta posizione e label degli elementi della spalla1, sede dell'estrazione delle sollecitazioni di verifica del paraghiaia.

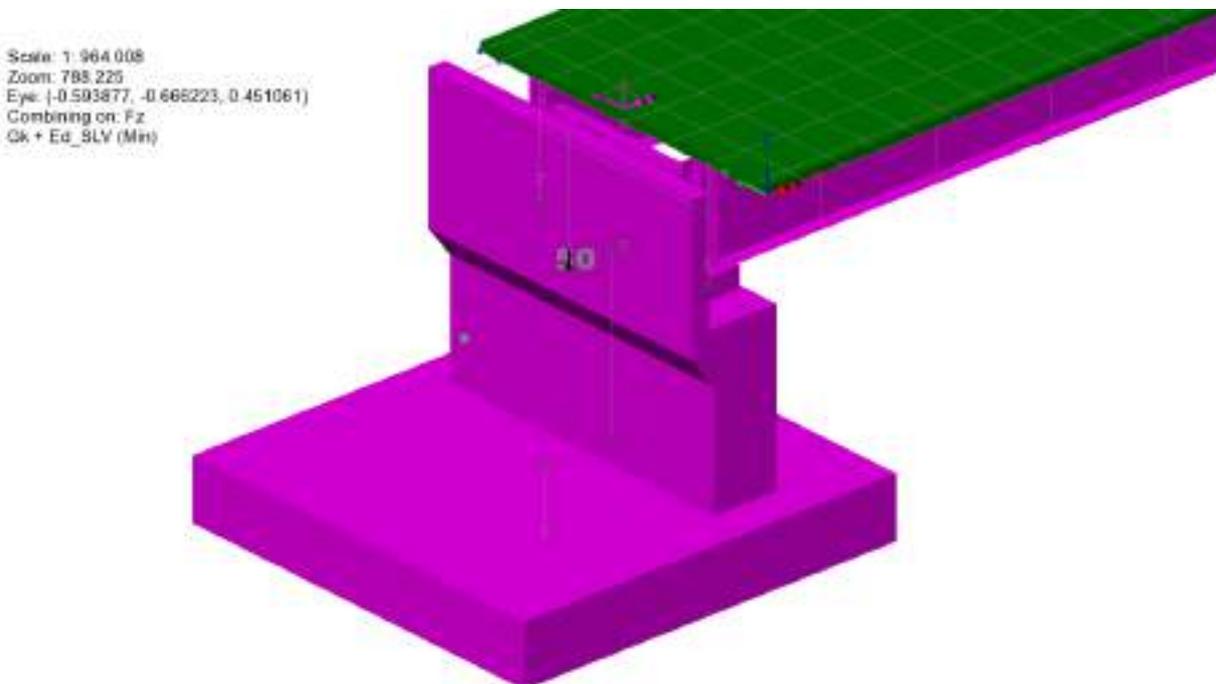


Figura 10.19 Elementi verifica sezione incastro paraghiaia

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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.

Sollecitazioni di verifica, riferite a sezione di ampiezza unitaria - paraghiaia spalla 1

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(Fz)	50	59	-80.45	-58.49	89.70
190:SLU STR (Min)(Fz)	50	59	-75.80	-122.67	215.52
189:SLU STR (Max)(My)	50	59	-75.80	-122.67	215.52
190:SLU STR (Min)(My)	50	59	-80.45	-58.49	89.70
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-32.51	37.09
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	50	59	-59.60	-279.78	564.20
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	50	59	-59.60	-279.78	564.20
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	50	59	-59.60	-32.51	37.09
193:SLE RARA (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
194:SLE RARA (Min)(Fz)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
193:SLE RARA (Max)(My)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
194:SLE RARA (Min)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70

Sollecitazioni di verifica, riferite a sezione di ampiezza unitaria - paraghiaia spalla 1

Loadcase	Element	Node	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
189:SLU STR (Max)(Fz)	50	59	-80.45	-100.69	260.64
190:SLU STR (Min)(Fz)	50	59	-75.80	-164.88	386.46
189:SLU STR (Max)(My)	50	59	-75.80	-164.88	386.46
190:SLU STR (Min)(My)	50	59	-80.45	-100.69	260.64
199:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-32.51	37.09
200:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	50	59	-59.60	-279.78	564.20
199:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	50	59	-59.60	-279.78	564.20
200:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	50	59	-59.60	-32.51	37.09
193:SLE RARA (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-89.75	216.32
194:SLE RARA (Min)(Fz)	50	59	-71.60	-122.13	286.27
193:SLE RARA (Max)(My)	50	59	-71.60	-122.13	286.27
194:SLE RARA (Min)(My)	50	59	-59.60	-89.75	216.32
195:SLE FREQUENTE (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
196:SLE FREQUENTE (Min)(Fz)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
195:SLE FREQUENTE (Max)(My)	50	59	-71.60	-90.87	159.65
196:SLE FREQUENTE (Min)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(Fz)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
187:SLE Q.PERMANENTE (Max)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70
188:SLE Q.PERMANENTE (Min)(My)	50	59	-59.60	-58.49	89.70

(*) incluso effetto locale frenatura

Tabella 10.18 Sollecitazioni di progetto sez. incastro paraghiaia

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ai fini delle verifiche per tensioni normali, la sezione, di spessore 0.6 m, viene armata mediante le seguenti armature verticali:

Lato terreno: $A_{s,i}$	$\varnothing 24/10$	4524 mm ² /m
Lato esterno: $A_{s,e}$	$\varnothing 24/20$	2262 mm ² /m

Le armature verticali sono disposte all'interno rispetto alle armature trasversali.

VERIFICHE SLU\SLE - PRESSOFLESSIONE

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezMuroParag

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	10 \varnothing 24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	5 \varnothing 24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Coprif.Lat. (dal baric.barre): 6.8 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	80.45	260.64	0.00	0.00
2	75.80	386.46	0.00	0.00
3	75.80	386.46	0.00	0.00
4	80.45	260.64	0.00	0.00
5	59.60	37.09	0.00	0.00
6	59.60	564.20	0.00	0.00
7	59.60	564.20	0.00	0.00
8	59.60	37.09	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	59.60	216.32
2	71.60	286.27
3	71.60	286.27
4	59.60	216.32

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	59.60	89.70 (269.76)
2	71.60	159.65 (263.40)
3	71.60	159.65 (263.40)
4	59.60	89.70 (269.76)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

N°Comb.	N	Mx
1	59.60	89.70 (269.76)
2	59.60	89.70 (269.76)
3	59.60	89.70 (269.76)
4	59.60	89.70 (269.76)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	80.45	260.64	80.67	881.54	3.371	50.7	---	---	67.9 (18.0)
2	S	75.80	386.46	75.64	880.40	2.274	50.7	---	---	67.9 (18.0)
3	S	75.80	386.46	75.64	880.40	2.274	50.7	---	---	67.9 (18.0)
4	S	80.45	260.64	80.67	881.54	3.371	50.7	---	---	67.9 (18.0)
5	S	59.60	37.09	59.36	876.73	23.114	50.7	---	---	67.9 (18.0)
6	S	59.60	564.20	59.36	876.73	1.553	50.7	---	---	67.9 (18.0)
7	S	59.60	564.20	59.36	876.73	1.553	50.7	---	---	67.9 (18.0)
8	S	59.60	37.09	59.36	876.73	23.114	50.7	---	---	67.9 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00095	53.2	-0.01645	6.8
2	0.00350	60.0	0.00095	53.2	-0.01649	6.8
3	0.00350	60.0	0.00095	53.2	-0.01649	6.8
4	0.00350	60.0	0.00095	53.2	-0.01645	6.8
5	0.00350	60.0	0.00093	53.2	-0.01661	6.8
6	0.00350	60.0	0.00093	53.2	-0.01661	6.8
7	0.00350	60.0	0.00093	53.2	-0.01661	6.8
8	0.00350	60.0	0.00093	53.2	-0.01661	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.99	60.0	0.00	39.6	-96.4	53.2	13.2	1321	45.2	9.6
2	S	5.27	60.0	0.00	39.7	-128.4	53.2	13.2	1324	45.2	9.6
3	S	5.27	60.0	0.00	39.7	-128.4	53.2	13.2	1324	45.2	9.6
4	S	3.99	60.0	0.00	39.6	-96.4	53.2	13.2	1321	45.2	9.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00058	0.00030	0.50	0.60	0.000289 (0.000289)	310	0.090 (990.00)	258.51
2	S	-0.00077	0.00039	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	310	0.119 (990.00)	257.81
3	S	-0.00077	0.00039	0.50	0.60	0.000385 (0.000385)	310	0.119 (990.00)	257.81
4	S	-0.00058	0.00030	0.50	0.60	0.000289 (0.000289)	310	0.090 (990.00)	258.51

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6
2	S	2.98	60.0	0.00	38.9	-68.4	53.2	13.0	1300	45.2	9.6
3	S	2.98	60.0	0.00	38.9	-68.4	53.2	13.0	1300	45.2	9.6
4	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.60	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.30)	269.76
2	S	-0.00041	0.00022	0.50	0.60	0.000205 (0.000205)	308	0.063 (0.30)	263.40
3	S	-0.00041	0.00022	0.50	0.60	0.000205 (0.000205)	308	0.063 (0.30)	263.40
4	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.60	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.30)	269.76

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6
2	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6
3	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6
4	S	1.70	60.0	0.00	38.1	-36.6	53.2	12.7	1272	45.2	9.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.40	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.20)	269.76
2	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.40	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.20)	269.76
3	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.40	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.20)	269.76
4	S	-0.00022	0.00013	0.50	0.40	0.000110 (0.000110)	305	0.033 (0.20)	269.76

VERIFICA SLU - TAGLIO

Non si dispone una specifica armatura a taglio:

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMATURA SPECIFICA					
d	532	mm			
b _w	1000	mm			
f _{ck}	33.2	N/mm ²	C32/40		
γ _c	1.5				
φ	24	mm			
n ferri long. tesi	10				
φ	0				
n ferri long. tesi	0				
A _{sI}	4523.9	mm ²			
ρ _I = A _{sI} / (b _w d) =	0.009				
k = 1 + (200/d) ^{1/2} =	1.61				
σ _{cp}	0	N/mm ²			
v _{min} = 0.035 k ^{3/2} f _{ck} ^{1/2} =	0.41	N/mm ²			
V _{Rdmin} = (v _{min} + 0.15 σ _{cp}) b _w d =	219.81	kN			
C _{Rdc} = 0.18 / γ _c =	0.12				
V _{Rd} = { C _{Rdc} k (100 ρ _I f _{ck}) ^{1/3} + 0.15 σ _{cp} } b _w d >= V _{Rdmin}	313.58	kN			
V _{Ed} =	279.78	kN			
c.s. = V _{Rd} / V _{Ed} =	1.12	>	1		

10.2.3 Muro di risvolto

Il muro di risvolto presenta dimensioni complessive nette pari a 7.05 x 9.65 m (altezza media), ed è suddiviso in una parte di base, di spessore 90 cm, ed una parte sommitale di spessore 60 cm (a partire da quota spiccato paraghiaia).

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 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:102.098
Zoom: 925.44
Eye: (-0.550978, 0.878766, 0.485491)
SLU (STR)

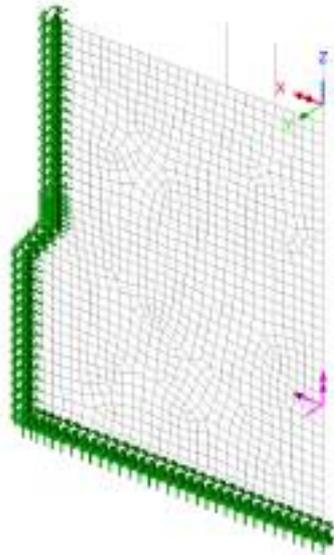


Figura 10.20 Muro ala - schema mesh E.F.

Scale: 1:102.098
Zoom: 925.44
Eye: (-0.550978, 0.878766, 0.485491)
SLU (STR)

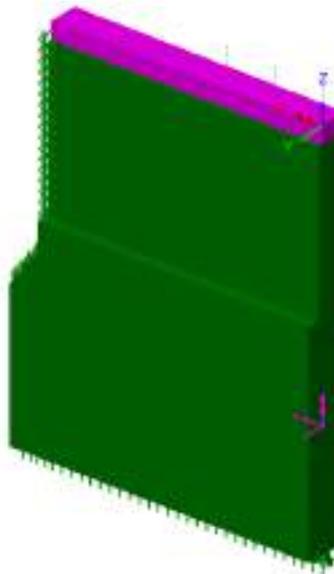


Figura 10.21 Muro ala - rendering modello E.F.

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:

- gk1 peso proprio degli elementi strutturali, valutato con riferimento una densità del calcestruzzo pari a 25 kN/m^3 ;
- gkt spinta delle terre, valutato con riferimento al coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 0.426$ e ad un peso specifico del terreno $\gamma_t = >19 \text{ kN/m}^3$
- gkt,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 di estremità + azione da 50 kN applicata al paletto più interno (cfr. schema).

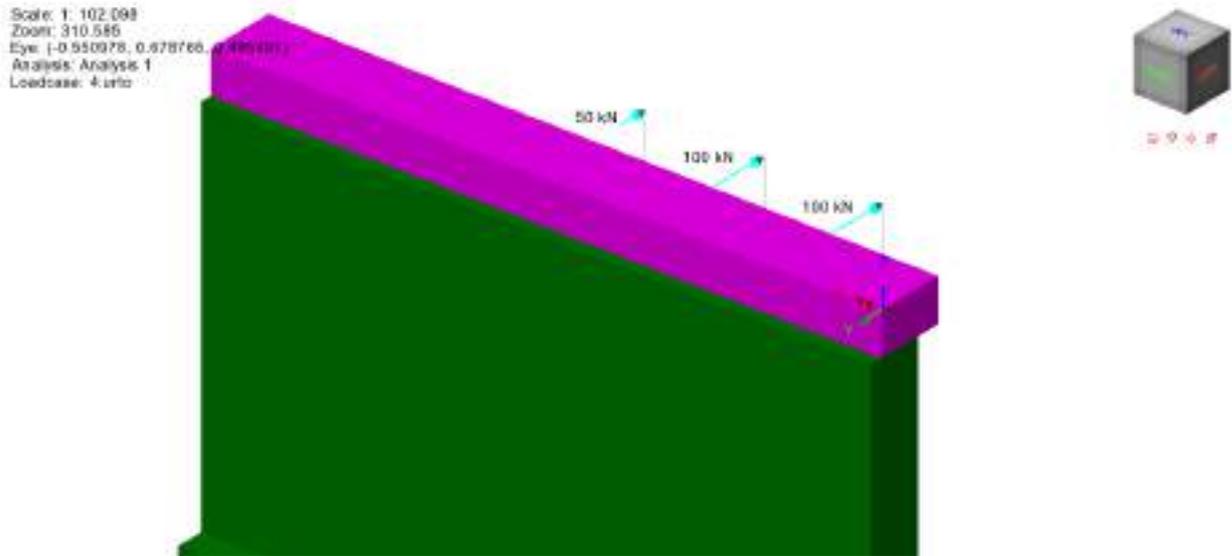


Figura 10.22 Muro ala - dettaglio modellazione urto

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

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

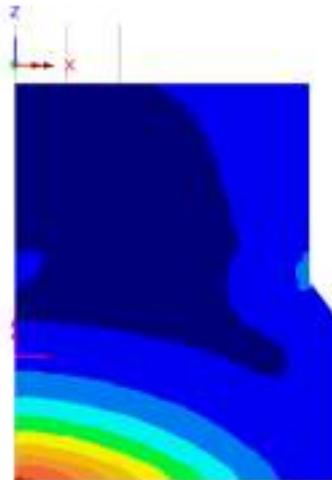
$$\text{S.L.E.} : S = S(g_{k1}) + S(g_{kt}) + S(g_{kt,(Qk)})$$

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

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

Combinazione S.L.U. – Mx

Scale: 1: 90 2895
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 138.638E3
Contour maximum: 1.16469E6 at node 1
Contour minimum: -84.8574E3 at node 969



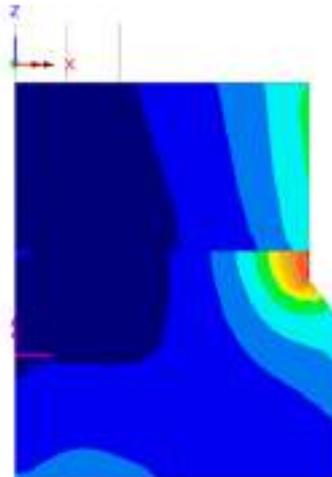
SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m/m)

0.0
138.838E3
277.676E3
416.514E3
555.352E3
694.19E3
833.028E3
971.866E3
1.1107E6

Maximum 1.16469E6 at node 1
Minimum -84.8574E3 at node 969

Combinazione S.L.U. – My

Scale: 1: 90 2895
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 123.311E3
Contour maximum: 1.0369E6 at node 678
Contour minimum: -72.9025E3 at node 751



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

0.0
123.311E3
246.622E3
369.933E3
493.244E3
616.555E3
739.867E3
863.178E3
986.489E3

Maximum 1.0369E6 at node 678
Minimum -72.9025E3 at node 751

Combinazione S.L.E. – Mx

Scale: 1: 90 2895
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 102.843E3
Contour maximum 862.73E3 at node 1
Contour minimum -62.8573E3 at node 969



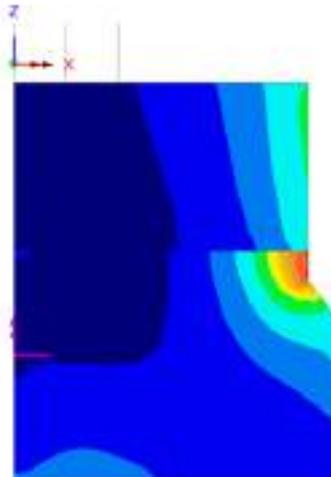
SLE
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m/m)

0.0
102.843E3
205.686E3
308.529E3
411.372E3
514.215E3
617.058E3
719.901E3
822.744E3

Maximum 862.73E3 at node 1
Minimum -62.8573E3 at node 969

Combinazione S.L.E. – My

Scale: 1: 90 2895
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 91.3415E3
Contour maximum 768.072E3 at node 678
Contour minimum -54.0018E3 at node 751



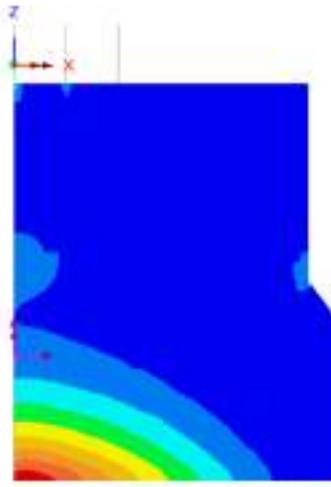
SLE
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: My (Units: N.m/m)

0.0
91.3415E3
182.683E3
274.025E3
365.366E3
456.708E3
548.049E3
639.391E3
730.732E3

Maximum 768.072E3 at node 678
Minimum -54.0018E3 at node 751

Combinazione S.L.U. (A) – Mx

Scale: 1: 90 2605
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urla)
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 113.903E3
Contour maximum: 1.02511E6 at node 1
Contour minimum: 0.0 at node 33



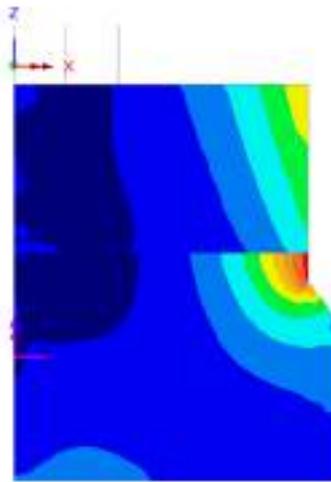
A (urla)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m/m)

0.0
113.903E3
227.806E3
341.709E3
455.612E3
569.514E3
683.417E3
797.32E3
911.223E3

Maximum 1.02511E6 at node 1
Minimum 0.0 at node 33

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

Scale: 1: 90 2605
Zoom: 150.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urla)
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 105.177E3
Contour maximum: 903.847E3 at node 771
Contour minimum: -42.746E3 at node 749



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

0.0
105.177E3
210.354E3
315.531E3
420.708E3
525.885E3
631.062E3
736.239E3
841.417E3

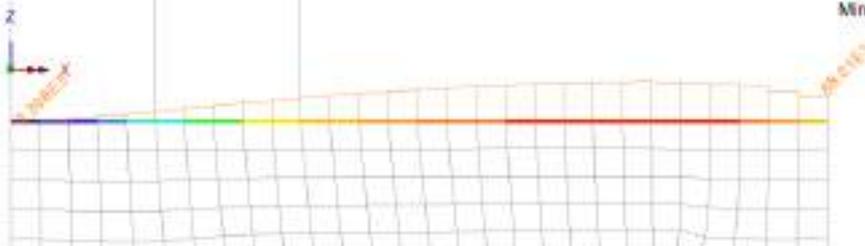
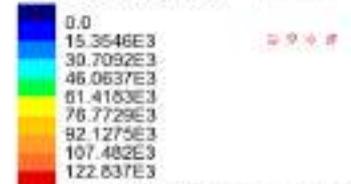
Maximum 903.847E3 at node 771
Minimum -42.746E3 at node 749

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. 96 2695
Zoom: 277.368
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: 16.3548E3
Contour maximum 135.793E3 at node 1243 of element 1201
Contour minimum -2.39827E3 at node 1221 of element 1188
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 135.793E3 at node 1243 of element 1201
Diagram minimum -2.39827E3 at node 1221 of element 1188
Diagram scale: 1. 73.6415E-6

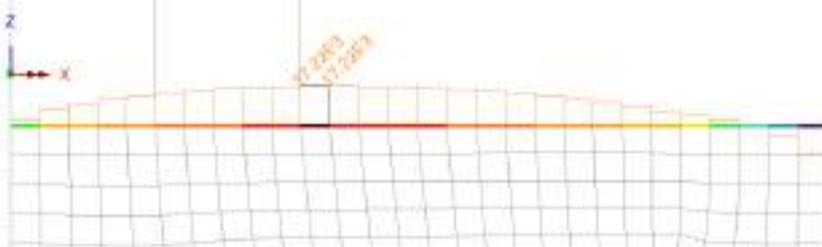
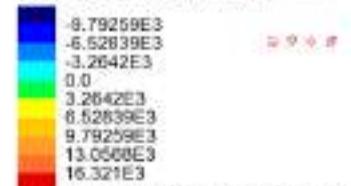
SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Fy (Units: N)



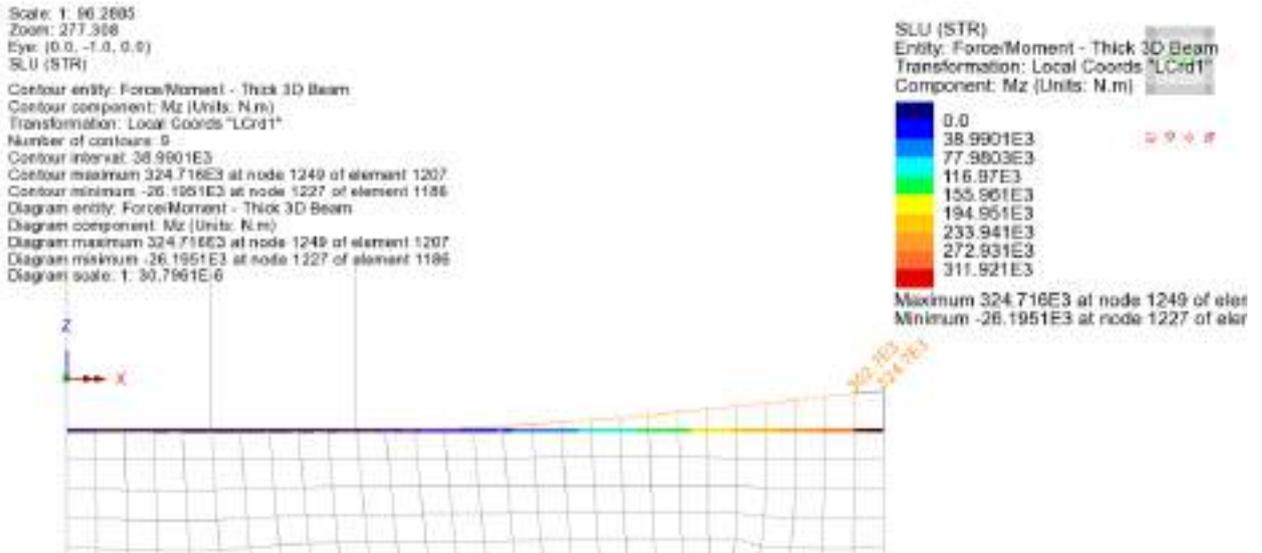
Combinazione S.L.U. – Mx (T)

Scale: 1. 96 2695
Zoom: 277.368
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: 3.2642E3
Contour maximum 17.278E3 at node 1232 of element 1191
Contour minimum -12.0998E3 at node 1248 of element 1207
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 17.278E3 at node 1232 of element 1191
Diagram minimum -12.0998E3 at node 1248 of element 1207
Diagram scale: 1. 0.576771E-3

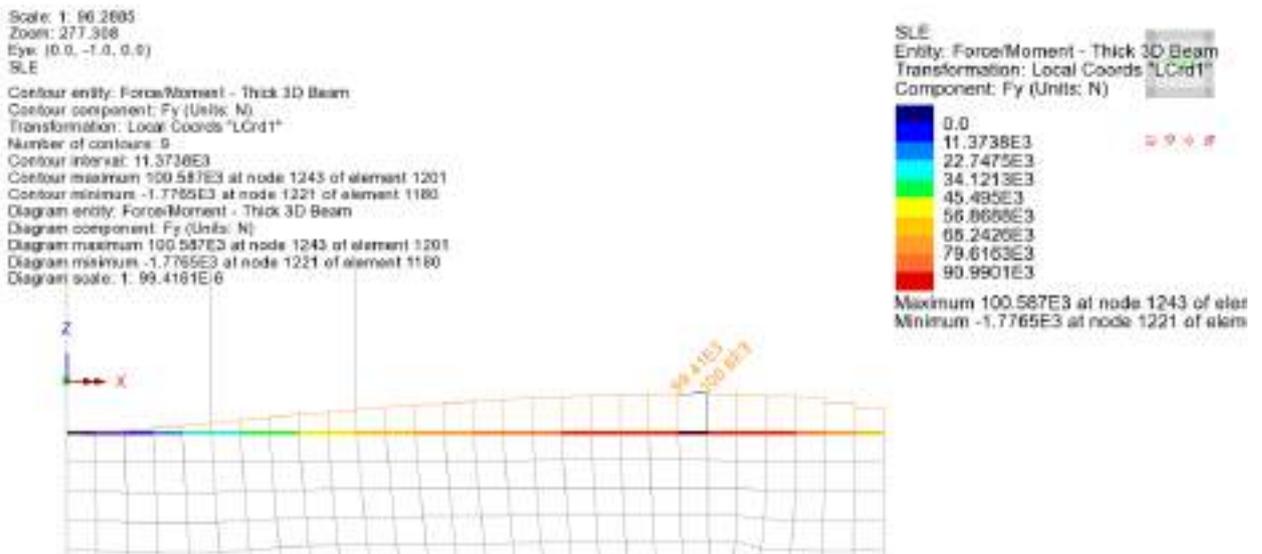
SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Mx (Units: N.m)



Combinazione S.L.U. – Mz (M)



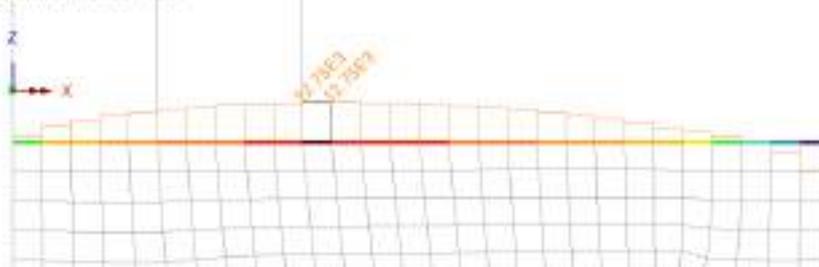
Combinazione S.L.E. – Fy (V)



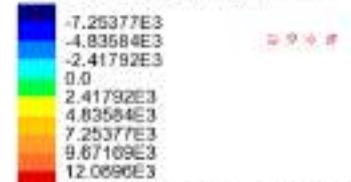
Combinazione S.L.E. – Mx (T)

Scale: 1. 96 2895
Zoom: 277.368
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: 2.41792E3
Contour maximum: 12.7985E3 at node 1232 of element 1191
Contour minimum: -8.9628E3 at node 1248 of element 1207
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.7985E3 at node 1232 of element 1191
Diagram minimum: -8.9628E3 at node 1248 of element 1207
Diagram scale: 1. 0.781341E-3



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

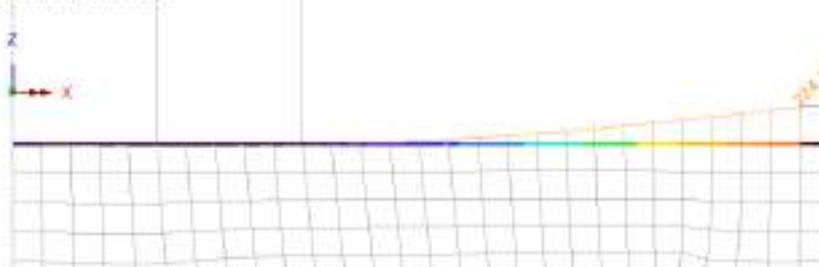


Maximum 12.7985E3 at node 1232 of elem
Minimum -8.9628E3 at node 1248 of elem

Combinazione S.L.E. – Mz (M)

Scale: 1. 96 2895
Zoom: 277.368
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 28.8916E3
Contour maximum: 240.53E3 at node 1249 of element 1207
Contour minimum: -19.4038E3 at node 1227 of element 1186
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 240.53E3 at node 1249 of element 1207
Diagram minimum: -19.4038E3 at node 1227 of element 1186
Diagram scale: 1. 41.5748E-6



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

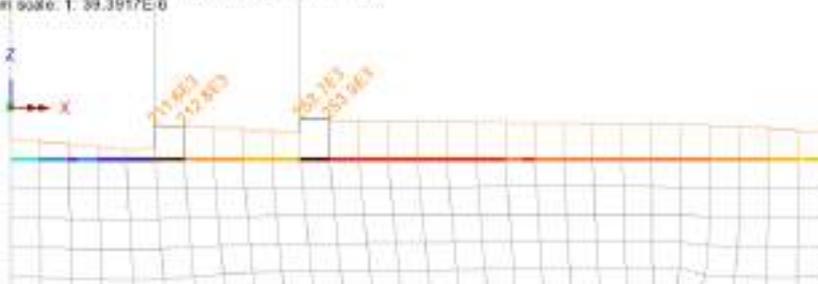


Maximum 240.53E3 at node 1249 of elem
Minimum -19.4038E3 at node 1227 of elem

Combinazione S.L.U. - A – Fy (V)

Scale: 1: 96 2695
Zoom: 277.368
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urla)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fy (Units: N)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 21.2561E3
Contour maximum 253.86E3 at node 1232 of element 1190
Contour minimum 62.5539E3 at node 1225 of element 1184
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 253.86E3 at node 1232 of element 1190
Diagram minimum 62.5539E3 at node 1225 of element 1184
Diagram scale: 1: 99.3917E-0

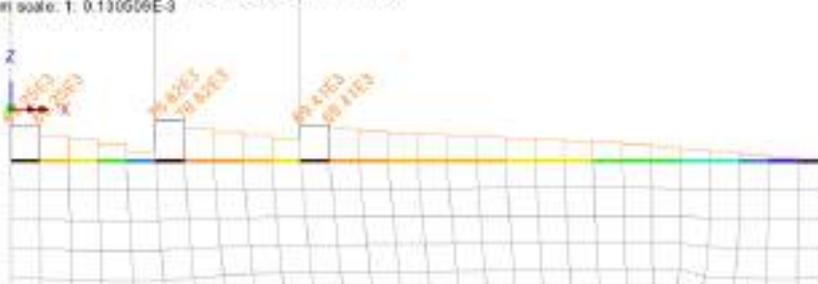
A (urla)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Component: Fy (Units: N)



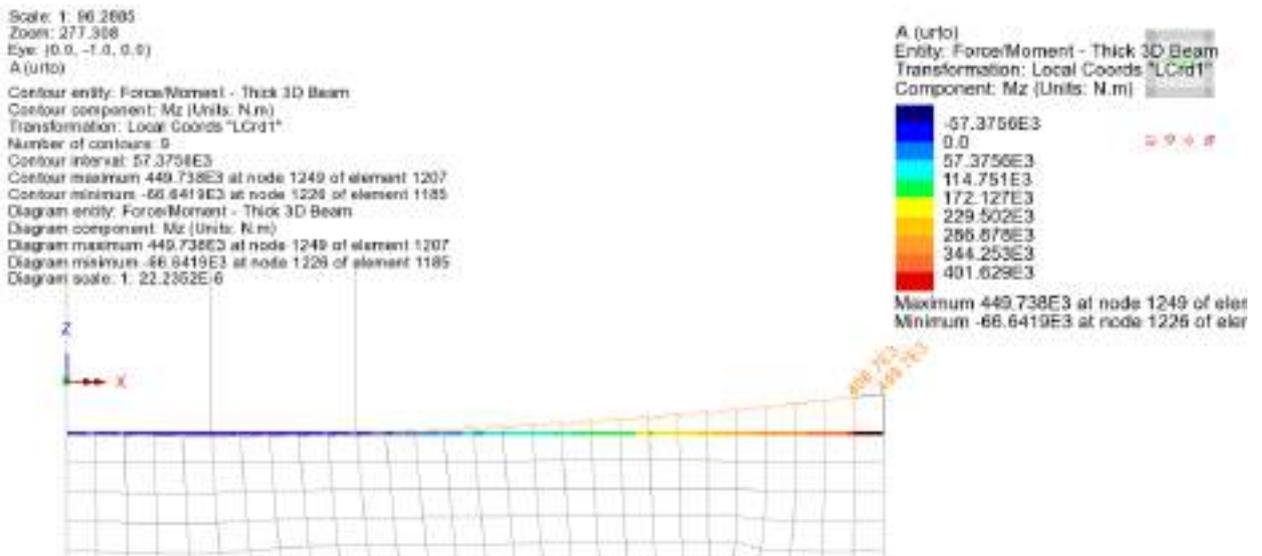
Combinazione S.L.U. - A – Mx (T)

Scale: 1: 96 2695
Zoom: 277.368
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
A (urla)
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Transformation: Local Coords "LCrd1"
Number of contours: 9
Contour interval: 8.11956E3
Contour maximum 76.6232E3 at node 1226 of element 1185
Contour minimum -5.45292E3 at node 1248 of element 1207
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum 76.6232E3 at node 1226 of element 1185
Diagram minimum -5.45292E3 at node 1248 of element 1207
Diagram scale: 1: 0.130506E-3

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



Combinazione S.L.U. – A – Mz (M)



Ai fini delle verifiche, vengono tracciati i diagrammi recanti l'andamento dei momenti flettenti di piastra M_x (verticale) ed M_y (orizzontale) lungo opportune sezioni rappresentative.

Il tracciamento viene effettuato con riferimento ai momenti di progetto derivanti dalle combinazioni S.L.U., Eccezionale, e S.L.E. .

Qui di seguito si riporta l'andamento del momento flettente verticale M_x tracciato lungo la sezione verticale spiccata a 0.5 m dall'estremità posteriore del muro, unitamente all'andamento dell'azione assiale associata.

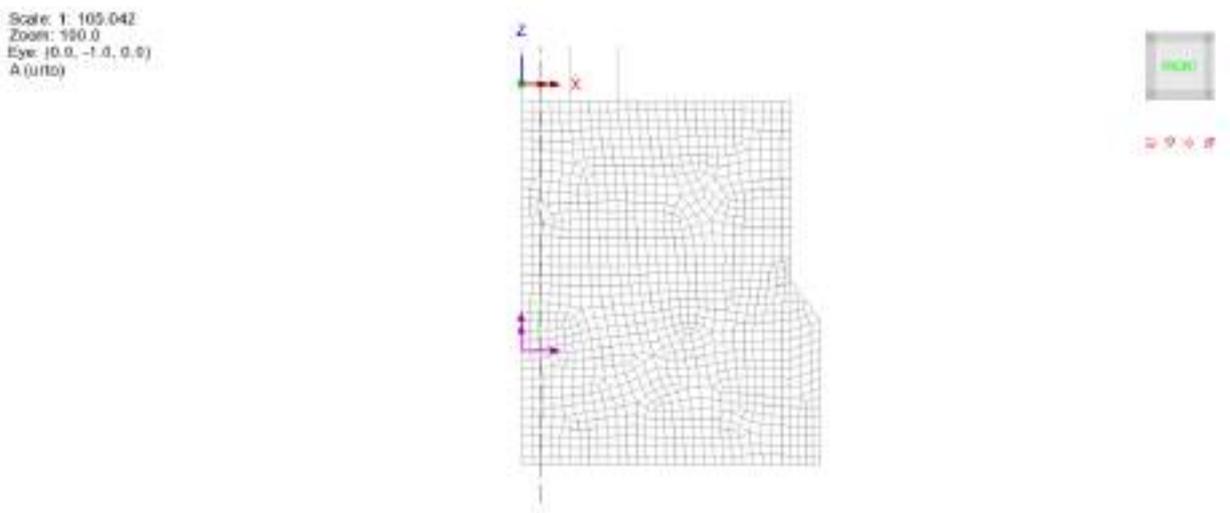
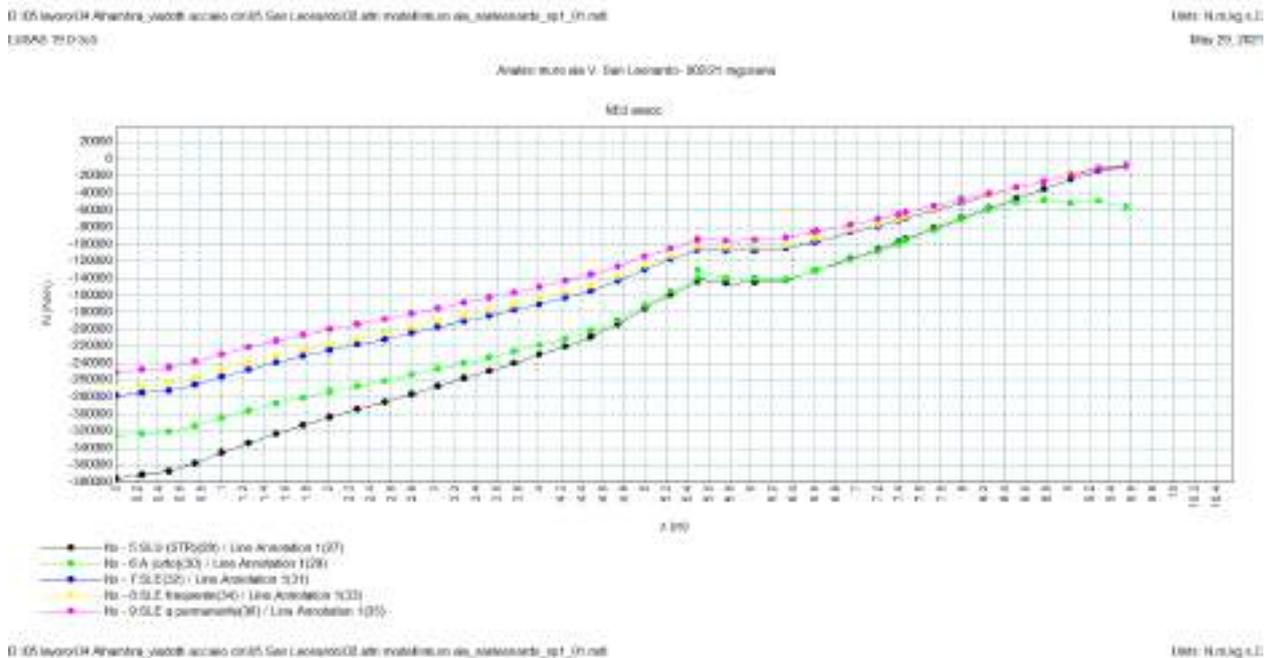
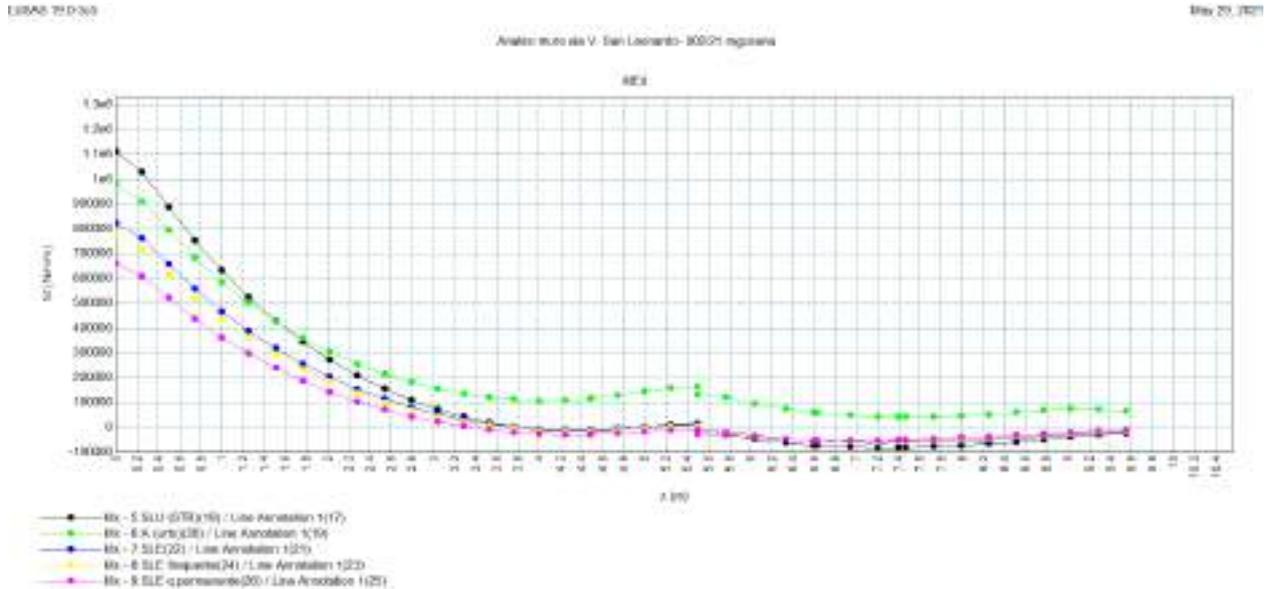


Figura 10.23 Posizione sezione tracciamento M_x verticale



Qui di seguito si riporta il diagramma del momento orizzontale di piastra M_y , tracciato rispettivamente in corrispondenza della sezione verticale posta in prossimità dell'incastro (1-1h), ed a 2.5 m da questa sezione (2-2h).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 105.042
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE

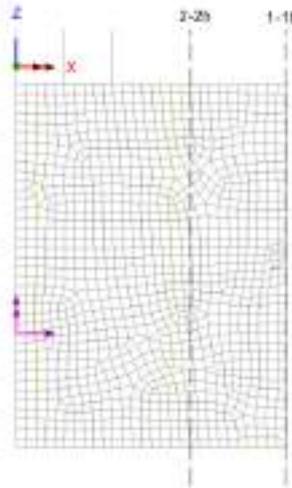
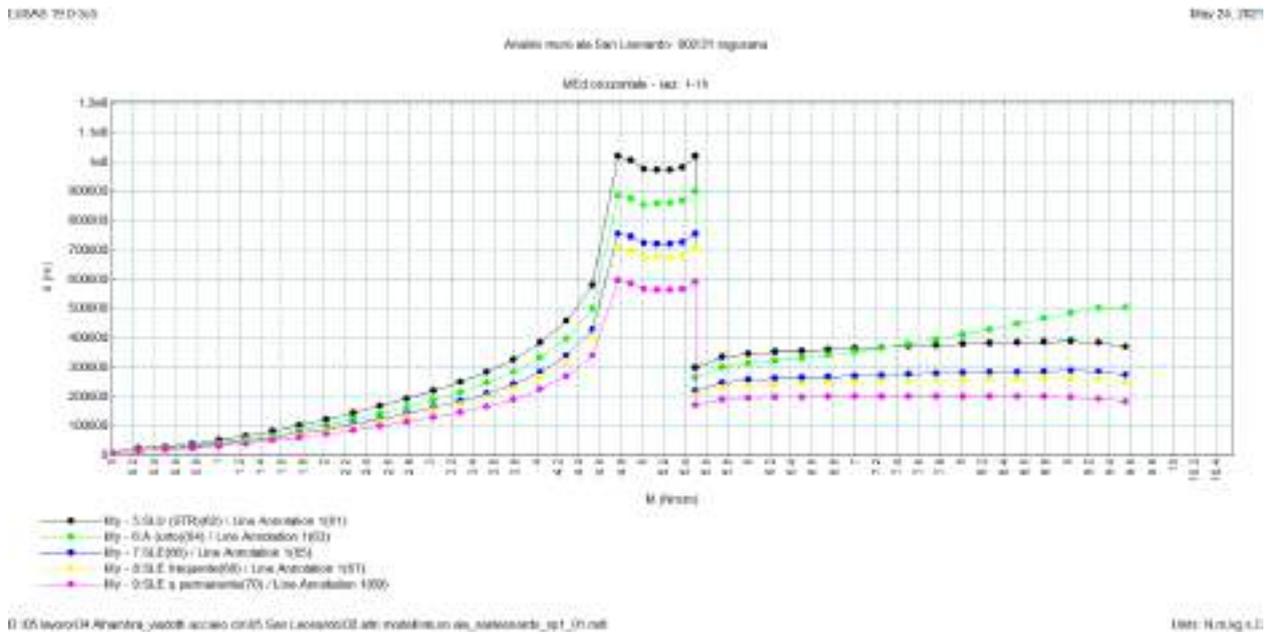
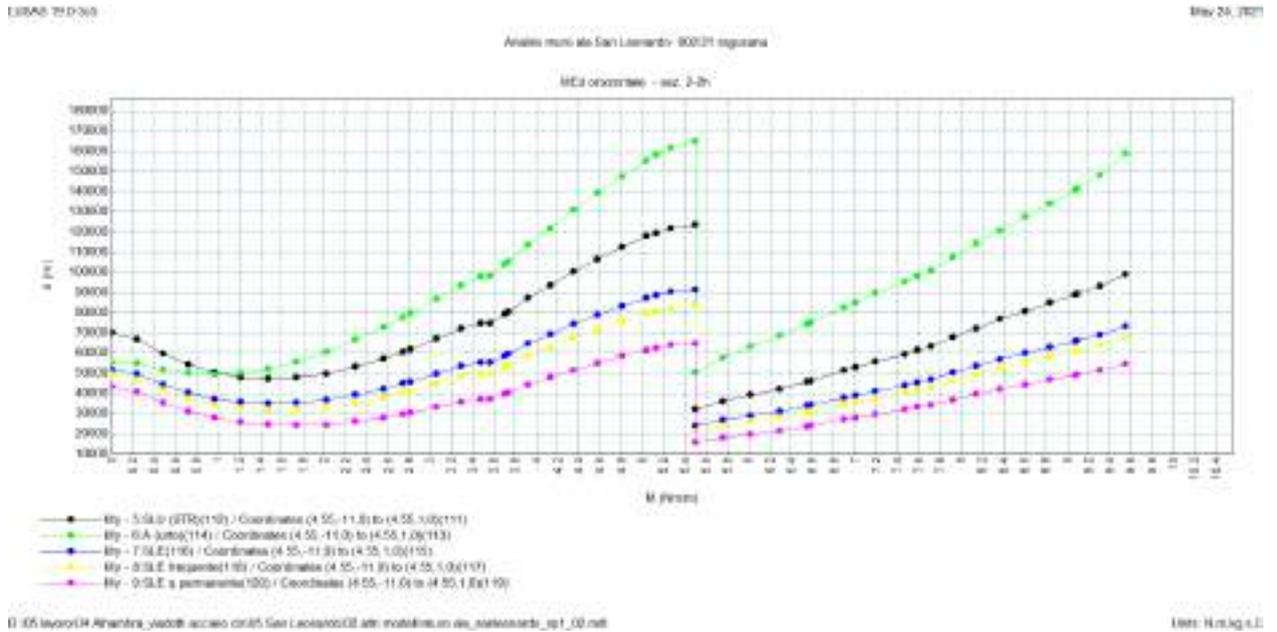


Figura 10.24 Posizione sezione tracciamento My orizzontale





Ai fini delle verifiche, si predispongono le seguenti armature.

Armature verticali

muro da 90 cm

$A_{s,i} = 4524 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 24/20 + \varnothing 24/20$	lembo interno paramento
$A_{s,e} = 2262 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 24/20$	lembo esterno paramento

muro da 60 cm

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

Armature orizzontali

muro da 90 cm – zona $0 < z < 4 \text{ m}$

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

muro da 90 cm – zona $4 < z < 5.5 \text{ m}$

$A_{s,i} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 16/20$	lembo interno paramento
$A_{s,i} = 3140 \text{ mm}^2/\text{m}$	$2\varnothing 20/20$	lembo interno paramento – integrativi (*)
$A_{s,e} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 16/20$	lembo esterno paramento

(*) doppia barra $\varnothing 20$ integrativa, da considerarsi attiva per $L = 2.50 \text{ m}$

$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo esterno paramento
--	---------------------	-------------------------

muro da 60 cm

$A_{s,i} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 16/20$	lembo interno paramento – correnti
$A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo interno paramento – integrativi (*)
$A_{s,e} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 16/20$	lembo esterno paramento

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

(*) barra da considerarsi attiva per L = 2.5 m

Le tabelle seguenti recano i valori numerici di sollecitazione flettente, espressi in kNm/m lungo le sezioni sopra indicate, unitamente all'armatura resistente prevista.

Muro d'ala spalla 1 - Sollecitazioni in direzione verticale

z (m)	S.L.U.		Urto		S.L.E.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.		z (m)	spess. t (m)	Armat. Vert. (mm2/m)	
	N (kN/m)	Mx (kNm/m)	N (kN/m)	Mx (kNm/m)	N (kN/m)	Mx (kNm/m)	N (kN/m)	Mx (kNm/m)	N (kN/m)	Mx (kNm/m)			int	est
0.00	-377.89	1106.78	-328.09	973.10	-279.92	819.84	-271.73	770.82	-252.63	656.45	0.00	0.9	4524.00	2262.00
0.25	-371.58	1048.77	-322.88	924.66	-275.24	776.86	-267.15	730.13	-248.27	621.07	0.25	0.9	4524.00	2262.00
0.50	-366.77	863.46	-320.38	773.94	-271.68	639.60	-263.52	599.71	-244.48	506.63	0.50	0.9	4524.00	2262.00
0.75	-354.57	721.80	-311.15	659.03	-262.65	534.67	-254.63	500.09	-235.94	419.41	0.75	0.9	4524.00	2262.00
1.00	-343.93	622.68	-303.07	579.39	-254.76	461.24	-246.90	430.38	-228.54	358.37	1.00	0.9	4524.00	2262.00
1.26	-333.34	521.39	-295.25	498.69	-246.92	386.21	-239.18	359.15	-221.12	296.00	1.26	0.9	4524.00	2262.00
1.51	-322.76	426.93	-287.33	423.90	-239.08	316.24	-231.49	292.75	-213.79	237.95	1.51	0.9	4524.00	2262.00
1.77	-312.95	343.21	-280.12	358.33	-231.82	254.23	-224.36	233.92	-206.97	186.55	1.77	0.9	4524.00	2262.00
2.03	-303.61	270.01	-273.33	301.69	-224.89	200.01	-217.57	182.52	-200.47	141.71	2.03	0.9	4524.00	2262.00
2.28	-294.52	206.71	-266.78	253.42	-218.16	153.12	-210.96	138.09	-194.15	103.03	2.28	0.9	4524.00	2262.00
2.54	-286.81	157.73	-261.37	216.63	-212.45	116.84	-205.35	103.74	-188.77	73.19	2.54	0.9	4524.00	2262.00
2.80	-276.04	107.32	-253.30	179.74	-204.47	79.50	-197.55	68.43	-181.40	42.62	2.80	0.9	4524.00	2262.00
2.80	-276.00	107.15	-253.27	179.62	-204.44	79.37	-197.52	68.32	-181.38	42.52	2.80	0.9	4524.00	2262.00
3.05	-267.16	70.79	-246.77	153.64	-197.89	52.44	-191.12	42.89	-175.30	20.62	3.05	0.9	4524.00	2262.00
3.29	-258.26	41.64	-240.20	133.84	-191.31	30.85	-184.68	22.54	-169.22	3.17	3.29	0.9	4524.00	2262.00
3.53	-249.15	18.93	-233.36	119.59	-184.56	14.02	-178.09	6.72	-163.01	-10.31	3.53	0.9	4524.00	2262.00
3.77	-239.80	2.18	-226.25	110.64	-177.63	1.62	-171.34	-4.91	-156.67	-20.15	3.77	0.9	4524.00	2262.00
4.01	-230.31	-8.75	-219.00	107.12	-170.60	-6.48	-164.50	-12.47	-150.26	-26.46	4.01	0.9	4524.00	2262.00
4.25	-220.48	-13.91	-211.40	109.06	-163.32	-10.31	-157.41	-16.01	-143.63	-29.30	4.25	0.9	4524.00	2262.00
4.48	-210.75	-13.54	-203.67	115.58	-156.11	-10.03	-150.42	-15.68	-137.13	-28.85	4.48	0.9	4524.00	2262.00
4.50	-210.22	-13.50	-203.25	115.95	-155.72	-10.00	-150.04	-15.64	-136.77	-28.81	4.50	0.9	4524.00	2262.00
4.75	-198.08	-8.14	-193.17	127.52	-146.72	-6.03	-141.35	-11.83	-128.82	-25.35	4.75	0.9	4524.00	2262.00
5.00	-186.03	-0.70	-182.75	139.75	-137.80	-0.52	-132.78	-6.55	-121.06	-20.62	5.00	0.9	4524.00	2262.00
5.25	-167.49	9.07	-164.43	155.22	-124.07	6.72	-119.72	0.46	-109.57	-14.15	5.25	0.9	4524.00	2262.00
5.50	-148.46	16.66	-146.35	164.92	-109.97	12.34	-106.41	5.88	-98.09	-9.18	5.50	0.9	4524.00	2262.00
5.50	-146.80	0.61	-141.50	149.40	-108.74	0.45	-105.29	-5.23	-97.24	-18.51	5.50	0.6	1571.00	1571.00
5.77	-152.28	-28.62	-147.63	117.97	-112.80	-21.20	-108.86	-25.06	-99.68	-34.06	5.77	0.6	1571.00	1571.00
6.04	-148.55	-47.72	-145.24	92.94	-110.04	-35.34	-106.07	-37.42	-96.82	-42.27	6.04	0.6	1571.00	1571.00
6.34	-144.83	-62.69	-144.62	74.11	-107.28	-46.44	-103.27	-47.07	-93.92	-48.54	6.34	0.6	1571.00	1571.00
6.60	-134.16	-72.07	-134.88	61.81	-99.38	-53.38	-95.80	-52.91	-87.45	-51.82	6.60	0.6	1571.00	1571.00
6.63	-131.67	-73.08	-131.78	58.73	-97.53	-54.14	-94.05	-53.56	-85.93	-52.22	6.63	0.6	1571.00	1571.00
6.95	-118.74	-78.88	-120.28	50.83	-87.96	-58.43	-84.99	-56.83	-78.06	-53.12	6.95	0.6	1571.00	1571.00
7.21	-106.19	-82.11	-108.20	43.65	-78.66	-60.82	-76.16	-58.41	-70.32	-52.78	7.21	0.6	1571.00	1571.00
7.40	-97.47	-81.45	-99.63	41.73	-72.20	-60.33	-70.03	-57.55	-64.97	-51.06	7.40	0.6	1571.00	1571.00
7.47	-94.25	-81.08	-96.38	41.51	-69.82	-60.06	-67.78	-57.16	-63.03	-50.42	7.47	0.6	1571.00	1571.00
7.73	-81.84	-77.86	-83.74	42.54	-60.63	-57.68	-59.08	-54.47	-55.48	-46.99	7.73	0.6	1571.00	1571.00
7.99	-69.49	-72.89	-70.94	45.93	-51.47	-53.99	-50.41	-50.62	-47.92	-42.76	7.99	0.6	1571.00	1571.00
8.26	-57.77	-66.46	-59.09	51.36	-42.79	-49.23	-42.15	-45.84	-40.64	-37.94	8.26	0.6	1571.00	1571.00
8.52	-45.85	-58.30	-48.57	59.46	-33.96	-43.18	-33.71	-39.92	-33.12	-32.30	8.52	0.6	1571.00	1571.00
8.78	-35.06	-49.71	-42.84	68.98	-25.97	-36.83	-26.04	-33.79	-26.18	-26.72	8.78	0.6	1571.00	1571.00
9.03	-27.38	-42.15	-43.98	77.33	-20.28	-31.22	-20.53	-28.48	-21.13	-22.09	9.03	0.6	1571.00	1571.00
9.29	-15.32	-30.05	-43.47	78.20	-11.35	-22.26	-11.90	-20.09	-13.18	-15.03	9.29	0.6	1571.00	1571.00
9.55	-8.68	-24.04	-63.44	69.96	-6.43	-17.81	-7.16	-15.93	-8.88	-11.55	9.55	0.6	1571.00	1571.00

Tabella 10.19 Sollecitazioni di verifica Mx

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Muro d'ala spalla 1 - Sollecitazioni in direzione orizzontale

x (m)	My Sez. 1-1h (kNm/m)						spess. t (m)	Armature orizzontali (mm ² /m)	
	S.L.U.	Urto	S.L.E.	S.L.E. fr	S.L.E. qp	int		est	
0.00	12.83	9.12	9.50	9.17	8.40	0.9	2576.00	1005.00	
0.25	24.00	18.08	17.78	16.99	15.15	0.9	2576.00	1005.00	
0.51	30.20	23.82	22.37	21.20	18.47	0.9	2576.00	1005.00	
0.76	40.08	32.26	29.69	28.06	24.25	0.9	2576.00	1005.00	
1.01	52.57	42.84	38.94	36.75	31.63	0.9	2576.00	1005.00	
1.27	67.31	55.35	49.86	47.02	40.37	0.9	2576.00	1005.00	
1.52	84.32	69.83	62.46	58.80	50.46	0.9	2576.00	1005.00	
1.77	102.16	85.36	75.68	71.25	60.93	0.9	2576.00	1005.00	
2.02	122.48	102.79	90.72	85.39	72.96	0.9	2576.00	1005.00	
2.27	144.86	122.25	107.30	100.95	86.11	0.9	2576.00	1005.00	
2.53	168.34	142.90	124.70	117.24	99.84	0.9	2576.00	1005.00	
2.78	193.59	165.25	143.40	134.74	114.53	0.9	2576.00	1005.00	
3.03	220.94	189.58	163.66	153.68	130.40	0.9	2576.00	1005.00	
3.28	251.15	216.49	186.04	174.60	147.90	0.9	2576.00	1005.00	
3.53	285.46	246.98	211.45	198.35	167.77	0.9	2576.00	1005.00	
3.78	327.18	283.62	242.36	227.26	192.04	0.9	2576.00	1005.00	
4.04	385.22	333.98	285.35	267.53	225.94	0.9	2576.00	1005.00	
4.28	459.73	398.74	340.54	319.19	269.38	0.9	2576.00	1005.00	
4.53	549.56	500.94	430.04	403.18	340.49	0.9	4145.00	1005.00	
4.77	656.92	618.28	524.24	508.26	430.30	0.9	4145.00	1005.00	
4.89	706.17	676.73	575.31	567.58	466.19	0.9	4145.00	1005.00	
5.01	766.08	744.86	633.03	635.24	507.08	0.9	4145.00	1005.00	
5.14	827.41	817.98	702.53	705.37	553.32	0.9	4145.00	1005.00	
5.26	890.71	896.59	782.01	784.55	605.83	0.9	4145.00	1005.00	
5.38	956.06	980.90	872.45	879.50	665.62	0.9	4145.00	1005.00	
5.50	1021.60	900.98	756.74	707.86	592.13	0.9	4145.00	1005.00	
5.50	298.70	263.99	221.26	206.78	172.99	0.6	2576.00	1005.00	
5.75	335.87	300.69	248.79	231.77	192.06	0.6	2576.00	1005.00	
6.00	346.09	313.56	256.81	238.85	196.95	0.6	2576.00	1005.00	
6.25	353.81	323.79	262.08	243.37	199.69	0.6	2576.00	1005.00	
6.50	356.64	331.61	264.18	244.88	199.86	0.6	2576.00	1005.00	
6.75	361.10	341.94	267.48	247.48	200.82	0.6	2576.00	1005.00	
7.00	365.32	353.41	270.60	249.88	201.51	0.6	2576.00	1005.00	
7.25	369.22	366.08	273.50	252.02	201.89	0.6	2576.00	1005.00	
7.51	372.78	379.89	276.13	253.88	201.98	0.6	2576.00	1005.00	
7.76	376.15	394.96	278.63	255.61	201.88	0.6	2576.00	1005.00	
8.02	379.50	411.40	281.11	257.28	201.68	0.6	2576.00	1005.00	
8.27	382.88	429.22	283.61	258.96	201.45	0.6	2576.00	1005.00	
8.53	385.99	448.17	285.92	260.44	201.00	0.6	2576.00	1005.00	
8.78	388.57	467.96	287.83	261.54	200.20	0.6	2576.00	1005.00	
9.04	389.43	487.04	288.47	261.46	198.46	0.6	2576.00	1005.00	
9.30	386.21	502.54	286.08	258.64	194.61	0.6	2576.00	1005.00	
9.55	370.82	506.14	274.68	247.78	185.00	0.6	2576.00	1005.00	

Tabella 10.20 Sollecitazioni di verifica in direzione orizzontale - sez. 1-1h

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Muro d'ala spalla 1 - Sollecitazioni in direzione orizzontale

t (m)	My Sez. 2-2h (kNm/m)					spess. t (m)	Armature orizzontali (mm ² /m)	
	S.L.U.	Urto	S.L.E.	S.L.E. fr	S.L.E. qp		int	est
0.00	69.94	55.41	51.81	49.24	43.25	0.9	1005.00	1005.00
0.24	66.77	55.00	49.46	46.79	40.56	0.9	1005.00	1005.00
0.48	59.78	51.91	44.28	41.61	35.37	0.9	1005.00	1005.00
0.73	54.24	49.92	40.18	37.46	31.12	0.9	1005.00	1005.00
0.97	50.26	49.27	37.23	34.42	27.87	0.9	1005.00	1005.00
1.22	48.00	50.11	35.56	32.60	25.70	0.9	1005.00	1005.00
1.47	47.25	52.26	35.00	31.85	24.49	0.9	1005.00	1005.00
1.74	47.82	55.64	35.42	32.03	24.11	0.9	1005.00	1005.00
2.02	49.52	60.36	36.68	33.00	24.40	0.9	1005.00	1005.00
2.30	53.20	66.62	39.40	35.38	25.98	0.9	1005.00	1005.00
2.56	57.10	72.70	42.30	37.96	27.84	0.9	1005.00	1005.00
2.75	60.51	77.65	44.82	40.24	29.56	0.9	1005.00	1005.00
2.81	61.87	79.48	45.83	41.17	30.28	0.9	1005.00	1005.00
3.06	67.13	86.74	49.73	44.73	33.06	0.9	1005.00	1005.00
3.29	72.10	93.58	53.41	48.12	35.77	0.9	1005.00	1005.00
3.48	74.57	97.80	55.23	49.78	37.06	0.9	1005.00	1005.00
3.57	74.55	98.12	55.22	49.79	37.10	0.9	1005.00	1005.00
3.71	79.14	103.76	58.63	52.93	39.63	0.9	1005.00	1005.00
3.74	80.48	105.40	59.62	53.84	40.36	0.9	1005.00	1005.00
3.92	87.26	113.68	64.64	58.50	44.17	0.9	1005.00	1005.00
4.13	93.60	121.92	69.37	62.89	47.78	0.9	1005.00	1005.00
4.35	100.25	130.54	74.26	67.44	51.53	0.9	1005.00	1005.00
4.58	106.50	139.12	78.89	71.75	55.09	0.9	1005.00	1005.00
4.81	112.38	147.50	83.24	75.80	58.43	0.9	1005.00	1005.00
5.04	117.65	155.36	87.15	79.44	61.44	0.9	1005.00	1005.00
5.13	119.32	158.03	88.39	80.59	62.40	0.9	1005.00	1005.00
5.27	121.76	161.85	90.19	82.27	63.79	0.6	1005.00	1005.00
5.50	123.49	164.86	91.47	83.46	64.76	0.6	1005.00	1005.00
5.50	32.27	50.45	23.90	21.45	15.72	0.6	1005.00	1005.00
5.76	35.97	57.41	26.64	23.99	17.80	0.6	1005.00	1005.00
6.02	39.10	63.07	28.96	26.17	19.67	0.6	1005.00	1005.00
6.29	42.04	68.59	31.14	28.24	21.45	0.6	1005.00	1005.00
6.55	45.59	74.19	33.77	30.72	23.61	0.6	1005.00	1005.00
6.59	46.06	74.92	34.12	31.05	23.90	0.6	1005.00	1005.00
6.90	51.30	82.51	38.00	34.70	27.02	0.6	1005.00	1005.00
7.01	52.69	84.79	39.03	35.69	27.89	0.6	1005.00	1005.00
7.19	55.63	89.45	41.21	37.73	29.63	0.6	1005.00	1005.00
7.48	59.44	95.35	44.03	40.42	31.99	0.6	1005.00	1005.00
7.59	61.32	98.11	45.42	41.73	33.13	0.6	1005.00	1005.00
7.72	63.13	100.68	46.76	42.99	34.20	0.6	1005.00	1005.00
7.92	67.73	107.52	50.17	46.17	36.86	0.6	1005.00	1005.00
8.14	72.25	114.17	53.52	49.31	39.50	0.6	1005.00	1005.00
8.37	76.59	120.73	56.74	52.32	42.02	0.6	1005.00	1005.00
8.60	80.78	127.28	59.84	55.22	44.45	0.6	1005.00	1005.00
8.84	84.85	133.92	62.85	58.04	46.79	0.6	1005.00	1005.00
9.08	88.88	140.76	65.84	60.81	49.08	0.6	1005.00	1005.00
9.09	89.17	141.26	66.05	61.01	49.24	0.6	1005.00	1005.00
9.31	93.15	148.16	69.00	63.73	51.44	0.6	1005.00	1005.00
9.55	98.92	158.72	73.28	67.64	54.49	0.6	1005.00	1005.00

Tabella 10.21 Sollecitazioni di verifica in direzione orizzontale – sez. 2-2h

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONE ORIZZONTALE SP. 90 cm

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione orizzontale maggiormente sollecitata, larga 100 cm e spessa 90 cm, posta a quota z = 0.00 m.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezOrizzMuroRisvolto_sp90

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-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	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	90.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	6.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	377.89	1106.78	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	279.92	819.84

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	271.73	770.82 (566.90)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	252.63	656.45 (570.01)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000										
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)										
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.	
1	S	377.89	1106.78	377.85	1535.73	1.385	79.5	---	---	67.9 (27.0)	

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	90.0	0.00123	83.2	-0.02433	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.44	90.0	0.00	61.5	-214.5	83.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00121	0.00056	0.50	0.60	0.000668 (0.000643)	344	0.230 (990.00)	565.84

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.00	90.0	0.00	61.4	-200.9	83.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00113	0.00052	0.50	0.60	0.000603 (0.000603)	344	0.207 (0.30)	566.90

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.98	90.0	0.00	61.2	-169.0	83.2	17.0	1700	45.2	9.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	------	-----	----	---------

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1 S -0.00095 0.00045 0.50 0.40 0.000575 (0.000507) 344 0.198 (0.20) 570.01

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONE ORIZZONTALE SP. 60 cm

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione orizzontale maggiormente sollecitata, larga 100 cm e spessa 60 cm, posta a quota z = 7.21 m.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezOrizzMuroRisvolto_sp60

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.6	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	6.6	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	N	Mx	Vy	MT
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	106.19	-82.11	0.00	0.00

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	78.66	-60.82

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	76.16	-58.41 (-246.77)

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	70.32	-52.78 (-247.64)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.7	cm

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

	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	106.19	-82.11	106.28	-349.41	4.255	5.8	---	---	31.4 (18.0)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
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)					
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 compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00050	6.6	-0.02886	53.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]										
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]										
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)										
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]										
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre										
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)										
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)										
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)										
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.70	0.0	0.00	16.7	-55.7	6.6	14.4	1442	15.7	21.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
Ver	Esito verifica								
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC								
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2								
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$								
srm	Distanza massima in mm tra le fessure								
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.								
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]								
N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00033	0.00013	0.50	0.60	0.000167 (0.000167)	503	0.084 (990.00)	-246.45

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.63	0.0	0.00	16.8	-53.3	6.6	14.4	1441	15.7	21.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00031	0.00012	0.50	0.60	0.000160 (0.000160)	502	0.080 (0.30)	-246.77

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.47	0.0	0.00	16.9	-47.8	6.6	14.4	1437	15.7	21.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00028	0.00011	0.50	0.40	0.000143 (0.000143)	502	0.072 (0.20)	-247.64

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONE VERT. SP. 60 cm a 2.5 m DA INCASTRO (2-2h)

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione verticale maggiormente sollecitata posta a 2.5 m dall'incastro (2-2h), larga 100 cm e spessa 60 cm; il momento flettente My considerato è quello di quota 5.5 m. Rispetto allo SLU il momento più sfavorevole è quello derivante dall'urto; in via cautelativa vengono però mantenuti i coefficienti di sicurezza dei materiali maggiori di 1. Le sezioni spesse 90 cm poste più in basso risultano automaticamente verificate in quanto a parità di armatura si hanno sollecitazioni più basse.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVert_2_2_MuroRisvolto_sp60

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Comb.Rare - Sf Limite: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	164.86	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	91.47

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	83.46 (205.79)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	64.76 (205.79)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	21.0	cm

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	164.86	0.03	216.87	1.315	56.2	---	---	20.1 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	-0.00092	55.2	-0.04730	4.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.86	60.0	0.00	49.2	-176.9	55.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00098	0.00021	0.50	0.60	0.000531 (0.000531)	461	0.244 (990.00)	205.79

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.61	60.0	0.00	49.2	-161.4	55.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00089	0.00020	0.50	0.60	0.000484 (0.000484)	461	0.223 (0.30)	205.79

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.03	60.0	0.00	49.2	-125.2	55.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00069	0.00015	0.50	0.40	0.000376 (0.000376)	461	0.173 (0.20)	205.79

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONI VERTICALI SP. 90 cm PROSSIME AD INCASTRO (1-1h) FINO A QUOTA 4 m

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione verticale maggiormente sollecitata posta in prossimità dell'incastro (1-1h), larga 100 cm e spessa 90 cm; il momento flettente My considerato è quello di quota 4 m circa.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVert_1_1_q_4m_MuroRisvolto_sp90

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	90.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20 + 5Ø16	(25.8 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	385.22	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	285.35

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	267.53 (487.92)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	225.94 (487.92)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	385.22	-0.17	829.44	2.153	84.2	---	---	35.8 (27.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	90.0	0.00061	85.2	-0.04765	5.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.12	90.0	0.00	68.9	-141.7	85.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00076	0.00023	0.50	0.60	0.000425 (0.000425)	289	0.123 (990.00)	487.92

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.92	90.0	0.00	68.9	-132.8	85.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00072	0.00022	0.50	0.60	0.000398 (0.000398)	289	0.115 (0.30)	487.92

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.47	90.0	0.00	68.9	-112.2	85.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00060	0.00019	0.50	0.40	0.000337 (0.000337)	289	0.097 (0.20)	487.92

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONI VERTICALI SP. 90 cm PROSSIME AD INCASTRO (1-1h) TRA QUOTA 4.0 m E QUOTA 5.5 m

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE delle sezioni verticali poste in prossimità dell'incastro (1-1h) tra quota 4.0 m e 5.5 m, larghe 100 cm e spesse 90 cm.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVert_1_1_q_4_5.5m_MuroRisvolto_sp90

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Pilastro
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-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	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	90.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16 + 10Ø20	(41.5 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	1021.60	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	756.74

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
---	---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	
1	0.00	708.26 (523.77)	

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)		
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	
1	0.00	596.30 (523.77)	

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	1021.60	-0.14	1317.29	1.289	81.4	---	---	51.5 (27.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
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)					
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 compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	90.0	0.00155	85.2	-0.03106	5.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.96	90.0	0.00	64.1	-237.9	85.2	12.5	1250	41.5	6.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00129	0.00052	0.50	0.60	0.000854 (0.000714)	235	0.200 (990.00)	523.77

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.51	90.0	0.00	64.1	-222.7	85.2	12.5	1250	41.5	6.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00121	0.00049	0.50	0.60	0.000778 (0.000668)	235	0.182 (0.30)	523.77

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.48	90.0	0.00	64.1	-187.5	85.2	12.5	1250	41.5	6.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00102	0.00041	0.50	0.40	0.000714 (0.000562)	235	0.167 (0.20)	523.77

VERIFICHE SLU\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONI VERTICALI SP. 60 cm PROSSIME AD INCASTRO (1-1h) A QUOTA > 5.5 m

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE delle sezioni verticali poste in prossimità dell'incastro (1-1h) sopra quota 5.5 m, larghe 100 cm e spesse 60 cm. Il momento flettente My considerato è quello di quota 9.04 m. Rispetto allo SLU il momento più sfavorevole è quello derivante dall'urto; in via cautelativa vengono però mantenuti i coefficienti di sicurezza dei materiali maggiori di 1.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVert_1_1_MuroRisvolto_sp60

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20 + 5Ø16	(25.8 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.8	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb. N Mx Vy MT

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1 0.00 487.04 0.00 0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb. N Mx
1 0.00 288.47

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb. N Mx
1 0.00 261.46 (227.09)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb. N Mx
1 0.00 198.46 (227.09)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	487.04	-0.22	527.04	1.082	54.2	---	---	35.8 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	0.00061	55.2	-0.02960	5.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.32	60.0	0.00	43.7	-225.5	55.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00127	0.00047	0.50	0.60	0.000677 (0.000677)	289	0.196 (990.00)	227.09

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.73	60.0	0.00	43.7	-204.4	55.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00115	0.00043	0.50	0.60	0.000613 (0.000613)	289	0.177 (0.30)	227.09

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.35	60.0	0.00	43.7	-155.2	55.2	12.5	1250	25.8	10.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00088	0.00033	0.50	0.40	0.000466 (0.000466)	289	0.135 (0.20)	227.09

Verifica cordolo di testa

Il cordolo di ripartizione, sul quale sono installati gli elementi barriera, è modellato a "beam" e viene verificato con la teoria classica delle travi.

L'elemento, di dimensioni b 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. 1207, nodo 1249 (in prossimità dell'incastro paramento)

el. 1185, nodo 1226 (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.

Loadcase	Element	Node	Fx[kN]	Fy[kN]	Vx[kN.m]	Mz[kN.m]
20 (S.L.) (STR)	1207	1249	-623.04	89.50	-11.67	323.38
60 (S.A.) (ART)	1207	1249	-928.29	171.18	5.10	447.75
80 (S.S.) (E)	1207	1249	-448.92	66.30	8.65	238.80
100 (S.S.) (Frequente)	1207	1249	-418.64	55.87	8.33	214.85
120 (S.S.) (Paramento)	1207	1249	-301.35	31.35	-7.14	158.97

Loadcase	Element	Node	Fx[kN]	Fy[kN]	Vx[kN.m]	Mz[kN.m]
1 (S.L.) (STR)	1185	1226	14.90	-80.45	14.04	-24.20
21 (S.A.) (ART)	1185	1226	25.06	-211.35	26.44	-66.12
31 (S.S.) (E)	1185	1226	13.05	-28.94	10.47	-17.92
41 (S.S.) (Frequente)	1185	1226	9.12	-26.95	9.23	-15.80
51 (S.S.) (Paramento)	1185	1226	4.66	-19.98	6.49	-10.84

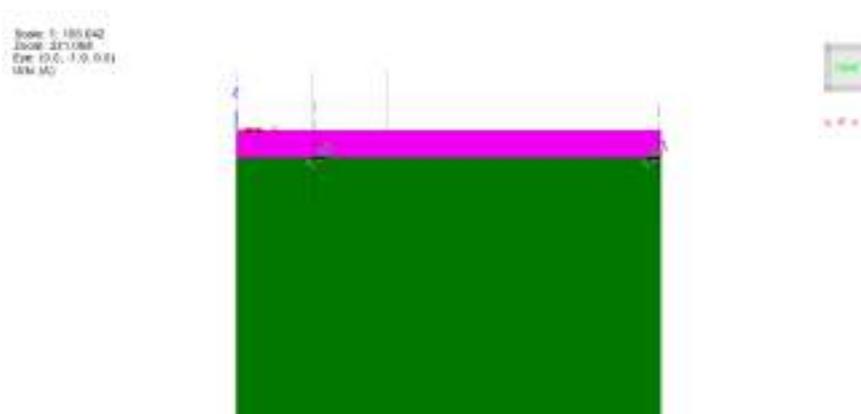


Figura 10.25 Posizione sezioni di verifica cordolo testa e sollecitazioni

Di seguito le verifiche per tensioni normali in corrispondenza delle due sezioni evidenziate.

VERIFICHE SLU\A\SLE – PRESSOFLESSIONE

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU, in condizioni eccezionali ed a SLE a pressoflessione di entrambe le sezioni del cordolo. Per le condizioni di carico relative all'urto, vengono in via cautelativa mantenuti i coefficienti di sicurezza dei materiali maggiori di 1.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezCordolo

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	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	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1\beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1\beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40
N°vertice:	X [cm] Y [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1	-22.5	0.0
2	-22.5	75.0
3	22.5	75.0
4	22.5	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-15.7	6.8	24
2	-15.7	68.2	24
3	15.7	68.2	24
4	15.7	6.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	2	24
2	4	3	2	24
3	1	4	1	24
4	2	3	1	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	633.04	322.38	0.00
2	-14.89	-24.20	0.00
3	918.29	447.75	0.00
4	-25.06	-66.12	0.00

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	468.92	238.80	0.00
2	-11.03	-17.92	0.00

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

N°Comb.	N	Mx
1	468.92	238.80
2	-11.03	-17.92

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	418.64	214.85 (221.46)	0.00 (0.00)
2	-9.12	-15.80 (-153.25)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	301.35	158.97 (219.42)	0.00 (0.00)
2	-4.66	-10.84 (-156.05)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 13.3 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
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
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	633.04	322.38	632.80	712.69	2.21	31.7(6.0)
2	S	-14.89	-24.20	-14.97	-553.90	22.89	31.7(6.0)
3	S	918.29	447.75	918.28	760.54	1.70	31.7(6.0)
4	S	-25.06	-66.12	-25.32	-550.92	8.33	31.7(6.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.274	-22.5	75.0	0.00222	-15.7	68.2	-0.00929	-15.7	6.8
2	0.00350	0.175	-22.5	0.0	0.00150	-15.7	6.8	-0.01654	-15.7	68.2
3	0.00350	0.311	-22.5	75.0	0.00238	-15.7	68.2	-0.00775	-15.7	6.8
4	0.00350	0.173	-22.5	0.0	0.00149	-15.7	6.8	-0.01669	-15.7	68.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

	a	b	c	x/d	C.Rid.
a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000187534	-0.010565080	0.274	0.782
2	0.000000000	-0.000293807	0.003500000	0.175	0.700
3	0.000000000	0.000165017	-0.008876306	0.311	0.829
4	0.000000000	-0.000295992	0.003500000	0.173	0.700

COMBINAZIONI RARE 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.	
	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	7.42	-22.5	75.0	-121.5	0.0	6.8	630	13.6	
2	S	0.51	-22.5	0.0	-19.7	0.0	68.2	765	13.6	

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	6.68	-22.5	75.0	-110.0	0.0	6.8	630	13.6
2	S	0.45	-22.5	0.0	-17.2	0.0	68.2	765	13.6

COMBINAZIONI FREQUENTI 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	
	Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}										
	e1	Esito della verifica										
	e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata										
	k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata										
	kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]										
	k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]										
	k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]										
	k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
	Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali										
	Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]										
	e sm - e cm	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
	sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]										
	wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]										
	Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]										
	My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max*(e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi										
		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]										
		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00065	0	0.500	24.0	56	0.00033 (0.00033)	380	0.125 (0.30)	221.46	0.00	
2	S	-0.00010	0	0.500	24.0	56	0.00005 (0.00005)	420	0.022 (0.30)	-153.25	0.00	

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.94	-22.5	75.0	-83.1	0.0	6.8	653	13.6
2	S	0.31	-22.5	0.0	-11.4	0.0	68.2	765	13.6

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	-0.00049	0	0.500	24.0	56	0.00025 (0.00025)	387	0.096 (0.20)	219.42	0.00
2	S	-0.00007	0	0.500	24.0	56	0.00003 (0.00003)	420	0.014 (0.20)	-156.05	0.00

VERIFICHE S.L.U. per azioni taglienti

Per la verifica nei confronti dello S.L.U. per azioni taglienti, 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.

Si prendono in esame le sezioni maggiormente impegnate a taglio e torsione, rispettivamente nella condizione di esercizio (el. 1207 – incastro paramento) e di urto (el. 1185, in prossimità della piantana guardavia).

El. 1207 - condizione S.L.U.

$V_{Ed} = 90 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -633 \text{ kN}$

$T_{Ed} = 12 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Cordolo - sez. incastro	
Combinazione	S.L.U.	
$N_{Ed,conc}$	-633.00 kN	Azione assiale concorrente (positive le compressioni III)
V_{Ed}	90 kN	Azione tagliante di progetto
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 ²	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
$\rho =$	4.418E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ - 6.2.2(1)
z_{app}	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	613.8 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barra
α_{ct}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_r	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_m barre
f_{ctd}	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ct,90}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{td}	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yk}	391.30 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{R,s,c}$	0.12	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)
σ_{cp}	1.88 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.06 MPa)
$\gamma_{R,s,c}$	0.38 MPa	6.2.2(1), 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{R,s,c}^{lim}$	182.37	6.2.2(1), 6.2b
$V_{R,s,c}$	223.62 kN	6.2.2(1), 6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.22 Sezione incastro – ver taglio comb. S.L.U. – calcolo $V_{R,cd}$

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Elemento	Cordolo - sez. incastro	
Combinazione S.L.U.		
T	12.00 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	Copri ferro 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 _{tr}	188525.39 mm ²	area equivalente
u _k	1837.50	perim equivalente
τ _t	0.23 Mpa	tensione tangenziale da torsione
V _{critic}	9.85 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V _{critic}	19.39 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V _{max} =	223.62 kN	6.2.2 (1) 6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.23 Calcolo VR_d,d – torsione

La verifica a torsione è soddisfatta senza considerare la specifica armatura, risultando l'azione tagliante sulle pareti sempre inferiore di V_{Rd,c}.

El. 1207 - condizione "A" (eccezionale)

$V_{Ed} = 172 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -918 \text{ kN}$

$T_{Ed} \cong 0 \text{ kNm}$

Si trascura la torsione concomitante, perché di scarso valore

Verifica a taglio – EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Cordolo - sez. incastro	
Combinazione	A - eccezionale	
$N_{Ed,conc}$	918.00 kN	Azione isolata concomitante (positive le compressioni III)
V_{Ed}	172 kN	Azione tagliante di progetto
Caratteristiche sezione		
D	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
A_c	3.38E+05 mm ²	Area sezione
A_{cl}	1.38E+03 mm ²	Armatura all'intero base
e	68 mm	Distanza armatura base da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
ρ	4.418E-03	$\min(A_{cl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
c_{app}	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	613.8 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Sneramento barre
ρ_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1	γ_c calcestruzzo
γ_s	1	γ_s barre
f_{td}	27.20 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{tk,0.05}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{ctd}	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{ct}	450.00 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$\alpha_{s,c}$	0.18	6.2.2(1), nota 1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k	1.54	$\min [1+(200/d)^{1/4}] ; 2$ 6.2.2(1)
λ	0.15	6.2.2(1), nota 1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
σ_{cp}	2.72 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (im. Sup. 4.62 MPa)
ρ_{ct}	0.38 MPa	6.2.2(1): 8.381 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,lim}$	217.36	6.2.2 (1) 6.2b
$V_{Rd,r}$	331.13 kN	6.2.2 (1) 6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.24 Sezione incastro – ver taglio comb. S.L.U. – calcolo $V_{R,cd}$

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

El. 1185 - condizione "A"

$V_{Ed} = 211 \text{ kN}$

$N_{Ed,conc} = -26 \text{ kN}$

$T_{Ed} = 76 \text{ kNm}$

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Cordolo - sez. piana	
Combinazione	A - eccezionale	
$N_{Ed,conc}$	26.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
V_{Ed}	211 kN	Azione tagliante di progetto
Caratteristiche sezione		
b	450 mm	Larghezza totale
h	750 mm	Altezza totale
A_c	3.38E+05 mm ²	Area sezione
A_{sl}	1.81E+03 mm ²	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	682 mm	Altezza utile sezione
$\rho =$	5.891E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z _{app}	613.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z _{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	613.8 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Sneriamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1	γ_c calcestruzzo
γ_s	1	γ_s barre
f_{ctd}	27.20 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{td,acc}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{td}	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yk}	450.00 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{s1,k}$	0.18	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
k_1	1.54	$\min([1+(200/d)^{0.25}] ; 2)$ 6.2.2(1)
k_2	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
σ_{cp}	0.08 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. = 4.02 MPa)
$V_{Rd,c}$	0.38 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,lim}$	107.86	6.2.2(1): 6.2b
$V_{Rd,c}$	230.19 kN	6.2.2(1): 6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.25 Sezione incastro – ver taglio comb. S.L.U. – calcolo $V_{Rd,c}$

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

Per quanto riguarda la torsione, si ha quanto segue.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Verifica torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
T	76.00 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	Coprimfero 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	1637.50	perim equivalente
τ _T	1.43 MPa	tensione tangenziale da torsione
V _{Ed(T)}	82.36 kN	Taglio equivalente in direzione di b
V _{Ed(T)}	122.83 kN	Taglio equivalente in direzione di h
V _{Rd,c} ^{III}	230.19 kN	6.2.2.(1)6.2a

La verifica è soddisfatta

Tabella 10.26 Calcolo VRd,c – torsione

Come si nota, l'azione tagliante indotta sulle pareti dalla torsione risulta minore di V_{Rd,c}.
Si rileva però che la somma V_{Ed(V)} + V_{Ed(T)} > V_{Rd,c}.

Si valuta pertanto l'interazione taglio / torsione calcolando nei due casi le armature minime necessarie e confrontandone la somma con l'armatura presente.

Per l'azione tagliante si ottiene quanto segue.

Dimensionamento staffatura a taglio		
θ =	45.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
tan θ	1.00	
cotan θ	1.00	
A _{sw,V,min}	763.91 mm ² /m	Armatura di parete minima/m
A _{sw,prev}	2010.00 mm ² /m	Armatura di parete prevista/m
max A _{sw,V}	6800.00 mm ² /m	Armatura di parete massima (EN 1992-1-1 6.2.3.(4) nota4)
σ _{s,vt}	171.02 MPa	tensione di lavoro barre
V _{Rd,s}	555.18 kN	$\frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ 6.2.3.(3): 6.8 crisi lati acciaio
V _{Ed}	211.00 kN	
Verifica lato acciaio soddisfatta		
α _{cw} =	1	6.2.3(3), nota 1 + N.A.D.
v	0.50	eq. 6.6 N - 6.2.2. nota - parametro di scelta Nazionale (NAD)
v ₁	0.50	6.2.3(3) nota 1 + 2 + N.A.D.
V _{Rd,max}	1878.23 kN	$\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ 6.2.3(3): 6.9 crisi lato cls
Verifica lato calcestruzzo soddisfatta		
ΔF ₁₂	105.50 kN	Incremento azione corrente teso 6.2.3(7) formula 6.18

Tabella 10.27 Calcolo VRd,s – taglio

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Per la torsione si ottiene quanto segue

Dimensionamento armatura a torsione		
$\theta =$	45.00 °	Inclinazione bielle calcestruzzo
$\cotan \theta$	1.00	
$A_{s,l, min}$	823.05 mm ²	Armatura longitudinale minima
$A_{s,w, T, min}$	444.69 mm ² /m	Armatura di parete minima a torsione
$T_{Rd, max}$	273.26 kNm	Massima azione torcente crisi lato cis

Tabella 10.28 Calcolo VRd,s – torsione

Di seguito la verifica dell'interazione, confrontata con le armature presenti (staffa chiusa \varnothing 16 20)

Interazione taglio - torsione - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
$A_{s,w, V+T, pres}$	826.65 mm ² /m	
$A_{s,w, V+T, req}$	1005.00 mm ² /m	Armatura presente su di una parete
$V_{Ed}/V_{Rd, max}$	0.11	
$T_{Ed}/T_{Rd, max}$	0.28	
Verifica	0.39 Interaz. Verif.	(EN 1992-1-1 6.3.2. (4))

Tabella 10.29 Interazione taglio/torsione

L'armatura predisposta eccede la somma dell'armatura necessaria.

Per quanto riguarda l'armatura longitudinale, si evidenzia che la sezione in questione risulta scarsamente impegnata a flessione, il che rende il quantitativo di armatura presente ampiamente sufficiente a soddisfare il quantitativo minimo richiesto.

10.2.4 Platea di fondazione

La platea di fondazione della spalla 1 è fondata su 16 pali diam. 1200, ed è costituita da un plinto di dimensioni 13x13x2 m.

Nella figura seguente si riporta la pianta del plinto, con la relativa numerazione dei pali assunta.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

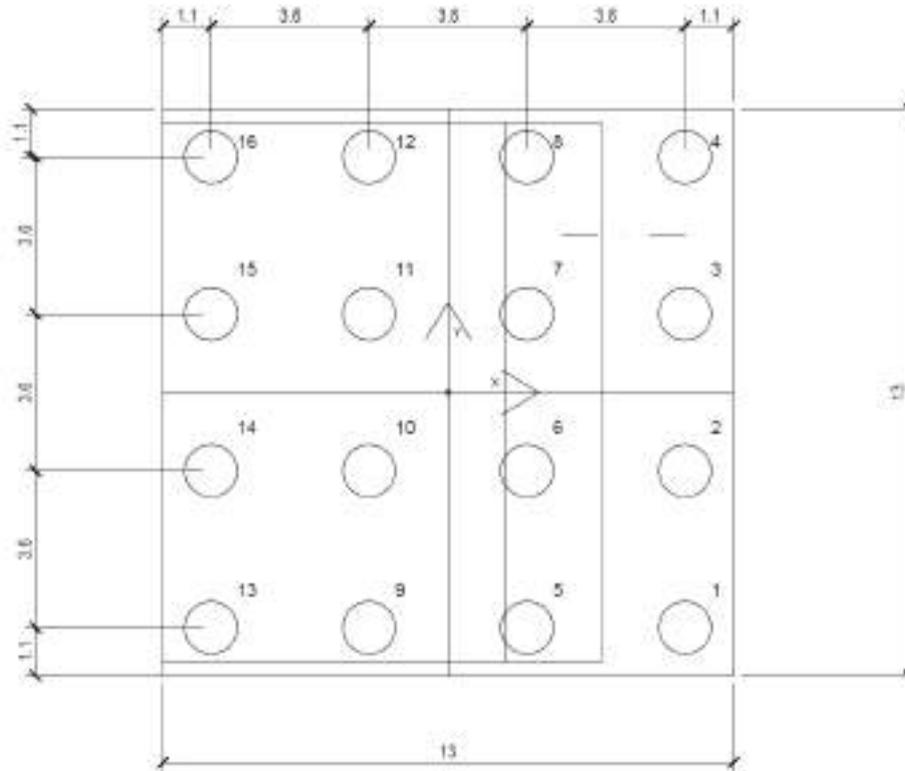


Figura 10.26 Spalla 1 e numerazione pali

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:

$$N_{Ed,pi} = N_{Ed} / n_p + M_x / W_{yy,i} + M_y / W_{xx,i}$$

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

$W_{xxi} = J_{yy} / x_i$ modulo di resistenza palo "i" in direzione y

$W_{yyi} = J_{xx} / y_i$ modulo di resistenza palo "i" in direzione x

La tabella seguente riporta la valutazione delle azioni nei pali.

Per la statica longitudinale, si è fatto riferimento agli allineamenti:

laterale dx: $N_{p1} / N_{p5} / N_{p9} / N_{p13}$

laterale dx: $N_{p4} / N_{p8} / N_{p12} / N_{p16}$

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni nei pali spalla 1sx/dx

	Np1	Np5	Np9	Np13	Np4	Np8	Np12	Np16
SLU STR max N	-1908.19	-1860.17	-1830.16	-1791.15	-1688.31	-1649.30	-1610.29	-1571.27
SLU STR min N	-2649.42	-2676.63	-2703.85	-2731.06	-2836.20	-2863.41	-2890.63	-2917.84
SLU STR max My	-2847.62	-2534.27	-2220.92	-1907.57	-3034.40	-2721.05	-2407.70	-2094.35
SLU STR min My	-1709.98	-2011.53	-2313.08	-2614.63	-1490.11	-1791.66	-2093.21	-2394.76
SLU STR max Mx	-2550.86	-2631.86	-2712.87	-2793.87	-2092.66	-2173.66	-2254.66	-2335.66
SLU STR min Mx	-1040.42	-1863.56	-1786.71	-1709.85	-2398.62	-2321.77	-2244.91	-2168.06
SLU GEO max N	-1747.99	-1809.90	-1871.81	-1933.73	-1557.92	-1619.83	-1681.74	-1743.65
SLU GEO min N	-2137.31	-2063.30	-1985.30	-1915.29	-2299.19	-2225.18	-2151.18	-2077.17
SLU GEO max My	-2199.56	-2083.19	-1966.83	-1850.67	-2361.44	-2245.08	-2128.71	-2012.35
SLU GEO min My	-1717.94	-1823.16	-1928.38	-2033.59	-1434.23	-1539.45	-1644.66	-1749.88
SLU GEO max Mx	-2011.14	-2040.25	-2069.36	-2098.47	-1616.20	-1645.30	-1674.41	-1703.52
SLU GEO min Mx	-1794.75	-1774.47	-1754.19	-1733.91	-2180.70	-2169.42	-2149.14	-2128.86
Ed SLV max N	-3310.86	-2099.72	-888.59	322.54	-3839.52	-2628.39	-1417.26	-206.12
Ed SLV min N	-890.67	-1704.91	-2519.15	-3333.39	-362.01	-1176.25	-1990.49	-2804.72
Ed SLV max My	-4071.92	-2835.28	-1598.64	-962.01	-3237.70	-2001.06	-764.42	472.21
Ed SLV min My	-129.61	-969.35	-1809.10	-2648.84	-963.83	-1803.57	-2643.32	-3483.06
Ed SLV max Mx	-3658.78	-3320.85	-3000.93	-2672.00	-878.65	-549.73	-220.80	108.12
Ed SLV min Mx	-107.40	-351.59	-505.68	-659.77	-2077.62	-3131.71	-3285.80	-3430.90
SLE RARA max N	-1734.64	-1797.98	-1861.33	-1924.67	-1585.65	-1648.99	-1712.34	-1775.68
SLE RARA min N	-2091.18	-2031.24	-1971.30	-1911.36	-2215.65	-2155.71	-2095.77	-2035.83
SLE RARA max My	-2132.68	-2049.50	-1956.32	-1868.14	-2257.15	-2168.97	-2080.79	-1992.61
SLE RARA min My	-1693.13	-1784.72	-1876.30	-1967.89	-1544.14	-1635.73	-1727.31	-1818.90
SLE RARA max Mx	-1956.97	-1990.83	-2024.69	-2058.55	-1640.69	-1674.55	-1708.41	-1742.27
SLE RARA min Mx	-1816.59	-1798.95	-1781.30	-1763.66	-2132.87	-2115.23	-2097.58	-2079.94
SLE FREQUENTE max N	-1692.58	-1747.35	-1802.13	-1856.90	-1681.21	-1735.99	-1790.76	-1845.53
SLE FREQUENTE min N	-2036.83	-2013.92	-1991.01	-1968.09	-2038.83	-2015.91	-1993.00	-1970.09
SLE FREQUENTE max My	-2078.34	-2027.18	-1976.03	-1924.88	-2080.33	-2029.18	-1978.02	-1926.87
SLE FREQUENTE min My	-1651.08	-1734.09	-1817.11	-1900.13	-1639.71	-1722.72	-1806.74	-1888.75
SLE FREQUENTE max Mx	-1853.15	-1886.92	-1920.70	-1954.47	-1745.05	-1778.83	-1812.60	-1846.38
SLE FREQUENTE min Mx	-1922.16	-1904.04	-1885.92	-1867.81	-2030.25	-2012.14	-1994.02	-1975.90
SLE Q, PERMANENTE max N	-1711.78	-1758.58	-1805.39	-1852.19	-1711.78	-1758.58	-1805.39	-1852.19
SLE Q, PERMANENTE min N	-1749.90	-1799.44	-1848.97	-1898.51	-1749.90	-1799.44	-1848.97	-1898.51
SLE Q, PERMANENTE max My	-1791.40	-1812.70	-1834.00	-1855.29	-1791.40	-1812.70	-1834.00	-1855.29
SLE Q, PERMANENTE min My	-1670.28	-1745.32	-1820.36	-1895.41	-1670.28	-1745.32	-1820.36	-1895.41
SLE Q, PERMANENTE max Mx	-1697.27	-1763.67	-1830.06	-1896.46	-1697.27	-1763.67	-1830.06	-1896.46
SLE Q, PERMANENTE min Mx	-1740.99	-1778.44	-1815.88	-1853.33	-1740.99	-1778.44	-1815.88	-1853.33

Tabella 10.30: Sollecitazioni nei pali – allineamento lg - ipotesi plinto rigido

Comportamento in direzione longitudinale

Il dimensionamento e verifica in direzione longitudinale viene effettuato con riferimento alle sezioni A-A e B-B, rispettivamente di incastro della suola anteriore e posteriore, prendendo in esame le sollecitazioni degli allineamenti longitudinali di pali posti alle due estremità (allineamenti 1-8-15 e 7-14-21).

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

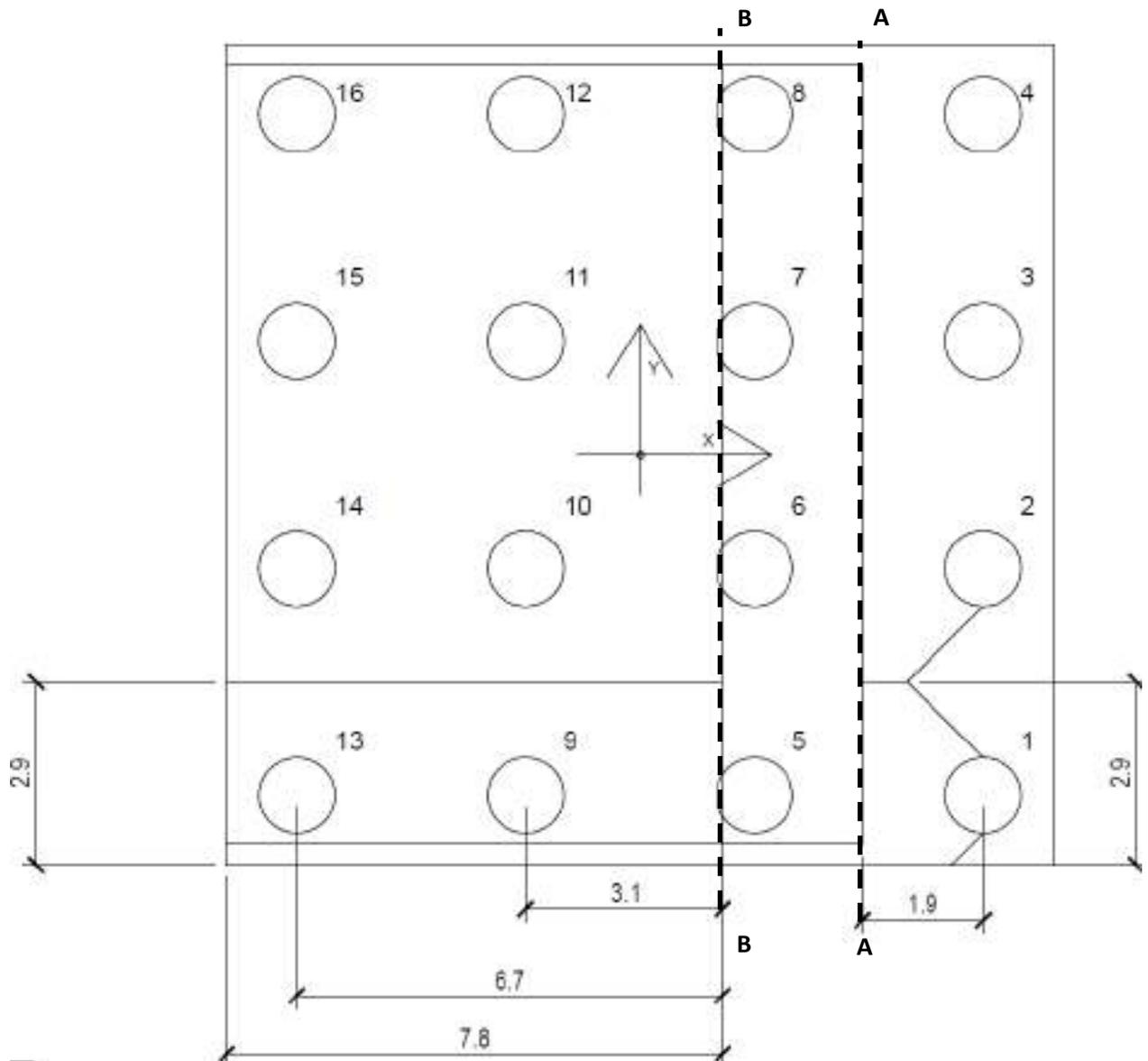


Figura 10.27 Schema planimetrico diff. platea

Sia per la valutazione delle sollecitazioni sulla suola anteriore che per quella posteriore, si assume un'ampiezza di diffusione delle sollecitazioni trasmesse dal palo pari a 2.90 m.

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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

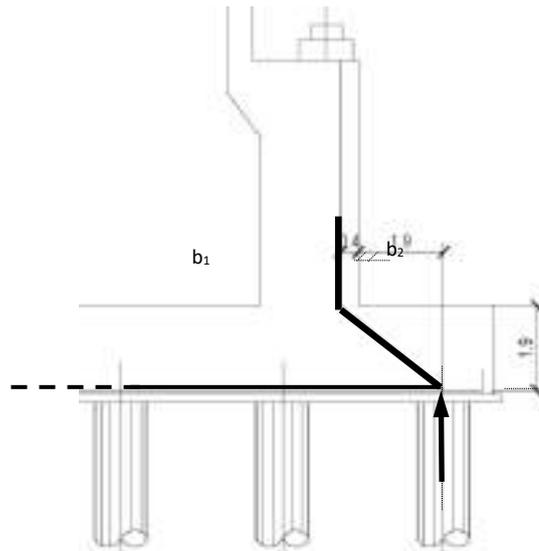


Figura 10.28 Schema strut and tie suola anteriore e schema diffusivo planimetrico

L'armatura inferiore della suola è formata da barre $\varnothing 26/10 + \varnothing 26/20$ in secondo strato, disposte uniformemente sull'intera larghezza della suola.

La posizione del tirante è stata convenzionalmente posta a 100 mm dall'intradosso 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.

Verifica suola anteriore spalla 1 - sez. A-A				
Caratteristiche geometriche traliccio (m)				
	h_j	b_{1x}	b_{2x}	b_{3int}
	1.9	1.9	0.4	2.9
Armature presenti in bidiff				
n	43.5	num. Barre		
\varnothing	26 mm	diam. Barre		
$A_{s,pres.}$	23085.42 mm ²			
Azioni trasmesse dal palo 1/4 (kN)				
	S.L.U.	Gk+Ed	S.L.E.	S.L.E. fr
N_{ed}	-3034.60	-4071.02	-2257.15	-2080.33
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)	3673.23	4929.17	2732.34	2518.29
σ_s (Mpa)	159.05	213.43	118.31	109.04

Tabella 10.31 Verifica traliccio suola anteriore

Le tensioni nel tirante d'armatura appaiono soddisfacentemente limitate.

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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

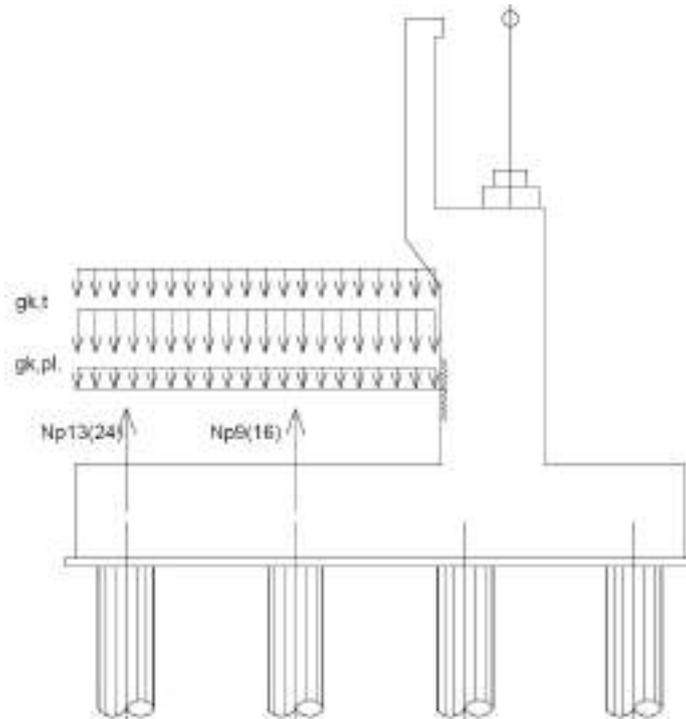


Figura 10.29 schema di calcolo suola posteriore

Il calcolo delle sollecitazioni nella sezione B-B viene effettuato associando all'azione originata dal palo posteriore (involuppo sollecitazioni rilevate rispettivamente su palo 15 e 21), i contributi dovuti ai carichi distribuiti dovuti a peso proprio plinto (g_{k1}), peso terreno (g_{kt}) e peso sovraccarico (q_k).

L'associazione viene effettuata, nell'ambito dei vari S.L., considerando il medesimo fattore di combinazione $\gamma_{fav/unfav}$ che ha portato alla definizione di N_p , prescelto nel seguente modo:

S.L.U. :	Gk + Ed (sisma SLV)	S.L.E. car.
$\gamma(g_{k1}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1 / 1$	$\gamma(g_{k1}) = 1 / 1$
$\gamma(g_{kt}) = 1.35 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1 / 1$	$\gamma(g_{kt}) = 1 / 1$
$\gamma(q_k) = 1.35 / 0$	$\gamma(q_k) = 0 / 0$	$\gamma(q_k) = 1 / 0$

Verifica suola posteriore spalla 1 - sezione Incastro paramento				
Caratteristiche geometriche mensola (m)				
b_1	3.1 m	distanza palo 9 (12)	Lunghezza caricata	7.05
b_2	6.7 m	distanza palo 13 (16)	Pos. Bar. Lc	4.275
l_1	7.8 m	lunghezza mensola	Pos. Bar. Terreno	4.097
h_{pl}	2 m	spessore plinto		
V_1	70.55 m	V terreno		
b_{diff}	2.9 m	ampiezza di diffusione az pali		
Calcolo effetti sovraccarichi estraso su suola su B-B - valori caratteristici				
	g_{k1}	g_{kt}	q_k	
$V_{eff,1}$ (kN/m)	390.00	1340.45	141.00	Az. tagliante sez. B-B effetti g_{k1} , g_{kt} e Q_k
$M_{eff,1}$ (kNm/m)	1521.00	5491.82	602.78	Az. flettente sez. B-B effetti g_{k1} , g_{kt} e Q_k

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento esterno, pali 1 / 5 / 9 / 13

	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suolo		Sollecitazioni di verifica			
	N _{ED} (kN)	N _{ED} (kN)	V _{ED} (kN/m)	M _{ED} (kNm/m)	V _{ED,ED} (kN)	M _{ED,ED} (kNm/m)		
SU STR max N	-1830.16	-1791.35	-1248.73	-6094.55	1730.45	7012.82	481.72	918.28
SU STR min N	-2703.85	-2751.06	-1874.11	-9200.01	2526.46	10281.06	652.35	1081.04
SU STR max My	-2220.92	-1907.57	-1423.62	-6781.25	2057.30	8358.02	633.68	1577.67
SU STR min My	-2513.08	-2614.63	-1699.21	-8513.31	2199.61	8934.96	500.39	421.65
SU STR max Mx	-2712.87	-2793.87	-1898.87	-9254.76	2199.61	8934.96	300.73	-410.80
SU STR min Mx	-1786.71	-1709.89	-1205.71	-5860.28	2199.61	8934.96	993.80	3074.68
Ed SLV max N	-888.59	322.54	-195.19	-204.70	1730.45	7012.82	1535.26	6808.12
Ed SLV min N	-2519.15	-3023.28	-2018.12	-10298.16	1730.45	7012.82	-287.67	-3281.33
Ed SLV max My	-1598.64	-362.01	-676.09	-2545.25	1730.45	7012.82	1054.36	6667.57
Ed SLV min My	-1809.10	-2648.84	-1537.22	-8053.60	1730.45	7012.82	193.23	-1040.78
Ed SLV max Mx	-3000.93	-2672.00	-1966.18	-9981.34	1730.45	7012.82	-225.73	-2398.32
Ed SLV min Mx	-505.68	-659.77	-401.88	-2064.85	1730.45	7012.82	1328.57	4947.97
SIE RARA max N	-1861.33	-1924.67	-1305.52	-6436.35	1730.45	7012.82	424.95	576.48
SIE RARA min N	-1971.30	-1911.36	-1538.85	-8523.14	1871.45	7615.60	552.60	1092.46
SIE RARA max My	-1956.32	-1868.14	-1318.78	-6407.28	1871.45	7615.60	552.67	1208.32
SIE RARA min My	-1876.30	-1967.89	-1325.58	-6552.20	1730.45	7012.82	404.87	460.62
SIE RARA max Mx	-2024.69	-2058.55	-1408.02	-6620.29	1730.45	7012.82	322.43	92.53
SIE RARA min Mx	-1781.30	-1763.66	-1222.40	-5078.81	1730.45	7012.82	508.05	1034.03
SIE FREQUENTE max N	-1802.12	-1856.00	-1261.74	-6216.50	1730.45	7012.82	468.71	796.22
SIE FREQUENTE min N	-1991.01	-1968.09	-1505.21	-6675.29	1871.45	7615.60	506.24	940.30
SIE FREQUENTE max My	-1976.03	-1924.88	-1345.14	-6559.44	1871.45	7615.60	506.31	1056.16
SIE FREQUENTE min My	-1817.11	-1900.12	-1281.80	-6332.36	1730.45	7012.82	448.65	680.47
SIE FREQUENTE max Mx	-1920.70	-1954.47	-1336.27	-6568.67	1730.45	7012.82	394.18	464.16
SIE FREQUENTE min Mx	-1885.92	-1867.81	-1294.39	-6331.27	1730.45	7012.82	436.06	681.56
SIE Q.PERMANENTE max	-1805.39	-1852.19	-1261.23	-6209.09	1730.45	7012.82	469.22	803.73
SIE Q.PERMANENTE min	-1848.97	-1898.51	-1292.23	-6362.70	1871.45	7615.60	438.22	692.13
SIE Q.PERMANENTE max	-1834.00	-1855.29	-1272.17	-6246.84	1730.45	7012.82	458.28	765.98
SIE Q.PERMANENTE min	-1820.26	-1895.41	-1281.30	-6324.95	1730.45	7012.82	446.15	687.88
SIE Q.PERMANENTE max	-1830.06	-1896.46	-1285.01	-6327.74	1730.45	7012.82	445.44	675.08
SIE Q.PERMANENTE min	-1815.88	-1853.23	-1265.24	-6222.94	1730.45	7012.82	465.21	789.88

Tabella 10.32 Sollecitazioni verifica sez. B-B - all. 1-5-9-13

Calcolo sollecitazioni risultanti di progetto - sez. B-B - allineamento interno, pali 4 / 8 / 12 / 16

	Contributo az. Pali		Contributo carichi su suolo		Sollecitazioni di verifica			
	N _{ED} (kN)	N _{ED} (kN)	V _{ED} (kN/m)	M _{ED} (kNm/m)	V _{ED,ED} (kN)	M _{ED,ED} (kNm/m)		
SU STR max N	-1610.29	-1571.27	-1097.00	-5351.53	1730.45	7012.82	633.26	1661.30
SU STR min N	-2890.63	-2917.84	-2002.92	-9831.20	2526.46	10281.06	523.54	449.88
SU STR max My	-2407.70	-2094.25	-1552.43	-7412.43	2057.30	8258.02	504.87	946.49
SU STR min My	-2093.21	-2384.76	-1547.58	-7770.29	2199.61	8934.96	652.03	1164.67
SU STR max Mx	-2254.66	-2335.66	-1582.87	-7806.34	2199.61	8934.96	616.74	1128.62
SU STR min Mx	-2244.91	-2168.06	-1521.71	-7408.70	2199.61	8934.96	677.89	1526.26
Ed SLV max N	-1417.26	-206.12	-559.79	-1991.22	1730.45	7012.82	1170.66	5021.61
Ed SLV min N	-1990.49	-2894.72	-1853.52	-8607.64	1730.45	7012.82	76.93	-1594.82
Ed SLV max My	-764.42	472.21	-100.76	275.84	1730.45	7012.82	1629.69	7286.66
Ed SLV min My	-2643.22	-3483.06	-2112.55	-10872.69	1730.45	7012.82	-382.10	-3859.87
Ed SLV max Mx	-220.80	108.12	-38.86	13.76	1730.45	7012.82	1691.59	7026.59
Ed SLV min Mx	-3285.80	-3409.90	-2219.21	-11459.35	1730.45	7012.82	-588.76	-4646.93
SIE RARA max N	-1712.34	-1775.68	-1202.76	-5932.87	1730.45	7012.82	527.69	1079.96
SIE RARA min N	-2095.72	-2035.83	-1424.69	-6943.78	1871.45	7615.60	466.76	671.82
SIE RARA max My	-2080.79	-1992.61	-1408.62	-6827.92	1871.45	7615.60	466.83	787.67
SIE RARA min My	-1727.51	-1818.90	-1222.83	-6048.72	1730.45	7012.82	507.62	964.10
SIE RARA max Mx	-1708.41	-1742.27	-1189.89	-5851.49	1730.45	7012.82	540.56	1161.33
SIE RARA min Mx	-2097.58	-2079.94	-1440.52	-7047.62	1730.45	7012.82	289.93	-34.79
SIE FREQUENTE max N	-1790.76	-1845.52	-1253.89	-6178.08	1730.45	7012.82	476.56	824.74
SIE FREQUENTE min N	-1993.00	-1970.09	-1366.58	-6682.03	1871.45	7615.60	504.87	932.57
SIE FREQUENTE max My	-1978.02	-1926.87	-1346.51	-6566.17	1871.45	7615.60	524.94	1049.41
SIE FREQUENTE min My	-1805.74	-1888.75	-1273.96	-6259.94	1730.45	7012.82	456.49	718.89
SIE FREQUENTE max Mx	-1812.60	-1846.38	-1261.72	-6203.27	1730.45	7012.82	468.73	809.45
SIE FREQUENTE min Mx	-1994.02	-1975.90	-1368.94	-6696.56	1730.45	7012.82	361.51	316.27
SIE Q.PERMANENTE max	-1805.39	-1852.19	-1261.23	-6209.09	1730.45	7012.82	469.22	803.73
SIE Q.PERMANENTE min	-1848.97	-1898.51	-1292.23	-6362.70	1871.45	7615.60	438.22	692.13
SIE Q.PERMANENTE max	-1834.00	-1855.29	-1272.17	-6246.84	1730.45	7012.82	458.28	765.98
SIE Q.PERMANENTE min	-1820.26	-1895.41	-1281.30	-6324.95	1730.45	7012.82	446.15	687.88
SIE Q.PERMANENTE max	-1830.06	-1896.46	-1285.01	-6327.74	1730.45	7012.82	445.44	675.08
SIE Q.PERMANENTE min	-1815.88	-1853.23	-1265.24	-6222.94	1730.45	7012.82	465.21	789.88

Tabella 10.33 Sollecitazioni di verifica sez. B-B - all. 4-8-12-16

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di progetto rilevate in corrispondenza della sezione B-B della spalla 1.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sezione B-B spalla 1 - sollecitazioni di progetto				
	max M (kNm/m)	Min M (kNm/m)	max V (kN/m)	min V (kN/m)
S.L.U.	3074.68	-419.80	993.90	300.73
S.L.U. sisma	7286.66	-4446.93	1691.59	-588.76
S.L.E.	1208.32	-34.79		
S.L.E. frequente	1056.16	316.27		
S.L.E. QP	1368.76	650.13		

Tabella 10.34 Sollecitazioni di progetto spalla 1 - sez- B-B

Ai fini delle verifiche si considera la presenza delle seguenti armature longitudinali nella suola:

Lembo inferiore

A _{s,1} Ø 26/10	5310 mm ² /m	primo strato
A _{s,2} Ø 26/20	2655 mm ² /m	secondo strato

Lembo superiore

A _{s,1} Ø 26/10	5310 mm ² /m	primo strato
A _{s,2} Ø 26/10	5310 mm ² /m	secondo strato

Si predispongono una staffatura formata da staffe chiuse Ø 24 a due braccia, poste a passo longitudinale x trasversale 500 x 1000 mm (n. 1 barra/500x500 mm).

La staffatura sarà prolungata almeno fino in prossimità dell'asse della fila più esterna di pali.

VERIFICHE SLU\SLE a FLESSIONE E TAGLIO – SEZIONE B-B – DIREZIONE LONGITUDINALE

Si riportano di seguito le verifiche a flessione e a taglio a SLU, ed a flessione a SLE, della sezione B-B della suola posteriore, alta 200 cm e larga 100 cm.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sez_Ver_Long_Platea

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.3	26
2	-45.0	10.3	26
3	45.0	10.3	26
4	45.0	5.3	26
5	-45.0	189.7	26
6	-45.0	194.7	26
7	45.0	189.7	26
8	45.0	194.7	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	26
2	2	3	3	26
3	5	7	8	26
4	6	8	8	26

ARMATURE A TAGLIO

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Diametro staffe: 24 mm
Passo staffe: 50.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-7286.66	1692.00
2	0.00	4446.93	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1208.32	0.00
2	0.00	34.79	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1056.16 (-2850.39)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1368.76 (-2850.39)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 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
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-7286.66	0.00	-7758.60	1.06	106.2(40.0)
2	S	0.00	4446.93	0.00	5874.36	1.32	79.6(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.061	-50.0	0.0	0.00195	-45.0	5.3	-0.05341	-45.0	194.7
2	0.00350	0.051	-50.0	200.0	0.00163	-45.0	194.7	-0.06504	-45.0	5.3

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	-0.000292303	0.003500000	0.061	0.700
2	0.000000000	0.000352035	-0.066906966	0.051	0.700

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 24 mm
Passo staffe: 50.0 cm

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale 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]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
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.proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1692.00	5720.54	3122.47	196.0	100.0	2.500	1.000	9.8	18.1(0.0)
2	S	0.00	8294.79	1248.99	196.0	100.0	1.000	1.000	0.0	18.1(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	1.77	-50.0	0.0	-65.6	35.0	194.7	1950	106.2
2	S	0.05	-50.0	200.0	-2.5	35.0	5.3	1750	79.6

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	1.55	-50.0	0.0	-57.3	35.0	194.7	1950	106.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00030	0	0.500	26.0	40	0.00017 (0.00017)	217	0.037 (0.30)	-2850.39	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.01	-50.0	0.0	-74.3	35.0	194.7	1950	106.2

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	-0.00039	0	0.500	26.0	40	0.00022 (0.00022)	217	0.048 (0.20)	-2850.39	0.00

Comportamento in direzione trasversale

Il dimensionamento e verifica in direzione trasversale viene effettuato esaminando il comportamento della striscia individuata nella figura seguente, compresa tra il bordo piastra e la mezzeria tra i due allineamenti estremi di pali.

La larghezza della striscia esaminata è pari a:

$$b_s = 1.10 + 3.6/2 = 2.90 \text{ m}$$

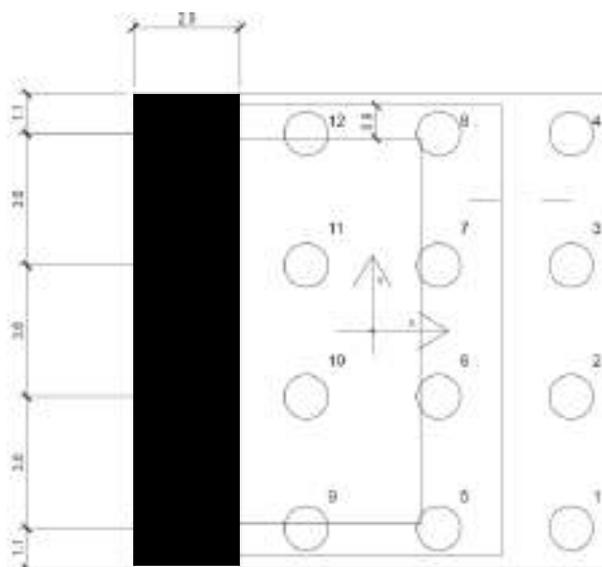


Figura 10.30 Schema planimetrico diff. platea

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

- Pesi propri suola g_k
- Peso reinterro g_{kt}
- Peso sovraccarico Q_k
- Azioni trasmesse dai muri d'ala

Qui sotto lo schema semplificato di calcolo

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 50, 5070
Zoom: 100.0
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 0.gk

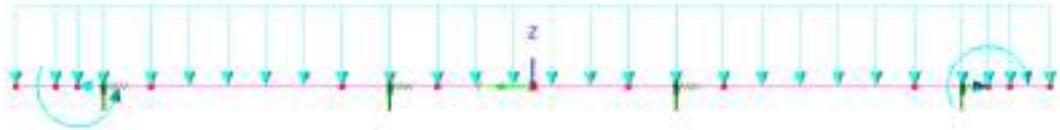


Figura 10.31 schema di calcolo trv suola posteriore

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 - spalla1					
h1	5.5 m	γ_{cls}	25 kN/m ³	k_y	0.426
h2	4.05 m	γ_t	19 kN/m ²	k_v	0.218
t1	0.9 m	Q_c	20 kN/m ²	k_s	0.246
t2	0.6 m				

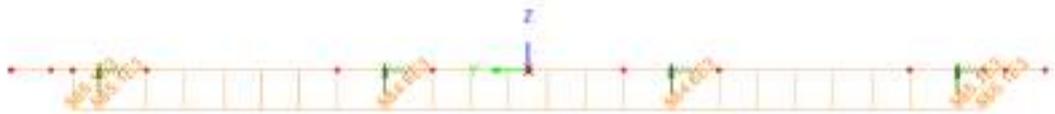
Azioni trasmesse - base muro ala				Azioni trasmesse - linea baricentrica platea			
	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)	az	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
Gk	184.50	0.00	0.00	1 m	184.50	0.00	0.00
gk,t	0.00	369.46	1176.13		0.00	369.46	1545.59
gk(Qk)	0.00	81.45	388.91		0.00	81.45	470.36

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.

L'output dei diagrammi riferiti al taglio viene effettuato escludendo dalla visualizzazione i tratti direttamente interessati dalla sagoma del palo.

S.L.U. STR – N (Fx)

Scale: 1: 59,5870
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 585,117E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 17,0908E-8



S.L.U. STR – V (Fz)

Scale: 1: 59,5870
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 995,767E3 at node 24 of element 23
Diagram minimum -995,767E3 at node 5 of element 5
Diagram scale: 1: 10,0425E-8



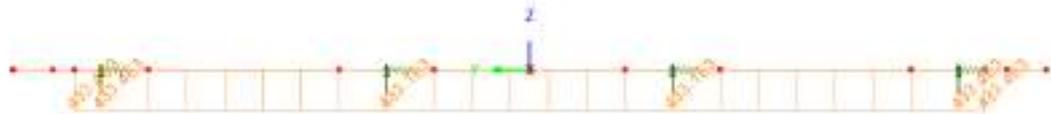
S.L.U. STR – M (My)

Scale: 1: 59,5870
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 2,2850E8 at node 4 of element 3
Diagram minimum -379,637E3 at Gauss point 6 of element 14
Diagram scale: 1: 4,3762E-8



S.L.E.– N (Fx)

Scale: 1: 59,5876
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 433,42E3 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 23,0720E-6



S.L.E.– V (Fz)

Scale: 1: 59,5876
Zoom: 100,0
Eye: (-1,0, 0,0, 0,0)
SLE
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N/m)
Diagram maximum 1,89264E8 at node 4 of element 3
Diagram minimum -281,213E3 at Gauss point 6 of element 14
Diagram scale: 1: 5,90795E-6



S.L.E.– M (My)

Scale: 1: 59,5876
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 1,89264E8 at node 4 of element 3
Diagram minimum -281,213E3 at Gauss point 6 of element 14
Diagram scale: 1: 5,90795E-6



VERIFICHE SLU\SLE a TENSOFFLESSIONE – DIREZIONE TRASVERSALE

L'armatura è formata da barre $\varnothing 24/20$ poste al lembo superiore + inferiore della sezione.

In prossimità dell'incastro con il muro d'ala, si predispongono ulteriori barre $\varnothing 24/20$, che si intenderanno pienamente "attive" fino alla sezione posta a metà del campo compreso tra il palo esterno e quello adiacente (di qui in poi si assumerà la presenza delle armature correnti).

Qui di seguito il riepilogo delle sollecitazioni di verifica per tensioni normali

Sezione rinforzata

S.L.U.	S.L.E.
$M_{Ed} = 2285 \text{ kNm/m}$	$M_{Ed} = 1693 \text{ kNm/m}$
$N_{Ed} = 585 \text{ kN/m}$	$N_{Ed} = 433 \text{ kN/m}$

Sezione con armatura corrente

S.L.U.	S.L.E.
$M_{Ed} = 827 \text{ kNm/m}$	$M_{Ed} = 612 \text{ kNm/m}$
$N_{Ed} = 585 \text{ kN/m}$	$N_{Ed} = 433 \text{ kN/m}$

VERIFICHE SEZIONE RINFORZATA

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sez_Ver_Trasv_Rinf_Platea

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	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	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.8	24
2	45.0	7.8	24
3	-45.0	192.2	24
4	45.0	192.2	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	8	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-585.00	-2285.00	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	-433.00	-1693.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-585.00	-2285.00	-585.19	-2777.77	1.23	45.2(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00292	0.041	-50.0	0.0	0.00006	-45.0	7.8	-0.06750	-45.0	192.2

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	-0.000366386	0.002919312	0.041	0.700

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	3.63	-50.0	0.0	-253.4	35.0	192.2	1950	45.2

VERIFICHE SEZIONE CORRENTE

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME FILE SEZIONE: Sez_Ver_Trasv_Corr_Platea

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	7.8	24
2	45.0	7.8	24
3	-45.0	192.2	24
4	45.0	192.2	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-585.00	-827.00	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-433.00	-612.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.1 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
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
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-585.00	-827.00	-585.00	-1131.95	1.37	45.2(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00198	0.028	-50.0	0.0	-0.00084	-45.0	7.8	-0.06750	-45.0	192.2

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	-0.000361476	0.001975693	0.028	0.700

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	1.30	-50.0	0.0	-241.8	22.5	192.2	1950	22.6

VERIFICHE S.L.U. per taglio

Con riferimento allo S.L.U. per taglio, l'esame dell'andamento dell'azione tagliante S.L.U. lungo la suola testimonia la presenza di un'azione massima pari a 1200 kN/m in corrispondenza della sezione teorica di incastro muro.

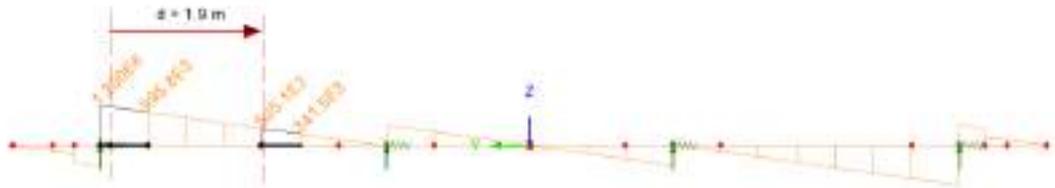
Ai fini del calcolo di VRd,c, si effettua la verifica in corrispondenza della sezione posta alla distanza d = 1.9 m rispetto al filo teorico dell'incastro muro.

In tale sezione, l'azione tagliante S.L.U. risulta pari a 505 kN/m (cfr. diagramma).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 50,5876
Zoom: 100.0
Eye: (-1.5, 0.0, 0.0)
SLU

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 1.20023E8 at node 25 of element 24
Diagram minimum: -1.20023E8 at node 4 of element 4
Diagram scale: 1: 8.33177E-8



Il calcolo di $V_{Rd,c}$ secondo EN 1992-1-1 (sezioni non armate a taglio) riporta quanto segue.

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.	
Azioni Esterne	
Elemento	Soala interna sp1
Combinazione	S.L.U.
$N_{Ed,max}$	575.00 kN
V_{Ed}	505 kN
Caratteristiche sezione	
b	1000 mm
h	2000 mm
A_c	2.00E+08 mm ²
A_{ot}	2.29E+03 mm ²
c	70 mm
d	1822 mm
$\rho_{l,r}$	1.177E-03
z	1729.8 mm
z _{calc}	0 mm
z'	1729.8 mm
Caratteristiche materiali	
f_{ck}	32 MPa
f_{yk}	450 MPa
$\rho_{l,r}$	0.85
$\rho_{l,r}$	1.5
$\rho_{l,r}$	1.15
f_{ctd}	18.13 MPa
$f_{ctd,0.05}$	2.12 MPa
f_{ctd}	1.41 MPa
f_{td}	391.30 MPa
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati	
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2	
$\alpha_{s,c}$	0.72
$\rho_{l,r}$	1.32
$\rho_{l,r}$	0.75
σ_{cm}	0.29 MPa
$V_{Rd,c}$	0.30 MPa
$N_{Ed,max}$	595.52
$V_{Rd,c}$	851.89 kN
La verifica è soddisfatta	

Tabella 10.35 Calcolo $V_{Rd,c}$ soala interna trv

Il calcolo di $V_{Rd,max}$, per il controllo della massima azione tagliante in corrispondenza della sezione di filo muro, riporta:

$$V_{Rd,max} = 7842 \text{ kN/m} > V_{Ed,max} = 1200 \text{ kN/m}$$

10.2.5 Baggioli spalla

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

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

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).

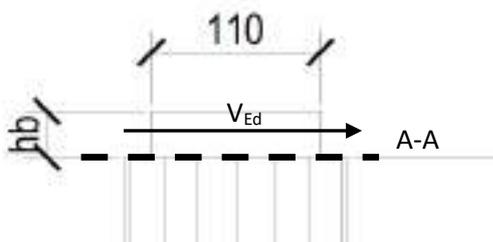


Figura 10.32 Sezione di verifica mecc. "shear friction "

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

Si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- La superficie viene classificata come "molto liscia" (assenza di preparazione)
- Viene annullato il contributo "coesivo" del calcestruzzo ($c = 0$)
- Si 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 la minima azione verticale concomitante.

La tabella qui allegata riporta le sollecitazioni rilevate per tale condizione in corrispondenza della spalla 1 e della spalla 2 (data la simmetria dell'impalcato, le sollecitazioni risultano pressochè identiche sulle due spalle).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Loadcase	Element	GP	Fx[N]	Fy[N]	Fz[kN]	Fz[N]
1 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	64	1	0	-1	1	-1151
2 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	64	1	0	213	213	-655
3 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	64	1	0	710	710	-355
4 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	64	1	0	-711	711	-2006
5 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	64	1	0	709	709	-77
6 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	64	1	0	-711	711	-2283

Loadcase	Element	GP	Fx[N]	Fy[N]	Fz[kN]	Fz[N]
1 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	70	1	0	1	1	-1151
2 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	70	1	0	214	214	-655
3 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	70	1	0	711	711	-134
4 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	70	1	0	-710	710	-2226
5 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	70	1	0	711	711	-77
6 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	70	1	0	-710	710	-2283

Loadcase	Element	GP	Fx[N]	Fy[N]	Fz[kN]	Fz[N]
1 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	69	1	0	1	1	-1151
2 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	69	1	0	214	214	-648
3 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	69	1	0	710	710	-128
4 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	69	1	0	-709	709	-2233
5 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	69	1	0	710	710	-71
6 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	69	1	0	-709	709	-2290

Loadcase	Element	GP	Fx[N]	Fy[N]	Fz[kN]	Fz[N]
1 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fx)	75	1	0	-1	1	-1151
2 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fy)	75	1	0	212	212	-648
3 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fy)	75	1	0	709	709	-348
4 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	75	1	0	-710	710	-2013
5 431:Gk + Ed_SLC (Max)(Fz)	75	1	0	708	708	-71
6 432:Gk + Ed_SLC (Min)(Fz)	75	1	0	-709	709	-2290

Tabella 10.36 Azioni SLC sui Baggioli Spalle 1-2

Si pone pertanto

$V_{Ed,max} = 711 \text{ kN}$ cfr. $G_k + Ed(SLC)$, max V_y

$N_{Ed,conc} = -71 \text{ kN}$ cfr. $G_k + Ed(SLC)$

Si predispongono, in totale 22 barre $\varnothing 14$ passanti attraverso la sezione di interfaccia

Valutazione schema resistente tipo "shear friction" [rif. EN 1992-1-1 6.2.3]

Caratteristiche materiali		Caratteristiche superficiali	
f_{yk}	1.50	b_{eff}	850 mm
f_{tk}	32.00	l_{eff}	850 mm
f_{td}	2.12	tipo sup.	1 tipo superficie: 0=molto liscia/1=liscia/2=scabra/3=dentata usa contributo (0/1)
f_{td}	21.33		
f_{td}	1.41	r	0 EN 1992-1-1 6.2.5, (2)
ν	0.50	μ	0.6 EN 1992-1-1 6.2.5, (2)
γ_s	1.15	Caratteristiche sez. resistente	
f_{yk}	450.00	$A_{s,prov}$	3388.00 mm ²
f_{tk}	201.30	$A_{s,ref}$	722500 mm ²
			Barre vert. Passanti
			Area di riferimento ($b_{eff} \times l_{eff}$)
Sollecitazioni agenti			
V_{Ed}	711 kN	Risultante azione tangente di progetto	
$N_{Ed,conc}$	71 kN	Minimo azione coconitante (positive le compressioni)	
σ_{yk}	0.00 Mpa	tens. Compressione su area ref.	
$\sigma_{yk,conc}$	12.8 Mpa (0.0 fcd)	limite tens. Compressione	
Calcolo contributi resistivi e verifica			
$V_{Ed,r}$	795.44 kN	Contributo barre passanti = $A_{s,prov} \times \mu \times f_{yk}$	
$V_{Ed,c}$	0.00 kN	Contributo calcestruzzo = $A_{s,ref} \times c$	
$V_{Ed,t}$	42.80 kN	Contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times \mu$	
$\Sigma V_{Ed,r}, V_{Ed,c}, V_{Ed,t}$	838.04 kN		
$V_{Ed,max}$	10.67	Azione tangenziale massima [EM1992-1-1 6.2.5 (1)]	
V_{Ed}	0.98	Azione tangenziale agente di progetto	
V_{Ed}	1.16	Azione tangenziale resistente di progetto	
Rapp. Sfr. $V_{Ed}/V_{Ed,r}$	0.85	verificato	
$V_{Ed} / \Sigma V_{Ed,r}$	0.89		

Tabella 10.37 Verifica "shear friction" interfaccia baggioli pila

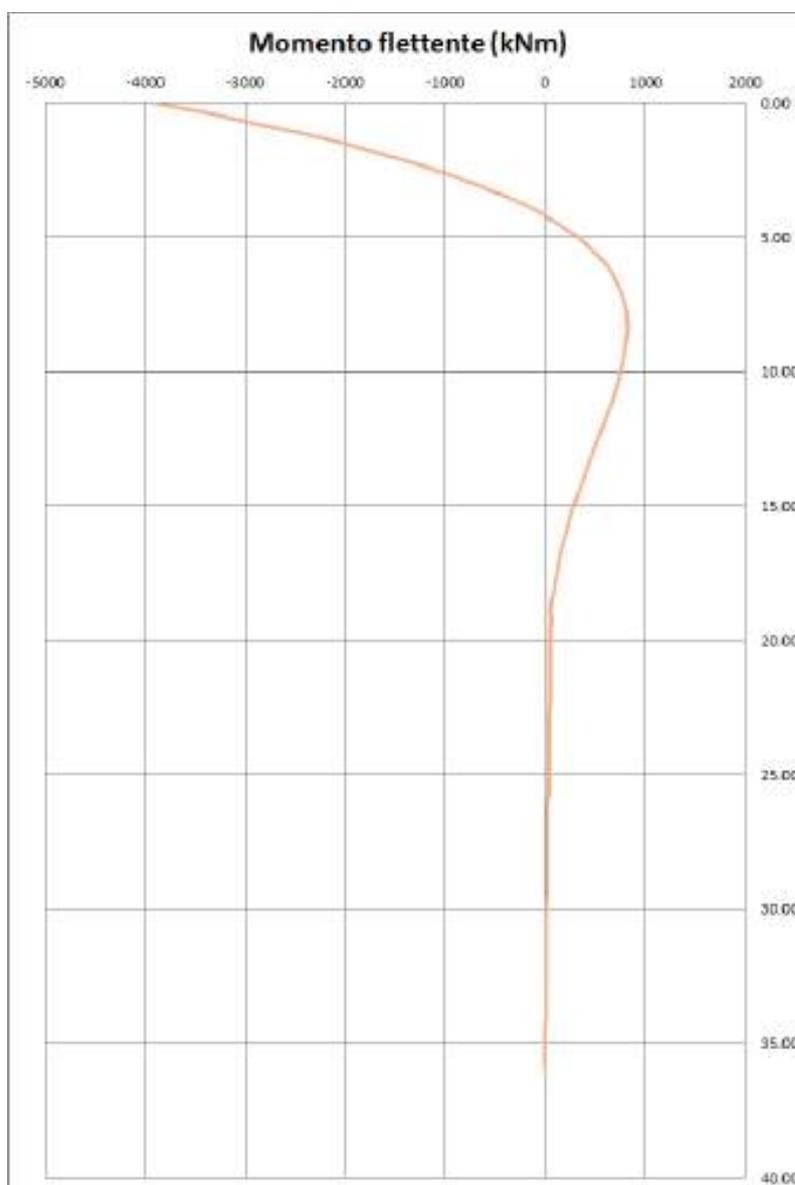
Come si evince dalla tabella di verifica, l'armatura presente è in grado di resistere all'intera azione tagliante. La verifica può pertanto considerarsi ampiamente soddisfatta.

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 1).

Andamento momento e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 3936 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



Figura 10.33 Diagramma di flessione e taglio massimi sul palo delle spalle 1 e 2

Come si può notare:

Il diagramma di momento flettente, che assume valore massimo in corrispondenza dell'incastro in fondazione, si annulla a quota pari a circa 4 m dalla sezione di incastro.

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

A quota 3 metri da intradosso, il valore S.L.U. risulta praticamente dimezzato.

Si prevede pertanto di adottare 2 tipologie di gabbie d'armatura.

Gabbia 1

Armatura verticale: n. 22 tripli $\varnothing 24$

Staffatura tipo1: staffe $\varnothing 12/10$ per $-3.5 \leq z \leq 0$

Staffatura tipo 2: spirale $\varnothing 12/15$

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Gabbia 2-3-4

Armatura verticale: n. 22 \varnothing 24

Staffatura: spirale \varnothing 12/20

Considerando la lunghezza "tipologica" delle gabbie, pari a 12 m, unitamente alle lunghezze di ancoraggio e sovrapposizione, l'armatura di verifica della gabbia 1 verrà assunta "attiva" per tutte le sezioni comprese tra quota 0 e quota -9.60 m da intradosso plinto.

Per le verifiche a quota $z \leq 9.60$, ci si riferirà all'armatura resistente delle gabbie 2-3-4.

Ai fini delle verifiche, si considerano:

sez 1-1: $z = 0$ (incastro palo) armatura di verifica gabbia 1 con staffatura p 100 mm

sez 2-2: $z = -3.5$ m armatura di verifica gabbia 1 con spiratura p 150 mm

sez 3-3: $z = -9.6$ m armatura di verifica gabbia 2 con spiratura p 200 mm

Nelle verifiche strutturali di sezioni armate con barre accoppiate, la considerazione per ciascuna coppia di una barra di area equivalente, è influente solo nelle verifiche a fessurazione e nella determinazione dell'interfero netto minimo fra i gruppi di barre. Nel caso con 3 barre diametro 24 mm il diametro equivalente è pari a $24 \cdot 1.71 = 41$ mm e la spaziatura fra le barre è sempre superiore a 100 mm, quindi l'interfero minimo netto maggiore del diametro della barra è garantito, relativamente alla verifica a fessurazione questa non è stata condotta in quanto le tensioni massime dell'acciaio in condizione rara sono inferiori a 100 MPa.

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di verifica.

Verifica sez. 1-1 - gabbia 1			
	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)
Sisma min N	-4072.00	1475.00	3936.00
Sisma max N	473.00	1475.00	3936.00
S.L.E. min N	-2257.00		1125.00
S.L.E. max N	-1544.00		1125.00
Verifica sez. 2-2 - gabbia 1 (z = -3.5 m)			
	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)
Sisma min N	-4171.00	600.00	500.00
Sisma max N	374.00	600.00	500.00
S.L.E. min N	-2356.00		150.00
S.L.E. max N	-1643.00		150.00
Verifica sez. 3-3 - gabbia 2 (z = -9.60 m)			
	N _{Ed} (kN)	V _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kNm)
Sisma min N	-4349.00	70.00	600.00
Sisma max N	196.00	70.00	600.00
S.L.E. min N	-2534.00		200.00
S.L.E. max N	-1821.00		200.00

Tabella 10.38 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_Sez1-1

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta $v1*fcd$:	9.405 MPa cfr.(6.9)EC2
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm 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 S. Leonardo

17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.0	0.0	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24
6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	24
23	50.0	-2.0	24
24	47.4	-16.0	24
25	41.0	-28.7	24
26	31.2	-39.1	24
27	18.9	-46.3	24
28	5.1	-49.7	24
29	-9.1	-49.2	24
30	-22.6	-44.6	24
31	-34.2	-36.5	24
32	-43.1	-25.3	24
33	-48.5	-12.2	24
34	-50.0	2.0	24
35	-47.4	16.0	24
36	-41.0	28.7	24
37	-31.2	39.1	24
38	-18.9	46.3	24
39	-5.1	49.7	24
40	9.1	49.2	24
41	22.6	44.6	24
42	34.2	36.5	24
43	43.1	25.3	24
44	48.5	12.2	24
45	47.4	-1.0	24
46	45.2	-14.3	24
47	39.4	-26.4	24
48	30.3	-36.4	24
49	18.8	-43.5	24
50	5.8	-47.0	24
51	-7.7	-46.8	24
52	-20.6	-42.7	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4072.00	-3936.00	0.00	1475.00	0.00
2	-473.00	-3936.00	0.00	1475.00	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	2257.00	-1125.00	0.00
2	1544.00	-1125.00	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	4072.00	-3936.00	0.00	4071.70	-5478.76	6.41	1.39	298.6(33.4)
2	S	-473.00	-3936.00	0.00	-473.15	-4547.41	-3.41	1.16	298.6(33.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00276	5.1	-49.7	-0.00442	-5.1	49.7
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00247	5.1	-49.7	-0.00756	-5.1	49.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000072140	-0.000828417	----	----
2	0.000000000	-0.000100766	-0.002545948	----	----

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] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1475.00	2895.56	1807.31	97.4 81.7	109.3	2.500	1.000	18.5	22.6(0.0)
2	S	1475.00	3003.50	1957.50	99.2 88.5	104.7	2.500	1.000	17.0	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	6.69	0.0	-60.0	-60.2	-5.1	49.7	928	49.8
2	S	6.54	0.0	-60.0	-80.8	-5.1	49.7	1157	54.3

Verifica sezione 2-2 – gabbia 1

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Se2-2

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:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.405	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.0	0.0	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24
6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	24
23	50.0	-2.0	24
24	47.4	-16.0	24
25	41.0	-28.7	24
26	31.2	-39.1	24
27	18.9	-46.3	24
28	5.1	-49.7	24
29	-9.1	-49.2	24
30	-22.6	-44.6	24
31	-34.2	-36.5	24
32	-43.1	-25.3	24
33	-48.5	-12.2	24
34	-50.0	2.0	24
35	-47.4	16.0	24
36	-41.0	28.7	24
37	-31.2	39.1	24
38	-18.9	46.3	24
39	-5.1	49.7	24
40	9.1	49.2	24
41	22.6	44.6	24
42	34.2	36.5	24
43	43.1	25.3	24
44	48.5	12.2	24
45	47.4	-1.0	24
46	45.2	-14.3	24
47	39.4	-26.4	24
48	30.3	-36.4	24
49	18.8	-43.5	24
50	5.8	-47.0	24
51	-7.7	-46.8	24
52	-20.6	-42.7	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	15.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	4171.00	-500.00	0.00	600.00	0.00
2	-374.00	-500.00	0.00	600.00	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	2356.00	-150.00	0.00
2	1643.00	-150.00	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 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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4171.00	-500.00	0.00	4170.83	-4438.84	0.05	8.88	298.6(33.4)
2	S	-374.00	-500.00	0.00	-373.75	-3205.86	0.04	6.41	298.6(33.4)

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

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	0.00193	0.0	-60.0	0.00156	5.1	-49.7	-0.00196	-5.1	49.7
2	0.00122	0.0	-60.0	0.00093	5.1	-49.7	-0.00196	-5.1	49.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000035392	-0.000196095	----	----
2	0.000000000	-0.000028973	-0.000515373	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 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] = proiezz. 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.[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.proiettata sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	600.00	3375.88	1169.02	97.1 79.2	109.5	2.500	1.199	7.7	15.1(0.0)
2	S	600.00	2972.05	1244.95	97.8 84.4	108.6	2.500	1.000	7.3	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 [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	2.10	0.0	-60.0	15.3	-5.1	49.7	----	----
2	S	1.64	0.0	-60.0	8.5	-5.1	49.7	----	----

Verifica sezione 3-3 – gabbia 2

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pali_Se3-3

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
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta $v1*fcd$:	9.405 MPa cfr.(6.9)EC2
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm 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 S. Leonardo

17	48.5	35.3
18	57.1	18.5
19	60.0	0.0
20	57.1	-18.5

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	50.0	0.0	24
2	48.0	-14.1	24
3	42.1	-27.0	24
4	32.7	-37.8	24
5	20.8	-45.5	24
6	7.1	-49.5	24
7	-7.1	-49.5	24
8	-20.8	-45.5	24
9	-32.7	-37.8	24
10	-42.1	-27.0	24
11	-48.0	-14.1	24
12	-50.0	0.0	24
13	-48.0	14.1	24
14	-42.1	27.0	24
15	-32.7	37.8	24
16	-20.8	45.5	24
17	-7.1	49.5	24
18	7.1	49.5	24
19	20.8	45.5	24
20	32.7	37.8	24
21	42.1	27.0	24
22	48.0	14.1	24

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	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	4349.00	-600.00	0.00	70.00	0.00
2	-196.00	-600.00	0.00	70.00	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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My
1	2534.00	-200.00	0.00
2	1821.00	-200.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	4349.00	-600.00	0.00	4349.03	-3088.78	0.00	5.15	99.5(33.4)
2	S	-196.00	-600.00	0.00	-195.99	-1728.66	0.00	2.88	99.5(33.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00266	7.1	-49.5	-0.00521	-7.1	49.5
2	0.00350	0.0	-60.0	0.00188	7.1	-49.5	-0.01339	-7.1	49.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000079515	-0.001270874	----	----
2	0.000000000	-0.000154280	-0.005756828	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm
Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (6.9)EC2]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(6.8) EC2]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm 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	70.00	2945.36	926.13	97.8 83.7	108.5	2.500	1.000	0.9	11.3(0.0)
2	S	70.00	2849.70	1068.43	103.2 96.6	91.0	2.500	1.000	0.7	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 [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	3.03	0.0	-60.0	17.5	-7.1	49.5	----	----
2	S	2.47	0.0	-60.0	9.0	-7.1	49.5	----	----

10.3 -VERIFICHE STRUTTURALI SPALLA 2

La spalla 2 presenta una fondazione diretta, di dimensioni 12x 10 m, ed una ridotta altezza di spiccato al piano appoggi, risultando un paramento da 2 m, ed un paraghiaia di analoga configurazione rispetto a quello della spalla 1.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



Figura 10.34 Caratteristiche spalla2

Si effettuano in questo capitolo le verifiche degli elementi non ricompresi tipologicamente entro quelli già esaminati nel capitolo inerente la spalla 1. In particolare, si effettua il dimensionamento/verifica S.L.U. / S.L.E. dei seguenti elementi:

- Muro di risvolto
- Plinto di fondazione

Per quanto attiene ai rimanenti elementi, si evidenzia quanto segue:

- Paraghiaia
 - o Il paraghiaia presenta le medesime caratteristiche e le medesime armature previste per la spalla 1. Si rimanda al relativo capitolo per ulteriori dettagli.
- Paramento
 - o Il paramento risulta particolarmente tozzo, presentando un'altezza di soli 2 m, ed uno spessore che, per ragioni di compatibilità geometrica, raggiunge i 2.95 m. Essendo armato con la medesima armatura tipologica prevista nel paraghiaia (\varnothing 24/20 interni/esterni), ed avendo uno spessore di oltre 4 volte le verifiche strutturali appaiono automaticamente soddisfatte
- Baggioli
 - o I baggioli presentano identico stato tensionale rispetto a quelli della spalla 1. Si rimanda al relativo capitolo per ulteriori dettagli.

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

10.3.1 Muro di risvolto

Il muro di risvolto presenta dimensioni complessive nette pari a 7.05 x 9.65 m (altezza media), ed è suddiviso in una parte di base, di spessore 90 cm, ed una parte sommitale di spessore 60 cm (a partire da quota spiccato paraghiaia).

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 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: 85.0057
Zoom: 100.0
Eye: (-0.625132; 0.657591; 0.420457)
SLU (STR)

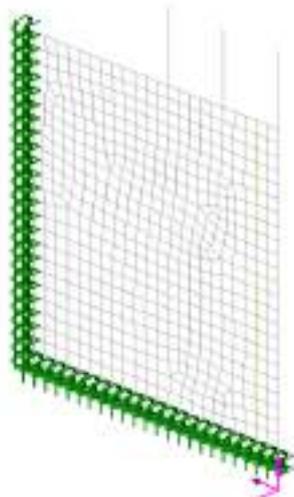


Figura 10.35 Muro ala - schema mesh E.F.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 89.4027
Zoom: 100.0
Eye: (-0.625132; 0.667591; 0.420457)
SLU (STR)



Figura 10.36 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:

- gk1 peso proprio degli elementi strutturali, valutato con riferimento una densità del calcestruzzo pari a 25 kN/m^3 ;
- gkt spinta delle terre, valutato con riferimento al coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 0.426$ e ad un peso specifico del terreno $\gamma_t = >19 \text{ kN/m}^3$
- gkt,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 di estremità + azione da 50 kN applicata al paletto più interno (cfr. schema).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

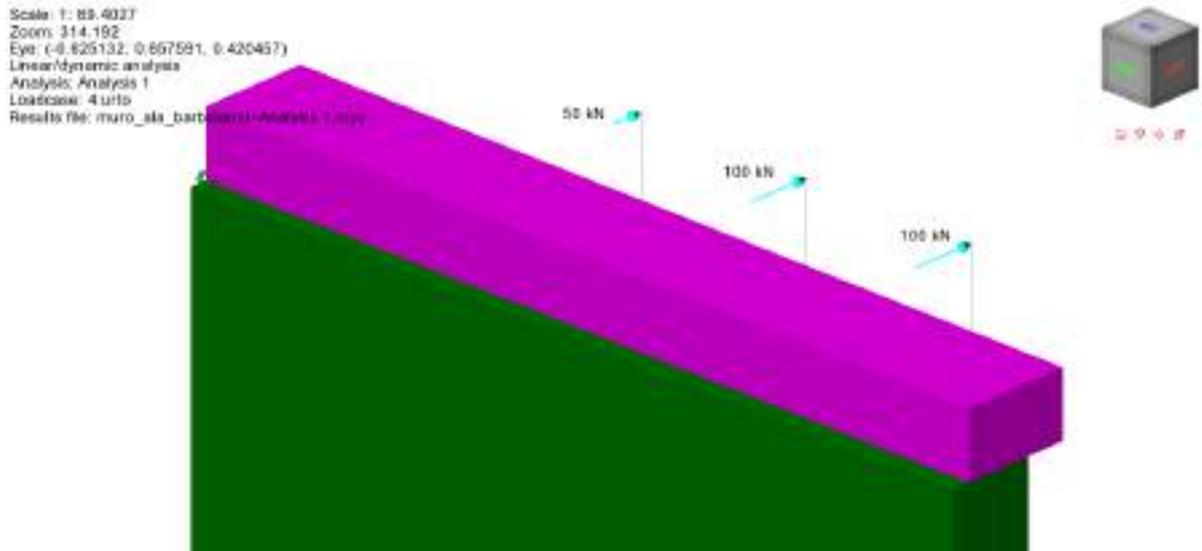


Figura 10.37 Muro ala - dettaglio modellazione urto

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

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

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

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

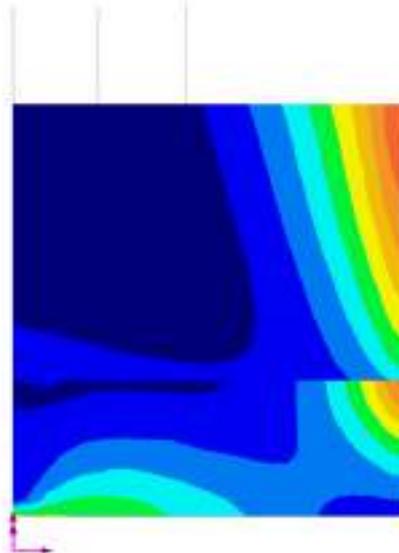
I seguenti diagrammi "contour" riportano l'andamento del momento flettente di piastra Mx ed My (valori in Nm/m) agenti in direzione verticale e trasversale rispettivamente.

Combinazione S.L.U. – Mx



Combinazione S.L.U. – My

Scale: 1: 85.6513
Zoom: 112.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Number of contours: 9
Contour interval: 21.6351E3
Contour maximum: 178.948E3 at node 594
Contour minimum: -15.7676E3 at node 617



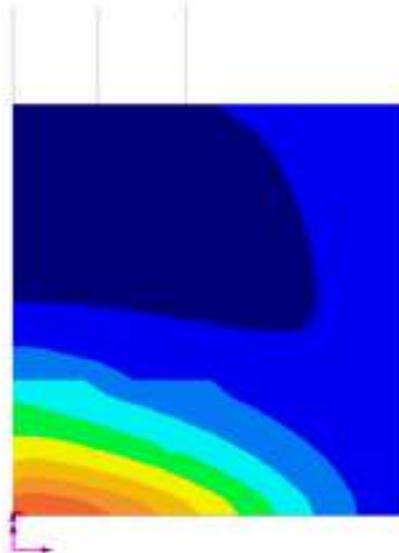
SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords *LCr
Component: My (Units: N.m/m)

0.0
21.6351E3
43.2702E3
64.9052E3
86.5403E3
108.175E3
129.81E3
151.446E3
173.081E3

Maximum: 178.948E3 at node 594
Minimum: -15.7676E3 at node 617

Combinazione S.L.E. – Mx

Scale: 1: 85.6513
Zoom: 112.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLE
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Number of contours: 9
Contour interval: 41.8893E3
Contour maximum: 349.285E3 at node 1
Contour minimum: -27.719E3 at node 468



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

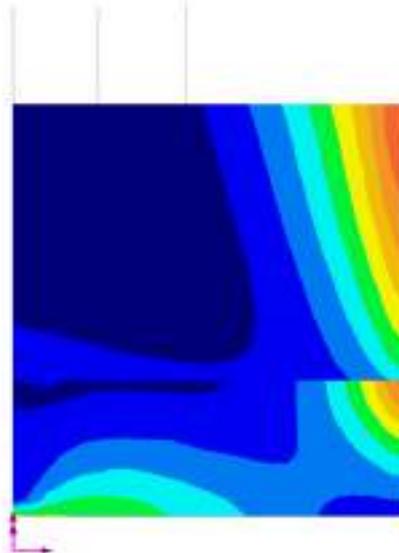
0.0
41.8893E3
83.7786E3
125.668E3
167.557E3
209.447E3
251.338E3
293.228E3
335.115E3

Maximum: 349.285E3 at node 1
Minimum: -27.719E3 at node 468

Combinazione S.L.E. – My

Scale: 1: 85,6513
Zoom: 112,0
Eye: (0,0, -1,0, 9,0)
SLE

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: My (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Number of contours: 9
Contour interval: 18,026E3
Contour maximum: 132,554E3 at node 594
Contour minimum: -11,6797E3 at node 617



SLE
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Component: My (Units: N.m/m)

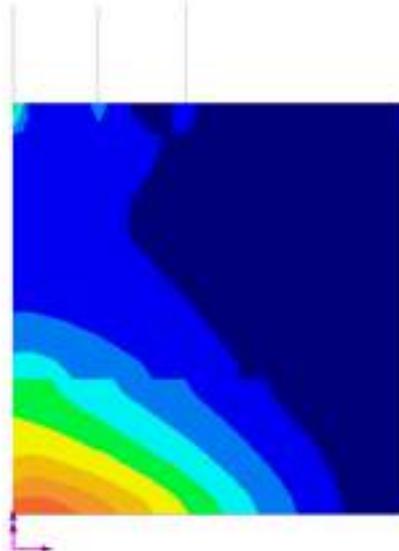


Maximum: 132,554E3 at node 594
Minimum: -11,6797E3 at node 617

Combinazione S.L.U. (A) – Mx

Scale: 1: 85,6513
Zoom: 112,0
Eye: (0,0, -1,0, 9,0)
A (urto)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
Contour component: Mx (Units: N.m/m)
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Number of contours: 9
Contour interval: 61,9194E3
Contour maximum: 557,275E3 at node 1
Contour minimum: 0.0 at node 24

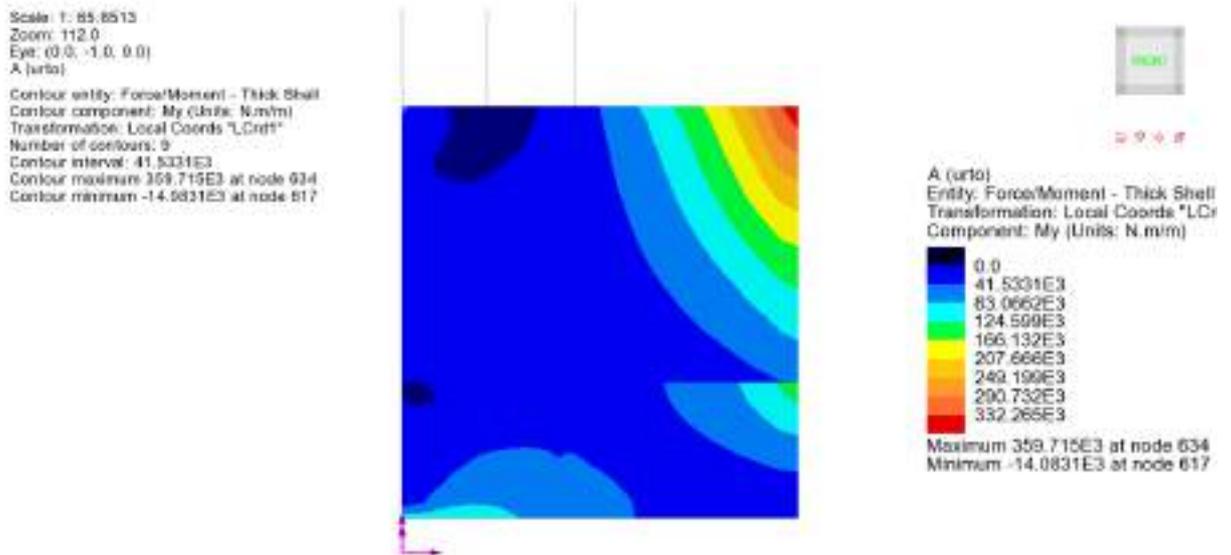


A (urto)
Entity: Force/Moment - Thick Shell
Transformation: Local Coords *LCrt1*
Component: Mx (Units: N.m/m)



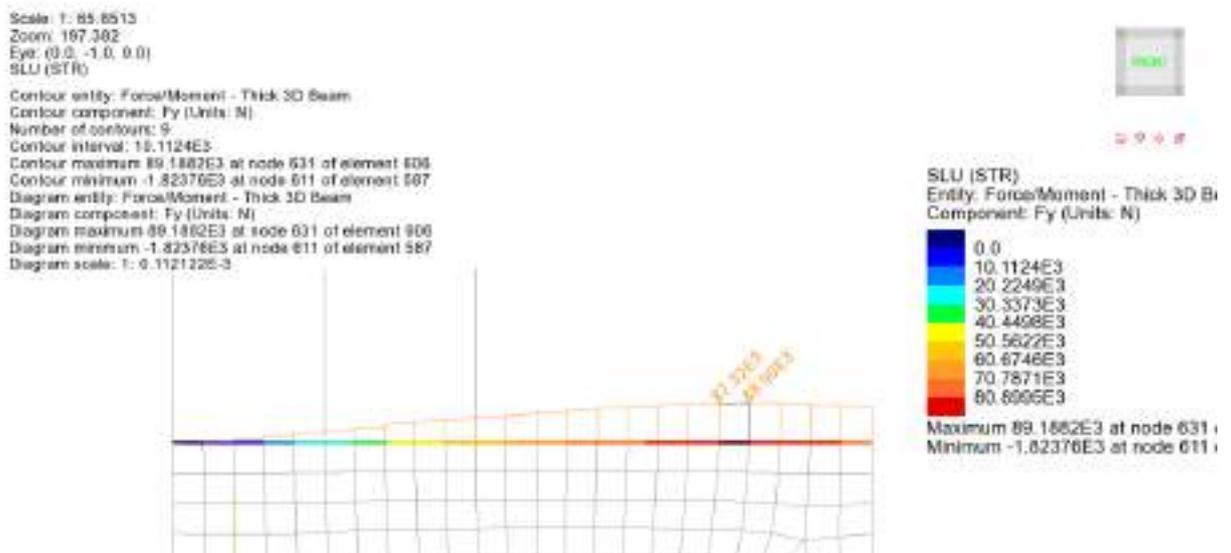
Maximum: 557,275E3 at node 1
Minimum: 0.0 at node 24

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



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. – F_y (V)



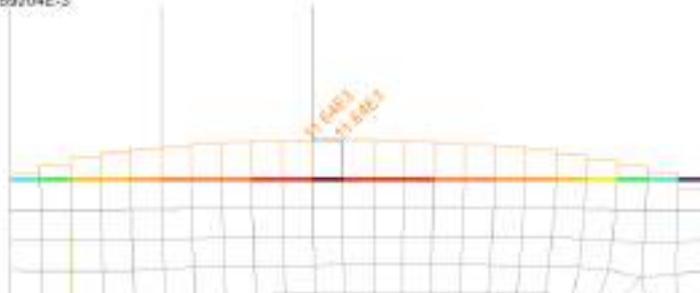
Combinazione S.L.U. – Mx (T)

Scale: 1: 85.6513
Zoom: 167.382
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
SLU (STR)

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mx (Units: N.m)
Number of contours: 5
Contour interval: 1.58324E3
Contour maximum: 11.6387E3 at node 621 of element 597
Contour minimum: -2.61046E3 at node 633 of element 609
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mx (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.6387E3 at node 621 of element 597
Diagram minimum: -2.61046E3 at node 633 of element 609
Diagram scale: 1: 0.259204E-3



Navigation icons: back, forward, search, etc.

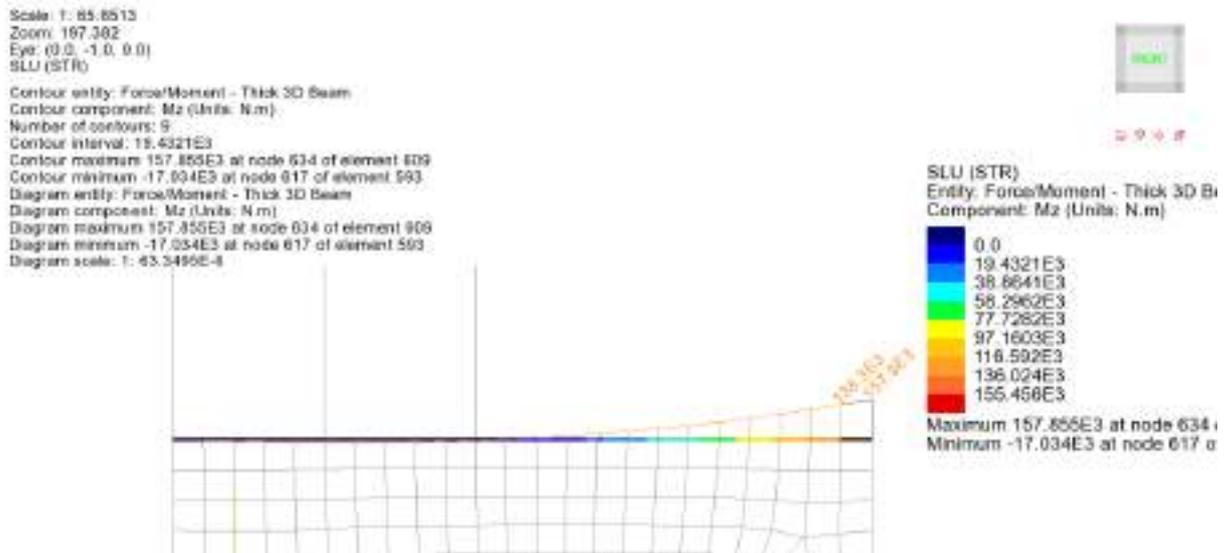


SLU (STR)
Entity: Force/Moment - Thick 3D B
Component: Mx (Units: N.m)

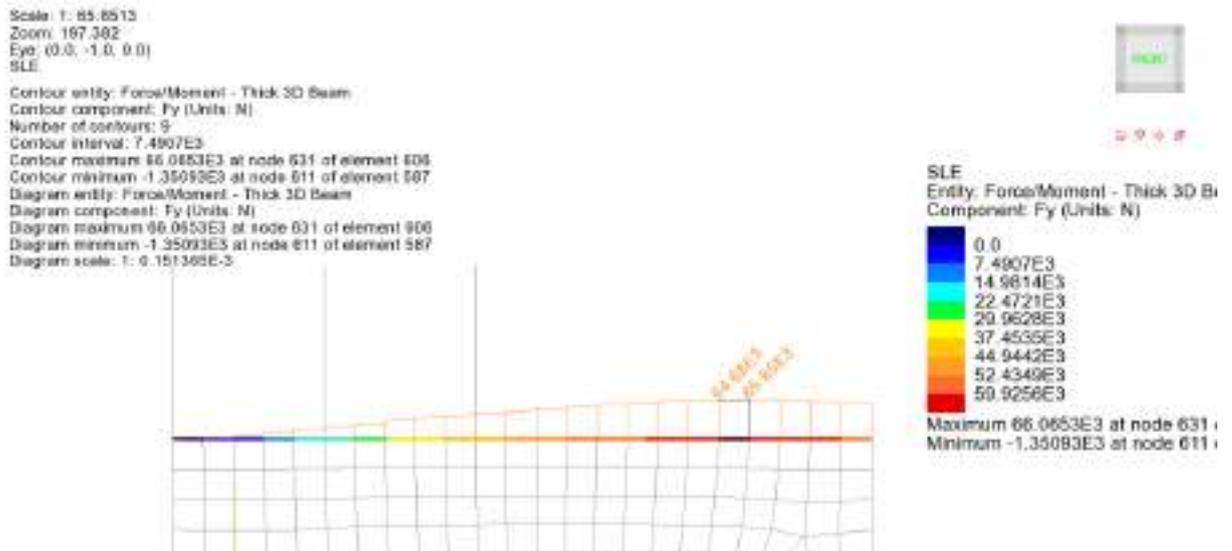


Maximum: 11.6387E3 at node 621
Minimum: -2.61046E3 at node 633

Combinazione S.L.U. – Mz (M)

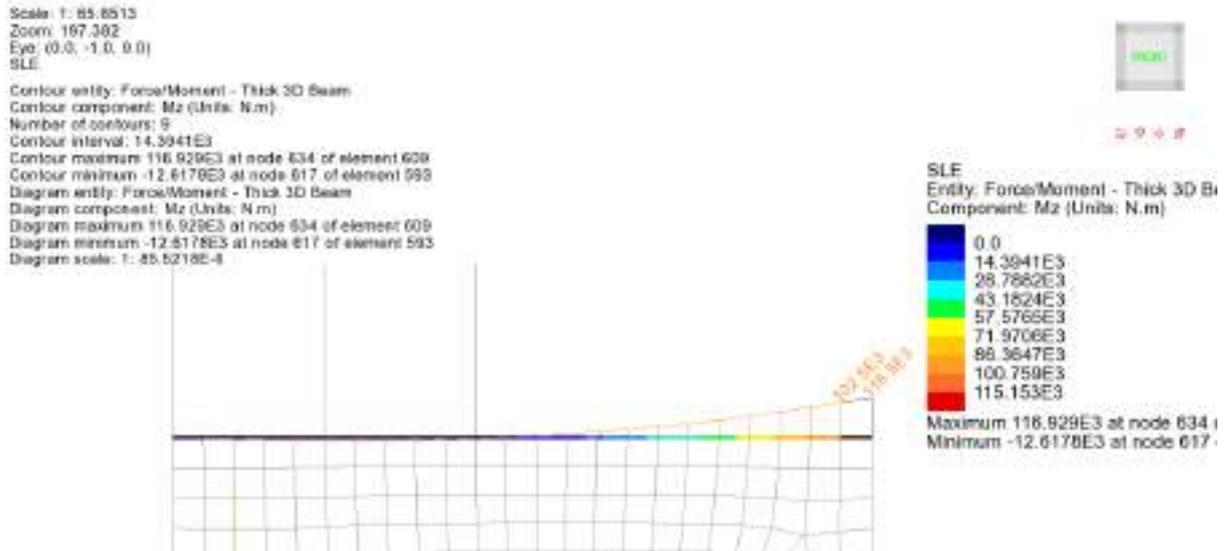


Combinazione S.L.E. – Fy (V)

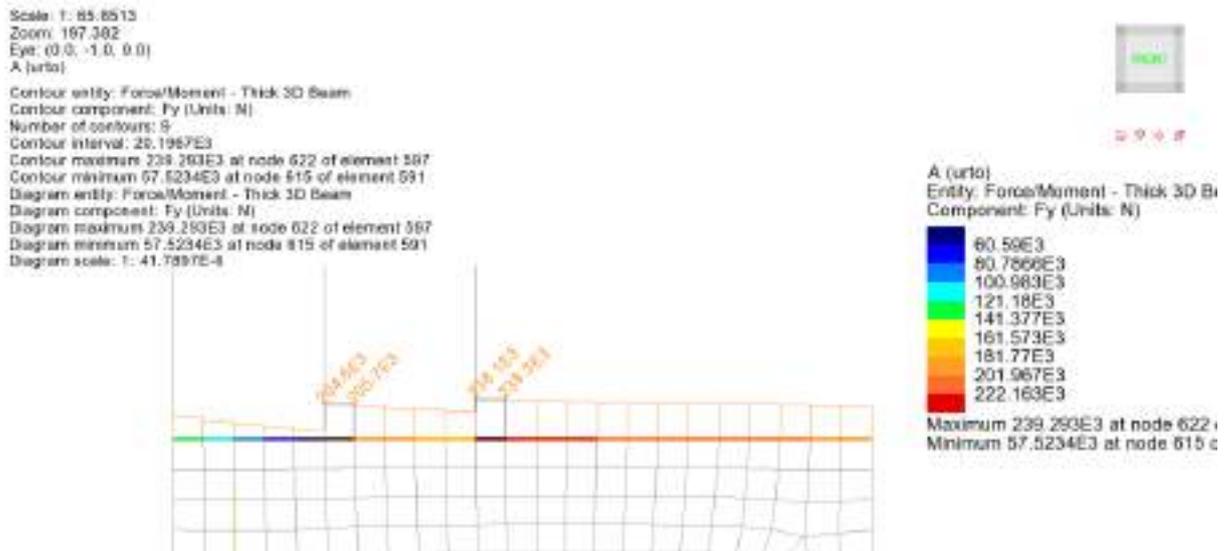


Combinazione S.L.E. – Mx (T)

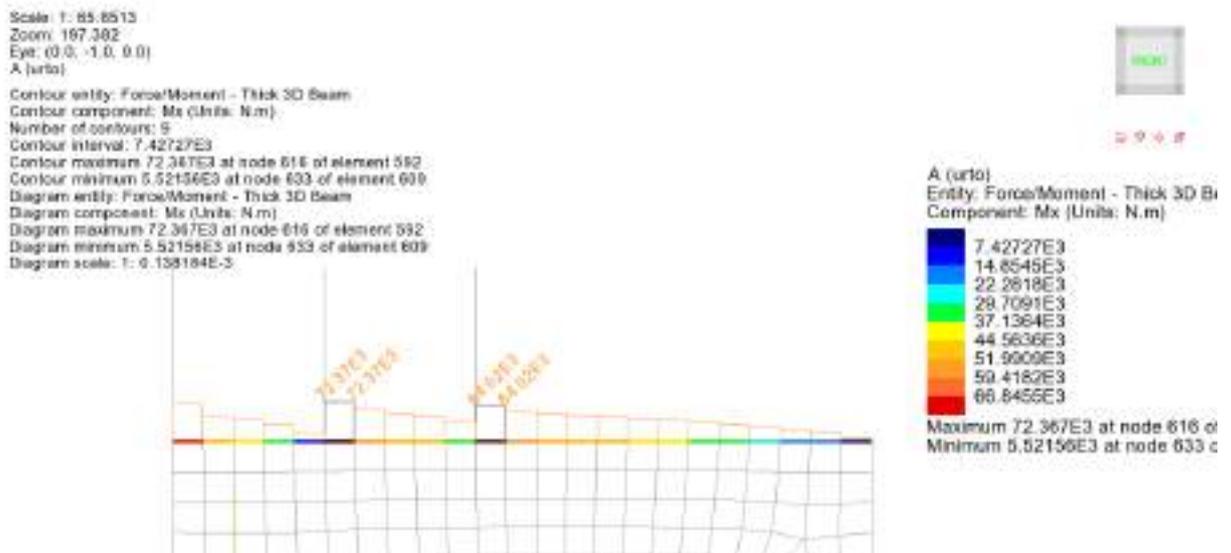
Combinazione S.L.E. – Mz (M)



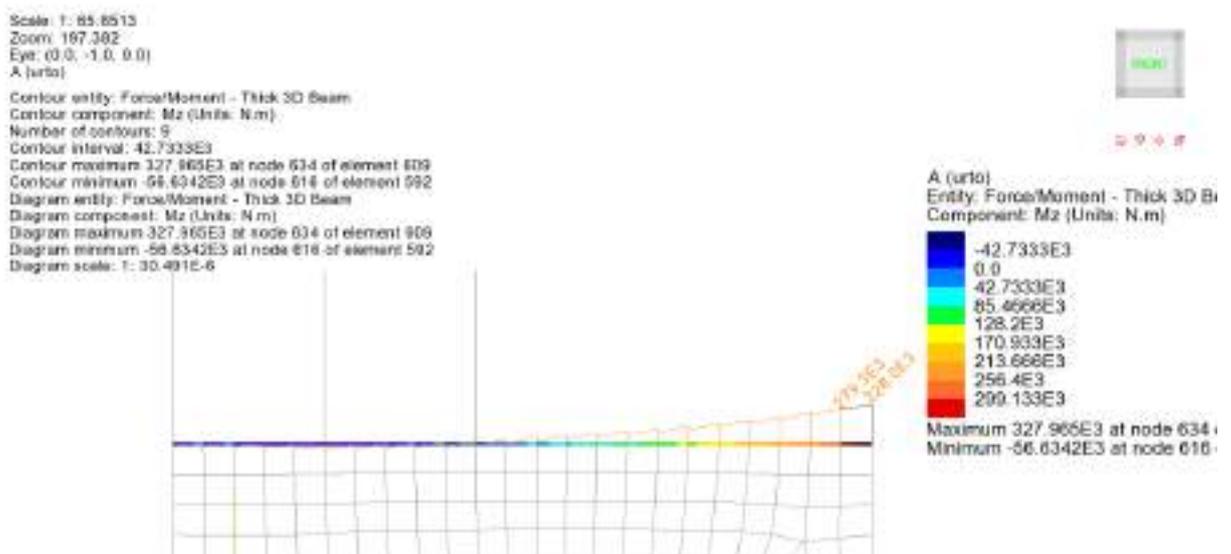
Combinazione S.L.U. - A – Fy (V)



Combinazione S.L.U. - A – Mx (T)



Combinazione S.L.U. – A – Mz (M)



Ai fini delle verifiche, vengono tracciati i diagrammi recanti l'andamento dei momenti flettenti di piastra Mx (verticale) ed My (orizzontale) lungo opportune sezioni rappresentative.

Il tracciamento viene effettuato con riferimento ai momenti di progetto derivanti dalle combinazioni S.L.U., Eccezionale, e S.L.E. .

Qui di seguito si riporta l'andamento del momento flettente verticale Mx tracciato lungo la sezione verticale spiccata a 0.5 m dall'estremità posteriore del muro, unitamente all'andamento dell'azione assiale associata.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 70,000
Zoom: 100.0
Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 4 urto
Results file: muro_sla_barbaisani-Analysis 1.mys

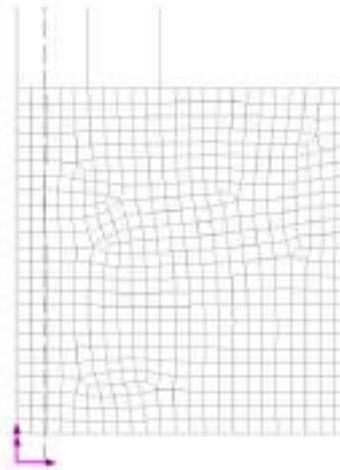
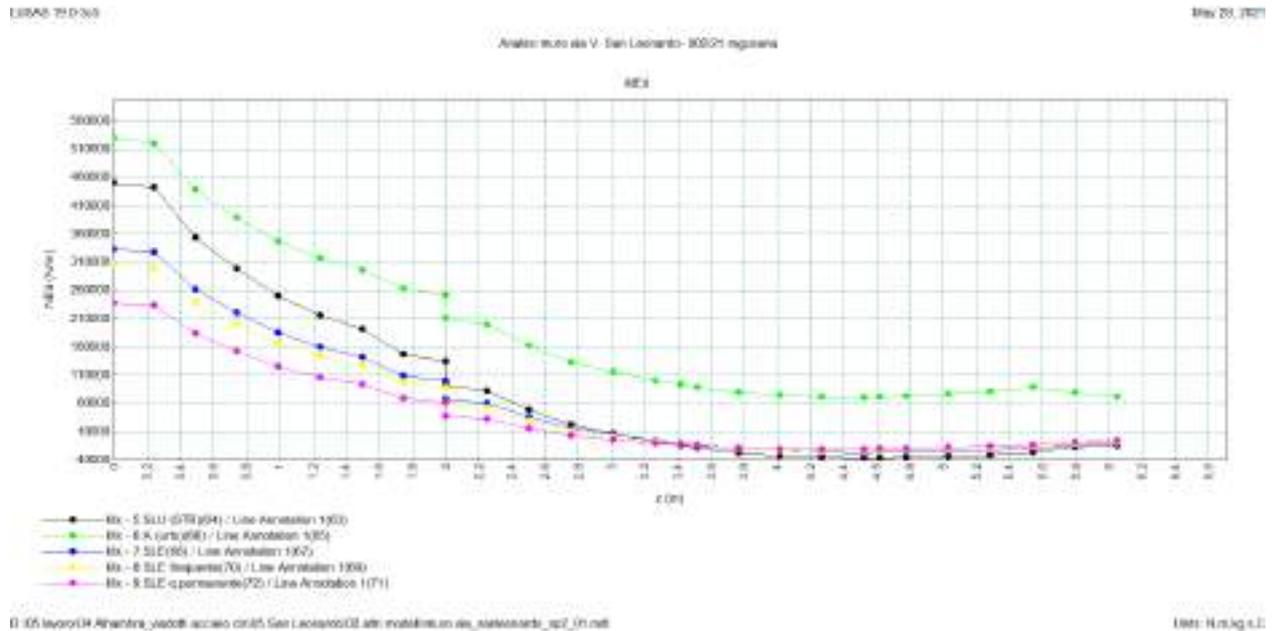
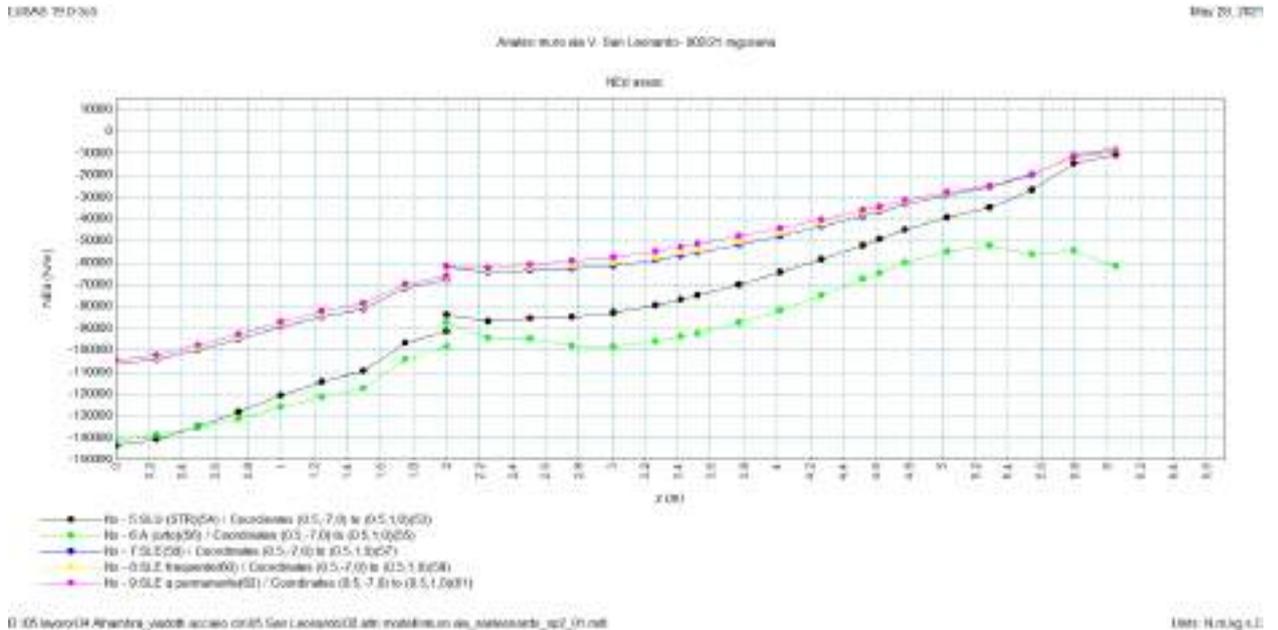


Figura 10.38 Posizione sezione tracciamento Mx verticale



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



Qui di seguito si riporta il diagramma del momento orizzontale di piastra M_y , tracciato in corrispondenza della sezione verticale posta in prossimità dell'incastro (sez 1-1h).

Scale: 1: 78,7815
Zoom: 112,0
Eye: (0,0, -1,0, 0,0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: Analysis 1
Loadcase: 4 urto
Results file: muro_sla_barbasani-Analysis 1.rpt

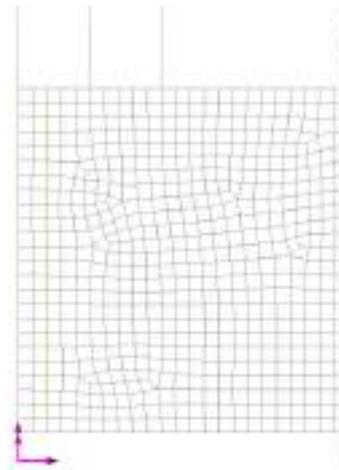
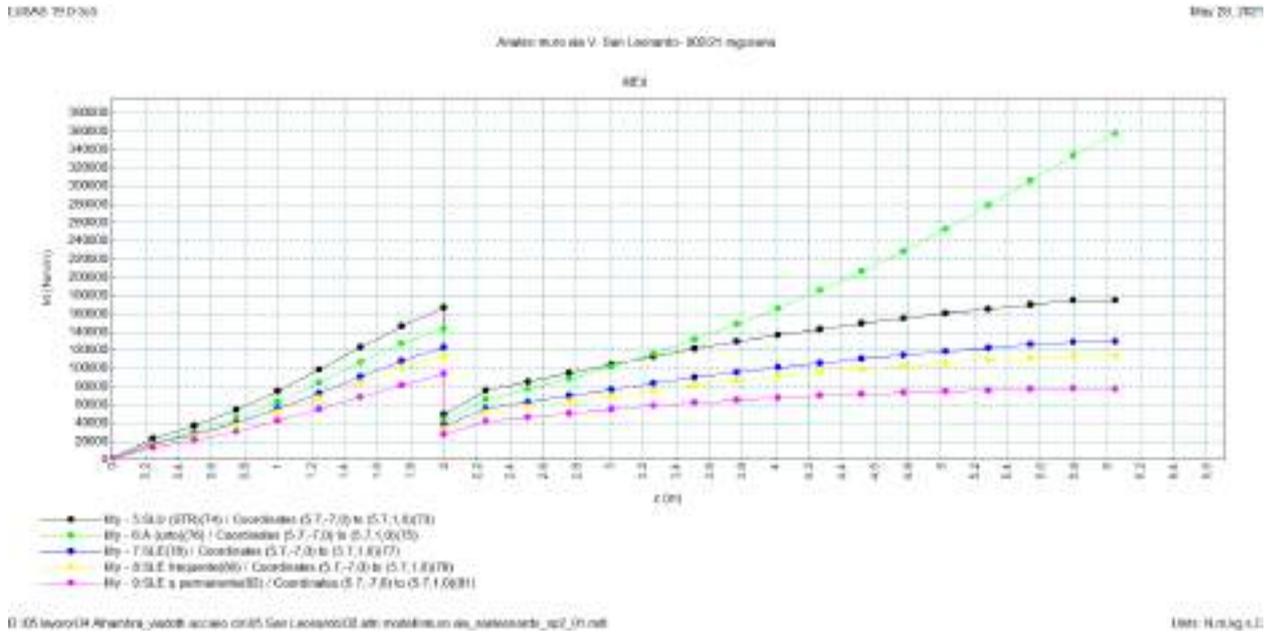


Figura 10.39 Posizione sezione tracciamento M_y orizzontale

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



Ai fini delle verifiche, si predispongono le seguenti armature.

Armature verticali

muro da 90 cm

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

muro da 60 cm

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

Armature orizzontali

muro da 90 cm

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

muro da 60 cm

$A_{s,i} = 1571 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 20/20$	lembo interno paramento
$A_{s,e} = 1005 \text{ mm}^2/\text{m}$	$\varnothing 16/20$	lembo esterno paramento

(*) barra da considerarsi attiva per L = 2.5 m

Le tabelle seguenti recano i valori numerici di sollecitazione flettente, espressi in kNm/m lungo le sezioni sopra indicate, unitamente all'armatura resistente prevista.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Muro d'ala spalla 2 - Sollecitazioni in direzione verticale

z (m)	S.L.U.		Urto		S.L.E.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.		z (m)	spessore t (m)	Armat. Vert. (mm ² /m)	
	N (kN/m)	Mx (kNm/m)			int	est								
0.00	-143.46	450.21	-141.31	530.64	-106.26	333.49	-105.70	304.80	-104.40	237.86	0.00	0.9	2262.00	1571.00
0.25	-140.64	442.27	-138.43	520.80	-104.18	327.61	-103.63	299.45	-102.37	233.73	0.25	0.9	2262.00	1571.00
0.49	-134.71	353.48	-135.65	439.37	-99.78	261.84	-99.16	238.34	-97.72	183.53	0.50	0.9	2262.00	1571.00
0.74	-128.13	298.43	-131.15	389.10	-94.91	221.06	-94.24	200.56	-92.66	152.71	0.75	0.9	2262.00	1571.00
0.99	-120.73	250.54	-125.89	346.83	-89.43	185.58	-88.69	167.71	-86.96	126.00	1.00	0.9	2262.00	1571.00
1.25	-114.57	215.91	-121.30	317.24	-84.87	159.94	-84.08	144.00	-82.24	106.81	1.26	0.9	2262.00	1571.00
1.50	-109.56	191.50	-117.39	296.83	-81.15	141.85	-80.34	127.29	-78.46	93.33	1.51	0.9	2262.00	1571.00
1.75	-96.61	147.65	-104.16	262.68	-71.56	109.37	-70.95	97.38	-69.51	69.42	1.77	0.9	2262.00	1571.00
2.00	-91.23	134.37	-98.32	251.76	-67.58	99.53	-67.09	88.37	-65.96	62.31	2.03	0.9	2262.00	1571.00
2.00	-83.72	92.14	-87.44	210.42	-62.01	68.25	-61.81	59.05	-61.35	37.58	2.28	0.6	1005.00	1005.00
2.25	-86.87	82.17	-94.33	198.92	-64.35	60.86	-63.79	52.39	-62.47	32.60	2.54	0.6	1005.00	1005.00
2.51	-85.37	49.58	-94.82	162.69	-63.24	36.73	-62.46	30.61	-60.65	16.33	2.80	0.6	1005.00	1005.00
2.76	-84.68	22.61	-97.81	133.21	-62.72	16.75	-61.64	12.66	-59.13	3.14	2.80	0.6	1005.00	1005.00
3.01	-82.97	7.16	-98.13	116.44	-61.46	5.31	-60.25	2.46	-57.43	-4.19	3.05	0.6	1005.00	1005.00
3.27	-79.50	-7.59	-96.12	100.45	-58.89	-5.62	-57.64	-7.21	-54.72	-10.91	3.29	0.6	1005.00	1005.00
3.42	-76.75	-14.34	-93.77	93.17	-56.85	-10.62	-55.62	-11.58	-52.76	-13.81	3.53	0.6	1005.00	1005.00
3.52	-75.00	-18.73	-92.31	88.42	-55.56	-13.88	-54.34	-14.42	-51.50	-15.69	3.77	0.6	1005.00	1005.00
3.77	-69.98	-26.79	-87.47	79.83	-51.83	-19.84	-50.69	-19.54	-48.02	-18.82	4.01	0.6	1005.00	1005.00
4.02	-64.47	-32.13	-81.66	74.28	-47.76	-23.80	-46.72	-22.82	-44.30	-20.53	4.25	0.6	1005.00	1005.00
4.27	-58.50	-35.11	-74.94	71.48	-43.33	-26.00	-42.43	-24.51	-40.33	-21.03	4.48	0.6	1005.00	1005.00
4.52	-52.04	-36.02	-67.47	71.25	-38.55	-26.68	-37.81	-24.82	-36.09	-20.50	4.50	0.6	1005.00	1005.00
4.62	-49.37	-35.69	-64.54	72.14	-36.57	-26.44	-35.91	-24.50	-34.36	-19.97	4.75	0.6	1005.00	1005.00
4.78	-45.08	-35.17	-59.73	73.53	-33.40	-26.05	-32.85	-23.98	-31.59	-19.14	5.00	0.6	1005.00	1005.00
5.03	-39.19	-33.05	-54.76	77.19	-29.03	-24.48	-28.64	-22.34	-27.73	-17.36	5.25	0.6	1005.00	1005.00
5.29	-34.58	-30.60	-52.25	81.23	-25.62	-22.67	-25.34	-20.55	-24.69	-15.62	5.50	0.6	1005.00	1005.00
5.54	-26.68	-26.12	-56.24	88.41	-19.76	-19.35	-19.72	-17.36	-19.62	-12.72	5.50	0.6	1005.00	1005.00
5.80	-14.49	-17.51	-54.56	80.13	-10.73	-12.97	-11.04	-11.42	-11.77	-7.82	5.77	0.6	1005.00	1005.00
6.05	-10.73	-14.45	-61.72	72.32	-7.95	-10.70	-8.37	-9.34	-9.34	-6.16	6.04	0.6	1005.00	1005.00

Tabella 10.39 Sollecitazioni di verifica Mx

Muro d'ala spalla 2 - Sollecitazioni in direzione orizzontale

z (m)	My Sez. 1-1h [kNm/m]					spesa. t (m)	Armature orizzontali (mm ² /m)	
	S.L.U.	Urto	S.L.E.	S.L.E. fr.	S.L.E. qp.		int	est
0.00	1.34	1.06	0.99	0.92	0.77	0.9	1005.00	1005.00
0.25	23.15	18.32	17.15	16.04	13.44	0.9	1005.00	1005.00
0.50	37.44	30.31	27.73	25.87	21.54	0.9	1005.00	1005.00
0.75	54.83	45.13	40.46	37.68	31.18	0.9	1005.00	1005.00
1.00	75.30	63.40	55.83	51.89	42.71	0.9	1005.00	1005.00
1.25	98.64	84.37	73.07	67.80	55.53	0.9	1005.00	1005.00
1.50	123.03	108.85	91.12	84.45	68.87	0.9	1005.00	1005.00
1.75	145.94	127.60	108.10	100.11	81.45	0.9	1005.00	1005.00
2.00	166.56	145.62	125.38	114.50	95.80	0.9	1005.00	1005.00
2.00	49.75	42.97	36.85	34.19	27.99	0.6	1571.00	1005.00
2.25	75.77	66.07	56.12	51.85	41.87	0.6	1571.00	1005.00
2.51	85.47	77.22	63.31	58.31	46.65	0.6	1571.00	1005.00
2.76	94.56	88.83	70.05	64.32	50.95	0.6	1571.00	1005.00
3.01	103.99	101.81	77.03	70.53	55.29	0.6	1571.00	1005.00
3.26	112.88	116.09	83.63	76.27	59.14	0.6	1571.00	1005.00
3.52	121.55	131.64	90.01	81.82	62.70	0.6	1571.00	1005.00
3.77	129.34	148.29	95.81	86.77	65.69	0.6	1571.00	1005.00
4.02	136.48	166.16	101.10	91.23	68.20	0.6	1571.00	1005.00
4.27	143.11	185.45	106.01	95.31	70.34	0.6	1571.00	1005.00
4.52	149.31	206.32	110.60	99.08	72.18	0.6	1571.00	1005.00
4.77	155.06	228.78	114.86	102.52	73.73	0.6	1571.00	1005.00
5.03	160.23	252.83	118.69	105.57	74.95	0.6	1571.00	1005.00
5.28	165.52	278.83	122.61	108.60	76.20	0.6	1571.00	1005.00
5.54	170.30	306.11	126.15	111.46	77.19	0.6	1571.00	1005.00
5.80	174.40	333.82	129.19	113.80	77.89	0.6	1571.00	1005.00
6.05	174.81	358.28	129.49	113.83	77.30	0.6	1571.00	1005.00

Tabella 10.40 Sollecitazioni di verifica in direzione orizzontale - sez. 1-1h

VERIFICHE SLU\A\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONE ORIZZONTALE SP. 90 cm

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione orizzontale maggiormente sollecitata, larga 100 cm e spessa 90 cm, posta a quota $z = 0.00$ m. Rispetto allo SLU il momento più sfavorevole è quello derivante dall'urto; in via cautelativa vengono però mantenuti i coefficienti di sicurezza dei materiali maggiori di 1.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezOrizzMuroRisvolto_sp90_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-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	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	90.0	cm
Barre inferiori:	5Ø24	(22.6 cm ²)
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.6	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	N	Mx	Vy	MT
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	141.31	530.64	0.00	0.00

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	106.26	333.49

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	105.70	304.80 (508.65)

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

	N	Mx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	104.40	237.86 (516.60)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.6	cm

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

	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	141.31	530.64	141.14	771.02	1.452	83.3	---	---	38.3 (27.0)

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
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)					
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 compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	90.0	0.00004	83.4	-0.04017	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]										
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]										
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)										
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]										
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre										
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)										
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)										
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)										
N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.97	90.0	0.00	68.5	-170.3	83.4	17.0	1700	22.6	21.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
Ver	Esito verifica								
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata								
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC								
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2								
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$								
srm	Distanza massima in mm tra le fessure								
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.								
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]								
N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00095	0.00030	0.50	0.60	0.000511 (0.000511)	497	0.254 (990.00)	506.27

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.63	90.0	0.00	68.3	-154.0	83.4	17.0	1700	22.6	21.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00085	0.00027	0.50	0.60	0.000462 (0.000462)	497	0.230 (0.30)	508.65

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.85	90.0	0.00	67.6	-115.7	83.4	17.0	1700	22.6	21.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00064	0.00021	0.50	0.40	0.000347 (0.000347)	497	0.173 (0.20)	516.60

VERIFICHE SLU\A\SLE – PRESSOFLESSIONE – SEZIONE ORIZZONTALE SP. 60 cm

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione orizzontale maggiormente sollecitata, larga 100 cm e spessa 60 cm, posta a quota z = 2 m. Rispetto allo SLU il momento più sfavorevole è quello derivante dall'urto; in via cautelativa vengono però mantenuti i coefficienti di sicurezza dei materiali maggiori di 1.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezOrizzMuroRisvolto_sp60_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a 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:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Comb.Rare - Sf Limite: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	87.44	210.42	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	62.01	68.25

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	61.81	59.05 (227.80)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	61.35	37.58 (244.52)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.6	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.4	cm

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	87.44	210.42	87.74	236.80	1.125	55.2	---	---	20.1 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	60.0	-0.00120	53.6	-0.03559	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.33	60.0	0.00	46.9	-107.3	53.6	15.6	1565	10.1	21.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00063	0.00017	0.50	0.60	0.000322 (0.000322)	627	0.202 (990.00)	224.19

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.01	60.0	0.00	46.5	-89.0	53.6	15.5	1551	10.1	21.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00052	0.00015	0.50	0.60	0.000267 (0.000267)	624	0.167 (0.30)	227.80

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.26	60.0	0.00	44.6	-46.5	53.6	14.9	1487	10.1	21.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00027	0.00009	0.50	0.40	0.000139 (0.000139)	606	0.085 (0.20)	244.52

VERIFICHE SLU\SLE a FLESSIONE – SEZIONI VERTICALI SP. 90 cm PROSSIME AD INCASTRO (1-1h)

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione verticale maggiormente sollecitata posta in prossimità dell'incastro (1-1h), larga 100 cm e spessa 90 cm; il momento flettente M_y considerato è quello di quota 2 m.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVertMuroRisvolto_sp90_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	90.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	166.56	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	123.38

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	114.50 (452.08)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

1 0.00 93.80 (452.08)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
As Tot. Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	166.56	0.03	334.54	2.009	86.2	---	---	20.1 (27.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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)
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 compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00315	90.0	-0.00083	85.2	-0.06750	4.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.95	90.0	0.00	76.3	-152.3	85.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00081	0.00015	0.50	0.60	0.000457 (0.000457)	461	0.210 (990.00)	452.08

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.81	90.0	0.00	76.3	-141.3	85.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00075	0.00014	0.50	0.60	0.000424 (0.000424)	461	0.195 (0.30)	452.08

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.49	90.0	0.00	76.2	-115.8	85.2	12.0	1200	10.1	22.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00011	0.50	0.40	0.000347 (0.000347)	461	0.160 (0.20)	452.08

VERIFICHE a FLESSIONE – SEZIONI VERTICALI SP. 60 cm PROSSIME AD INCASTRO (1-1h)

Si eseguono di seguito le verifiche a SLU ed a SLE della sezione verticale maggiormente sollecitata posta in prossimità dell'incastro (1-1h), larga 100 cm e spessa 90 cm; il momento flettente M_y considerato è quello di quota 6.05 m.

VERIFICHE SLU\SLE

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVertMuroRisvolto_sp60_spalla2

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Pilastro
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Moderat. aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-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	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a 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:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	174.81	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	129.49

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
---	---

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	113.83 (213.37)

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	77.30 (213.37)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
As Tot.	Area complessiva armature long. pilastro [cm²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	174.81	-0.15	328.43	1.879	55.6	---	---	25.8 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
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)						
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 compressione)						
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max	
1	0.00350	60.0	-0.00030	55.2	-0.04003	5.0	

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la $(C4.1.11)NTC/(7.14)EC2$)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.41	60.0	0.00	46.9	-163.0	55.2	12.5	1250	15.7	22.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00091	0.00026	0.50	0.60	0.000489 (0.000489)	407	0.199 (990.00)	213.37

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.00	60.0	0.00	46.9	-143.3	55.2	12.5	1250	15.7	22.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00080	0.00022	0.50	0.60	0.000430 (0.000430)	407	0.175 (0.30)	213.37

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.03	60.0	0.00	46.9	-97.3	55.2	12.5	1250	15.7	22.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00054	0.00015	0.50	0.40	0.000292 (0.000292)	407	0.119 (0.20)	213.37

VERIFICHE URTO

Si utilizzano in questa verifica i coefficienti di sicurezza unitari dei materiali.

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: SezVertMuroRisvolto_sp60_urto_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Tipologia sezione:	Sezione predefinita di Pilastro
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	28.22	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33642.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	450.00	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	60.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	10.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	358.28	0.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	18.0	cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Yn		Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.								
As Tot.		Area complessiva armature long. pilastro [cm ²]. (tra parentesi l'area minima di normativa)								
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	0.00	358.28	-0.22	382.89	1.069	56.1	---	---	25.8 (18.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max		Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
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)					
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 compressione)					
Ys max		Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb		ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1		0.00350	60.0	-0.00086	55.2	-0.04648	5.0

Verifica cordolo di testa

Il cordolo di testa muro di risvolto viene armato in maniera analoga al cordolo presente sulla spalla 1.

L'esame delle sollecitazioni riporta la presenza di sollecitazioni generalmente inferiori a quelle già verificate sulla spalla 1. Si ritiene pertanto non significativa l'esposizione delle verifiche di dettaglio per questo caso.

A titolo di esempio, si riporta il massimo momento S.L.U. (A) rilevato alla sezione di incastro:

Spalla 1: $M_{Ed} = 450$ kNm

Spalla 2: $M_{Ed} = 328$ kNm

Le verifiche della identica armatura si intendono implicitamente soddisfatte.

10.3.2 Platea di fondazione

Come accennato in premessa, la platea di fondazione poggia direttamente sul terreno.

Il dimensionamento delle armature viene effettuato con riferimento ad uno schema di calcolo semplificato, considerando la mensola della suola posteriore incastrata in corrispondenza della sezione di spiccato dal paramento, soggetta a:

- Peso proprio plinto (gk1) (agente dall'alto verso il basso)
- Peso proprio reinterro (gkt) (agente dall'alto verso il basso)
- Peso proprio Sovraccarico a tergo spalla (qk) (agente dall'alto verso il basso)
- Reazione del terreno (agente dal basso verso l'alto)

Ai fini del calcolo, viene valutata pertanto la reazione del terreno, in maniera semplificata (ipotesi di plinto rigido e distribuzione lineare delle pressioni) a partire dalle sollecitazioni risultanti agenti a intradosso fondazione derivanti dai vari involuppi di progetto. I contributi agenti dall'alto verso il basso verranno inseriti nella combinazione di progetto, associando il medesimo fattore di combinazione $\gamma_{fav/unfav}$ che ha portato alla definizione di N_p , prescelto nel seguente modo:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

S.L.U. :	Gk + Ed (sisma SLV)	S.L.E. car.
$\gamma(gk1) = 1.35 / 1$	$\gamma(gk1) = 1 / 1$	$\gamma(gk1) = 1 / 1$
$\gamma(gkt) = 1.35 / 1$	$\gamma(gkt) = 1 / 1$	$\gamma(gkt) = 1 / 1$
$\gamma(qk) = 1.35 / 0$	$\gamma(qk) = 0 / 0$	$\gamma(qk) = 1 / 0$

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando quindi le pressioni, interpolate linearmente tra i valori di spigolo, nei punti di spiccato delle mensole, posizionati secondo lo schema seguente.

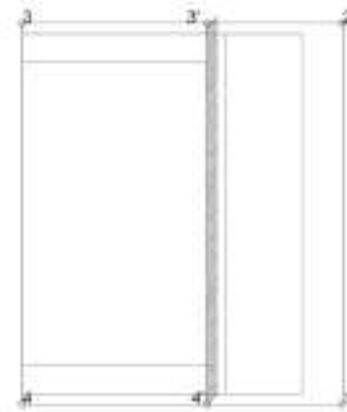


Figura 10.40 Punti di campionamento pressioni sottoplinto

Le sollecitazioni taglianti di calcolo "di mensola" in direzione longitudinale saranno pertanto quelle massime valutate tra:

$$V_{3-3'} = (\sigma_z(3) + \sigma_z(3'))/2 \times b_x$$

$$V_{4-4'} = (\sigma_z(4) + \sigma_z(4'))/2 \times b_x$$

Similmente, per i momenti flettenti:

$$M_{3-3'} = (\sigma_z(3) - \sigma_z(3'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(3) - \sigma_z(3'))/2 \times b_x^2/6$$

$$M_{4-4'} = (\sigma_z(4) - \sigma_z(4'))/2 \times b_x^2/2 + (\sigma_z(4) - \sigma_z(4'))/2 \times b_x^2/6$$

In cui si pone $b_x = 5.775 \text{ m} = \text{luce mensola posteriore}$.

La tabella seguente riporta il calcolo delle pressioni sottoplinto della spalla 2, valutate in corrispondenza dei punti indicati sulla "mappa" seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla2

Mappatura pressioni nei punti notevoli interfaccia plinto - terreno (kN/m²)

	σ_1	σ_2	σ_3	σ_3'	σ_4	σ_4'
SLU STR max N	-141.41	-173.30	-100.78	-124.24	-132.67	-156.14
SLU STR min N	-332.81	-306.90	-173.39	-265.45	-147.48	-239.55
SLU STR max My	-359.49	-333.59	-105.24	-252.07	-79.34	-226.17
SLU STR min My	-114.73	-146.62	-168.93	-137.63	-200.82	-169.52
SLU STR max Mx	-330.90	-253.85	-152.65	-255.59	-75.60	-178.54
SLU STR min Mx	-183.70	-260.75	-113.83	-154.18	-190.88	-231.23
SLU GEO max N	-133.09	-160.65	-115.06	-125.48	-142.61	-153.03
SLU GEO min N	-271.75	-249.30	-117.92	-206.76	-95.46	-184.30
SLU GEO max My	-280.17	-257.72	-109.15	-207.92	-86.70	-185.46
SLU GEO min My	-115.03	-154.98	-117.56	-116.10	-157.50	-156.04
SLU GEO max Mx	-272.15	-206.13	-145.81	-218.77	-79.79	-152.75
SLU GEO min Mx	-167.33	-233.35	-80.55	-130.66	-146.57	-196.69
Ed SLV max N	-319.00	-359.10	0.00	-152.21	0.00	-185.21
Ed SLV min N	-76.10	-43.09	-259.94	-153.77	-226.94	-120.77
Ed SLV max My	-404.20	-311.20	0.00	-213.23	0.00	-138.30
Ed SLV min My	-6.89	-81.62	-210.39	-92.75	-285.32	-167.68
Ed SLV max Mx	-278.90	-29.20	-260.10	-270.96	-10.41	-21.26
Ed SLV min Mx	-82.85	-334.80	0.00	-31.28	-209.50	-280.98
SLE RARA max N	-138.03	-159.72	-118.48	-129.77	-140.17	-151.46
SLE RARA min N	-255.92	-238.66	-117.52	-197.45	-100.26	-180.19
SLE RARA max My	-261.54	-244.28	-111.68	-198.22	-94.42	-180.96
SLE RARA min My	-132.41	-154.10	-124.32	-128.99	-146.02	-150.69
SLE RARA max Mx	-256.35	-201.21	-141.75	-207.94	-86.61	-152.79
SLE RARA min Mx	-167.60	-222.75	-88.53	-134.10	-143.67	-189.34
SLE FREQUENTE max N	-153.07	-155.06	-126.85	-141.99	-128.83	-143.98
SLE FREQUENTE min N	-224.92	-224.54	-115.53	-178.71	-115.15	-178.32
SLE FREQUENTE max My	-230.54	-230.16	-109.69	-179.48	-109.30	-179.10
SLE FREQUENTE min My	-147.46	-149.44	-132.70	-141.22	-134.68	-143.20
SLE FREQUENTE max Mx	-223.36	-201.70	-129.66	-183.77	-107.99	-162.11
SLE FREQUENTE min Mx	-170.52	-192.18	-109.21	-144.62	-130.88	-166.28
SLE Q.PERMANENTE max N	-158.89	-158.89	-126.46	-145.19	-126.46	-145.19
SLE Q.PERMANENTE min N	-168.72	-168.72	-127.90	-151.47	-127.90	-151.47
SLE Q.PERMANENTE max My	-174.33	-174.33	-122.05	-152.24	-122.05	-152.24
SLE Q.PERMANENTE min My	-153.27	-153.27	-132.31	-144.42	-132.31	-144.42
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-166.76	-166.76	-128.46	-150.57	-128.46	-150.57
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-161.54	-161.54	-125.71	-146.40	-125.71	-146.40

Tabella 10.41 Pressioni sotto plinto (suola posteriore)

Come si può notare, la fondazione permane interamente compressa ad eccezione di alcune condizioni sismiche, dove si rileva la presenza di una leggera parzializzazione.

Il calcolo delle pressioni massime, in questo caso, viene effettuato considerando l'effettiva parzializzazione della sezione. Conseguentemente viene aggiornato il calcolo delle azioni equivalenti di mensola, escludendo la zona in trazione.

Qui di seguito si riporta il calcolo delle sollecitazioni equivalenti "di mensola" V_{Ed} e M_{Ed} .

La tabella riporta separatamente, nelle varie colonne, il calcolo della sollecitazione indotta dalle pressioni del terreno e dai contributi presenti a estradosso spalla.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla2- Calcolo sollecitazioni equivalenti mensola in direzione longitudinale - momenti flettenti

	bx:		5.775 m		luce totale mensola		
	M(αz)3-3'	M(αz)4-4'	M(gk1)	M(gkt)	M(qk)	MEd3-3'	MEd4-4'
SLU STR max N	-1811.00	-2342.80	833.77	1916.83	0.00	939.59	407.79
SLU STR min N	-3403.04	-2971.04	1125.58	2587.72	450.23	760.49	1192.50
SLU STR max My	-2571.12	-2139.12	1125.58	1916.83	0.00	471.29	903.29
SLU STR min My	-2642.92	-3174.72	833.77	2587.72	450.23	1228.80	696.99
SLU STR max Mx	-3117.70	-1832.85	1125.58	2587.72	0.00	595.60	1880.45
SLU STR min Mx	-2122.41	-3407.26	833.77	1916.83	0.00	628.18	-656.67
Ed SLV max N	-323.70	-619.79	833.77	1916.83	0.00	2426.89	2130.81
Ed SLV min N	-3744.49	-3194.15	833.77	1916.83	333.51	-660.40	-110.05
Ed SLV max My	-843.22	-200.49	833.77	1916.83	0.00	1907.37	2550.10
Ed SLV min My	-2854.40	-4103.92	833.77	1916.83	333.51	229.70	-1019.82
Ed SLV max Mx	-4397.61	-233.85	833.77	1916.83	0.00	-1647.02	2516.74
Ed SLV min Mx	-173.88	-3890.79	833.77	1916.83	0.00	2576.71	-1140.19
SLE RARA max N	-2038.43	-2400.16	833.77	1916.83	0.00	712.16	350.44
SLE RARA min N	-2403.99	-2116.20	833.77	1916.83	333.51	680.10	967.90
SLE RARA max My	-2343.32	-2055.52	833.77	1916.83	0.00	407.27	695.07
SLE RARA min My	-2099.11	-2460.83	833.77	1916.83	333.51	984.99	623.27
SLE RARA max Mx	-2731.66	-1812.12	833.77	1916.83	0.00	18.93	938.47
SLE RARA min Mx	-1730.02	-2649.56	833.77	1916.83	0.00	1020.57	101.03
SLE FREQUENTE max N	-2199.45	-2232.53	833.77	1916.83	0.00	551.15	518.06
SLE FREQUENTE min N	-2277.67	-2271.28	833.77	1916.83	333.51	806.43	812.82
SLE FREQUENTE max My	-2217.00	-2210.60	833.77	1916.83	0.00	533.60	539.99
SLE FREQUENTE min My	-2260.12	-2293.20	833.77	1916.83	333.51	823.98	790.90
SLE FREQUENTE max Mx	-2462.87	-2101.62	833.77	1916.83	0.00	287.72	648.97
SLE FREQUENTE min Mx	-2017.98	-2379.22	833.77	1916.83	0.00	732.62	371.37
SLE Q, PERMANENTE max N	-2212.91	-2212.91	833.77	1916.83	0.00	537.68	537.68
SLE Q, PERMANENTE min N	-2263.74	-2263.74	833.77	1916.83	333.51	820.36	820.36
SLE Q, PERMANENTE max My	-2203.07	-2203.07	833.77	1916.83	0.00	547.52	547.52
SLE Q, PERMANENTE min My	-2273.58	-2273.58	833.77	1916.83	333.51	810.51	810.51
SLE Q, PERMANENTE max Mx	-2264.99	-2264.99	833.77	1916.83	0.00	485.60	485.60
SLE Q, PERMANENTE min Mx	-2211.22	-2211.22	833.77	1916.83	0.00	539.37	539.37

Tabella 10.42 Sollecitazioni flettenti longitudinali soala interna

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla2- Calcolo sollecitazioni equivalenti mensola in direzione longitudinale - az. Taglianti

	bx		5.775 m		luce totale mensola		
	V(σ_z)3-3'	V(σ_z)4-4'	V(g_k1)	V(g_k2)	V(q_k)	VEd3-3'	VEd4-4'
SLU STR max N	-649.77	-833.94	144.38	663.84	0.00	158.44	-25.73
SLU STR min N	-1267.16	-1117.55	194.91	896.18	155.93	-20.15	129.46
SLU STR max My	-1031.76	-882.14	194.91	663.84	0.00	-173.01	-23.40
SLU STR min My	-885.17	-1069.34	144.38	896.18	155.93	311.31	127.13
SLU STR max Mx	-1178.80	-733.83	194.91	896.18	0.00	-87.72	357.25
SLU STR min Mx	-773.87	-1218.84	144.38	663.84	0.00	34.34	-410.63
Ed SLV max N	-271.85	-414.95	144.38	663.84	0.00	536.36	393.26
Ed SLV min N	-1194.61	-1004.01	144.38	663.84	115.50	-270.89	-80.30
Ed SLV max My	-519.33	-203.04	144.38	663.84	0.00	288.89	604.27
Ed SLV min My	-875.31	-1308.04	144.38	663.84	115.50	48.40	-384.33
Ed SLV max Mx	-1533.43	-91.44	144.38	663.84	0.00	-725.22	716.77
Ed SLV min Mx	-38.34	0.00	144.38	663.84	0.00	769.87	808.21
SLE RARA max N	-716.82	-842.09	144.38	663.84	0.00	91.39	-33.88
SLE RARA min N	-909.48	-809.81	144.38	663.84	115.50	14.23	113.90
SLE RARA max My	-894.84	-795.17	144.38	663.84	0.00	-86.63	13.04
SLE RARA min My	-731.46	-856.73	144.38	663.84	115.50	192.25	66.98
SLE RARA max Mx	-1009.73	-691.28	144.38	663.84	0.00	-201.52	116.94
SLE RARA min Mx	-643.10	-961.55	144.38	663.84	0.00	165.11	-153.34
SLE FREQUENTE max N	-776.29	-787.74	144.38	663.84	0.00	31.92	20.47
SLE FREQUENTE min N	-849.61	-847.39	144.38	663.84	115.50	74.10	76.32
SLE FREQUENTE max My	-834.97	-832.75	144.38	663.84	0.00	-26.75	-24.54
SLE FREQUENTE min My	-790.93	-802.39	144.38	663.84	115.50	132.78	121.32
SLE FREQUENTE max Mx	-905.03	-779.92	144.38	663.84	0.00	-96.82	28.29
SLE FREQUENTE min Mx	-732.94	-858.05	144.38	663.84	0.00	75.27	-49.84
SLE Q.PERMANENTE max N	-784.40	-784.40	144.38	663.84	0.00	23.81	23.81
SLE Q.PERMANENTE min N	-806.67	-806.67	144.38	663.84	115.50	117.04	117.04
SLE Q.PERMANENTE max My	-792.03	-792.03	144.38	663.84	0.00	16.18	16.18
SLE Q.PERMANENTE min My	-799.04	-799.04	144.38	663.84	115.50	124.67	124.67
SLE Q.PERMANENTE max Mx	-805.70	-805.70	144.38	663.84	0.00	2.51	2.51
SLE Q.PERMANENTE min Mx	-785.71	-785.71	144.38	663.84	0.00	22.50	22.50

Tabella 10.43 Sollecitazioni taglianti longitudinali soola interna

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di progetto.

Le convenzioni adottate prevedono positivi i momenti flettenti che tendono l'estradosso soola ed i tagli diretti verso l'alto.

Spalla 2				
Valori di progetto nell'ambito dei singoli S.L. - direzione longitudinale				
	M_{Ed} (kNm/m)		V_{Ed} (kN/m)	
	min	max	min	max
S.L.U.	-656.67	1880.45	-410.63	357.25
Sisma	-1647.02	2576.71	-725.22	808.21
S.L.E.	18.93	1020.57	-201.52	192.25
S.L.E. frequente	287.72	823.98		
S.L.E. quasi permanente	485.60	820.36		

Tabella 10.44 Sollecitazioni di progetto spalla 2 – soola interna

Ai fini delle verifiche si considera la presenza delle seguenti armature longitudinali:

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Lembo inferiore

A_{s,1} Ø 24/20 2262 mm²/m

Lembo superiore

A_{s,1} Ø 24/10 4524 mm²/m

Non sono previste staffe strutturali.

VERIFICHE SLU\SLE a FLESSIONE – DIREZIONE LONGITUDINALE

Si riportano di seguito le verifiche a flessione, a SLU ed a SLE, della sezione alta 200 cm e larga 100 cm, armata come sopra descritto.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME FILE SEZIONE: Sez_Ver_Long_Platea_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	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	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.2	24
2	45.0	5.2	24
3	-45.0	194.8	24
4	45.0	194.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	8	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	-2576.71	0.00
2	0.00	1647.02	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-1020.57	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-823.98 (-2385.22)	0.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-820.36 (-2385.22)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
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
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-2576.71	0.00	-3378.24	1.31	45.2(40.0)
2	S	0.00	1647.02	0.00	1700.24	1.03	22.6(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00305	0.043	-50.0	0.0	0.00117	-45.0	5.2	-0.06750	-45.0	194.8
2	0.00204	0.029	-50.0	200.0	0.00018	-45.0	194.8	-0.06750	-45.0	5.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000362188	0.003054192	0.043	0.700
2	0.000000000	0.000356967	-0.069356228	0.029	0.700

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	2.31	-50.0	0.0	-124.1	35.0	194.8	1300	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	1.87	-50.0	0.0	-100.2	35.0	194.8	1300	45.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00052	0	0.500	24.0	40	0.00030 (0.00030)	253	0.076 (0.30)	-2385.22	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.86	-50.0	0.0	-99.8	35.0	194.8	1300	45.2

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	-0.00052	0	0.500	24.0	40	0.00030 (0.00030)	253	0.076 (0.20)	-2385.22	0.00

VERIFICHE SLU - TAGLIO

Per la verifica a taglio, si prendono in esame la sezione posta a distanza pari a "d" = 1.9 m rispetto allo spiccato suola, ottenendo quanto segue.

$$\text{Max } V_{Ed} = 540.81$$

$$\text{Min } V_{Ed} = -479.7$$

Il calcolo di $V_{Rd,c}$ viene effettuato con riferimento a max V_{Ed} , ottenendo quanto segue.

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Suola interna spalla	
Combinazione	S.L.U.	
$N_{Ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
V_{Ed}	540.81 kN	Azione tagliante di progetto
Caratteristiche sezione		
b	1000 mm	Larghezza totale
h	2000 mm	Altezza totale
A_c	2.00E+06 mm ²	Area sezione
A_{sl}	4.52E+03 mm ²	Armatura al lembo teso
c	66 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1932 mm	Altezza utile sezione
ρ_l	2.34E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
z_{app}	1738.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z_{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1738.8 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{tk}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cat}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_{rc} calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_{rs} 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_{td}	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	$\min([1+(200/d)^{1.5}]; 2)$ 6.2.2(1)
k_1	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
σ_{cp}	0.00 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)
$V_{Rd,c}$	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,lim}$	523.14	6.2.2(1):6.2b
$V_{Rd,c}$	599.64 kN	6.2.2(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.45 Calcolo $V_{Rd,c}$ suola interna

Comportamento in direzione trasversale

Il dimensionamento e verifica in direzione trasversale viene effettuato esaminando il comportamento della struttura ad "U", formata da suola e muri d'ala, staccata dalla generica sezione trasversale tracciata lungo la suola posteriore. A favore di sicurezza viene ipotizzato uno stato di sforzo piano, trascurando l'effetto dell'incastro nel paramento anteriore.

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, la trave orizzontale viene ipotizzata appoggiata su di un suolo elastico alla winkler, avente costante pari a $1e5 \text{ N/m}^2$ (il valore prescelto non influisce in maniera significativa sulla distribuzione di azioni interne nella suola), considerando i seguenti contributi di carico:

- Pesi propri suola g_k
- Peso reinterro g_{kt}
- Peso sovraccarico Q_k
- Azioni trasmesse dai muri d'ala

IL semplice modello E.F. impiegato, riportato nella figura seguente, viene risolto mediante elementi finiti dotati di funzioni di forma quadratiche, in modo da conseguire un più accurato andamento delle azioni taglianti nella trave su suolo elastico.



Figura 10.41 schema di calcolo trv suola posteriore

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 - spalla2							
h1	2 m	γ_{cls}	25 kN/m ³	k_s	0.426		
h2	4.05 m	γ_t	19 kN/m ³	k_v	0.218		
t1	0.9 m	Q_k	20 kN/m ²	k_w	0.246		
t2	0.6 m						
Azioni trasmesse - base muro ala				Azioni trasmesse - linea baricentrica platea			
	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)	ez	N (kN/m)	V (kN/m)	M (kNm/m)
g_k	105.75	0.00	0.00	g_k	105.75	0.00	0.00
$g_{k,t}$	0.00	148.28	299.03	$g_{k,t}$	0.00	148.28	447.30
$g_k(Q_k)$	0.00	51.60	156.08	$g_k(Q_k)$	0.00	51.60	207.68

Tabella 10.46 Azioni concentrate muri d'ala

Qui di seguito si riportano i diagrammi di N, V ed M per le combinazioni S.L.E. e S.L.U. fondamentali, riferiti alla striscia di ampiezza unitaria, ricavati dalla risoluzione della trave continua, effettuata mediante il sistema E.F. Lusas.

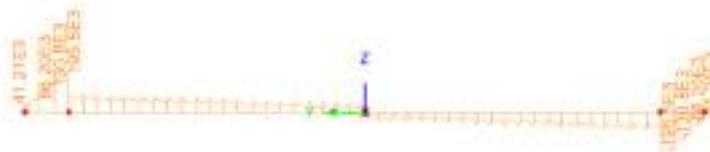
S.L.U. STR – N (Fx)

Scale: 1: 50,5876
Zoom: 71,170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 269,838E3 at node 7 of element 4
Diagram scale: 1: 37,0593E-4



S.L.U. STR – V (Fz)

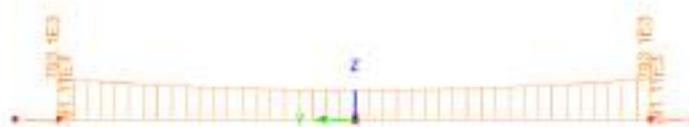
Scale: 1: 50,5876
Zoom: 71,170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 195,468E3 at Gauss point 2 of element 46
Diagram minimum: -195,468E3 at Gauss point 10 of element 3
Diagram scale: 1: 51,1594E-4



S.L.U. STR – M (My)

Scale: 1: 50,5876
Zoom: 71,170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLU

Diagram entity: Forza/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 763.111E3 at node 7 of element 4
Diagram minimum -51.1122E3 at node 7 of element 3
Diagram scale: 1: 12.6096E-6



S.L.E. – N (Fx)

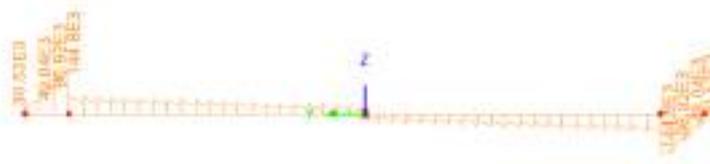
Scale: 1: 50,5876
Zoom: 71,170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE

Diagram entity: Forza/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 169.88E3 at node 7 of element 4
Diagram scale: 1: 50.03E-6



S.L.E.– V (Fz)

Scale: 1: 50.5876
Zoom: 71.170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 144.791E3 at Gauss point 2 of element 46
Diagram minimum: -144.791E3 at Gauss point 10 of element 3
Diagram scale: 1: 69.0651E-8



S.L.E.– M (My)

Scale: 1: 50.5876
Zoom: 71.170
Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
SLE
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 587.489E3 at node 7 of element 4
Diagram minimum: -67.4905E3 at node 7 of element 3
Diagram scale: 1: 17.0216E-8



VERIFICHE SLU\SLE a TENSOFFLESSIONE – DIREZIONE TRASVERSALE

L'armatura è formata da barre $\varnothing 24/20$ poste al lembo superiore + inferiore della sezione.

Non sono previste staffe strutturali.

La tabella seguente riepiloga le sollecitazioni di verifica, selezionate in corrispondenza dei punti di massima sollecitazione.

Sollecitazioni di progetto (cfr. modello E.F.)

	NEd (kN/m)	MEd (kNm(m))	VEd (kN/m)
S.L.U.	269.8	793.11	195.5
S.L.E.	199.9	587.5	

Tabella 10.47 Sollecitazioni di progetto trasversali spalla 2

NB

Positivi i momenti che tendono le fibre superiori, positive le trazioni

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Sez_Ver_Trasv_Platea_spalla2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	200.0
3	50.0	200.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	7.6	24
2	40.0	7.6	24
3	-40.0	192.4	24
4	40.0	192.4	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-269.80	-793.11	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-199.90	-587.50	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 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
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-269.80	-793.11	-269.92	-1429.54	1.80	22.6(40.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00227	0.033	-50.0	0.0	-0.00048	-40.0	7.6	-0.06750	-40.0	192.4

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	-0.000362654	0.002274704	0.033	0.700

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	1.62	-50.0	0.0	-184.7	20.0	192.4	1900	22.6

VERIFICHE SLU - TAGLIO

Per la verifica a taglio, si considera direttamente il valor individuato in prossimità dello spiccato muri.
 $V_{Ed} = 195 \text{ kN/m}$

Qui di seguito il calcolo di $V_{Rd,c}$.

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Suola interna spalla, trv	
Combinazione	S.L.U.	
$N_{Ed,conc}$	0.00 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni III)
V_{Ed}	195 kN	Azione tagliante di progetto
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 ²	Armatura al lembo teso
c	68 mm	Distanza armature tese da lembo compresso
d	1932 mm	Altezza utile sezione
$\rho_l =$	1.171E-03	$\min(A_{sl}/b_w d); 0.02$ 6.2.2(1)
z _{app}	1738.8 mm	Braccio coppia interna approssimato
z _{calc}	0 mm	Braccio coppia interna effettiva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	1738.8 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	$\gamma_{m,calcestruzzo}$
γ_s	1.15	$\gamma_{m,barre}$
f_{ctd}	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_{yk}	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	$\min([\frac{1}{1+(200/d)^{1.5}}]; 2)$ 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. 3.08 Mpa)
$V_{Rd,c} =$	0.30 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	523.14	6.2.2(1):6.2b
$V_{Rd,s} =$	581.26 kN	6.2.2(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 10.48 Verifica a taglio- calcolo di $V_{Rd,c}$

10.3.3 Baggioli spalla

Si rimanda al corrispondente paragrafo elaborato per la spalla 1.

11. APPOGGI E GIUNTI

La strategia di isolamento del manufatto è basata sull'utilizzo di isolatori in neoprene armato ad alto smorzamento.

Il predimensionamento dei dispositivi è stato effettuato con riferimento alle portate stimate in fase di esercizio e sismica, ed alla rigidezza complessiva del sistema, tarata in modo da conferire un adeguato grado di disaccoppiamento.

Le caratteristiche effettive dei dispositivi vengono ricavate dalla produzione in serie di uno dei maggiori produttori nazionali.

Data la lunghezza complessiva del manufatto piuttosto elevata, allo scopo di limitare la presenza di fenomeni coattivi permanenti, si è scelto di svincolare longitudinalmente gli isolatori posizionati sulle spalle. Il sistema, nel suo complesso, presenterà pertanto differenti caratteristiche di rigidezza per la direzione longitudinale e trasversale.

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

Dispositivi HDRB					
Parametri di base (dispositivi HDRB - miscela "H")					
M	4.55E+06 kg				
Tobiettivo	2				
keff	45.34				
ξesi	15 %				
sg(SLV)	0.229 [s]				
dDesi	227.30 mm				
direzione longitudinale			direzione trasversale		
num.	spalla	pila	num.	spalla	pila
	4	8		4	8
keq	0.00	4.37 kN/mm	keq	3.91	4.37 kN/mm
ξeffj	15	15 %	ξeffj	15	15 %
Proprietà e comportamento del sistema in direzione lg			Proprietà e comportamento del sistema in direzione trv		
kesi	34.86 kN/mm ² ≈ E ko		kesi	50.60 kN/mm ² ≈ E ko	
ξesi	15.00 %		ξesi	15.00 %	
T (keff)	2.28 s		T (keff)	1.89 s	
sg (SLV)	0.201 [s]		sg (SLV)	0.242 [s]	
dDesi	258.85 mm		dDesi	215.15 mm	
FDesi(2)	9089.24 kN		FDesi(2)	10886.84 kN	
sg (SLC)	0.262		sg (SLC)	0.315	
dDesi	177.15 mm		dDesi	280.24 mm	
FDesi(2)	11786.72 kN		FDesi(2)	14180.21 kN	

Tabella 11.1 Caratteristiche isolatori

Qui di seguito la pianta appoggi del manufatto

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

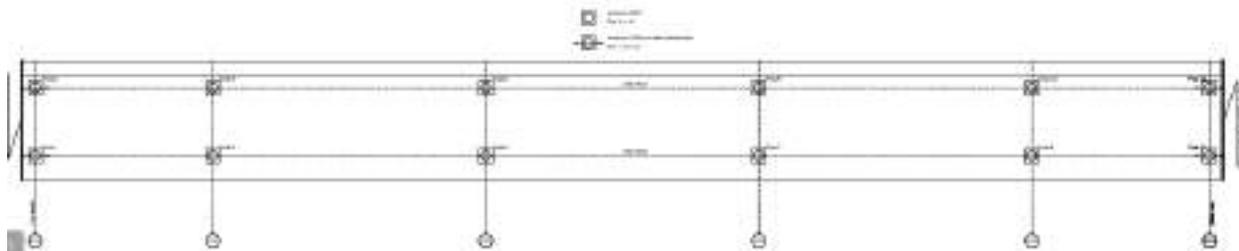


Figura 11.1 Pianta appoggi

Al fine di evitare deformazioni parassite sui dispositivi di vincolo, il calaggio del manufatto sugli appoggi definitivi, ed il relativo inghisaggio, verranno effettuati solamente al termine della posa dei sovraccarichi permanenti.

L'analisi FEM rispecchia questa effettiva fasizzazione, analizzando le fasi 1 e 2a adottando rigidzze orizzontali nulle per tutti i dispositivi.

11.1 PORTATE APPOGGI

Le sollecitazioni insistenti sulle apparecchiature di vincolo vengono direttamente dedotte dall'analisi E.F., nelle combinazioni di carico pertinenti, ovvero:

- S.L.U.
- S.L.E. caratteristica
- S.L.E. frequente
- S.L.E. quasi permanente
- Sisma SLD
- Sisma SLV
- 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 . Sulle spalle, tale reazione coincide con la reazione trasversale (dato che il grado di libertà longitudinale è stato svincolato).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase esercizio

posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz	Max Fh	Max Fz
1	312.86	4507.77	222.29	3333.74	45.55	2242.47	2.28	1320.16
2	332.87	4508.03	222.80	3333.91	45.55	2242.47	2.28	1320.16
3	569.88	11442.80	382.23	8485.56	100.86	6727.59	68.72	5201.15
4	569.91	11442.50	382.24	8485.38	100.85	6727.59	68.72	5201.15
5	726.63	11814.70	485.22	8723.90	98.67	6790.54	19.83	5107.65
6	726.67	11814.70	485.24	8723.92	98.67	6790.54	19.83	5107.65
7	727.88	11817.20	486.00	8725.71	98.79	6800.22	19.78	5197.92
8	727.92	11817.30	486.00	8725.73	98.79	6800.22	19.78	5197.92
9	570.00	11443.90	382.31	8486.38	100.90	6728.07	68.77	5201.14
10	570.02	11443.60	382.32	8486.19	100.89	6728.07	68.77	5201.14
11	312.60	4514.08	222.62	3338.43	45.51	2244.88	2.28	1320.13
12	332.80	4514.33	222.62	3338.60	45.51	2244.88	2.28	1320.13

Sollecitazioni apparecchiature di appoggio (kN) - fase sismica

posiz.	Soma SLD		Soma SLV		Soma SLC	
	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz	Max Fh	Fz
1	152.54	1483.68	546.18	1830.45	713.21	2256.84
2	152.54	1483.57	546.18	1830.29	713.21	2256.85
3	351.79	5434.25	1232.11	5850.15	1586.18	6664.86
4	352.17	5432.43	1232.51	5846.50	1586.57	6660.65
5	341.32	5491.08	1248.41	6115.25	1624.78	6852.78
6	343.18	5490.09	1250.26	6112.99	1626.64	6850.24
7	344.34	5489.84	1254.87	6112.05	1632.01	6853.07
8	337.94	5489.71	1248.08	6112.21	1625.85	6853.25
9	355.32	5433.36	1245.30	5845.50	1603.26	6673.22
10	354.95	5432.92	1244.91	5844.74	1602.86	6672.47
11	152.30	1483.88	547.21	1829.29	712.01	2262.14
12	152.30	1483.90	547.21	1820.13	712.01	2262.03

Tabella 11.2 Massime sollecitazioni orizzontali e verticali su ciascun appoggio

Ai fini del dimensionamento, nell'intento di uniformare le caratteristiche, si farà riferimento ai seguenti dati prestazionali di "portata".

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase esercizio

sostegno	posiz.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-11-12	400.00	4600.00	300.00	3400.00	100.00	2300.00	100.00	1400.00
Pila P1 P2 P3 P4	3 -> 10	800.00	11900.00	500.00	8900.00	200.00	6900.00	100.00	5300.00

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase sismica

sostegno	posiz.	Soma SLD		Soma SLV		Soma SLC	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp A-B	1-2-11-12	200.00	1500.00	600.00	1900.00	800.00	2300.00
Pila P1 P2 P3 P4	3 -> 10	400.00	5500.00	1300.00	6200.00	1700.00	6900.00

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 le massime deformazioni rilevate subite dai dispositivi elastomerici nei vari S.L..

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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	85.13	56.98	11.65	0.58	39.01	140.20	182.41
2	85.13	56.98	11.65	0.58	39.01	140.20	182.41
3	130.41	87.47	23.08	15.72	80.50	281.95	362.97
4	130.41	87.47	23.08	15.72	80.50	282.04	363.06
5	166.28	111.03	22.58	4.54	78.11	285.68	371.80
6	166.20	111.04	22.58	4.54	78.53	286.10	372.23
7	166.56	111.23	22.61	4.53	78.80	287.16	373.59
8	166.57	111.23	22.61	4.53	77.33	285.60	372.05
9	130.44	87.48	23.09	15.74	81.31	284.97	366.88
10	130.44	87.49	23.09	15.74	81.22	284.88	366.79
11	85.00	56.94	11.64	0.58	38.95	139.95	182.10
12	85.06	56.94	11.64	0.58	38.95	139.95	182.10

Tabella 11.4 Massime deformazioni su ciascun dispositivo

Ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ai seguenti valori.

Si riportano, separatamente, le escursioni rilevate in corrispondenza delle slitte UL previste in accoppiamento agli isolatori sulle spalle (pos. 1-2-11-12).

Per tali posizioni, si dovrà pertanto considerare:

“Deformazione di progetto”:

- massima deformazione dell’isolatore (agente solamente in direzione trasversale)

“Escursione di progetto”:

- massima escursione del dispositivo scorrevole accoppiato all’isolatore (da intendersi solamente in direzione longitudinale)

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	1-2-11-12	86.00	57.00	12.00	1.00	40.00	141.00	183.00
Pila P1 P2 P3 P4	3 => 10	167.00	112.00	24.00	16.00	82.00	288.00	374.00

N.B.: le escursioni indicate si intendono agite per ciascun verso pos / neg

Escursioni totali di progetto dispositivi UL

sostegno	posiz.	S.L.U. max δl	S.L.E. max δl	S.L.E. fr max δl	S.L.E. q.p. max δl	Sisma SLD max δl	Sisma SLV max δl	Sisma SLC max δl
Sp A-B	1-2-11-12	75.00	57.00	22.00	20.00	83.00	313.00	402.00

N.B.: le escursioni indicate si intendono agite per ciascun verso pos / neg

Tabella 11.5 Massime deformazioni di progetto per ciascuna tipologia di dispositivo nei vari S.L.

11.2.2 Verifica decompressione

La verifica viene effettuata con diretto riferimento agli involucri:

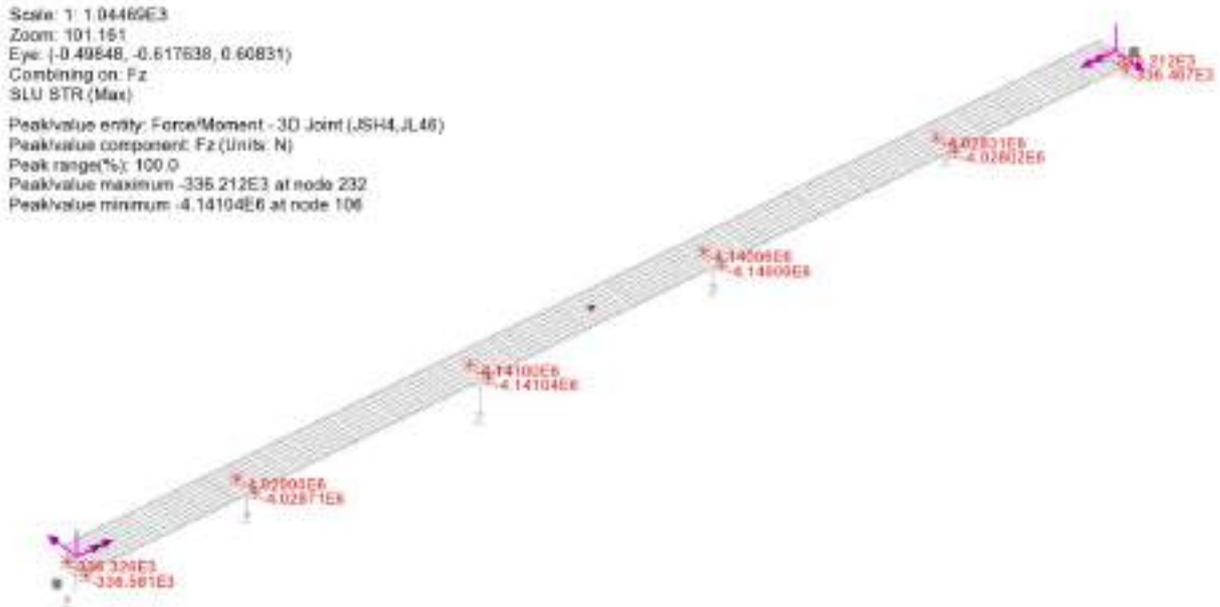
S.L.U. STR – max Fz

Gk + Ed - Sisma SLV – max Fz

S.L.E. – max Fz

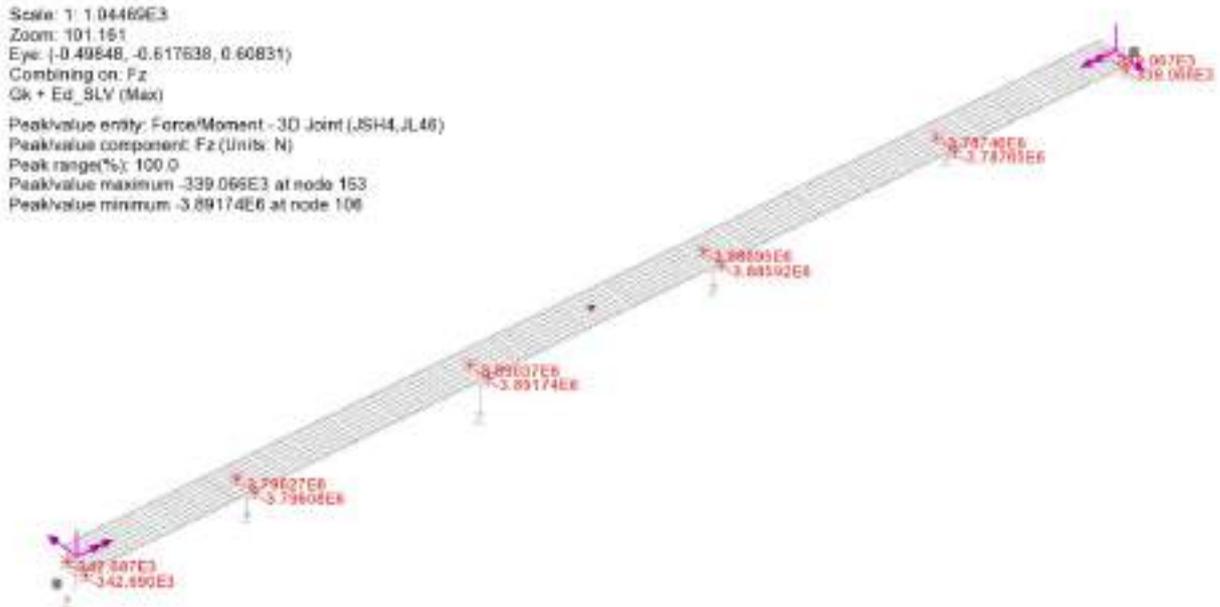
Il valore delle massime reazioni rilevate (minimo valore di compressione) viene riportato direttamente sul modello per tutti i dispositivi. (NB nei diagrammi, le compressioni presentano valore negativo - $F_z < 0$).

S.L.U. STR



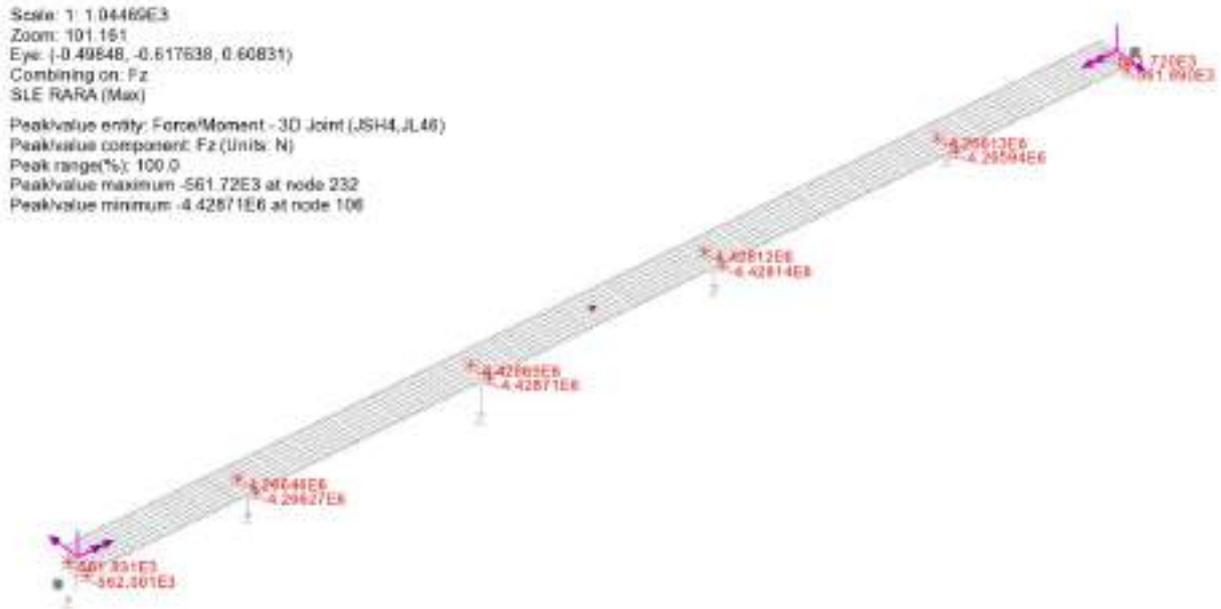
Max N = -336 kN

Gk + Ed SLV



Max N = -339 kN

S.L.E. caratteristica



Max N = -562 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 per i dispositivi di spalla, e pari a 400 mm per i dispositivi posti sulle pile.

Il confronto di tali valori limite con i massimi riscontrati nella condizione sismica SLC, riporta i seguenti rapporti di sfruttamento:

$$\text{Spalle: } \delta_{SLC}/\delta u = 182.41/350 = 0.52 \quad (*)$$

$$\text{Pile: } \delta_{SLC}/\delta u = 366.88/400 = 0.92$$

(*) si considera il valore inerente la deformazione sismica

11.2.4 Verifica massime rotazioni

Le massime rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti, tratti direttamente dal modello FEM.

Il numero in rosso evidenzia la massima rotazione positiva, mentre il numero in blu la minima rotazione negativa ricavata dagli involuipi.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

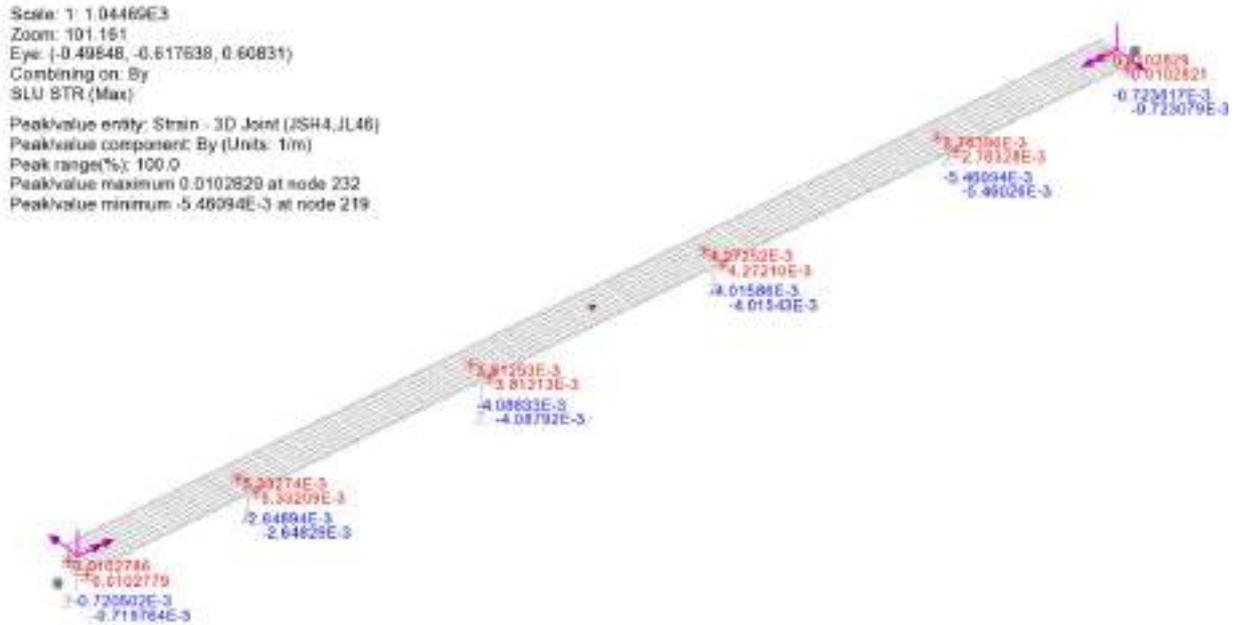


Figura 11.2 Massime/Minime Rotazioni By, SLU

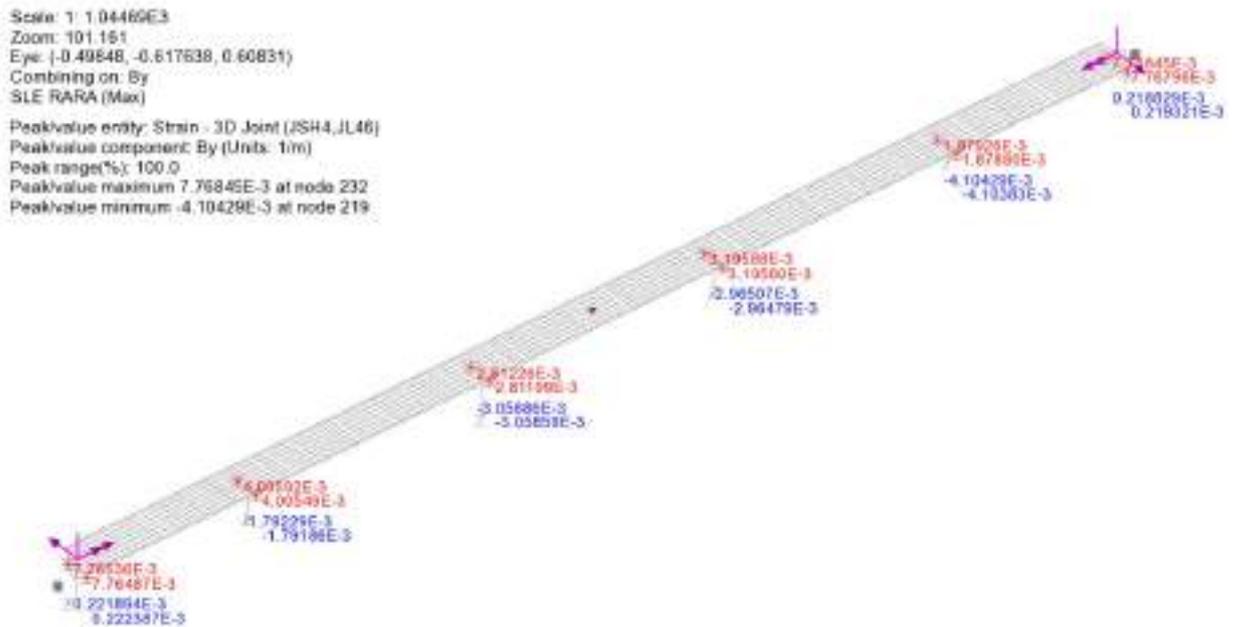


Figura 11.3 Massime/Minime Rotazioni By, SLE

I valori di punti vengono rilevati in corrispondenza delle spalle:

- S.L.U. : 0.0102 rad
- S.L.E.: 0.0078 rad

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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.

Compensazione rotazioni assi appoggio

Spalla 1-2	$b_{y,td}$ (rad)	$b_{y,cont}$ (rad)	$b_{y,d}$ (rad)	$ b_{y,d} $ (rad)	η ($b_{y,d}/b_{y,td}$)
S.L.U., max	1.03E-02	3.64E-03	6.64E-03	1.00E-02	0.66
S.L.U., min	-7.20E-04	3.64E-03	-4.36E-03	1.00E-02	0.44
S.L.E., max	7.70E-03	3.64E-03	4.12E-03	1.00E-02	0.41
S.L.E., min	-2.22E-04	3.64E-03	-3.86E-03	1.00E-02	0.39

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

Tabella 11.6 Compensazione rotazioni d'appoggio e verifica

Come si evince dall'esame della tabella, riferendosi pertanto al limite di 0.01 rad, le rotazioni di progetto dei dispositivi possono essere giudicate pienamente ammissibili.

11.2.5 S.L.E. deformazione sotto azione del vento

Le azioni trasversali 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.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Come si può notare, il massimo spostamento orizzontale rilevato agli appoggi è risultato:

S.L.E. rara: 112 mm

S.L.E. frequente: 23 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. 1025, 1026).

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

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

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	13	74.95	-44.05	58.60	-32.47	32.31	-4.86	29.86	-1.16
Sp B	14	74.77	-43.97	58.42	-32.40	32.14	-4.76	29.70	-1.09

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	13	93.45	-64.75	291.93	-203.23	371.34	-342.64
Sp B	14	93.28	-64.67	291.75	-203.14	371.15	-342.54

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 δ_x	tot δ_y						
Sp A	13	119.03	170.29	91.07	113.73	37.17	22.23	11.02	0.00
Sp B	14	118.74	170.15	90.82	113.64	36.90	22.00	10.79	0.00

Tabella 11.9 Corse lg/trv giunti - esercizio

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Escursione complessiva giunti (mm) - fase sismica

sostegno	posiz.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max Dx	max Dy	max Dx	max Dy	max Dx	max Dy
Sp A	13	198.19	77.50	555.10	281.00	713.98	366.68
SpB	14	157.06	77.37	554.89	281.06	713.69	366.05

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 (*)			
		Dx pos.	Dx neg.	tot Dx	tot Dy	Dx pos.	Dx neg.	tot Dx	tot Dy	Dx pos.	Dx neg.	tot Dx	tot Dy
Sp A	13	-68.00	-40.00	108.00	178.00	100.00	-20.00	120.00	80.00	180.00	-120.00	500.00	290.00
Sp B	14	-68.00	-40.00	108.00	178.00	100.00	-20.00	120.00	80.00	180.00	-120.00	500.00	290.00

(*) tollerato danneggiamento locale del dispositivo in fase sismica SLV
N.B. - POS = APERTURA / MED = 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" = 44 mm
- Gk + Ed S.L.C. max esc. "chiusura" = 343 mm

Le carpenterie verranno predisposte considerando un varco effettivo, pari a 350 mm.

12.- VALUTAZIONI PER VARIAZIONE CARATTERISTICHE ISOLATORI

12.1 INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

Il comportamento globale della struttura è fortemente influenzato dalla presenza degli dispositivi di vincolo ad alta dissipazione che, ai fini delle analisi e delle conseguenti verifiche, sono stati implementati attraverso le opportune caratteristiche equivalenti "nominali".

Nello spirito di quanto indicato da NTC2008, obiettivo del presente capitolo è la valutazione delle ripercussioni sulla struttura di eventuali variazioni delle predette caratteristiche che, come previsto dalle pertinenti norme di prodotto, possono variare entro prefissati "range" in conseguenza ai seguenti effetti:

- Tolleranza di produzione
- Invecchiamento
- Temperatura di esercizio

Per la tipologia di dispositivi previsti, si valutano quindi gli effetti di una variazione complessiva delle rigidzze equivalenti per i succitati effetti, determinando per tale parametro un valore "Upper Bound" ed un "Lower Bound"

Non essendo, allo stato attuale del progetto, in possesso dei certificati di prova e/o qualificazione delle apparecchiature effettivamente in via di installazione, per i suddetti parametri si fa preliminare riferimento a quanto previsto da 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):

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

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

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

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

In accordo con EN 15129, si tiene conto della limitazione a 1.8 di tale valore, riducendo il termine maggiormente "disperso", ovvero l'Upper Bound, ottenendo quindi:

$$UBDP = 1.44 \text{ DP}$$

$$LBDP = 0.8 \times \text{DP}$$

Limitando lo studio al comportamento sismico-dinamico della struttura, si effettueranno pertanto due ulteriori analisi considerando le indicate variazioni di rigidzza.

Tenendo conto del fatto che, in linea generale, un incremento di rigidità dei dispositivi opera "sfavorevolmente" sul quadro delle sollecitazioni, mentre, inversamente, un suo decremento, opera "sfavorevolmente" sul quadro deformativo si procederà pertanto alle seguenti verifiche:

- Per l'analisi "Upper Bound"
 - 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 "H":

Diam = 850 mm / H=341 mm per le pile $K_e = 4.37 \text{ kN/mm}$

Diam = 850 mm / H=341 mm per le spalle $K_e = 3.91 \text{ kN/mm}$

NB gli isolatori posti sulla spalla sono dotati di slitta scorrevole longitudinale.

Si considererà quindi:

Per le pile:

$$K_{e,UB} = 1.44 \times 4.37 = 6.29 \text{ kN/mm}$$

$$K_{e,LB} = 0.8 \times 4.37 = 3.50 \text{ kN/mm}$$

Per le spalle:

$$K_{e,UB} = 1.44 \times 3.91 = 5.63 \text{ kN/mm}$$

$$K_{e,LB} = 0.8 \times 3.91 = 3.13 \text{ kN/mm}$$

Lo schema di vincolo del manufatto in oggetto prevede la presenza, sulle spalle, di isolatori dotati di superficie di scorrimento longitudinale. Le azioni longitudinali trasmesse dai dispositivi in corrispondenza sono quindi limitate ai soli effetti dell'attrito delle superfici di scorrimento, e risultano indipendenti dalla rigidità degli isolatori.

Lo studio del comportamento delle sottostrutture nelle analisi "upper bound" e "lower bound" verrà pertanto limitato ai soli sostegni intermedi, dato che il quadro tensionale delle spalle risulta dominato prevalentemente dalle azioni sismiche originate sulle spalle stesse per effetto delle inerzie proprie e delle spinte del terreno.

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".

$$T_{UB} = 2.23 \text{ s}$$

$$T_{UB}/T_{Nom} = 2.23 / 2.56 = 0.87$$

Scale: 1: 1.0319E3
Zoom: 112.0
Eye: (-0.524893, -0.746364, 0.409179)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06-Modale
Loadcase: 18:masse, 19:Mode 1 Frequency = 0.449297
Results file: San_Leonardo_sottostrutture_04_UB-06-Modale.mys
Eigenvalue: 7.86941
Natural frequency: 0.449297
Error norm: 18.0855E-9
Maximum displacement 0.46685E-3 at node 537
Deformation exaggeration: 13.2621E3

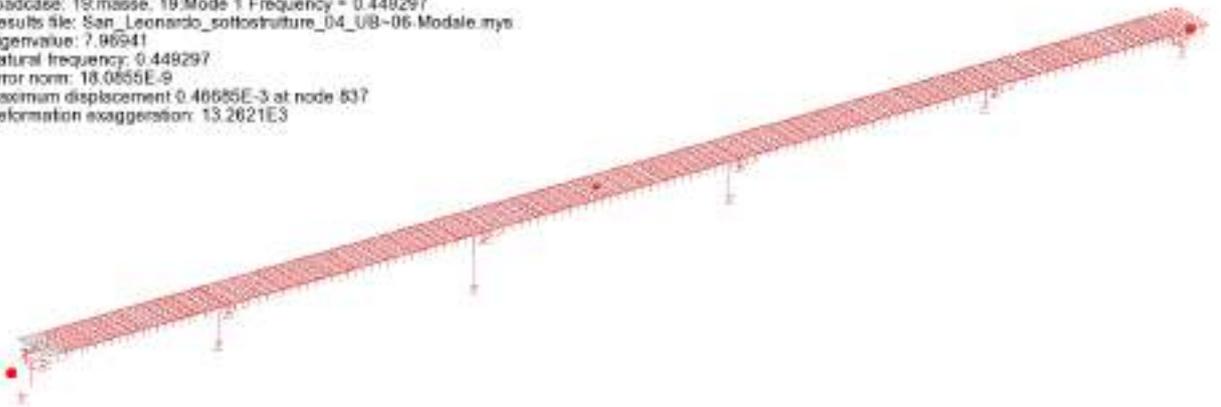


Figura 12.1 Periodo UBDP Analysis

12.2.1.2 Reazioni orizzontali baggioli (SLC)

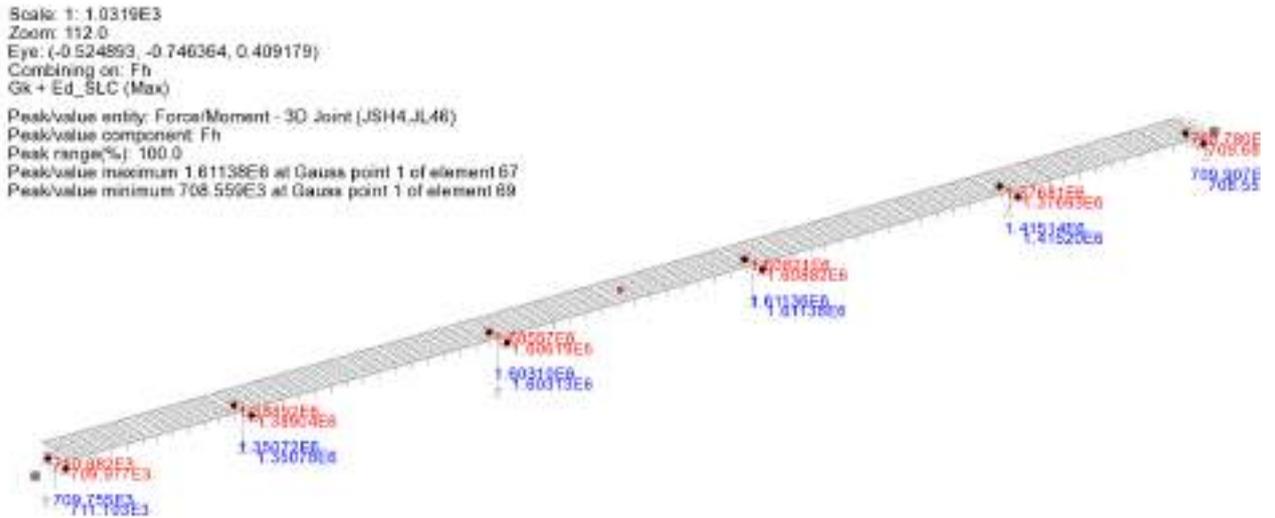


Figura 12.2 Reazioni orizzontali SLC - NomDP Analysis

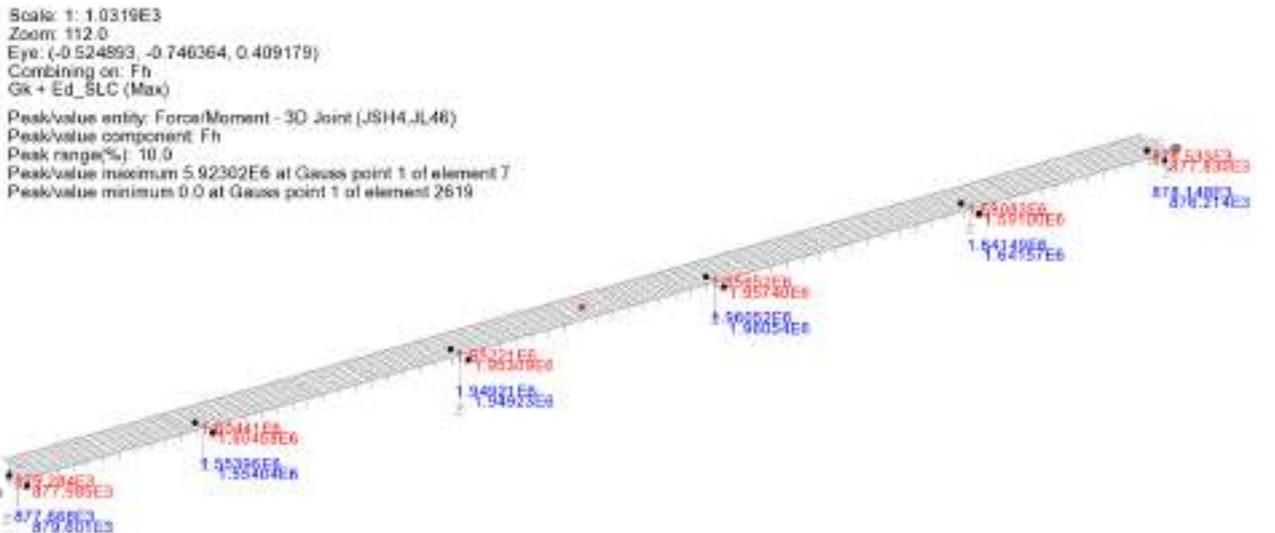


Figura 12.3 Reazioni ai baggioli - UBDP Analysis

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

$\eta = 1961/1611 = 1.21$ per i baggioli sulle pile

$\eta = 878/711 = 1.23$ per i baggioli sulle spalle

12.2.1.3 Spiccato e fondazioni pile

Nei diagrammi seguenti si richiamano i risultati, in termini di sollecitazione My (momento flettente longitudinale) ed Mz (momento flettente trasversale), rilevati rispettivamente per i fusti pila e per le fondazioni nelle combinazioni SLV max/min My e max/min Mz, oltre a riportare i rispettivi valori ricavata dall'analisi Upper Bound.

Si riportano, per confronto, le sollecitazioni rilevate con le caratteristiche nominali.

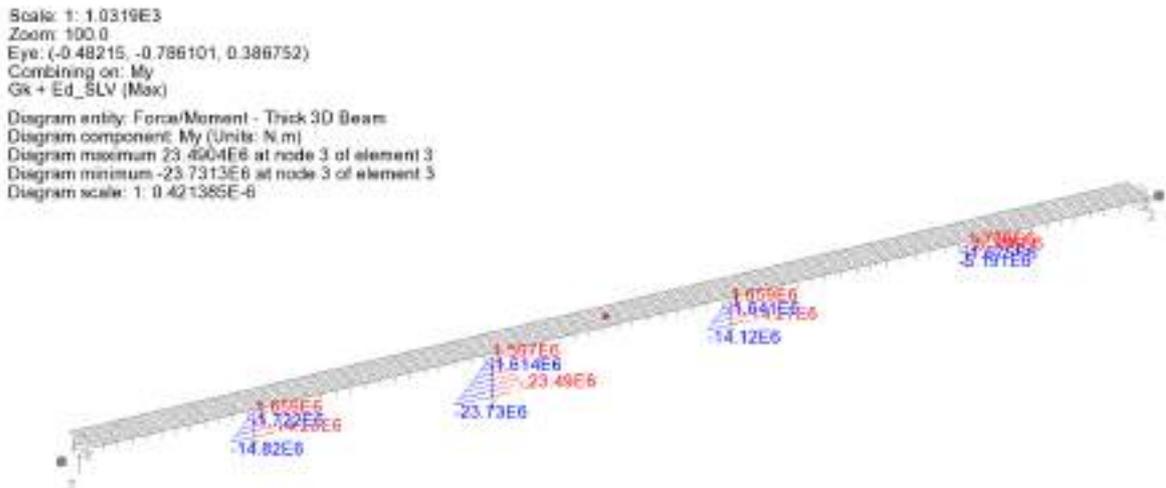


Figura 12.4 My SLV pila - NomDP analysis

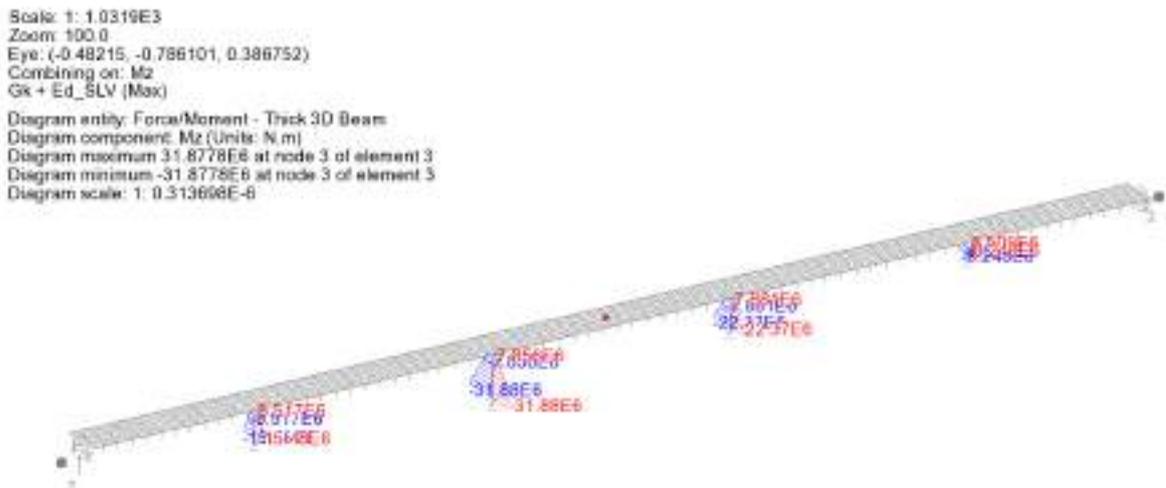


Figura 12.5 Mz SLV pila - NomDP analysis

Scale: 1: 1.07537E3
Zoom: 125.44
Eye: (-0.613124, -0.683388, 0.396308)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 28.1084E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum -28.3936E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1: 0.352193E-6

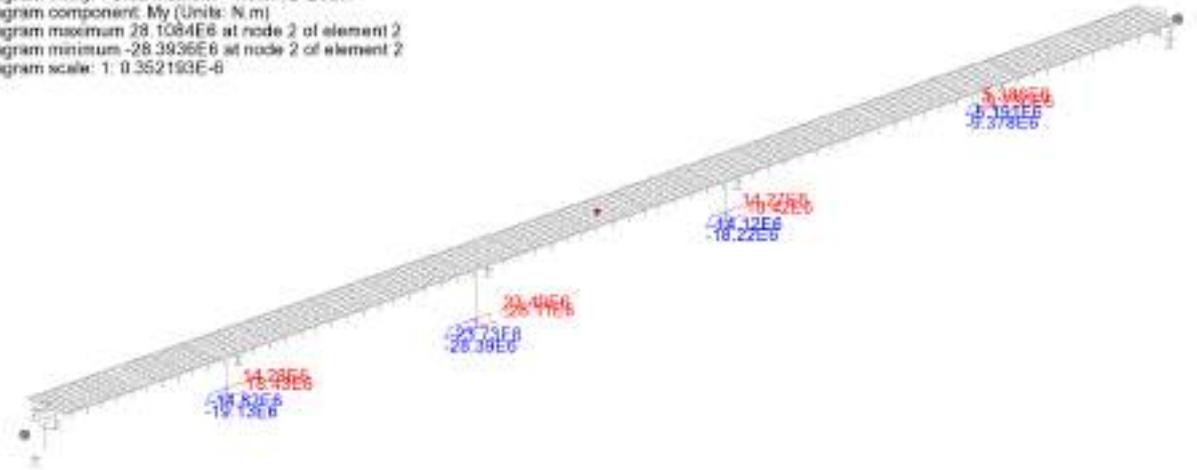


Figura 12.6 My SLV fondazione - NomDP analysis

Scale: 1: 1.07537E3
Zoom: 125.44
Eye: (-0.613124, -0.683388, 0.396308)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 36.6489E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum -36.6489E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1: 0.27286E-6

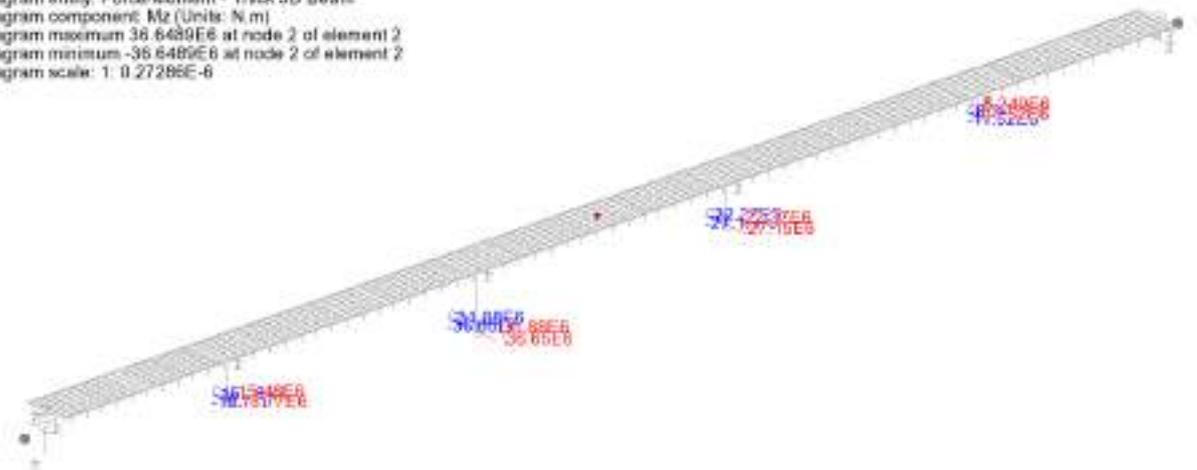


Figura 12.7 Mz SLV fondazione - NomDP analysis

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 1.0319E3
Zoom: 110.146
Eye: (-0.548681, -0.774478, 0.314855)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 27.2021E6 at node 3 of element 3
Diagram minimum -27.5188E6 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 0.363369E-6

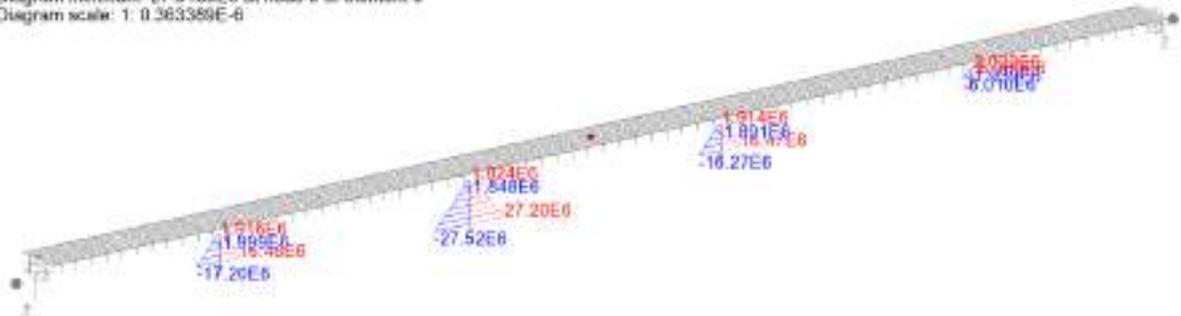


Figura 12.8 My SLV pila - UBDP analysis

Scale: 1: 1.0319E3
Zoom: 110.146
Eye: (-0.548681, -0.774478, 0.314855)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 38.962E6 at node 3 of element 3
Diagram minimum -38.962E6 at node 3 of element 3
Diagram scale: 1: 0.25866E-6

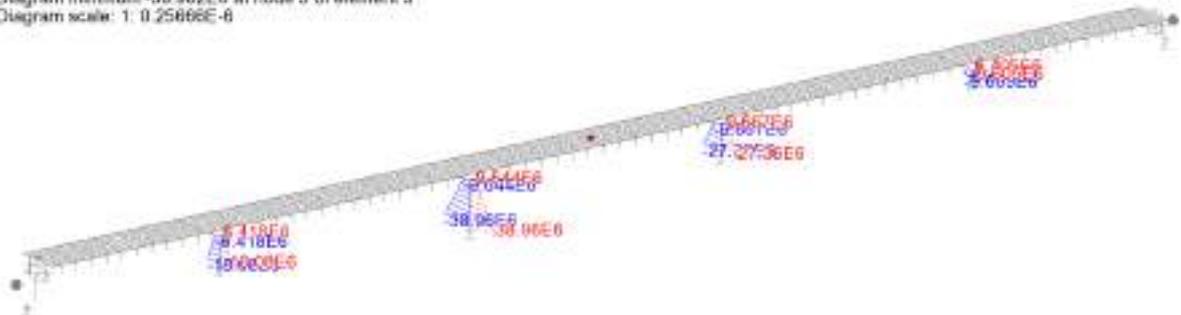


Figura 12.9 Mz SLV pila - UBDP analysis

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 1.0319E3
Zoom: 123.364
Eye: (-0.563273, -0.728576, 0.389743)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 32.6085E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum -32.9843E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1: 0.303175E-6

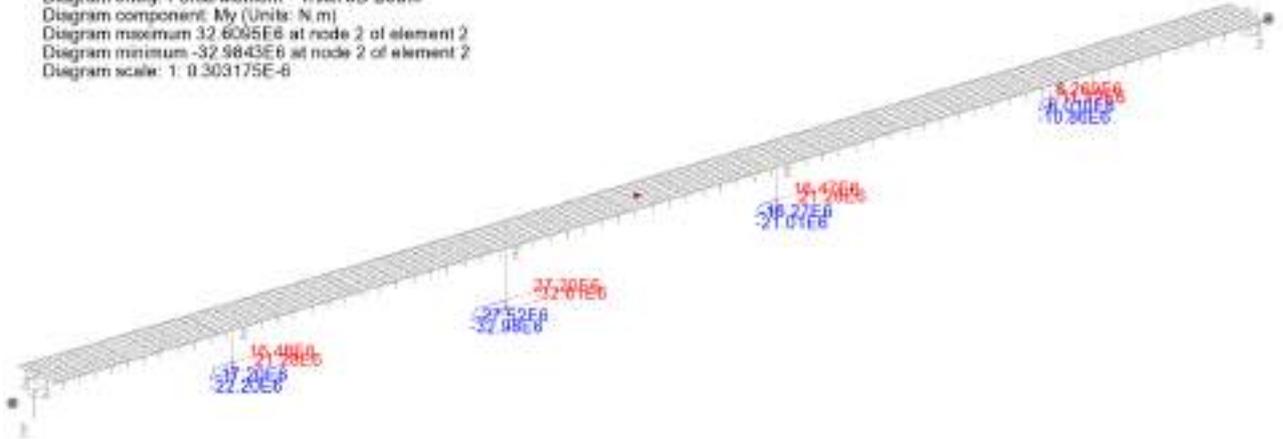


Figura 12.10 My SLV fondazione - UBDP analysis

Scale: 1: 1.0319E3
Zoom: 123.364
Eye: (-0.563273, -0.728576, 0.389743)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 44.7853E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum -44.7853E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1: 0.223288E-6

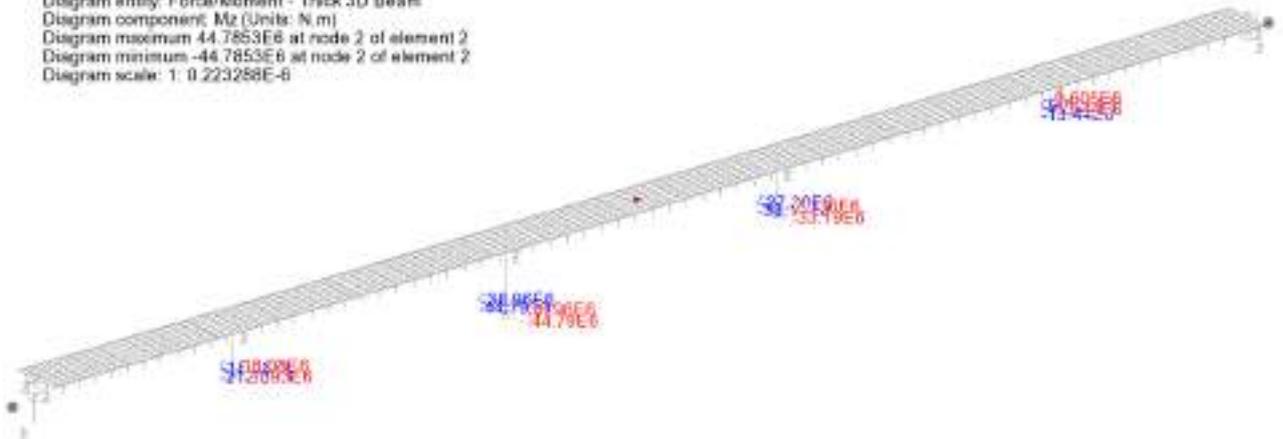


Figura 12.11 Mz SLV fondazione - UBDP analysis

12.2.2 Analisi "Lower Bound"

12.2.2.1 Periodo di vibrazione

Di seguito il primo modo di vibrare valutato con riferimento ai DP "Lower Bound" (LBDP Analysis).

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1: 1.07537E3
Zoom: 125.44
Eye: (-0.613124, -0.683388, 0.396308)
Eigenvalue analysis
Analysis: 06-Modale
Loadcase: 19:masse, 19:Mode 1 Frequency = 0.356843
Results file: San_Leonardo_sottostrutture_04_LB-06-Modale.mys
Eigenvalue: 5.02706
Natural frequency: 0.356843
Error norm: 31.1939E-9
Maximum displacement 0.466238E-3 at node 837
Deformation exaggeration: 13.8388E3

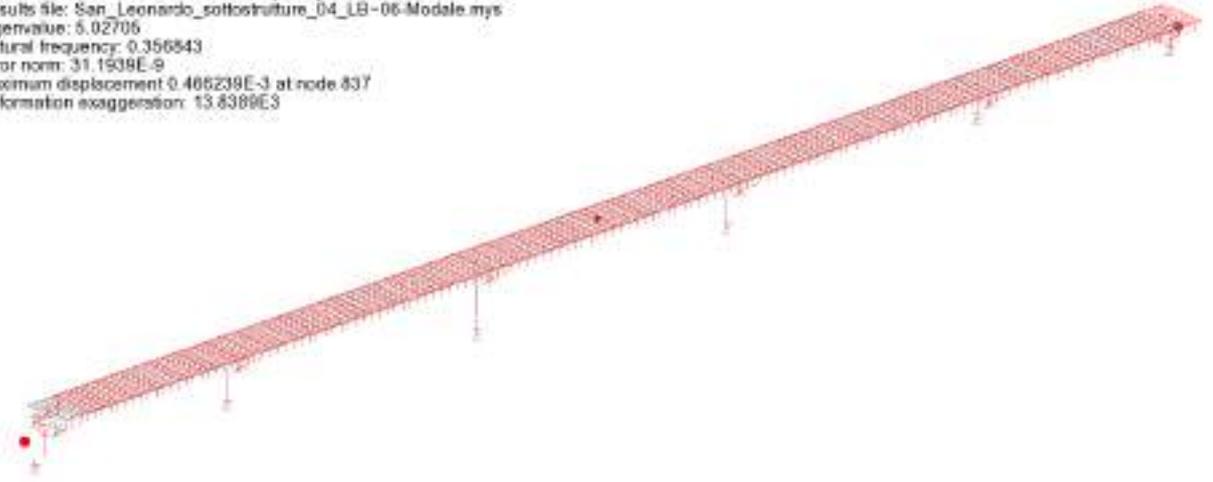


Figura 12.12 Periodo LB

$$T_{LB} = 2.8 \text{ s}$$

$$T_{LB}/T_{Nom} = 2.8 / 2.56 = 1.09$$

12.2.2.2 Escursione ai giunti

La figura seguente riporta il valore in apertura/chiusura rilevato nella combinazione sismica SLV nell'analisi "lower Bound"; i valori in rosso in figura indicano la apertura, quelli in blu la chiusura.

Scale: 1: 1.07537E3
Zoom: 125.44
Eye: (-0.613124, -0.683388, 0.396308)
Combining on: Ex
Gk + Ed_SLV (Max)
Peak/value entry: Strain - 3D Joint (JSH4.JL48)
Peak/value component: Ex (Units: m)
Peak range(%): 10.0
Peak/value maximum 0.349198 at node 2348
Peak/value minimum -0.334729 at node 76

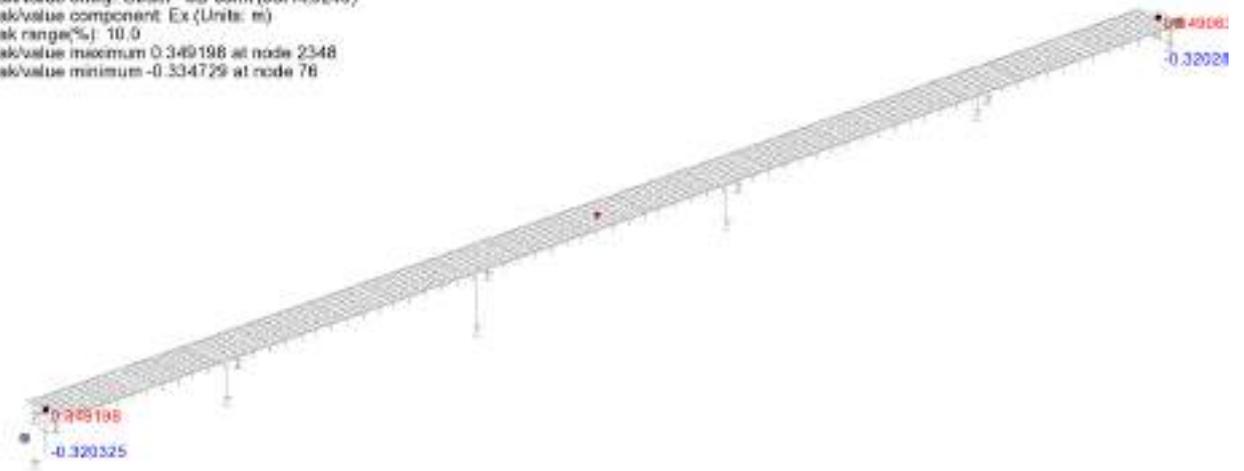


Figura 12.13 Escursione Ig giunti SLV – LBDP analysis

Il rapporto dei valori inerenti la "chiusura" rilevata con riferimento ai valori LB rispetto ai valori nominali restituisce:

$$\eta = 320/298 = 1.07$$

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 alla massima caratteristica orizzontale, la variazione del rapporto di sfruttamento risulta come segue:

Baggioli pile

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 1614 / 3732 = 0.43 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 1958 / 2888 = 0.68 \quad \text{analisi UBDP}$$

Baggioli spalle

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 711 / 837 = 0.62 \quad \text{analisi NomDP}$$

$$\eta = V_{Ed,SLC}/V_{Rd} = 880 / 795 = 1.11 \quad \text{analisi UBDP}$$

Si rileva pertanto, data anche la scarsa azione assiale concomitante, la presenza di un rapporto di sfruttamento maggiore dell'unità per i baggioli delle spalle. Tale risultato, si sottolinea, è frutto della concomitanza delle ipotesi cautelative operate, sia per il calcolo delle sollecitazioni, che viene effettuato per lo SLC, sia per la valutazione dei contributi resistenti, che trascurano la presenza del contributo della coesione, che concorre in maniera significativa alla resistenza dell'assieme.

Si preferisce, a favore di sicurezza, ed allo scopo di non impegnare eccessivamente la connessione, aggiornare il diametro delle attuali barre d'armatura passanti, portandolo da $\varnothing 14$ a $\varnothing 16$.

Qui di seguito si riporta la verifica della connessione, che risulta soddisfatta con riferimento ad un quantitativo di armatura passante pari a $22 \times 201 = 4422 \text{ mm}^2$.

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

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

Caratteristiche materiali		Baggioli Spalla 1-2 Caratteristiche superficie			
g_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 tipo superficie: 0=molto liscia/1=liscia/2=scabra/3 =
f_{ctk}	2.12	tipo sup.	1	dentata	
f_{cd}	21.33				usa contributo (0/1)
f_{ctd}	1.41	c	0	EN 1992-1-1 6.2.5. (2)	0
n	0.50	m	0.6	EN 1992-1-1 6.2.5. (2)	1
g_s	1.15	Caratteristiche sez. resistente			
f_{yk}	450.00	$A_{s,pres.}$	4423.36	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 agenti					
V_{Ed}	880	kN	Risultante azione tagliante di progetto		
$N_{Ed,conc}$	0	kN	Minima azione concomitante (positive le compressioni)		
S_N	0.00	Mpa	tens. Compressione su area rif.		
$S_{N,max}$	12.8	Mpa (0.6 fcd)	limite tens. Compressione		
Calcolo contributi resistenti e verifica					
$V_{Rd,s}$	1038.53	kN	Contributo barre passanti = $A_{s,pres} \times m \times f_{yd}$		
$V_{Rd,c}$	0.00	kN	Contributo calcestruzzo = $A_{c,eff} \times C$		
$V_{Rd,N}$	0.00	kN	Contributo azione compressione = $N_{Ed,conc} \times m$		
$SV_{Rd,s}, V_{Rd,c}, V_{Rd,N}$	1038.53	kN			
$V_{Rd,max}$	10.67		Azione tangenziale massima (EN1992-1-1 6.2.5 (1))		
V_{Ed}	1.22		Azione tangenziale agente di progetto		
V_{Rd}	1.44		Azione tangenziale resistente di progetto		
Rapp. Sfr. V_{Ed}/V_{Rd}	0.85		verificato		
$V_{Ed} / S V_{Rd,s}$	0.85				

Tabella 12.1 Aggiornamento armature baggioli - verifica

Come si nota, la verifica risulta soddisfatta

12.3.2 Sollecitazioni su spalla e relativi pali

Lo schema di vincolo del manufatto in oggetto prevede la presenza, sulle spalle, di isolatori dotati di superficie di scorrimento longitudinale. Le azioni longitudinali trasmesse dai dispositivi in corrispondenza sono quindi limitate ai soli effetti dell'attrito delle superfici di scorrimento, e risultano indipendenti dalla rigidità degli isolatori.

12.3.3 Sollecitazioni pile 1-2-3-4

Si fa riferimento alla pila maggiormente sollecitata, che risulta essere la n. 2.

La variazione, rispetto all'analisi con caratteristiche nominali, delle sollecitazioni M_y e M_z derivanti dai rispettivi involucri SLV è di seguito riportata.

$$M_{y,UB} / M_{y,NOM} = 27520 / 23730 = 1.16$$

$$M_{z,UB} / M_{z,NOM} = 38960 / 31880 = 1.22$$

Si procede quindi alla verifica, effettuata con RC-Sec, dei nuovi "set" di sollecitazioni sismiche, che vengono quindi riepilogati nella seguente tabella.

Sollecitazioni Upper Bound - pila 2 v. San Leonardo

	Loadcase	Element	Node	Fx[kN]	Fy[kN]	Fz(*)[kN]	Mx[kN.m]	My[kN.m]	Mz[kN.m]
1	429:Gk + Ed_SLV (Max)(Fx)	3	3	12886.60	873.95	2755.82	30.09	26560.90	11758.80
15	430:Gk + Ed_SLV (Min)(Fx)	3	3	14453.40	-873.95	-2726.72	-30.09	26877.60	11758.80
29	429:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	3	3	13202.70	873.95	2696.89	30.09	27202.10	11758.80
43	430:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	3	3	14137.40	-873.95	-2667.79	-30.09	27518.80	11758.80
57	429:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	3	3	13179.10	2912.31	822.27	100.00	8045.54	38962.00
71	430:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	3	3	14160.20	2912.31	-792.45	-100.00	-8369.99	38962.00

Tabella 12.2 Pila 2 - Sollecitazioni spiccato - Upper Bound Analysis

Di seguito si riportano gli esiti della verifica effettuati con RC-Sec.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pila2_SLeonardo_Upper_Bound

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:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.9 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.9 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:	2.76 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	16.8 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.8 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.6 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	462.6	-45.5
2	455.5	-59.4
3	444.4	-70.5
4	430.5	-77.6
5	415.0	-80.0
6	155.0	-80.0
7	145.0	-55.0
8	-145.0	-55.0
9	-155.0	-80.0
10	-415.0	-80.0
11	-430.5	-77.6
12	-444.4	-70.5
13	-455.5	-59.4
14	-462.6	-45.5
15	-465.0	-30.0
16	-465.0	30.0
17	-462.6	45.5
18	-455.5	59.4
19	-444.4	70.5
20	-430.5	77.6
21	-415.0	80.0
22	-155.0	80.0
23	-145.0	55.0
24	145.0	55.0
25	155.0	80.0
26	415.0	80.0
27	430.5	77.6
28	444.4	70.5
29	455.5	59.4
30	462.6	45.5
31	465.0	30.0
32	465.0	-30.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	457.5	-39.7	24
2	454.3	-48.9	24
3	449.1	-57.2	24
4	442.2	-64.1	24
5	433.9	-69.3	24
6	424.7	-72.5	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

7	415.0	-73.6	24
8	404.8	-73.6	24
9	394.6	-73.6	24
10	384.3	-73.6	24
11	374.1	-73.6	24
12	363.9	-73.6	24
13	353.6	-73.6	24
14	343.4	-73.6	24
15	333.2	-73.6	24
16	323.0	-73.6	24
17	312.7	-73.6	24
18	302.5	-73.6	24
19	292.3	-73.6	24
20	282.1	-73.6	24
21	271.8	-73.6	24
22	261.6	-73.6	24
23	251.4	-73.6	24
24	241.2	-73.6	24
25	230.9	-73.6	24
26	220.7	-73.6	24
27	210.5	-73.6	24
28	200.2	-73.6	24
29	190.0	-73.6	24
30	179.8	-73.6	24
31	169.6	-73.6	24
32	159.3	-73.6	24
33	156.0	-65.3	24
34	152.7	-56.9	24
35	149.3	-48.6	24
36	139.4	-48.6	24
37	129.4	-48.6	24
38	119.5	-48.6	24
39	109.5	-48.6	24
40	99.6	-48.6	24
41	89.6	-48.6	24
42	79.6	-48.6	24
43	69.7	-48.6	24
44	59.7	-48.6	24
45	49.8	-48.6	24
46	39.8	-48.6	24
47	29.9	-48.6	24
48	19.9	-48.6	24
49	10.0	-48.6	24
50	0.0	-48.6	24
51	-10.0	-48.6	24
52	-19.9	-48.6	24
53	-29.9	-48.6	24
54	-39.8	-48.6	24
55	-49.8	-48.6	24
56	-59.7	-48.6	24
57	-69.7	-48.6	24
58	-79.6	-48.6	24
59	-89.6	-48.6	24
60	-99.6	-48.6	24
61	-109.5	-48.6	24
62	-119.5	-48.6	24
63	-129.4	-48.6	24
64	-139.4	-48.6	24
65	-149.3	-48.6	24
66	-152.7	-56.9	24
67	-156.0	-65.3	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

68	-159.3	-73.6	24
69	-169.6	-73.6	24
70	-179.8	-73.6	24
71	-190.0	-73.6	24
72	-200.2	-73.6	24
73	-210.5	-73.6	24
74	-220.7	-73.6	24
75	-230.9	-73.6	24
76	-241.2	-73.6	24
77	-251.4	-73.6	24
78	-261.6	-73.6	24
79	-271.8	-73.6	24
80	-282.1	-73.6	24
81	-292.3	-73.6	24
82	-302.5	-73.6	24
83	-312.7	-73.6	24
84	-323.0	-73.6	24
85	-333.2	-73.6	24
86	-343.4	-73.6	24
87	-353.6	-73.6	24
88	-363.9	-73.6	24
89	-374.1	-73.6	24
90	-384.3	-73.6	24
91	-394.6	-73.6	24
92	-404.8	-73.6	24
93	-415.0	-73.6	24
94	-424.7	-72.5	24
95	-433.9	-69.3	24
96	-442.2	-64.1	24
97	-449.1	-57.2	24
98	-454.3	-48.9	24
99	-457.5	-39.7	24
100	-458.6	-30.0	24
101	-458.6	-20.0	24
102	-458.6	-10.0	24
103	-458.6	0.0	24
104	-458.6	10.0	24
105	-458.6	20.0	24
106	-458.6	30.0	24
107	-457.5	39.7	24
108	-454.3	48.9	24
109	-449.1	57.2	24
110	-442.2	64.1	24
111	-433.9	69.3	24
112	-424.7	72.5	24
113	-415.0	73.6	24
114	-404.8	73.6	24
115	-394.6	73.6	24
116	-384.3	73.6	24
117	-374.1	73.6	24
118	-363.9	73.6	24
119	-353.6	73.6	24
120	-343.4	73.6	24
121	-333.2	73.6	24
122	-323.0	73.6	24
123	-312.7	73.6	24
124	-302.5	73.6	24
125	-292.3	73.6	24
126	-282.1	73.6	24
127	-271.8	73.6	24
128	-261.6	73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

129	-251.4	73.6	24
130	-241.2	73.6	24
131	-230.9	73.6	24
132	-220.7	73.6	24
133	-210.5	73.6	24
134	-200.2	73.6	24
135	-190.0	73.6	24
136	-179.8	73.6	24
137	-169.6	73.6	24
138	-159.3	73.6	24
139	-156.0	65.3	24
140	-152.7	56.9	24
141	-149.4	48.6	24
142	-139.5	48.6	24
143	-129.6	48.6	24
144	-119.6	48.6	24
145	-109.7	48.6	24
146	-99.7	48.6	24
147	-89.8	48.6	24
148	-79.8	48.6	24
149	-69.9	48.6	24
150	-59.9	48.6	24
151	-50.0	48.6	24
152	-40.0	48.6	24
153	-30.1	48.6	24
154	-20.1	48.6	24
155	-10.2	48.6	24
156	-0.2	48.6	24
157	9.7	48.6	24
158	19.7	48.6	24
159	29.6	48.6	24
160	39.6	48.6	24
161	49.5	48.6	24
162	59.5	48.6	24
163	69.4	48.6	24
164	79.4	48.6	24
165	89.3	48.6	24
166	99.3	48.6	24
167	109.2	48.6	24
168	119.2	48.6	24
169	129.1	48.6	24
170	139.1	48.6	24
171	149.0	48.6	24
172	152.4	56.9	24
173	155.9	65.3	24
174	159.3	73.6	24
175	169.5	73.6	24
176	179.7	73.6	24
177	190.0	73.6	24
178	200.2	73.6	24
179	210.4	73.6	24
180	220.7	73.6	24
181	230.9	73.6	24
182	241.1	73.6	24
183	251.3	73.6	24
184	261.6	73.6	24
185	271.8	73.6	24
186	282.0	73.6	24
187	292.3	73.6	24
188	302.5	73.6	24
189	312.7	73.6	24

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

190	322.9	73.6	24
191	333.2	73.6	24
192	343.4	73.6	24
193	353.6	73.6	24
194	363.9	73.6	24
195	374.1	73.6	24
196	384.3	73.6	24
197	394.5	73.6	24
198	404.8	73.6	24
199	415.0	73.6	24
200	424.7	72.5	24
201	433.9	69.3	24
202	442.2	64.1	24
203	449.1	57.2	24
204	454.3	48.9	24
205	457.5	39.7	24
206	458.6	30.0	24
207	458.6	20.0	24
208	458.6	10.0	24
209	458.6	0.0	24
210	458.6	-10.0	24
211	458.6	-20.0	24
212	458.6	-30.0	24

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	12734.01	455.49	-11142.71	41.86	-870.77
2	24749.01	-171.51	19634.17	-15.76	891.46
3	15180.32	-3669.33	10311.09	-337.25	867.97
4	20092.56	3924.64	-13924.40	360.72	-879.65
5	15825.90	18.65	26254.31	1.71	1466.10
6	20511.73	232.07	-26254.31	21.33	-1466.10
7	12886.60	-26560.90	11758.80	2755.82	-873.95
8	14453.40	26877.60	-11758.80	-2726.72	873.95
9	13202.70	-27202.10	11758.80	2696.89	-873.95
10	14137.40	27518.80	-11758.80	-2667.79	873.95
11	13179.10	-8045.54	38962.00	822.27	-2912.31
12	14160.20	8369.99	-38962.00	-792.45	2912.31

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.6 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Copriferro netto minimo staffe: 3.2 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	12734.01	455.49	-11142.71	12733.82	4946.75	-128062.79	11.49	
959.1(394.6)									
2	S	24749.01	-171.51	19634.17	24749.26	-1063.73	168112.89	8.56	
959.1(394.6)									
3	S	15180.32	-3669.33	10311.09	15180.15	-23124.37	65762.44	6.37	
959.1(394.6)									
4	S	20092.56	3924.64	-13924.40	20092.84	23638.37	-83245.69	5.98	
959.1(394.6)									
5	S	15825.90	18.65	26254.31	15826.01	2.91	143746.75	5.48	
959.1(394.6)									
6	S	20511.73	232.07	-26254.31	20511.77	1033.48	-156286.63	5.95	
959.1(394.6)									
7	S	12886.60	-26560.90	11758.80	12886.86	-27271.86	11965.47	1.03	
959.1(394.6)									
8	S	14453.40	26877.60	-11758.80	14453.67	28034.25	-12394.95	1.04	
959.1(394.6)									
9	S	13202.70	-27202.10	11758.80	13202.45	-27443.71	11850.46	1.01	
959.1(394.6)									
10	S	14137.40	27518.80	-11758.80	14137.37	27904.18	-12036.03	1.02	
959.1(394.6)									
11	S	13179.10	-8045.54	38962.00	13179.38	-18575.33	88462.85	2.27	
959.1(394.6)									
12	S	14160.20	8369.99	-38962.00	14160.13	19315.76	-88209.39	2.27	
959.1(394.6)									

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

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Deform. unit. massima del calcestruzzo 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	0.00091	-455.5	59.4	0.00088	-449.1	57.2	-0.00196	449.1	-57.2
2	0.00105	462.6	-45.5	0.00103	457.5	-39.7	-0.00196	-457.5	39.7
3	0.00126	415.0	-80.0	0.00117	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
4	0.00139	-415.0	80.0	0.00129	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
5	0.00088	465.0	30.0	0.00086	458.6	30.0	-0.00196	-458.6	-30.0
6	0.00098	-462.6	45.5	0.00096	-457.5	39.7	-0.00196	457.5	-39.7
7	0.00105	415.0	-80.0	0.00093	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

8	0.00108	-415.0	80.0	0.00096	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
9	0.00105	415.0	-80.0	0.00093	415.0	-73.6	-0.00196	-415.0	73.6
10	0.00107	-415.0	80.0	0.00095	-415.0	73.6	-0.00196	415.0	-73.6
11	0.00123	415.0	-80.0	0.00116	424.7	-72.5	-0.00196	-424.7	72.5
12	0.00126	-415.0	80.0	0.00118	-424.7	72.5	-0.00196	424.7	-72.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000002829	0.000002624	-0.000535859	----	----
2	0.000003220	-0.000000539	-0.000461762	----	----
3	0.000001149	-0.000014734	-0.000395218	----	----
4	-0.000001400	0.000014193	-0.000330972	----	----
5	0.000003076	0.000000002	-0.000545913	----	----
6	-0.000003140	0.000000526	-0.000498979	----	----
7	0.000000217	-0.000018368	-0.000514488	----	----
8	-0.000000223	0.000018554	-0.000498416	----	----
9	0.000000215	-0.000018419	-0.000511711	----	----
10	-0.000000217	0.000018535	-0.000502253	----	----
11	0.000001659	-0.000011775	-0.000398015	----	----
12	-0.000001617	0.000012180	-0.000386535	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 14 mm
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [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]
La resistenza dei pilastri è calcolata assumendo il valore di z (coppia interna))
I pesi della media sono le lunghezze delle strisce.(Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
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 calcestruzzo
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.proiettata sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	666.95	10767.96	4252.43	199.3 141.2	262.9	2.500	1.061	4.8	30.8(0.0)
2	S	881.83	21787.96	17118.33	643.1 568.4	125.3	2.500	1.119	1.6	30.8(0.0)
3	S	403.72	32464.52	3729.87	142.0 123.8	893.6	2.500	1.073	3.3	30.8(0.0)
4	S	445.32	32666.28	3702.95	142.2 122.9	886.3	2.500	1.096	3.7	30.8(0.0)
5	S	1466.10	29021.19	22633.46	844.9 751.5	131.3	2.500	1.076	2.0	30.8(0.0)
6	S	1449.49	21310.06	17143.80	639.6 569.2	124.7	2.500	1.098	2.6	30.8(0.0)
7	S	2765.96	32472.73	3716.97	141.5 123.4	906.2	2.500	1.062	22.9	30.8(0.0)
8	S	2737.02	32589.80	3702.59	141.4 122.9	906.6	2.500	1.069	22.8	30.8(0.0)
9	S	2706.90	32506.37	3713.35	141.4 123.3	906.8	2.500	1.063	22.4	30.8(0.0)
10	S	2677.84	32569.10	3705.32	141.4 123.0	906.7	2.500	1.068	22.3	30.8(0.0)
11	S	1220.56	27561.09	3700.41	141.1 122.9	771.6	2.500	1.063	10.2	30.8(0.0)
12	S	1168.86	29139.70	3732.50	141.7 123.9	805.2	2.500	1.068	9.6	30.8(0.0)

12.3.4 Sollecitazioni pali e soles pile n. 1 e 2

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".

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np5	Np4	Np8	
Ed SLV max N	-3008.69	-1716.01	-2583.08	-1290.40	
Ed SLV min N	-1626.30	-2868.37	-2051.92	-3293.98	
Ed SLV max My	-3151.99	-1766.08	-2726.38	-1340.47	
Ed SLV min My	-1483.01	-2818.30	-1908.62	-3243.92	
Ed SLV max Mx	-3088.30	-2680.52	-1680.67	-1272.89	-1272.89
Ed SLV min Mx	-1548.15	-1904.13	-2955.78	-3311.76	-3311.76

Tabella 12.3 Pila 1- - Sforzi normali nei pali - sisma SLV – NomDP

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np4	
Ed SLV max N	-3139.57	-1654.30	-2642.85	-1157.58	
Ed SLV min N	-1503.58	-2921.93	-2000.30	-3418.65	
Ed SLV max My	-3297.92	-1689.30	-2801.20	-1192.58	
Ed SLV min My	-1345.22	-2886.91	-1841.94	-3383.63	
Ed SLV max Mx	-3296.20	-2791.75	-1651.23	-1146.77	-1146.77
Ed SLV min Mx	-1348.58	-1784.54	-2993.56	-3429.52	-3429.52

Tabella 12.4 Pila 1 - Sforzi normali nei pali - sisma SLV - UBDP

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni nei pali pila2

	Np1	Np5	Np4	Np8	
Ed SLV max N	-3844.89	-1789.85	-3016.12	-961.08	
Ed SLV min N	-1167.45	-3201.82	-1996.21	-4030.59	
Ed SLV max My	-3860.43	-1802.87	-3031.66	-974.10	
Ed SLV min My	-1151.91	-3188.80	-1980.68	-4017.57	
Ed SLV max Mx	-4136.53	-3521.77	-1387.86	-773.10	-773.10
Ed SLV min Mx	-875.97	-1469.55	-3624.64	-4218.22	-4218.22

Tabella 12.5 Pila 2 - Sforzi normali nei pali - sisma SLV – NomDP

Sollecitazioni nei pali pila2

	Np1	Np2	Np3	Np4	
Ed SLV max N	-4103.05	-1716.12	-3090.08	-703.15	
Ed SLV min N	-912.59	-3272.36	-1925.56	-4285.33	
Ed SLV max My	-4119.00	-1728.76	-3106.02	-715.78	
Ed SLV min My	-896.66	-3259.73	-1909.64	-4272.71	
Ed SLV max Mx	-4463.81	-3762.39	-1104.91	-403.49	-403.49
Ed SLV min Mx	-553.32	-1223.54	-3912.21	-4582.43	-4582.43

Tabella 12.6 Pila2 - Sforzi normali nei pali - sisma SLV - UB DP

Confrontando i valori massimi di azione assiale in fase sismica, si rileva, per la pila n. 2:

$$N_{\max,UB} / N_{\max,NomDP} = 4582 / 4218 = 1.09$$

Tale incremento, che risulta essere comunque 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 rigidità dei dispositivi.

Qui di seguito si richiamano le sollecitazioni nei pali rilevati nella condizione S.L.U. per la pila 2.

Sollecitazioni nei pali pila1

	Np1	Np2	Np3	Np6	
SLU STR max N	-2886.81	-2847.73	-1920.33	-1881.25	
SLU STR min N	-3352.62	-3367.33	-4959.08	-4973.80	
SLU STR max My	-4333.32	-3996.62	-3165.67	-2828.98	
SLU STR min My	-1958.22	-2273.02	-3107.78	-3422.57	
SLU STR max Mx	-3888.47	-3883.64	-1699.18	-1694.35	-1694.35
SLU STR min Mx	-2527.75	-2506.66	-4717.03	-4695.94	-4973.80

Tabella 12.7 Sforzi normali nei pali – S.L.U. non sismica - NomDP

Come si nota, l'azione sismica per lo S.L.U. non sismico, permane rappresentativa ai fini del dimensionamento del palo.

Per quanto riguarda le sollecitazioni lungo il plinto, si sottolinea che le variazioni riscontrate in fase sismica con i parametri Upper Bound non risultano significative, dato che le azioni dimensionati risultano derivare dalla situazione non sismica.

12.3.5 Sollecitazioni fondazioni pile 3 e 4

Le pile n. 3 e 4 sono fondate su plinto "diretto".

L'analisi "upper bound" riporta in fondazione un incremento di sollecitazione flettente di entità paragonabile, percentualmente, a quello rilevato per gli spiccati pila.

Qui di seguito si riportano le sollecitazioni rilevate a intradosso plinto nell'analisi "upper bound" per la pila 3, che riporta le sollecitazioni maggiori.

Pila 3 sx - elem. 5

Combination	N (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mt (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
Ed SLV max N	-15649.70	2307.04	874.61	30.30	10016.30	20482.50
Ed SLV min N	-17231.00	-2336.05	-874.61	-30.30	-10016.30	-20740.00
Ed SLV max My	-15965.90	2365.96	874.61	30.30	10016.30	21005.60
Ed SLV min My	-16914.80	-2394.97	-874.61	-30.30	-10016.30	-21263.20
Ed SLV max Mx	-15746.70	699.28	2915.09	100.77	33187.20	6208.37
Ed SLV min Mx	-17133.30	-729.01	-2915.09	-100.77	-33187.20	-6472.33

Tabella 12.8 Sollecitazioni intradosso fondazione pila 3 - Upper Bound Analysis

Per confronto con l'analisi con valori nominali, si rileva:

$$M_{y\max,UB} / M_{y\max,NomDP} = 20740 / 18482 = 1.12$$

$$M_{z\max,UB} / M_{z\max,NomDP} = 33187 / 27148 = 1.22$$

I valori dei fattori di sicurezza delle verifiche strutturali e geotecniche calcolati con i DP nominali sono ampiamente superiori ai predetti incrementi di sollecitazione.

12.3.6 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 320 mm.

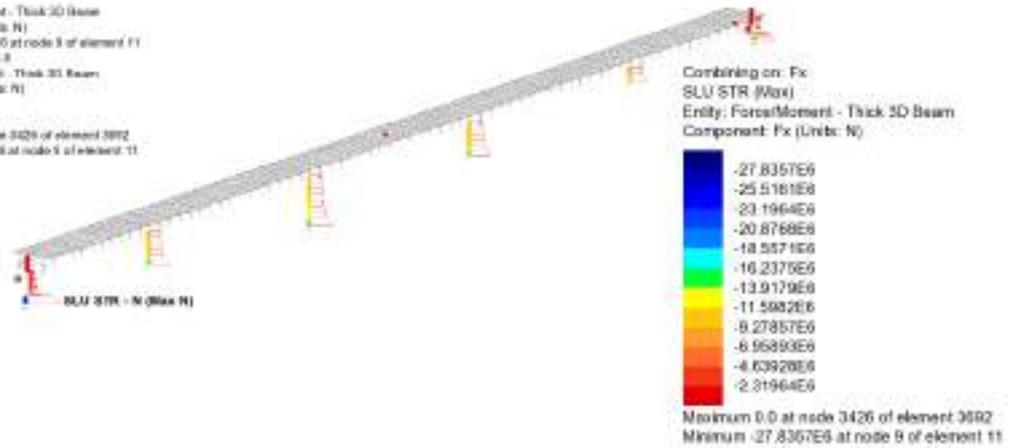
Si evidenzia che gli spostamenti rilevati in condizioni LB per sisma SLV risultano comunque pienamente compatibili con il varco prescelto, che risulta essere di 350 mm.

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

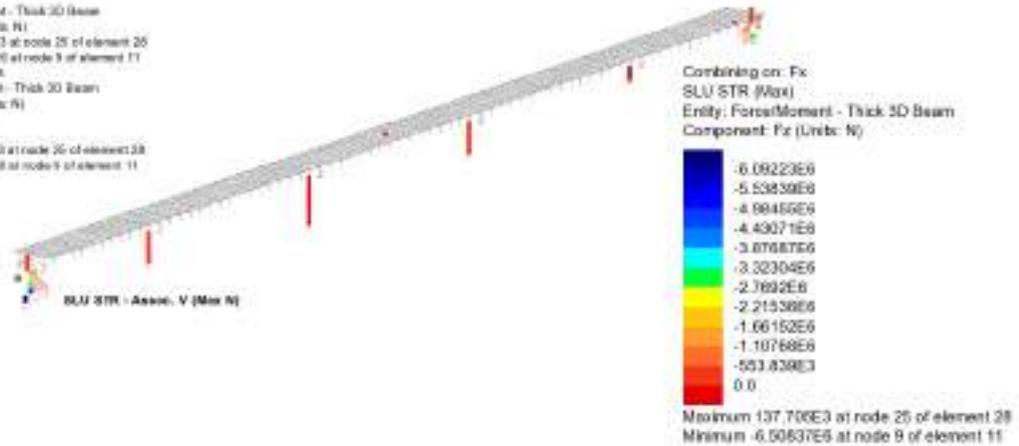
ALLEGATO 1 SOLLECITAZIONI IN ELEVAZIONE E SUI PALI

Sollecitazioni in elevazione

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 27.8367E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.000000E+9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.31964E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3092
Contour minimum: -27.8367E6 at node 9 of element 11



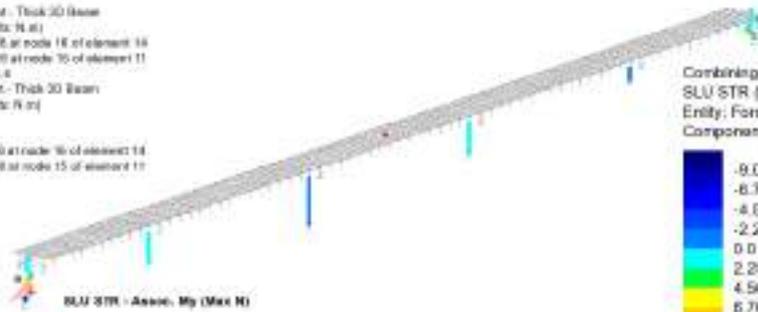
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 137.700E3 at node 26 of element 28
Diagram minimum: -6.00637E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.000000E+9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 600.839E3
Contour maximum: 137.700E3 at node 26 of element 28
Contour minimum: -6.00637E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.1750E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -8.88415E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.882223E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.25497E6
Contour maximum: 17.1750E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -8.88415E6 at node 15 of element 11



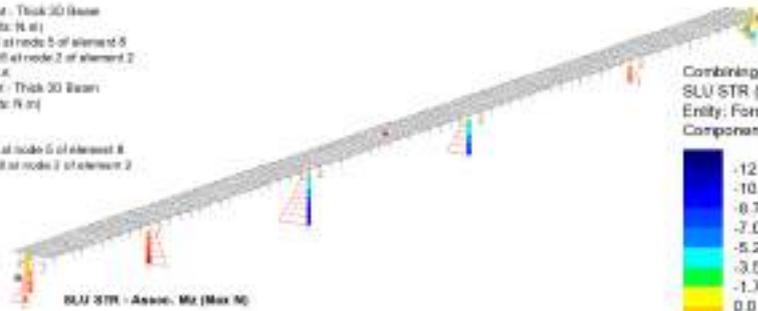
Combining on: Fx
SLU STR (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 17.1750E6 at node 16 of element 14
Minimum -8.88415E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 8.1856E6 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -12.8864E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1 : 8.716011E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.718E6
Contour maximum: 8.1856E6 at node 5 of element 8
Contour minimum: -12.8864E6 at node 2 of element 2



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

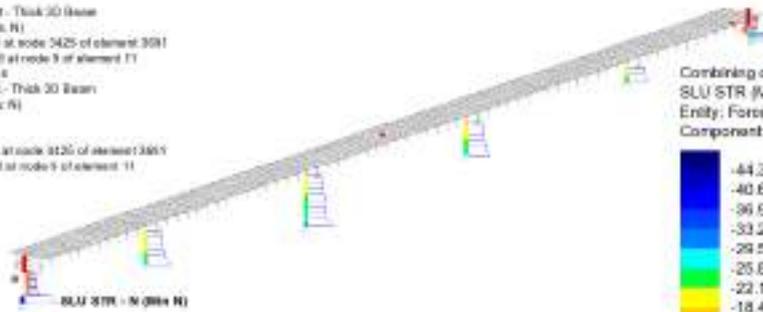


Maximum 8.1856E6 at node 5 of element 8
Minimum -12.8864E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.791
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -167.67E3 at node 3425 of element 3691
Diagram minimum: -44.5381E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 6.204027E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.88703E8
Contour maximum: -167.67E3 at node 3425 of element 3691
Contour minimum: -44.5381E3 at node 9 of element 11



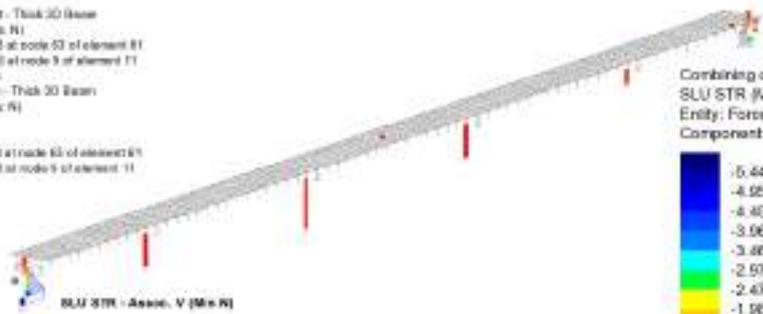
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum: -167.67E3 at node 3425 of element 3691
Minimum: -44.5381E3 at node 9 of element 11

Scale: 1:965.791
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Mk)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.739819E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 495.034E3
Contour maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11



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

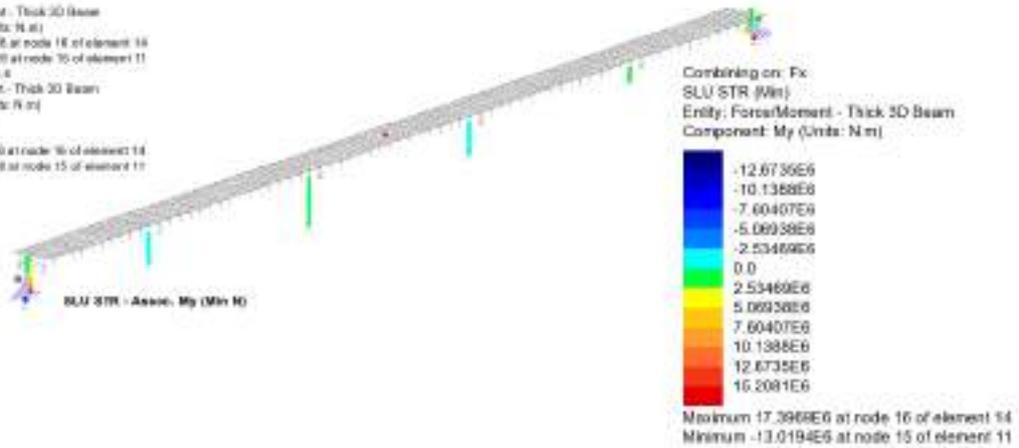


Maximum: 192.00E3 at node 63 of element 61
Minimum: -5.7484E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

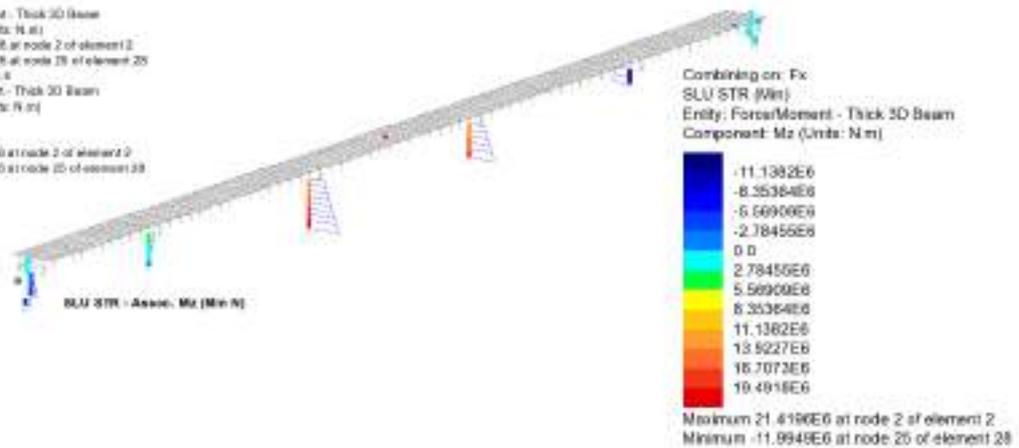
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17,3968E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -13,0194E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1:3,814016E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,53469E6
Contour maximum: 17,3968E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -13,0194E6 at node 15 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLU STR (Win)

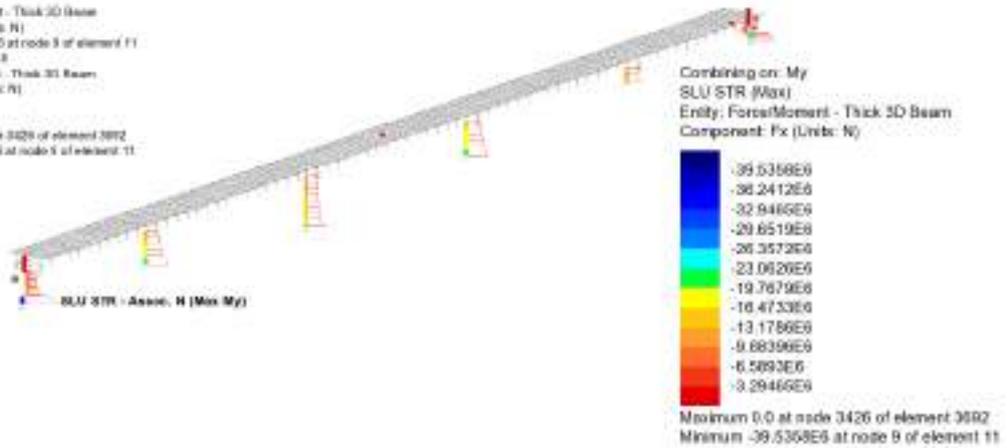
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 21,4196E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -11,9945E6 at node 20 of element 28
Diagram scale: 1:3,814016E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,78455E6
Contour maximum: 21,4196E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -11,9945E6 at node 20 of element 28



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

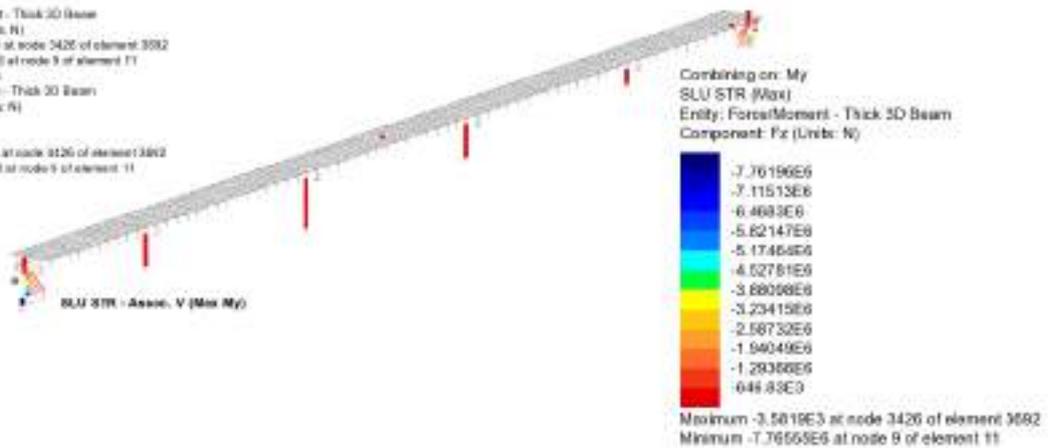
Scale: 1:965.781
Zoon: 190.6
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -39.5368E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.29209E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.29465E9
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -39.5368E9 at node 9 of element 11



Scale: 1:965.781
Zoon: 190.6
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

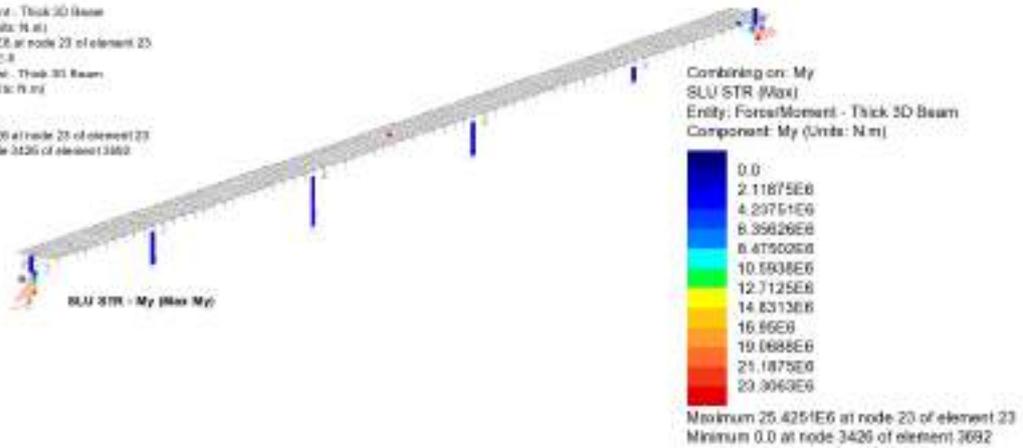
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -3.5819E9 at node 3426 of element 3892
Diagram minimum: -7.76555E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.28776E+9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 646.83E5
Contour maximum: -3.5819E9 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -7.76555E9 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

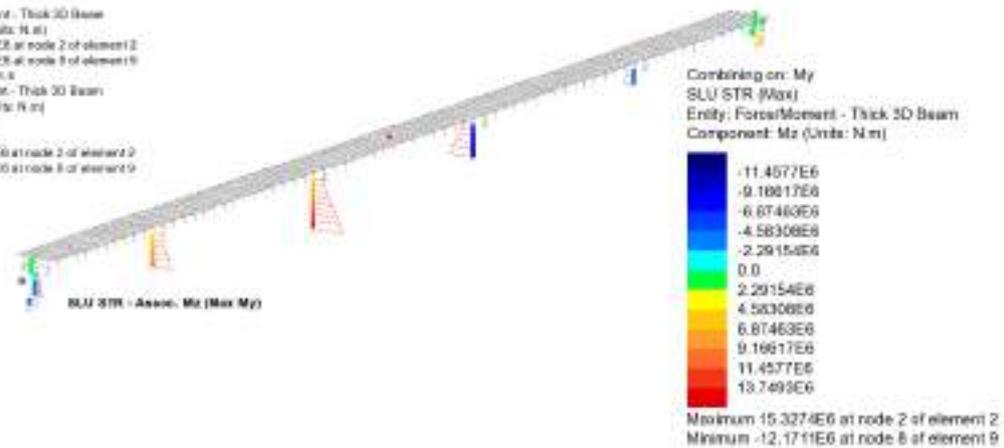
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 25.4251E6 at node 20 of element 25
Diagram scale: 1.00E+01
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.11875E6
Contour maximum: 25.4251E6 at node 20 of element 25
Contour minimum: 0.0 at node 3426 of element 3492



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Max)

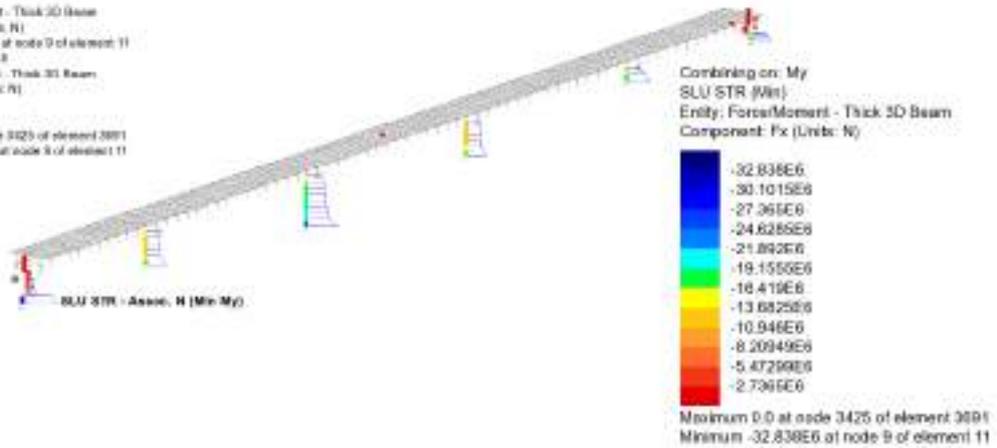
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 15.3274E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -12.1711E6 at node 8 of element 9
Diagram scale: 1.00E+01
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.29154E6
Contour maximum: 15.3274E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -12.1711E6 at node 8 of element 9



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

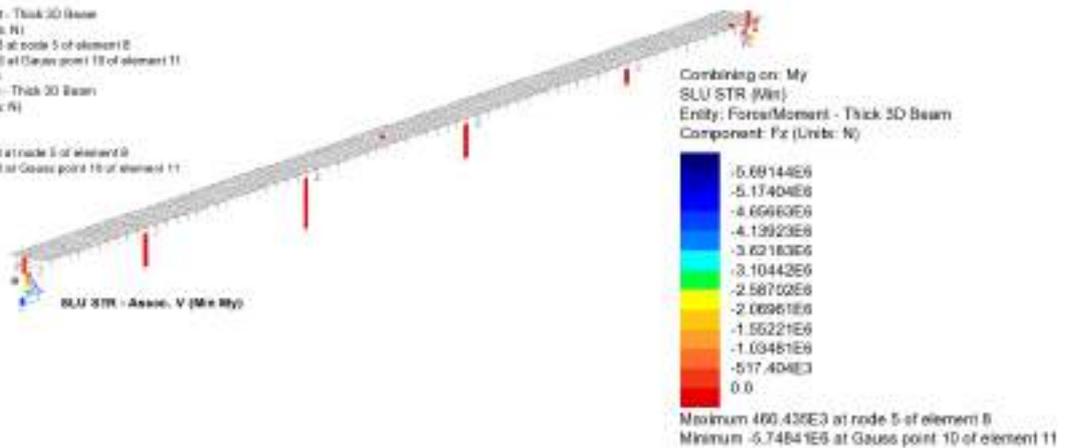
Scale: 1:965,781
Zoom: 100%
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 32.838E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8.384629E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.7369E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: 32.838E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 100%
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Win)

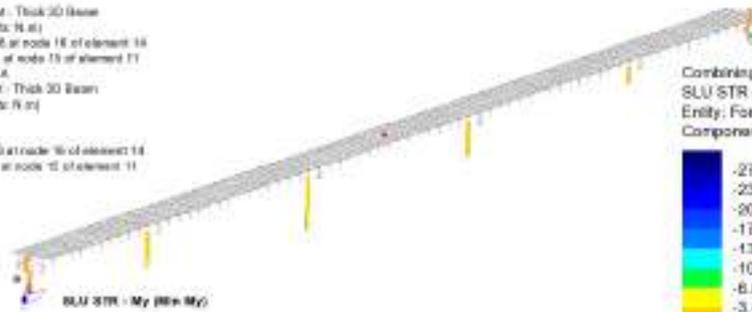
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 460.430E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.74841E5 at Gauss point 10 of element 11
Diagram scale: 1: 1.798039E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 8.11404E3
Contour maximum: 460.430E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.74841E5 at Gauss point 10 of element 11



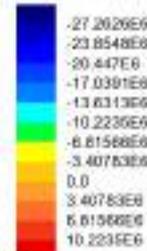
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801973, -0.946642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Mn)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1:3.330211E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.40783E6
Contour maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11



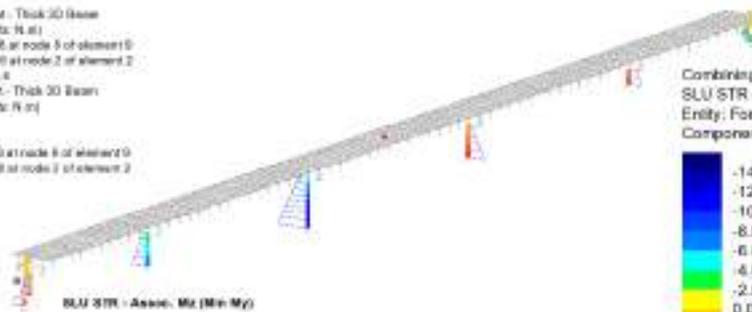
Combining on: My
SLU STR (Mn)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 10.2389E6 at node 16 of element 14
Minimum: -30.6556E6 at node 15 of element 11

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801973, -0.946642, 0.230336)
Combining on: My
SLU STR (Mn)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Diagram minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1:3.442513E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.81143E6
Contour maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Contour minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2



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

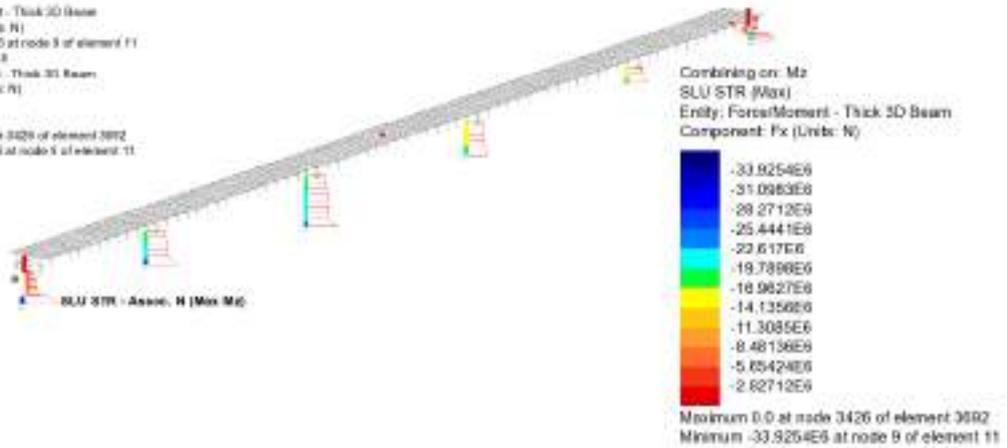


Maximum: 8.56827E6 at node 6 of element 9
Minimum: -15.5688E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

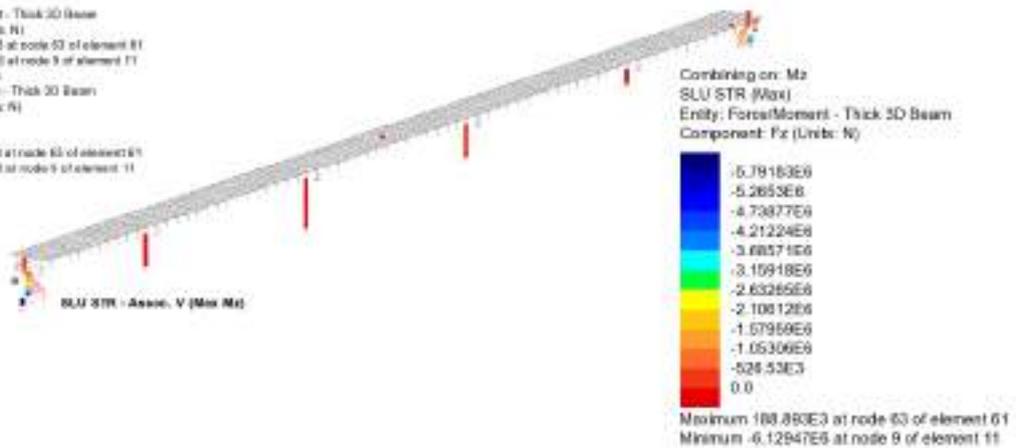
Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -33,9254E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,2547E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,82712E9
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -33,9254E9 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

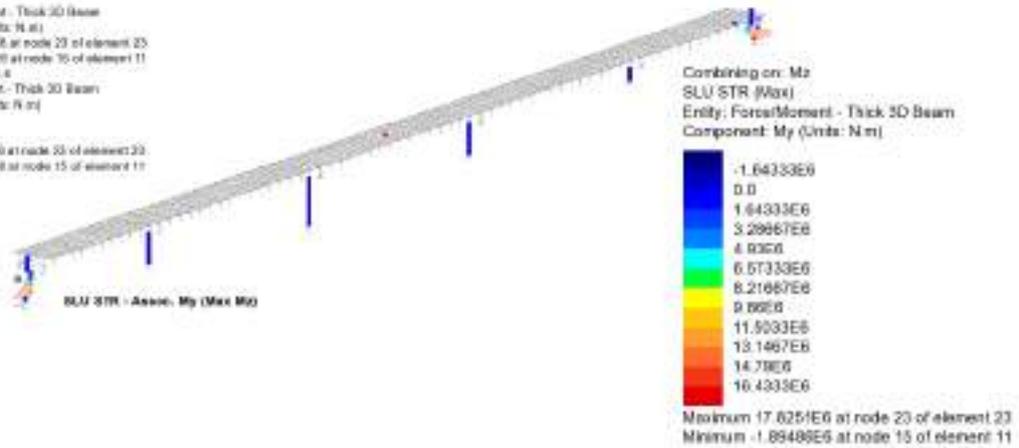
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 188,893E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -6,12947E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,40148E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 526,93E3
Contour maximum: 188,893E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -6,12947E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

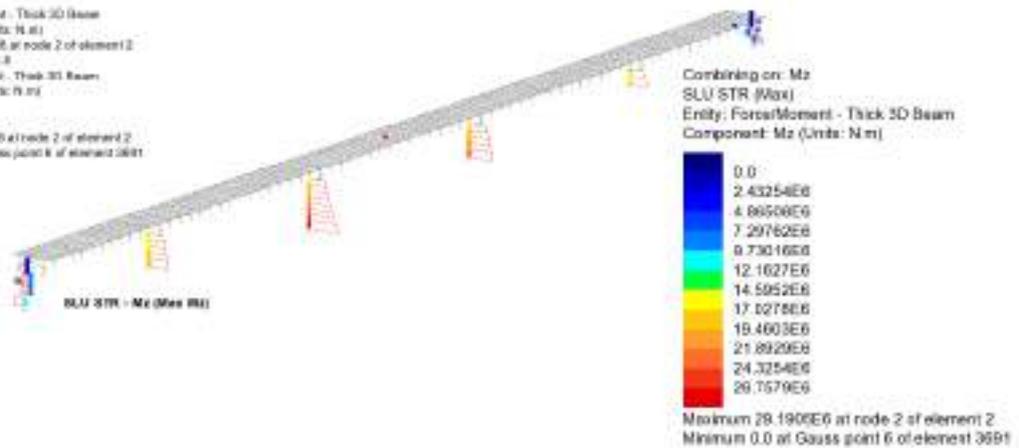
Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.6251E6 at node 23 of element 23
Diagram minimum: -1.89498E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.8342977E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.834297E8
Contour maximum: 17.6251E6 at node 23 of element 23
Contour minimum: -1.89498E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Max)

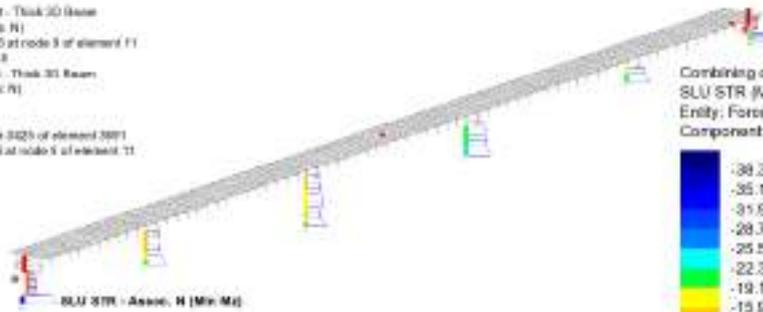
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 29.1905E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.8342977E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.43254E6
Contour maximum: 29.1905E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: 0.0 at Gauss point 6 of element 3691



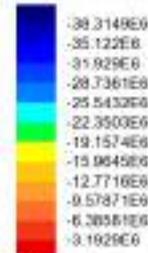
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -38,3149E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8,26708E,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3,1929E6
Contour maximum: 0,0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -38,3149E6 at node 9 of element 11



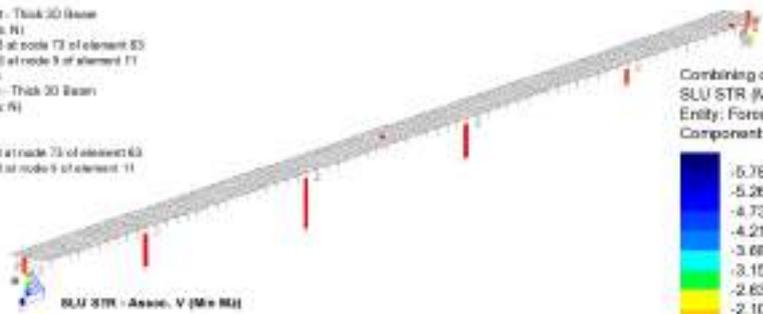
Combining on: Mz
SLU STR (Win)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



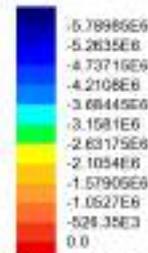
Maximum: 0,0 at node 3425 of element 3891
Minimum: -38,3149E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 188,890E3 at node 73 of element 63
Diagram minimum: -6,12731E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,40208E,8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 626,318E3
Contour maximum: 188,890E3 at node 73 of element 63
Contour minimum: -6,12731E3 at node 9 of element 11



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

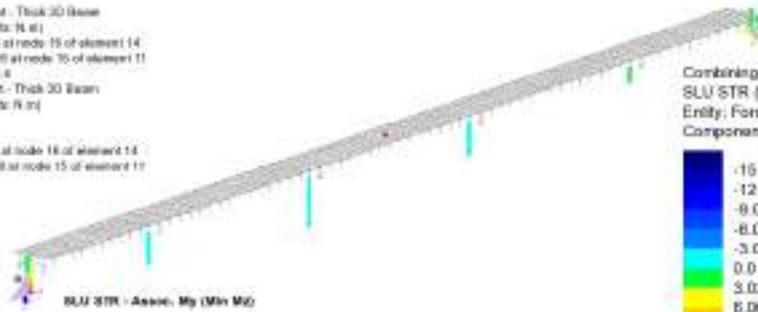


Maximum: 188,890E3 at node 73 of element 63
Minimum: -6,12731E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoon: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 18.605E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -16.7015E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.838E+07
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.0354E6
Contour maximum: 18.605E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -16.7015E6 at node 15 of element 11



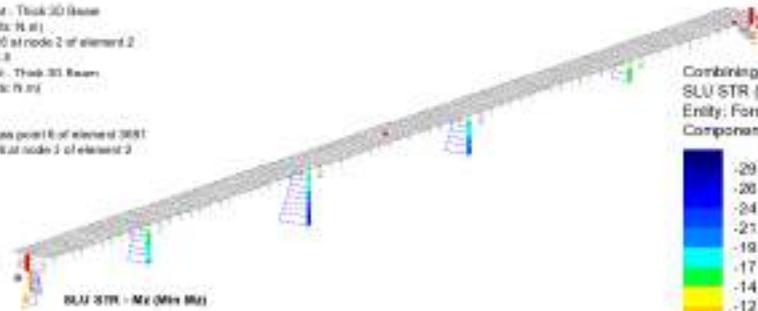
Combining on: Mz
SLU STR (Win)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



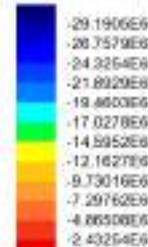
Maximum: 18.605E6 at node 16 of element 14
Minimum: -16.7015E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoon: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLU STR (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -29.1905E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.8342E+07
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 13
Contour interval: 2.43254E6
Contour maximum: 0.0 at Gauss point 6 of element 3691
Contour minimum: -29.1905E6 at node 2 of element 2



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

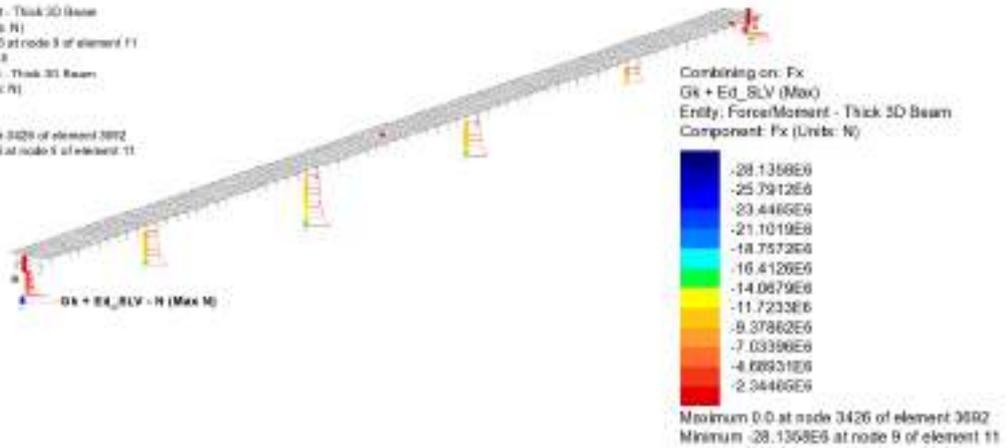


Maximum: 0.0 at Gauss point 6 of element 3691
Minimum: -29.1905E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

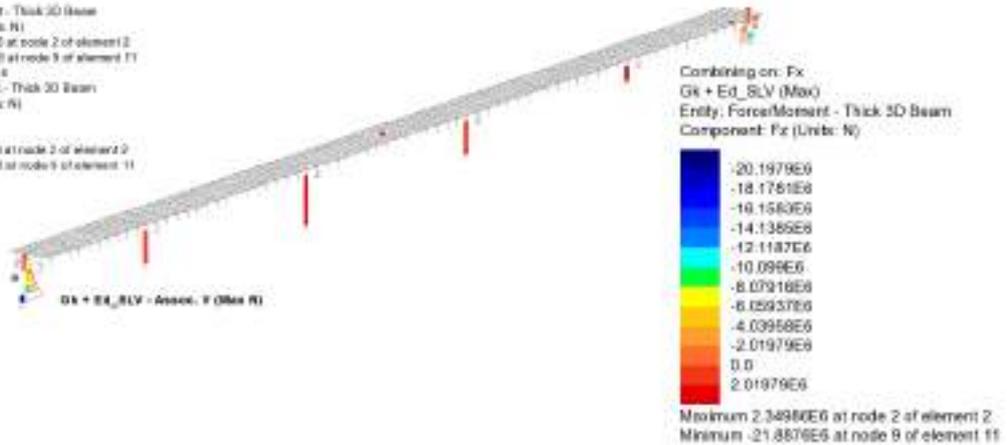
Scale: 1:865,781
Zoom: 190,6
Eye: (-0,891978, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28,1358E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8,395419E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,3446E6
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28,1358E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:865,781
Zoom: 190,6
Eye: (-0,891978, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

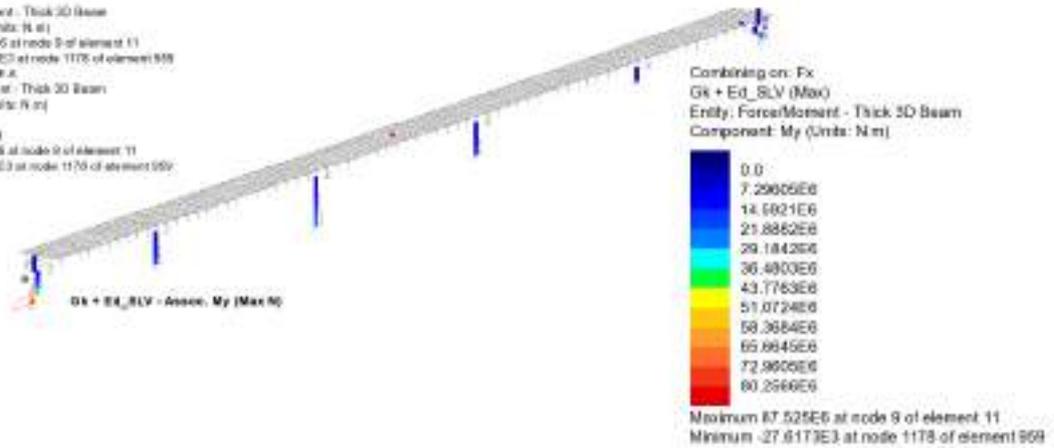
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 2,34980E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -21,8876E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8,48979E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,01979E6
Contour maximum: 2,34980E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -21,8876E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

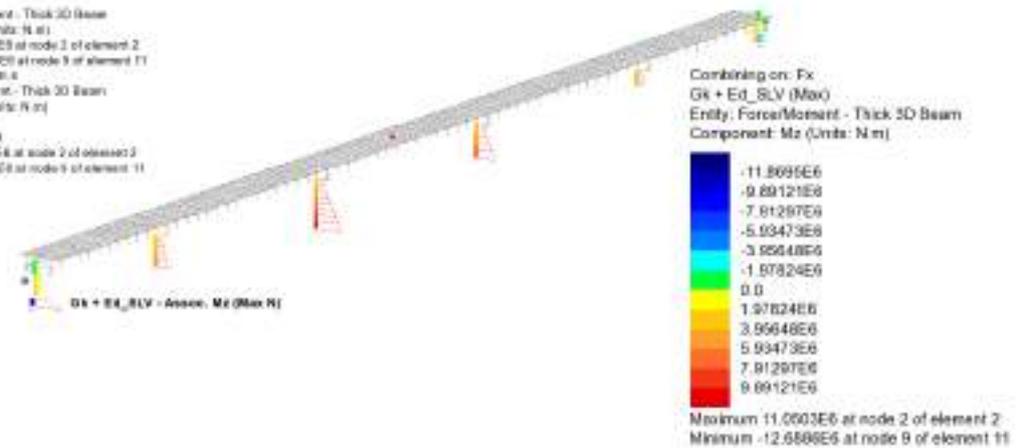
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N m)
Diagram maximum: 87.525E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -27.6173E6 at node 1178 of element 909
Diagram scale: 1.0E+003 N m
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.29605E6
Contour maximum: 87.525E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -27.6173E6 at node 1178 of element 909



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

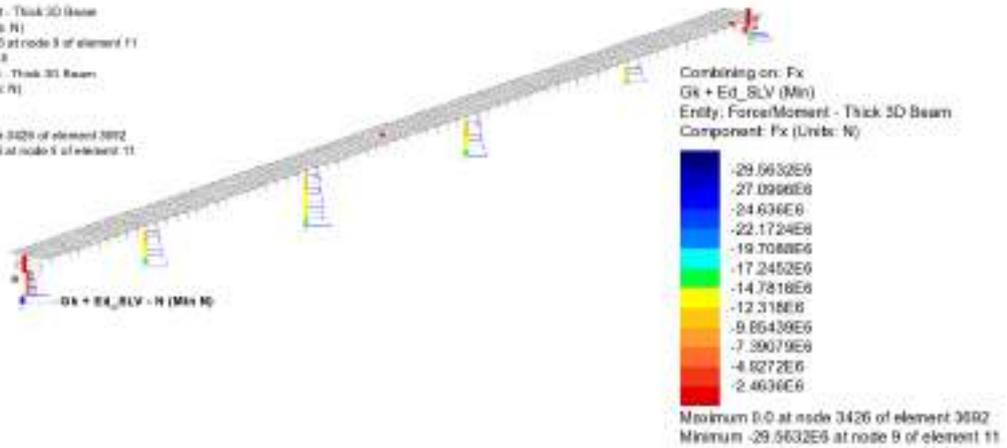
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N m)
Diagram maximum: 11.6903E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -12.6886E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.0E+003 N m
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.97824E6
Contour maximum: 11.6903E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -12.6886E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

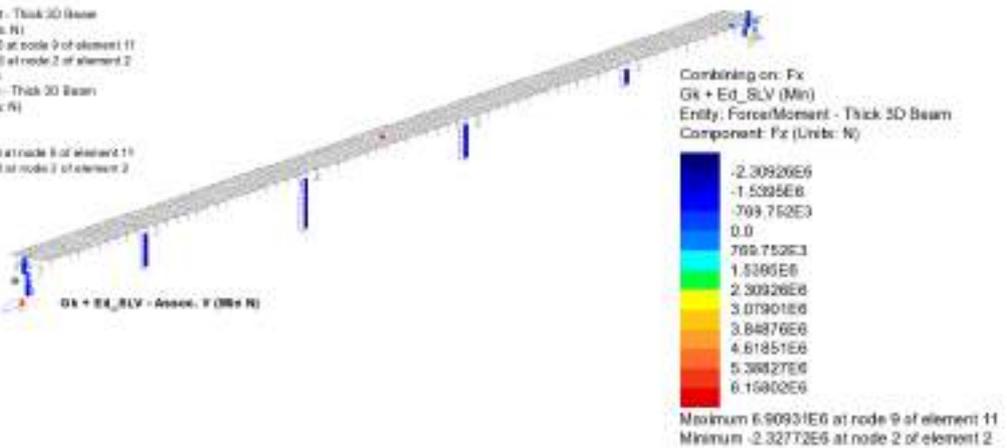
Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801973, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -29,56326E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,338299E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,4636E6
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29,56326E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801973, -0,946642, 0,230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)

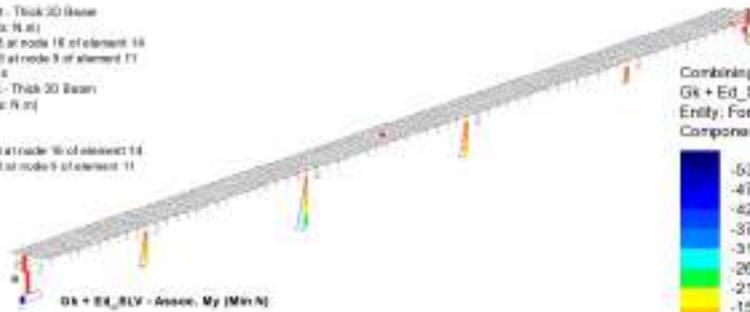
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 6,80931E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -2,32726E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1: 1,61739E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 799,752E3
Contour maximum: 6,80931E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -2,32726E6 at node 2 of element 2



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 5.52344E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -58.3015E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 5.375022E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 5.31875E6
Contour maximum: 5.52344E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -58.3015E6 at node 9 of element 11



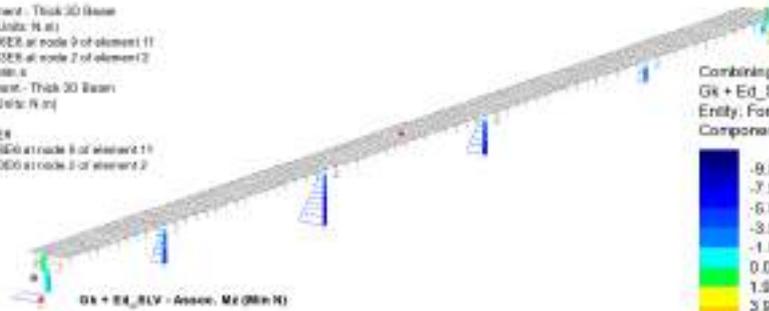
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 5.52344E6 at node 16 of element 14
Minimum -58.3015E6 at node 9 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.688E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -11.0503E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1 : 5.798188E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.81824E6
Contour maximum: 12.688E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -11.0503E6 at node 2 of element 2



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

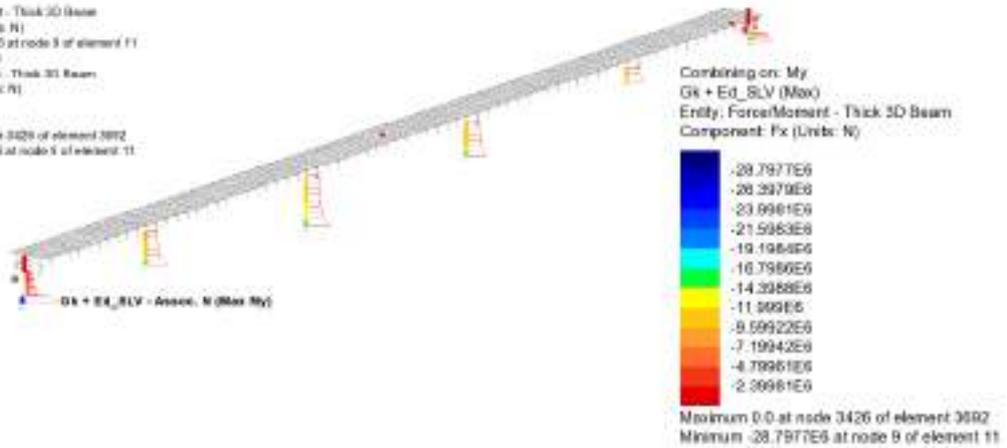


Maximum 12.688E6 at node 9 of element 11
Minimum -11.0503E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

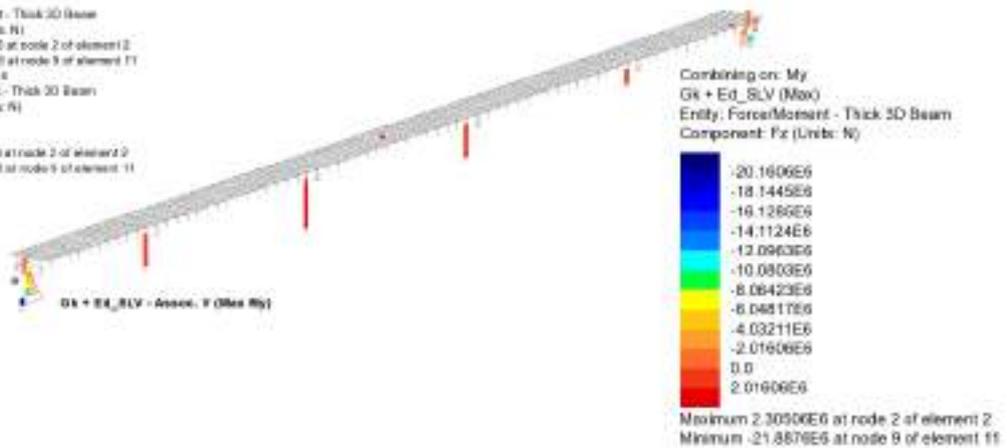
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.7977E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.534728E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.39881E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.7977E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

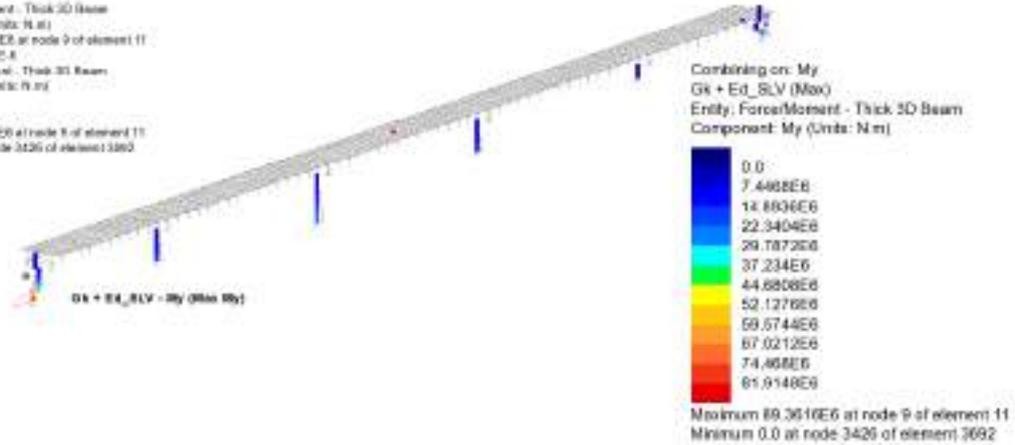
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 2.30500E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -21.8876E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.3488979E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.01606E6
Contour maximum: 2.30500E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -21.8876E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

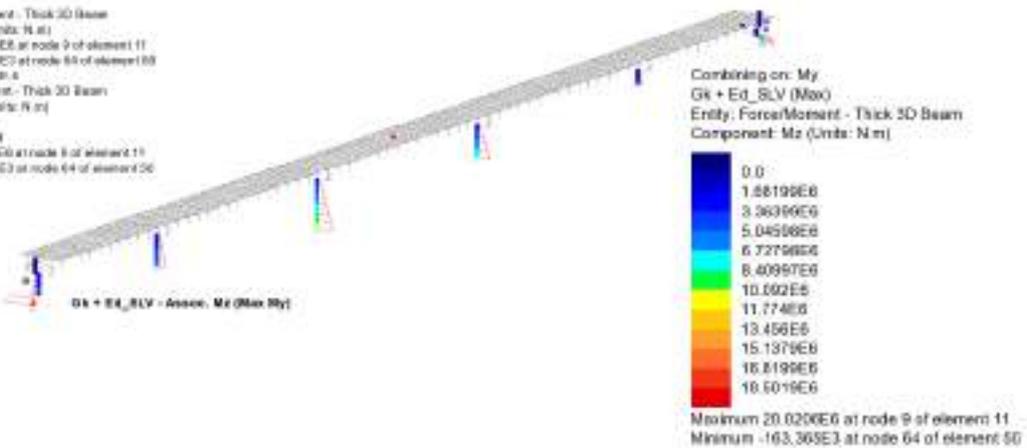
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 89.3610E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.4468E6
Contour maximum: 89.3610E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: 0.0 at node 3426 of element 3692



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (+0.001978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

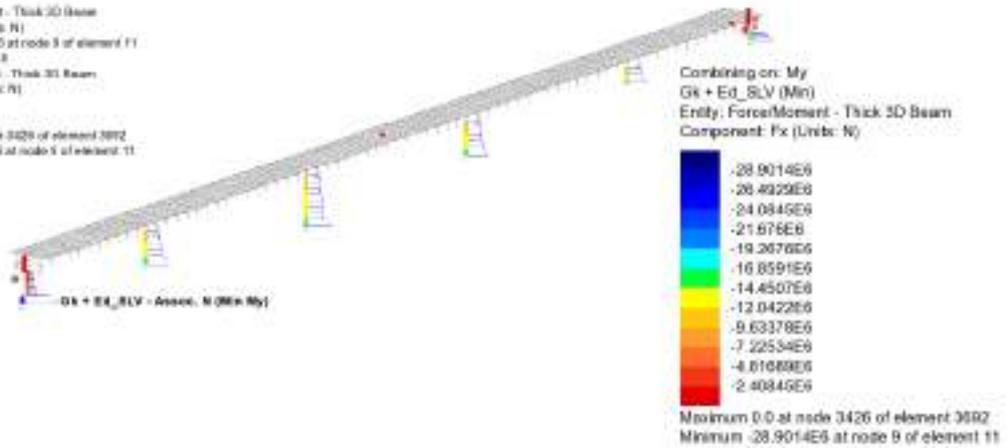
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 20.0200E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -163.305E3 at node 64 of element 50
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.6719E6
Contour maximum: 20.0200E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -163.305E3 at node 64 of element 50



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

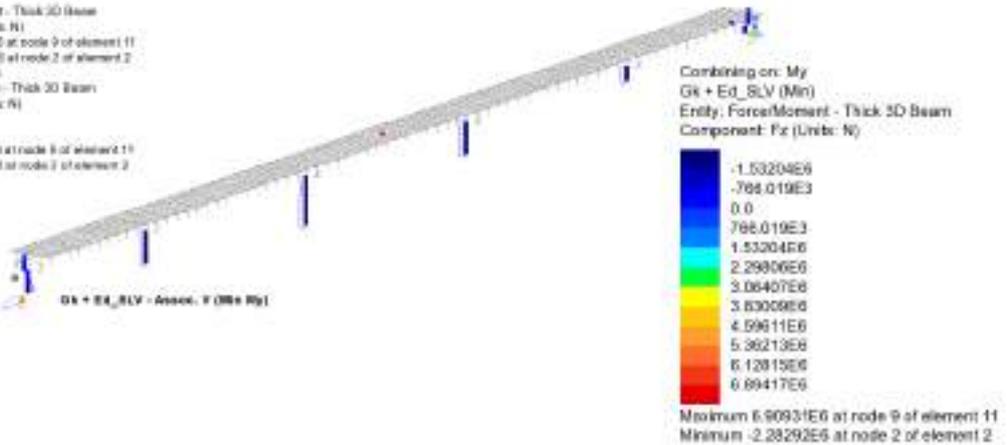
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.9014E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 5.94609E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.40845E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.9014E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Max)

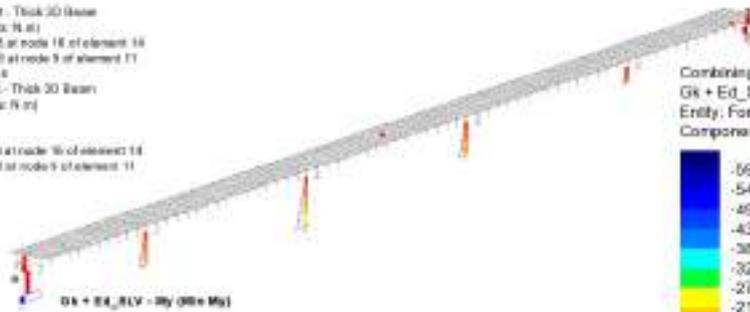
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 6.80931E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -2.28292E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1 : 1.61739E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 786.519E3
Contour maximum: 6.80931E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -2.28292E6 at node 2 of element 2



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 5.27520E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -60.1381E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.5360280E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 8.45111E6
Contour maximum: 5.27520E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -60.1381E6 at node 9 of element 11



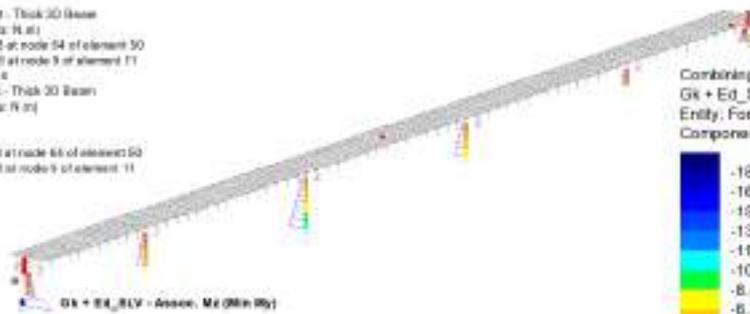
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 5.27520E6 at node 16 of element 14
Minimum -60.1381E6 at node 9 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 163.366E3 at node 54 of element 50
Diagram minimum: -20.0206E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.3499480E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.88719E4
Contour maximum: 163.366E3 at node 54 of element 50
Contour minimum: -20.0206E3 at node 9 of element 11



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

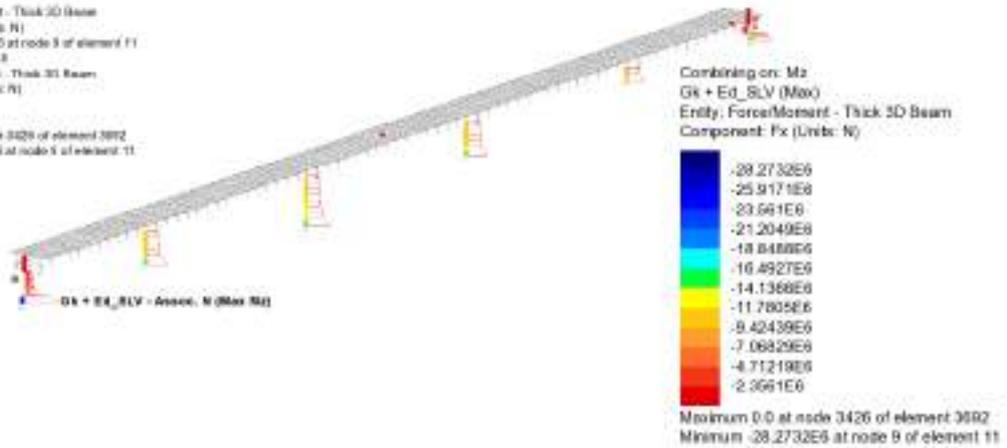


Maximum 163.366E3 at node 54 of element 50
Minimum -20.0206E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

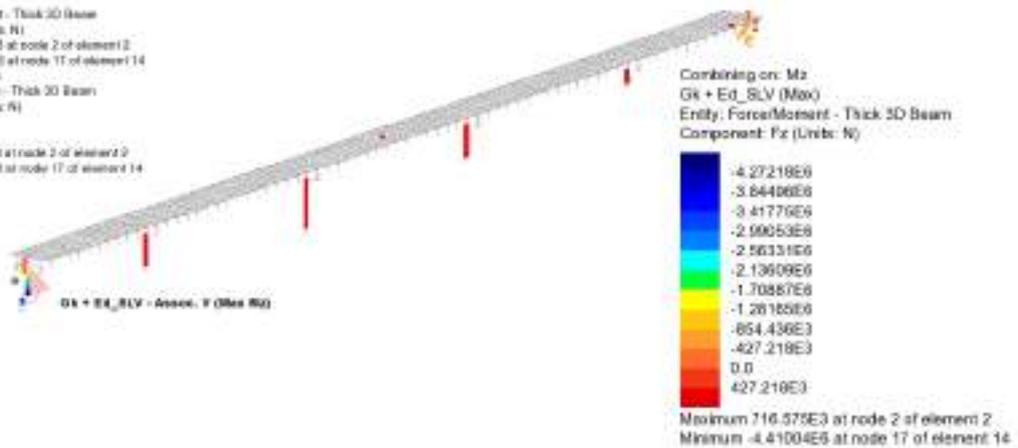
Scale: 1:965.781
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.2732E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.357682E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.3681E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.2732E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965.781
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

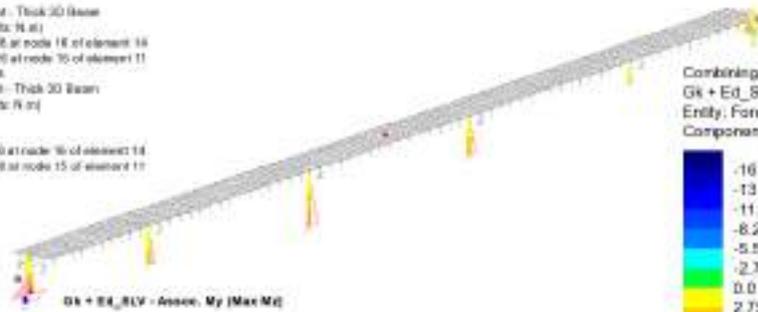
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 716.575E3 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -4.41004E5 at node 17 of element 14
Diagram scale: 1: 2.26798E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 427.218E3
Contour maximum: 716.575E3 at node 2 of element 2
Contour minimum: -4.41004E5 at node 17 of element 14



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 16.3450E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -16.8923E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.88908E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.75317E6
Contour maximum: 16.3450E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -16.8923E6 at node 15 of element 11



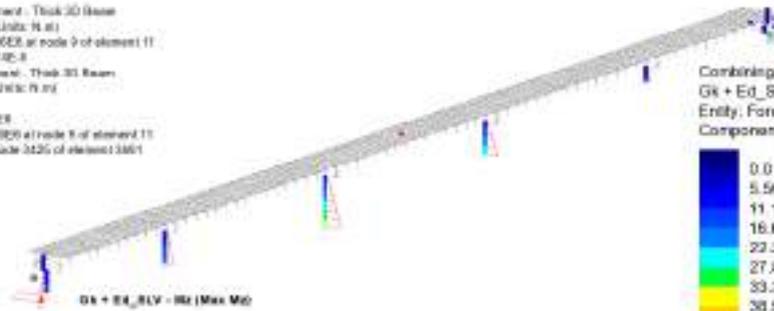
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 16.3450E6 at node 16 of element 14
Minimum: -16.8923E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 66.7220E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: 0.0 at node 3425 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.148078E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 5.56021E6
Contour maximum: 66.7220E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: 0.0 at node 3425 of element 11



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

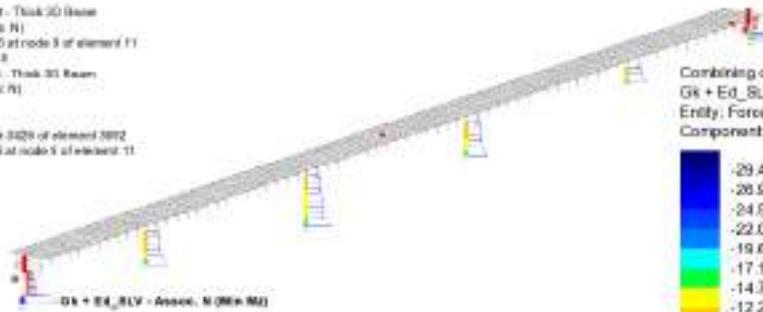


Maximum: 66.7220E6 at node 9 of element 11
Minimum: 0.0 at node 3425 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000.000
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -29.4259E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.33937E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.45216E6
Contour maximum (0.0) at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29.4259E6 at node 9 of element 11



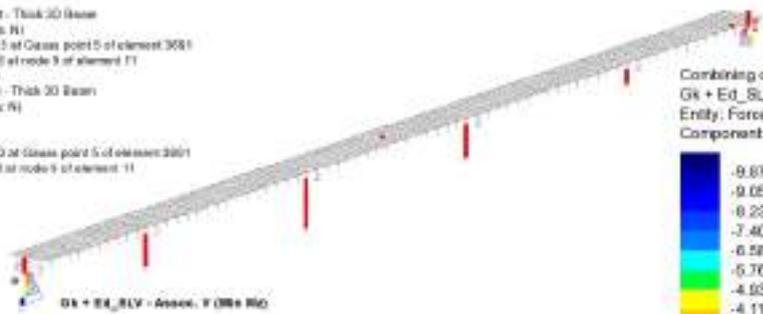
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 0.0 at node 3426 of element 3892
Minimum -29.4259E6 at node 9 of element 11

Scale: 1.000.000
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 9.87247E6 at Gauss point 5 of element 3891
Diagram minimum: -8.88697E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.01143E+9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 820.111E3
Contour maximum: 9.87247E6 at Gauss point 5 of element 3891
Contour minimum: -8.88697E6 at node 9 of element 11



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

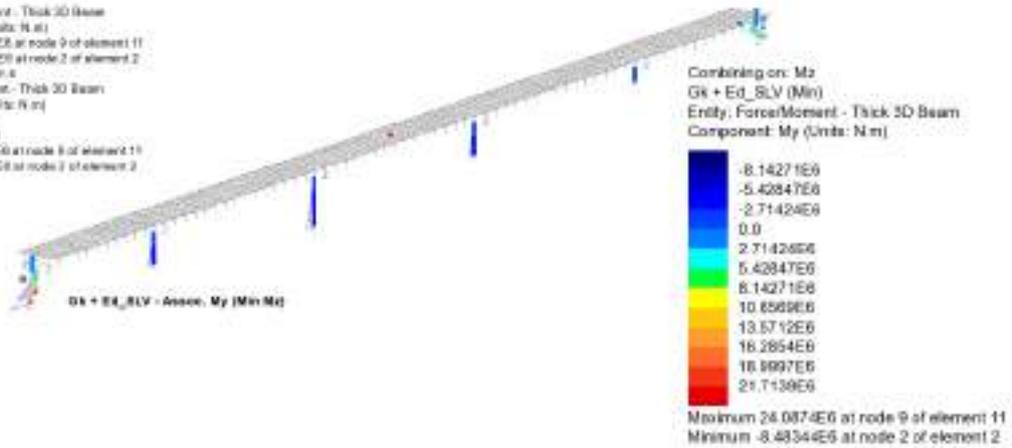


Maximum 9.87247E6 at Gauss point 5 of element 3891
Minimum -8.88697E6 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

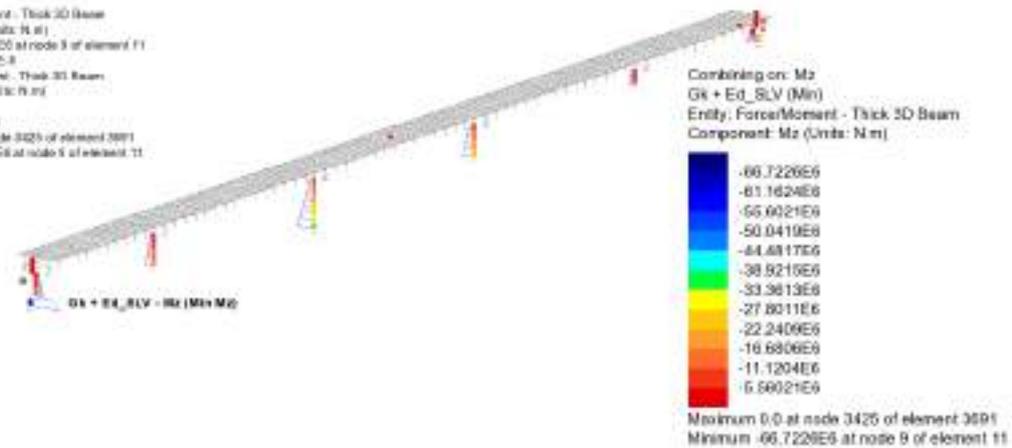
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 24.0874E6 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -8.48344E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1 : 8.418188E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.71424E6
Contour maximum: 24.0874E6 at node 9 of element 11
Contour minimum: -8.48344E6 at node 2 of element 2



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
Gk + Ed_SLV (Min)

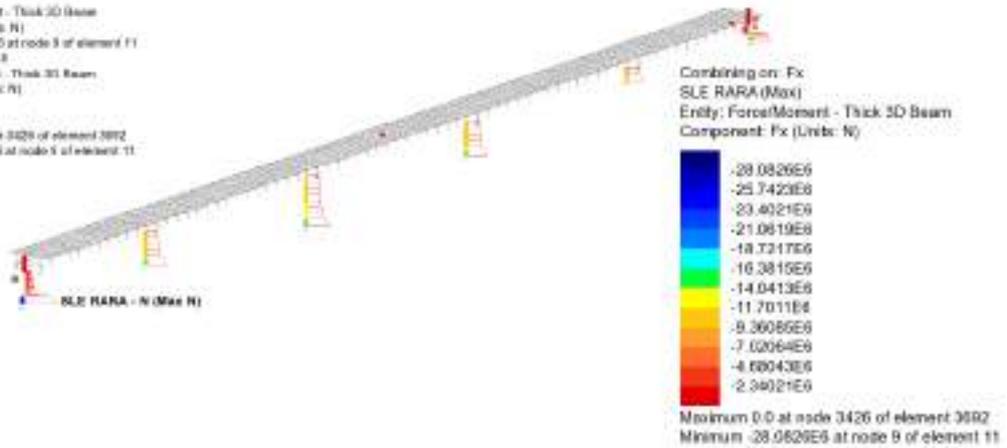
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -66.7228E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.148978E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 5.5621E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3691
Contour minimum: -66.7228E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

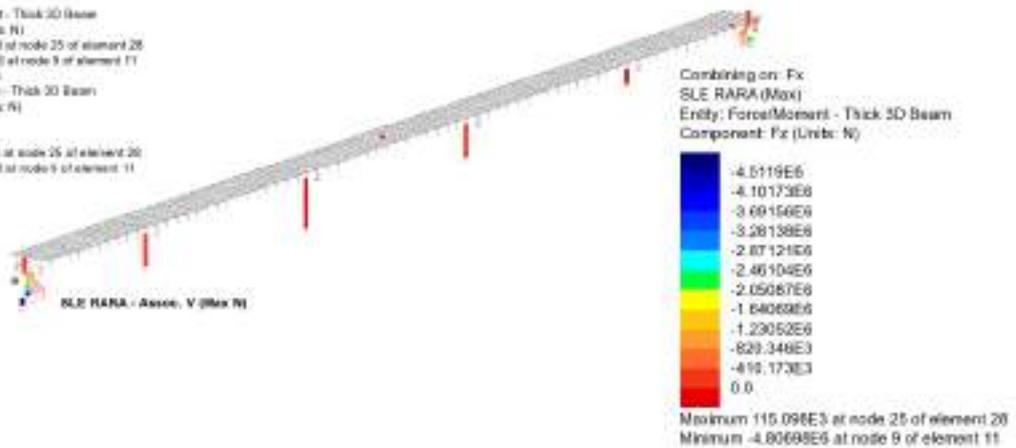
Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 28.902605 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.390830E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.34021E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.902605 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

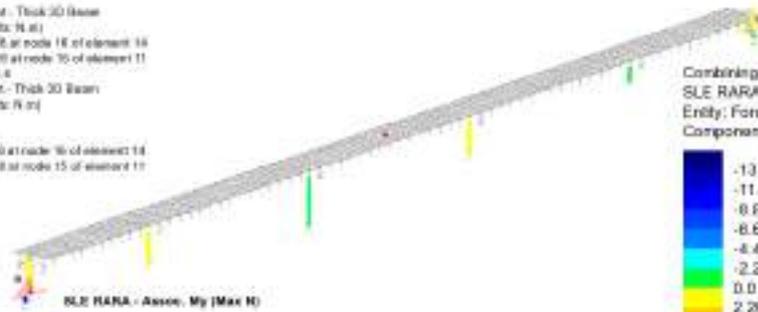
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 115.09823 at node 25 of element 28
Diagram minimum: -4.8069823 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 3.080339E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 4.10173E3
Contour maximum: 115.09823 at node 25 of element 28
Contour minimum: -4.8069823 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.6161E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -13.8512E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.67218E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.20561E6
Contour maximum: 12.6161E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -13.8512E6 at node 15 of element 11



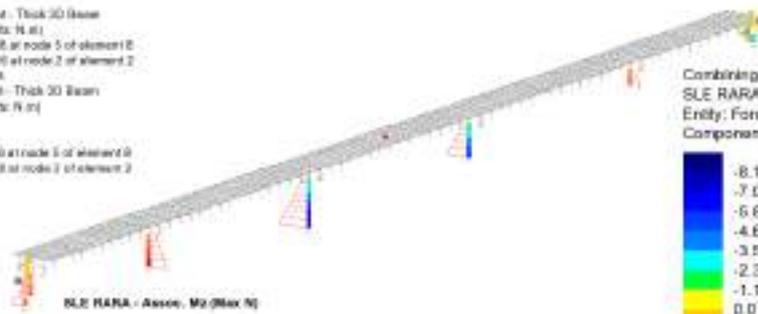
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 12.6161E6 at node 16 of element 14
Minimum: -13.8512E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 5.48044E6 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -8.52902E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.16745E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.16745E6
Contour maximum: 5.48044E6 at node 5 of element 8
Contour minimum: -8.52902E6 at node 2 of element 2



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

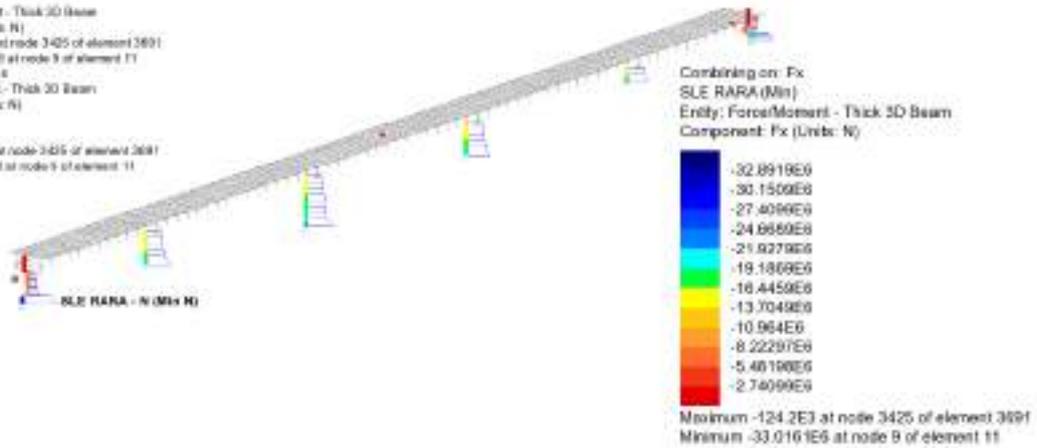


Maximum: 5.48044E6 at node 5 of element 8
Minimum: -8.52902E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

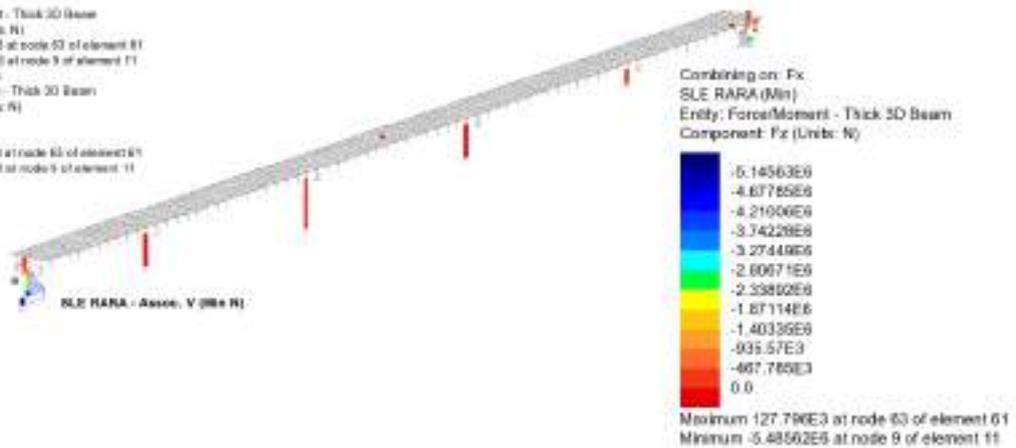
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -124,2E3 at node 3425 of element 3691
Diagram minimum: -33,0161E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 8,302983E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,74099E8
Contour maximum: -124,2E3 at node 3425 of element 3691
Contour minimum: -33,0161E3 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

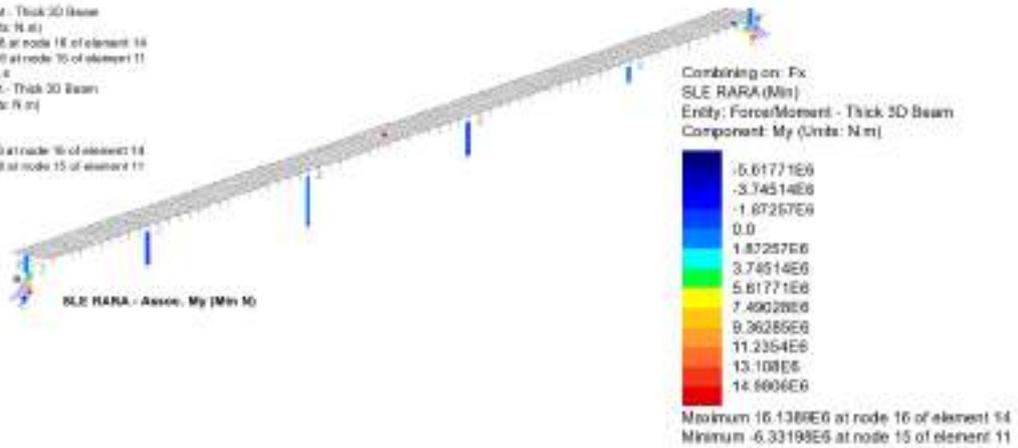
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 127,790E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -5,48502E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,80298E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 497,798E3
Contour maximum: 127,790E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -5,48502E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

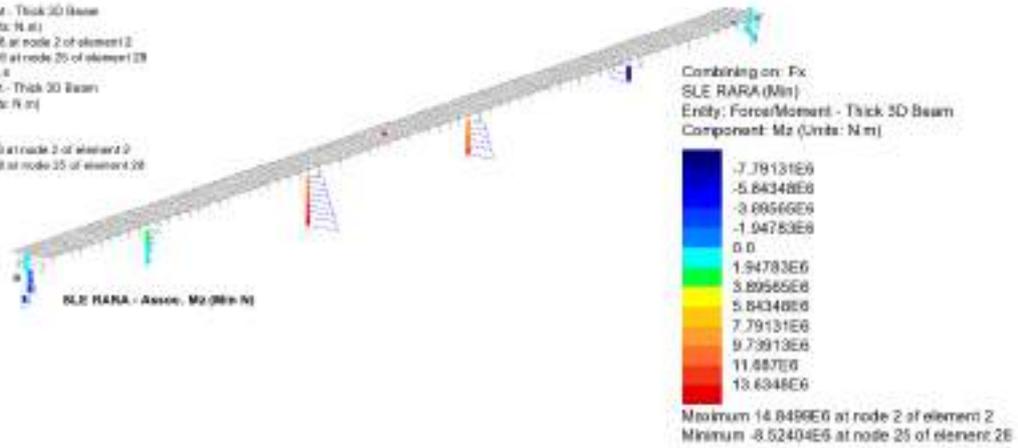
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 16.1389E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -6.33198E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.84703E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.87231E6
Contour maximum: 16.1389E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -6.33198E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE RARA (Min)

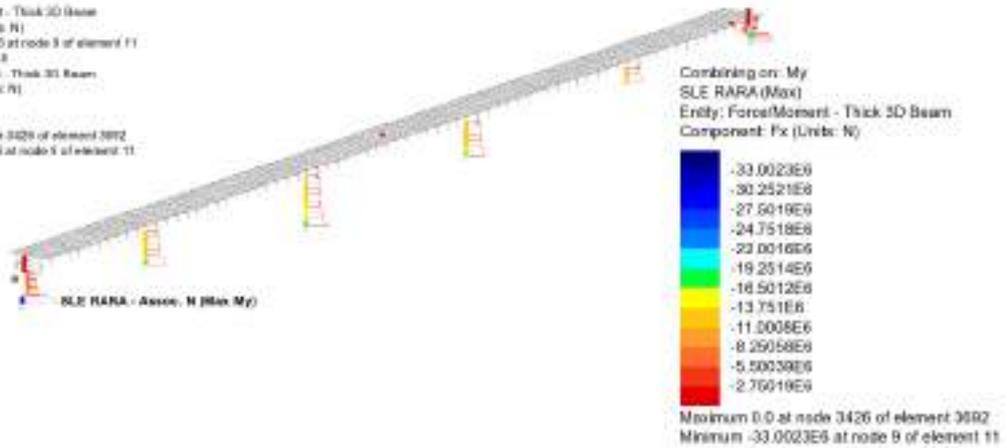
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 14.8499E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -8.52404E6 at node 25 of element 28
Diagram scale: 1.84703E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.84703E6
Contour maximum: 14.8499E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -8.52404E6 at node 25 of element 28



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

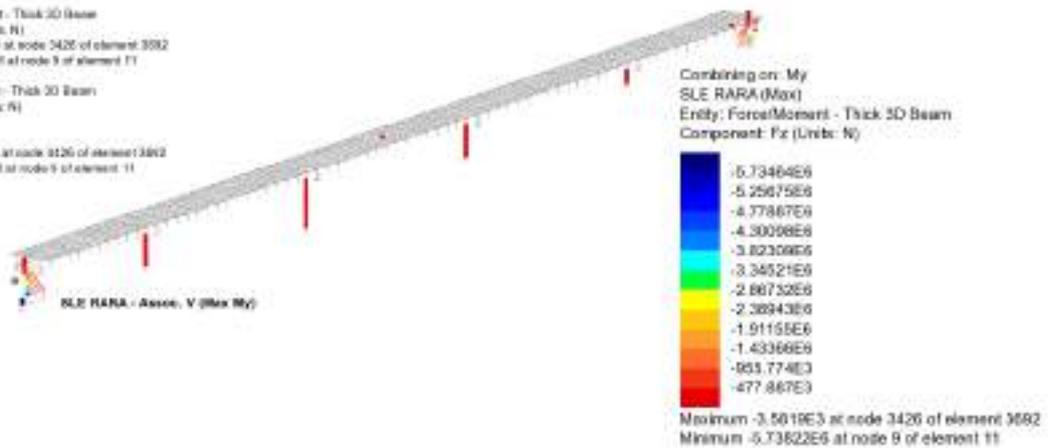
Scale: 1:965.781
Zoon: 190.6
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 0.002305 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -33.002305
Diagram scale: 1: 3.307089E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.751958
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3682
Contour minimum: -33.002305 at node 9 of element 11



Scale: 1:965.781
Zoon: 190.6
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

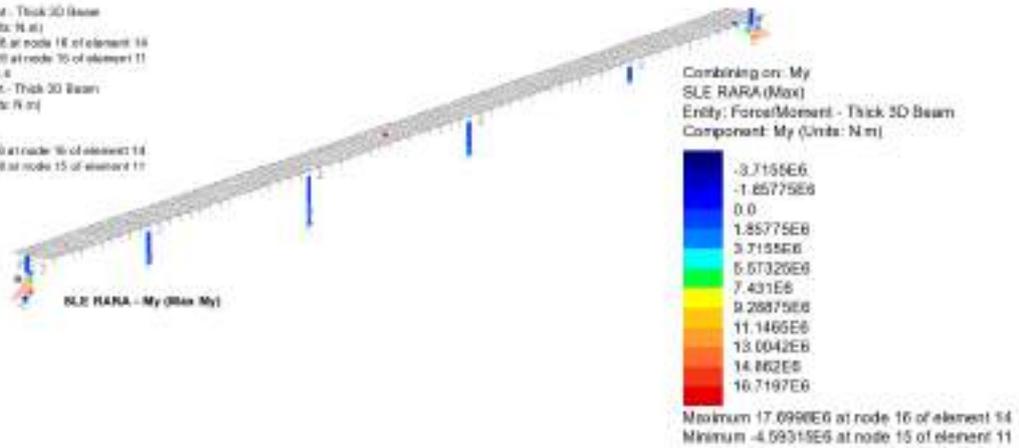
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -3.5819E3 at node 3426 of element 3682
Diagram minimum: -5.73822E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.74218E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 477.881E3
Contour maximum: -3.5819E3 at node 3426 of element 3682
Contour minimum: -5.73822E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

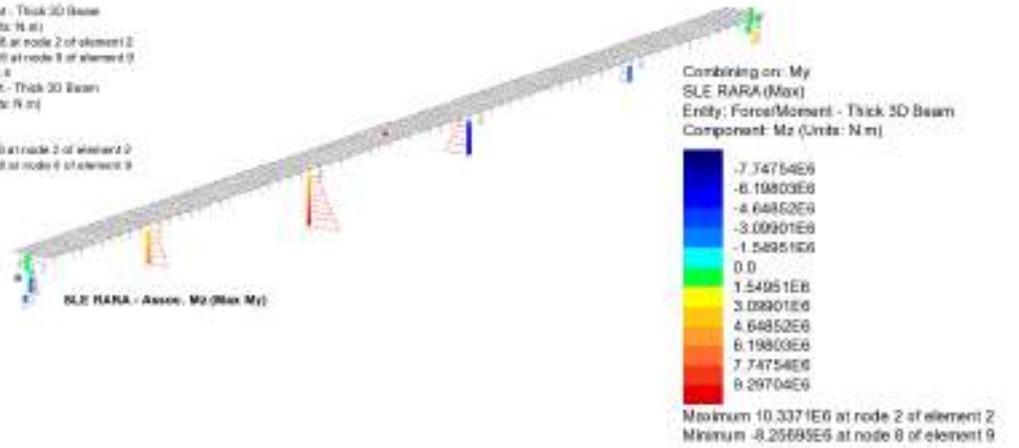
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.0990E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -4.0931E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.8860779E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.85775E6
Contour maximum: 17.0990E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -4.0931E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Max)

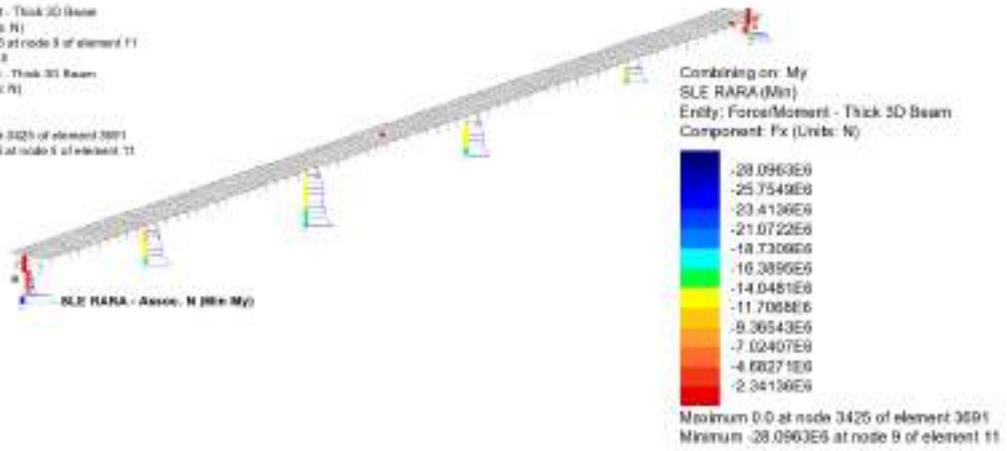
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 10.3371E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -8.2569E6 at node 8 of element 9
Diagram scale: 1.897388E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.94851E6
Contour maximum: 10.3371E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -8.2569E6 at node 8 of element 9



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

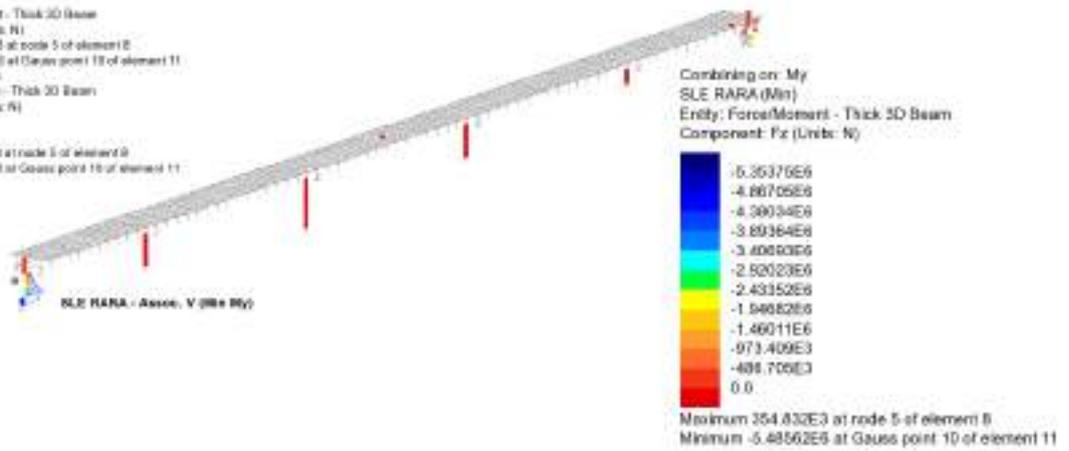
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.0963E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 5.395019E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.34136E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -28.0963E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

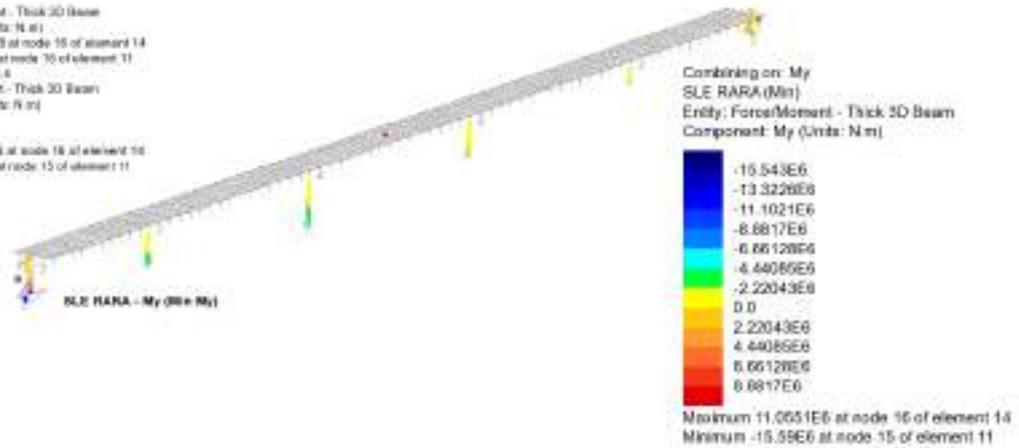
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 354.832E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.48562E3 at Gauss point 10 of element 11
Diagram scale: 1: 1.80268E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 486.705E3
Contour maximum: 354.832E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.48562E3 at Gauss point 10 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

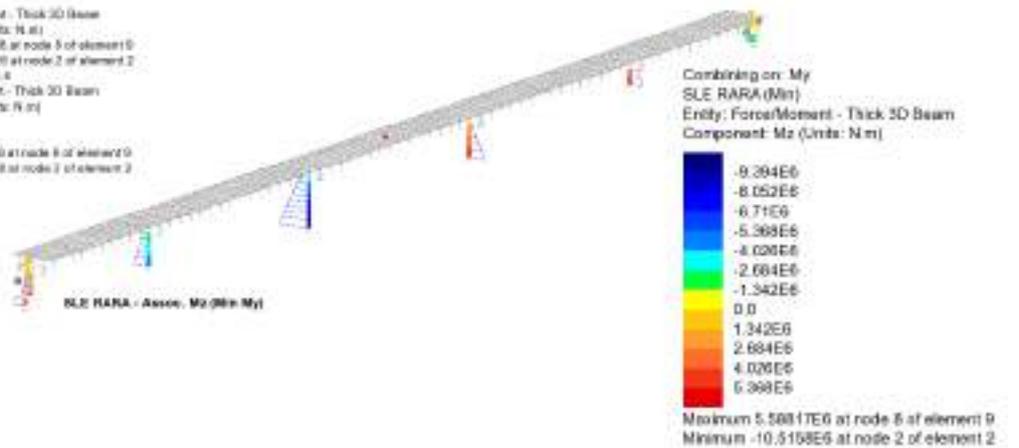
Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.0051E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -15.598E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.000000E+0
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.22043E6
Contour maximum: 11.0051E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -15.598E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE RARA (Min)

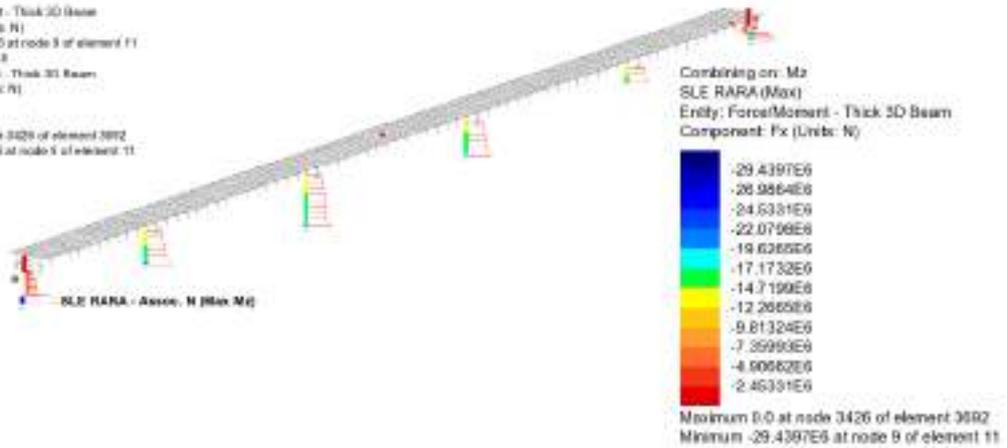
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 5.58817E6 at node 6 of element 9
Diagram minimum: -10.5158E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.000000E+0
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.342E6
Contour maximum: 5.58817E6 at node 6 of element 9
Contour minimum: -10.5158E6 at node 2 of element 2



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

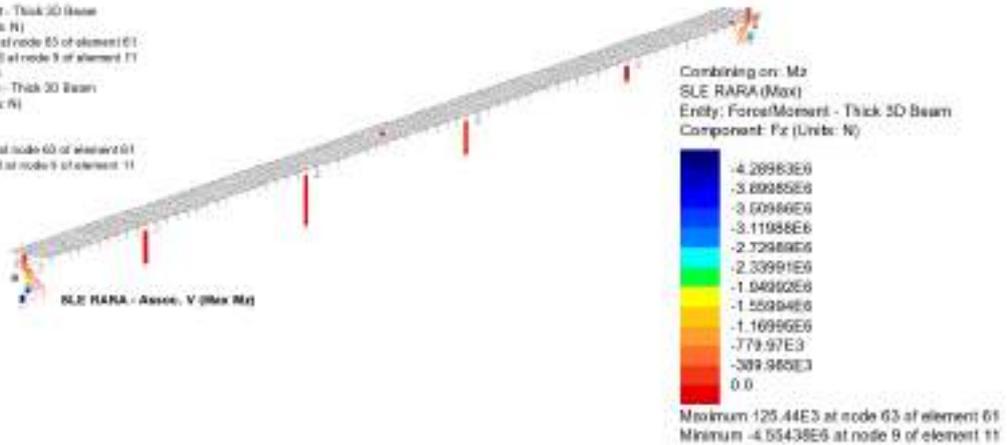
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 29.4397E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.339677E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.4531E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29.4397E6 at node 9 of element 11



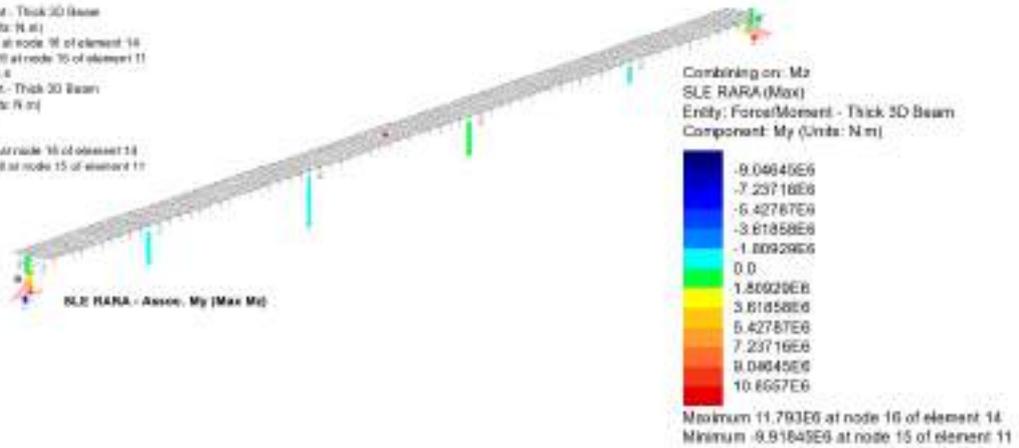
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 125.44E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -4.65438E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 3.18888E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 389.889E3
Contour maximum: 125.44E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -4.65438E3 at node 9 of element 11

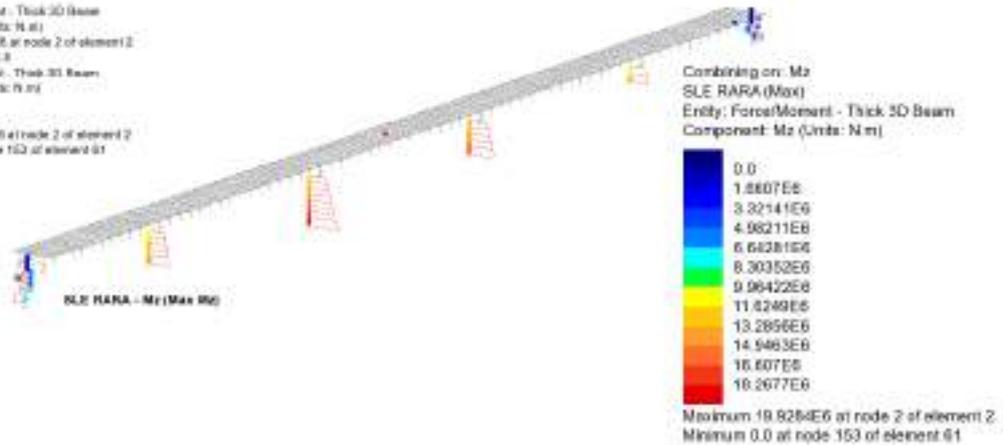


RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.793E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -9.91645E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.841069E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.88770E+6
Contour maximum: 11.793E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -9.91645E6 at node 15 of element 11



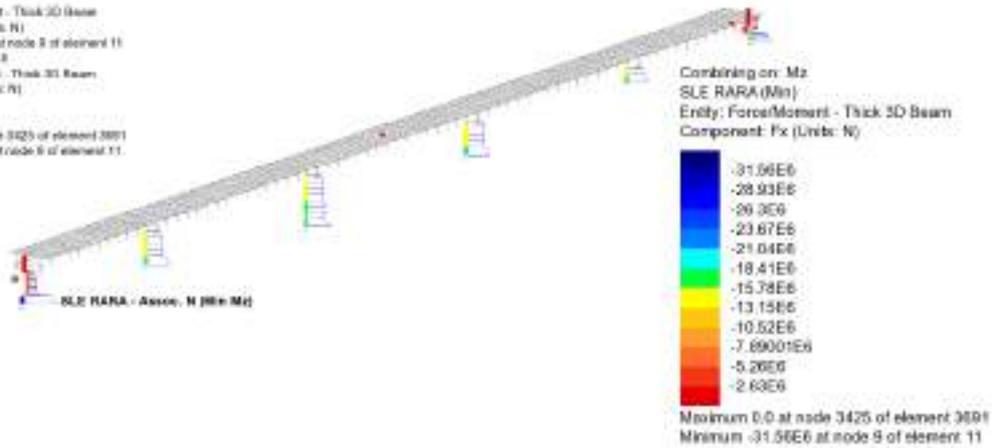
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 18.8284E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: 0.0 at node 153 of element 61
Diagram scale: 1.891179E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.88770E+6
Contour maximum: 18.8284E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: 0.0 at node 153 of element 61



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

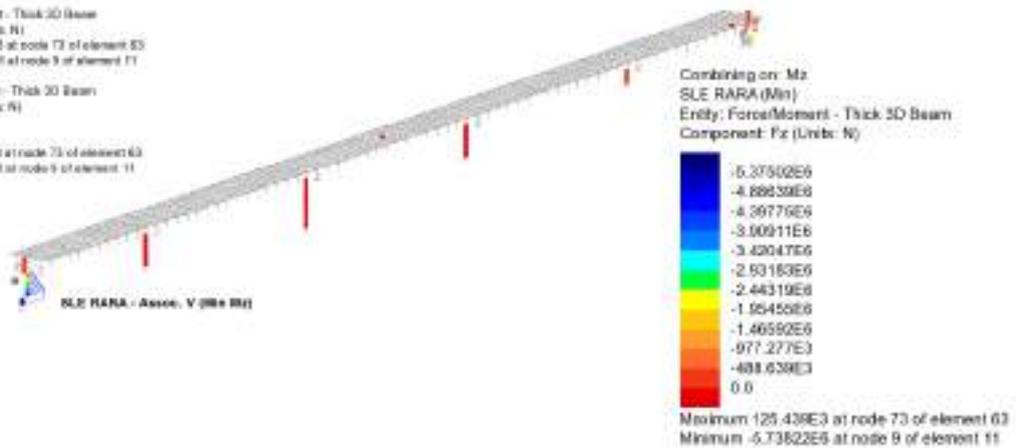
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -31,562E6 at node 8 of element 11
Diagram scale: 1: 5,31887E,8
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,83E6
Contour maximum: 0,0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -31,562E6 at node 8 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoon: 190,6
Eye: (+0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

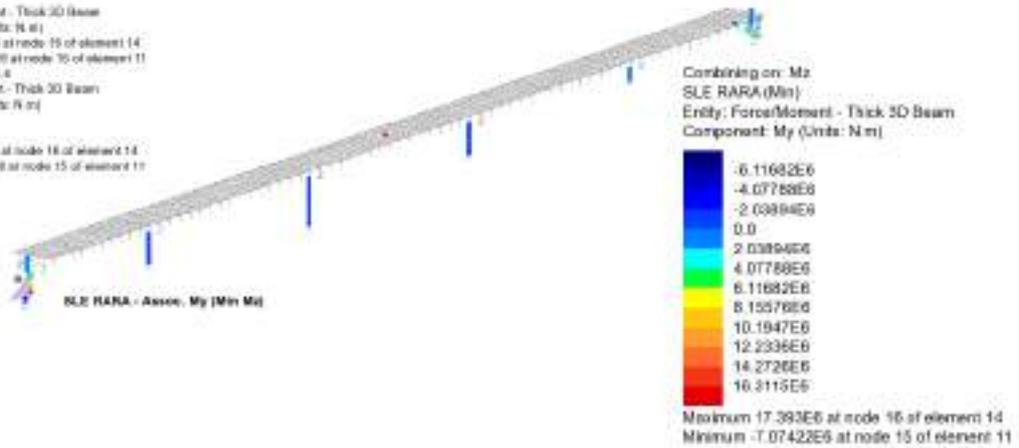
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 125,430E3 at node 73 of element 63
Diagram minimum: -5,73822E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1,7421E,4
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 488,839E3
Contour maximum: 125,430E3 at node 73 of element 63
Contour minimum: -5,73822E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

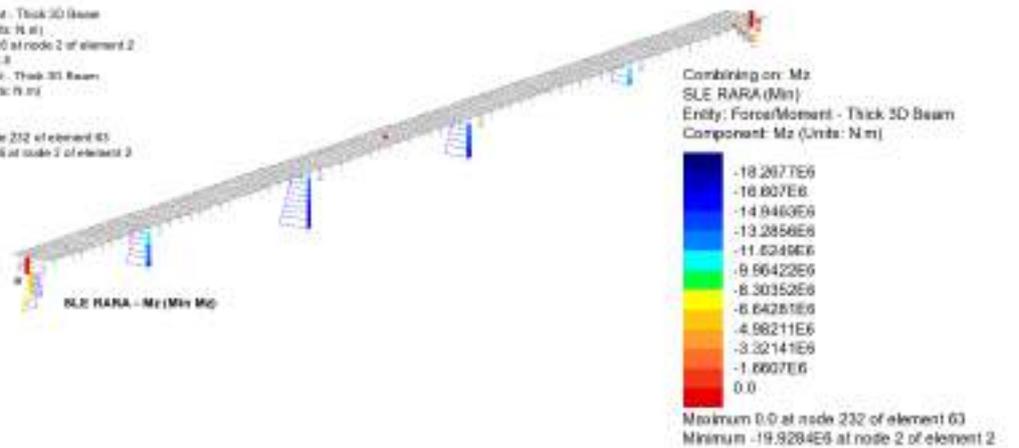
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17,393E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -7,07422E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1:8,67402E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,53914E6
Contour maximum: 17,393E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -7,07422E6 at node 15 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE RARA (Min)

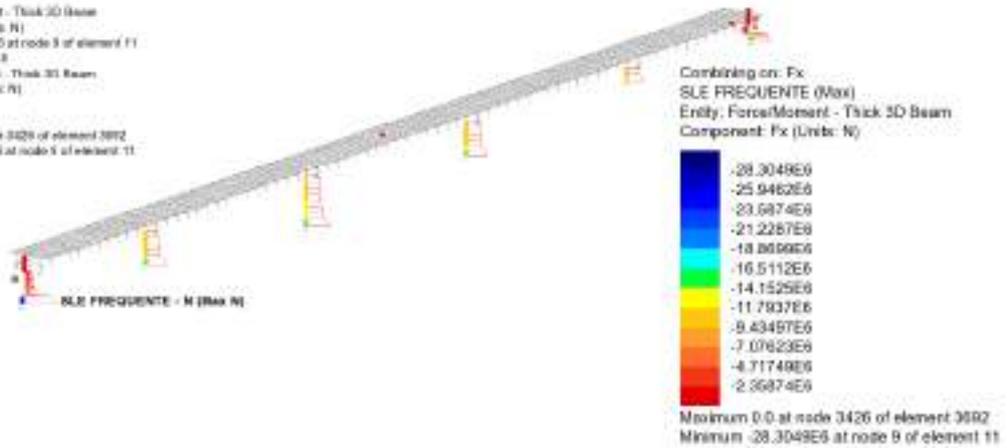
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -19,9284E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1:8,91179E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1,6607E6
Contour maximum: 0,0 at node 232 of element 63
Contour minimum: -19,9284E6 at node 2 of element 2



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

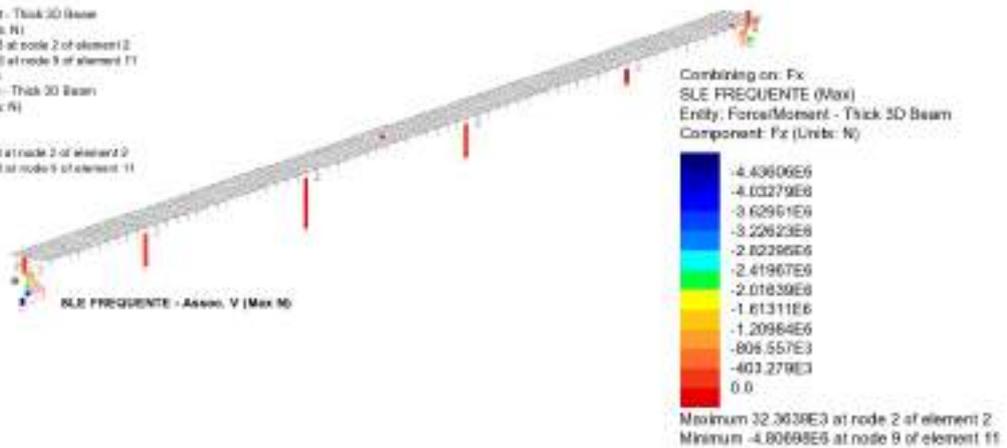
Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 28.3049E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 5.39329E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.3874E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.3049E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

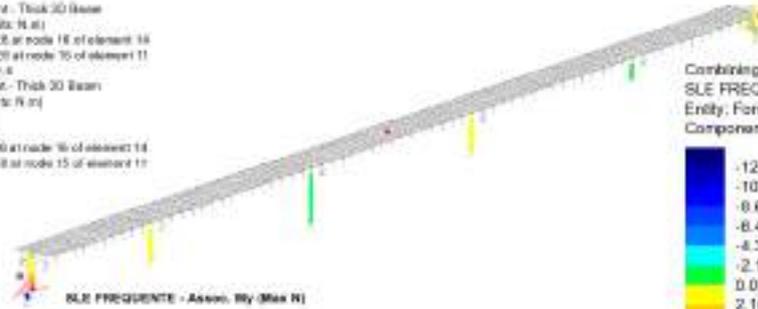
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 32.3639E3 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -4.80698E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 3.98033E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 453.279E3
Contour maximum: 32.3639E3 at node 2 of element 2
Contour minimum: -4.80698E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.0994E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -13.2341E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.000000E+0
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.16113E6
Contour maximum: 12.0994E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -13.2341E6 at node 15 of element 11



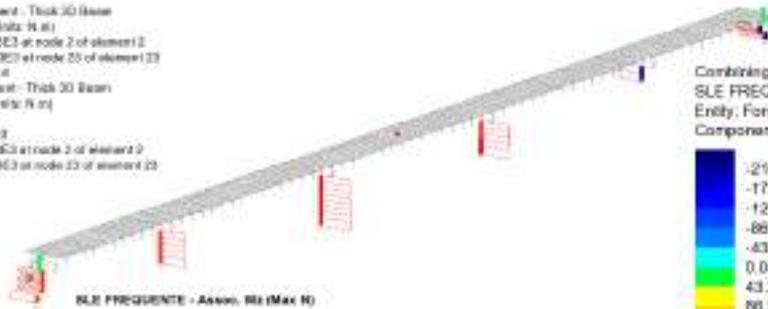
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 12.0994E6 at node 16 of element 14
Minimum: -13.2341E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 281.223E3 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -238.063E3 at node 23 of element 23
Diagram scale: 1.000000E+0
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 43.2738E3
Contour maximum: 281.223E3 at node 2 of element 2
Contour minimum: -238.063E3 at node 23 of element 23



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

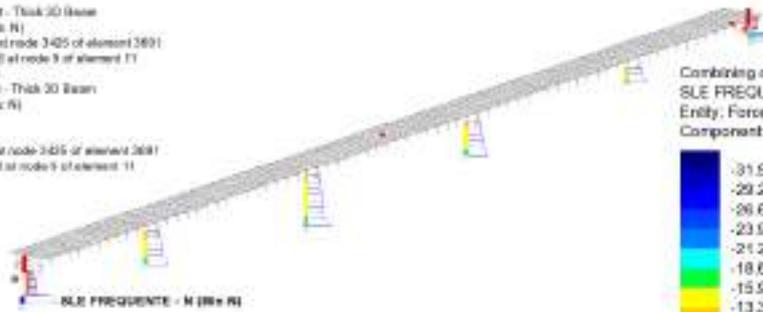


Maximum: 281.223E3 at node 2 of element 2
Minimum: -238.063E3 at node 23 of element 23

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -124.2E3 at node 3425 of element 3091
Diagram minimum: -32.0554E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 3.31180E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.88931E6
Contour maximum: -124.2E3 at node 3425 of element 3091
Contour minimum: -32.0554E6 at node 9 of element 11



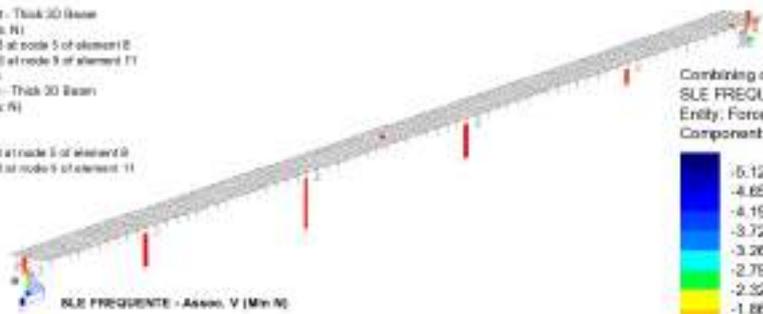
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum: -124.2E3 at node 3425 of element 3091
Minimum: -32.0554E6 at node 9 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 103.329E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.48562E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 1.80268E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 495.746E3
Contour maximum: 103.329E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.48562E6 at node 9 of element 11



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

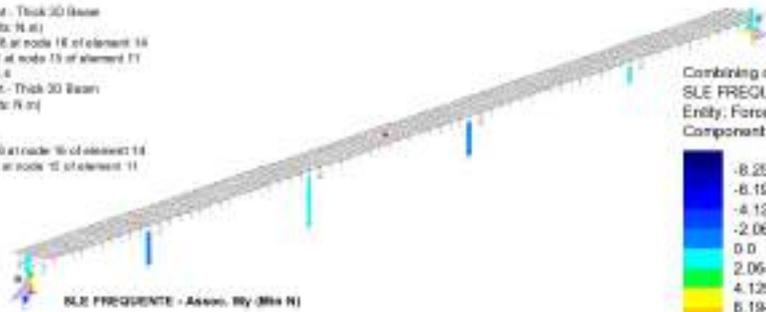


Maximum: 103.329E3 at node 5 of element 8
Minimum: -5.48562E6 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 15.7390E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -8.9979E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.843189E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.88471E6
Contour maximum: 15.7390E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -8.9979E6 at node 15 of element 11



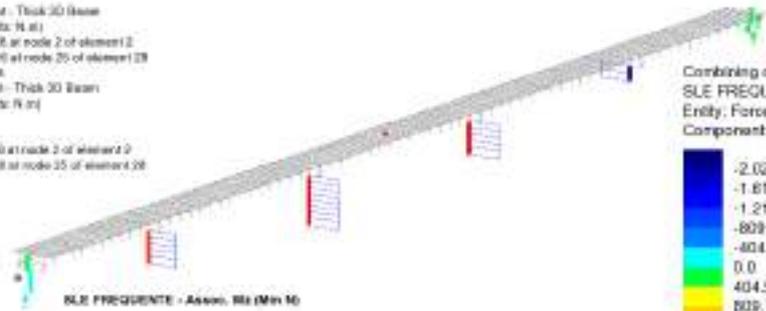
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 15.7760E6 at node 16 of element 14
Minimum: -8.8979E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 2.48530E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -2.36976E6 at node 25 of element 28
Diagram scale: 1.40398E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 404.500E3
Contour maximum: 2.48530E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -2.36976E6 at node 25 of element 28



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

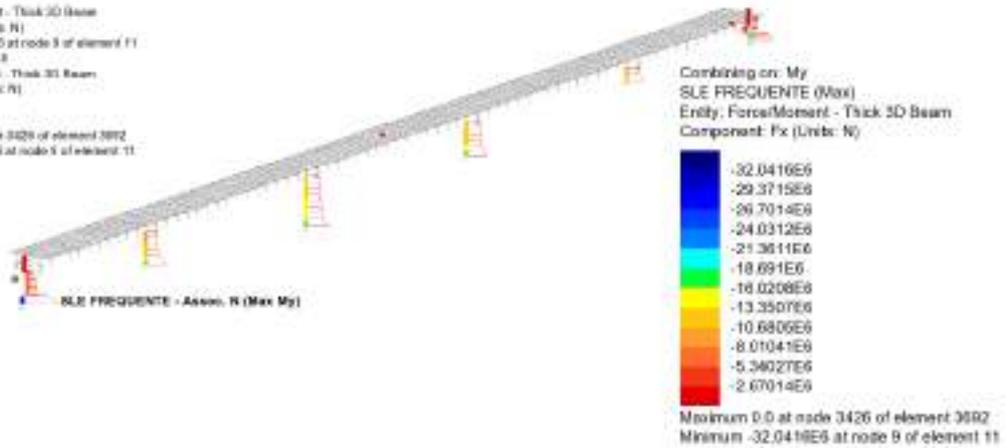


Maximum: 2.48530E6 at node 2 of element 2
Minimum: -2.36976E6 at node 25 of element 28

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

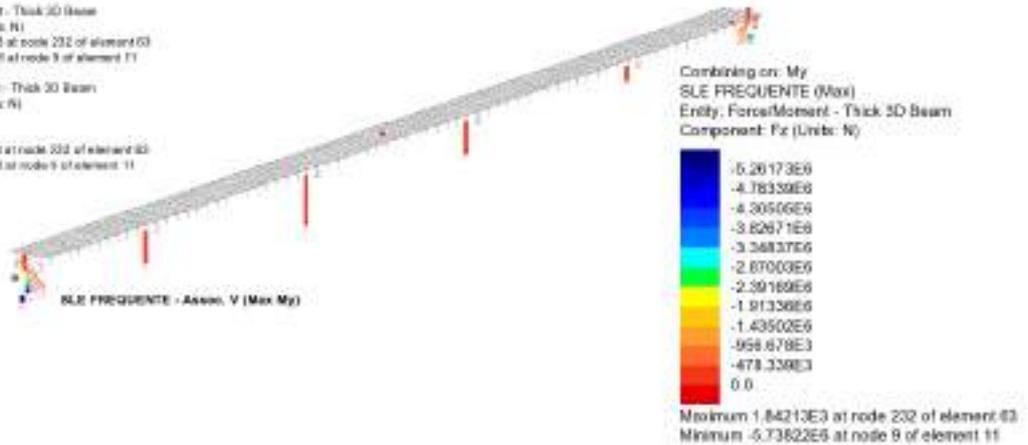
Scale: 1.000/301
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -32.0416E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 5.31208E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.87814E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3092
Contour minimum: 32.0416E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/301
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

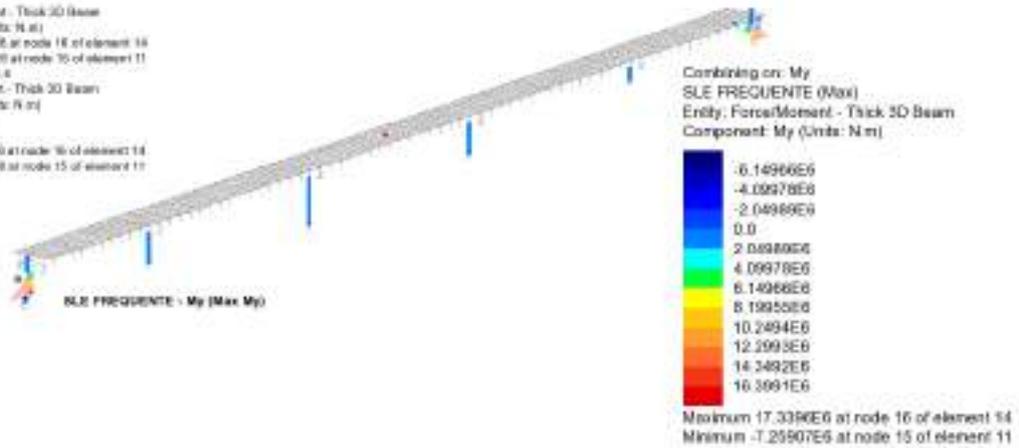
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 1.84213E3 at node 232 of element 83
Diagram minimum: -5.73822E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1 : 1.7421E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 479.339E3
Contour maximum: 1.84213E3 at node 232 of element 83
Contour minimum: -5.73822E6 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

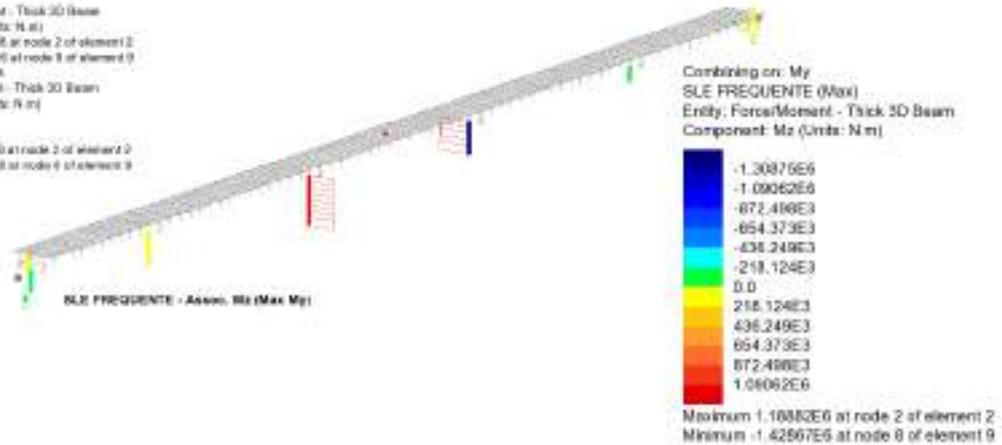
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.80197E+01, -0.54064E+02, 0.23033E+03)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.3390E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -7.25907E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.854E+09
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.5889E6
Contour maximum: 17.3390E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -7.25907E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.80197E+01, -0.54064E+02, 0.23033E+03)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Max)

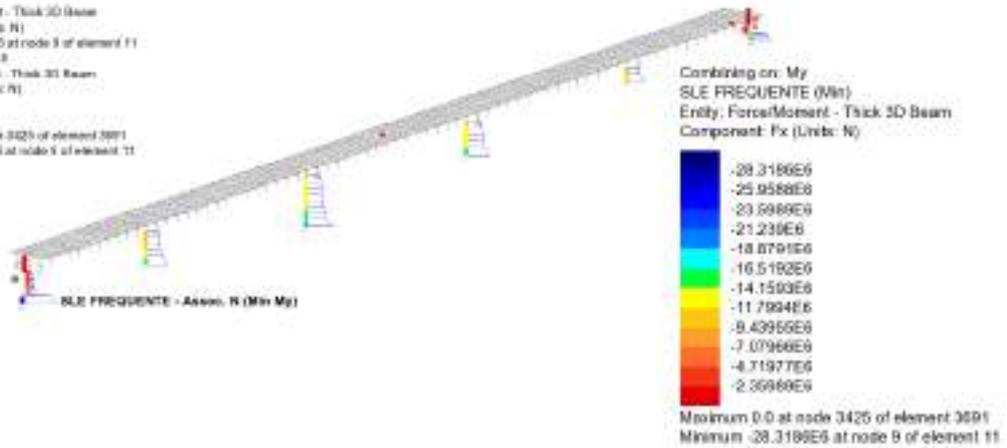
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 1.08802E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -1.42867E6 at node 8 of element 9
Diagram scale: 1.854E+09
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.16124E3
Contour maximum: 1.08802E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: -1.42867E6 at node 8 of element 9



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

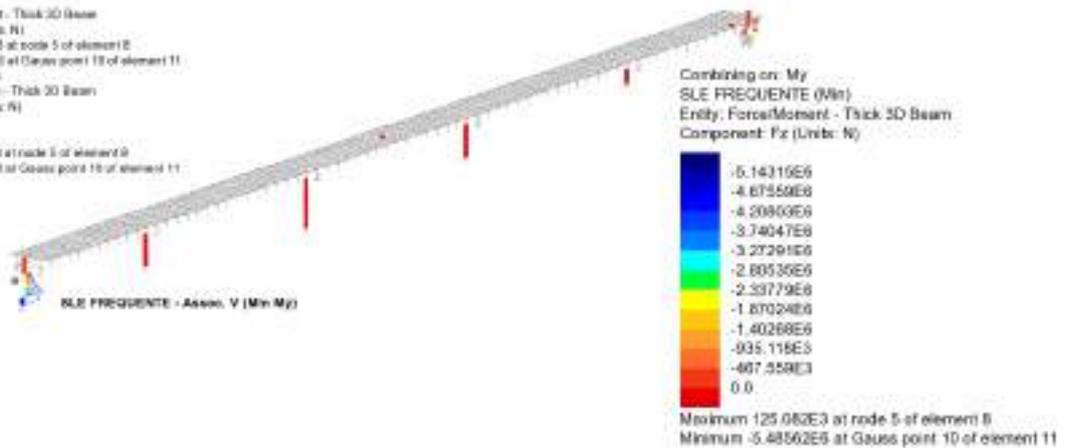
Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.3186E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.357124E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.34946E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3691
Contour minimum: -28.3186E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

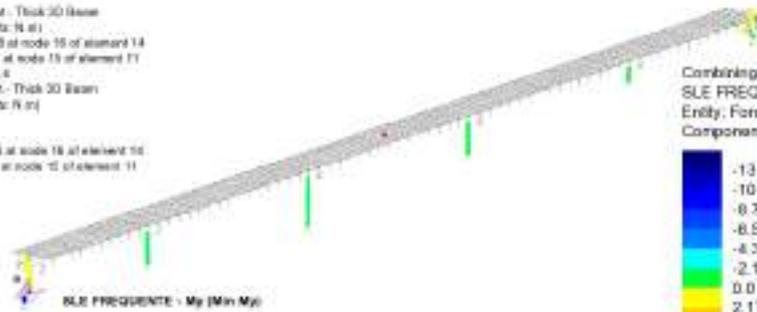
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 125.062E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.48562E3 at Gauss point 10 of element 11
Diagram scale: 1: 1.80268E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 487.858E3
Contour maximum: 125.062E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.48562E3 at Gauss point 10 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.1305E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -14.973E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.3487071E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.17590E6
Contour maximum: 11.1305E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -14.973E6 at node 15 of element 11



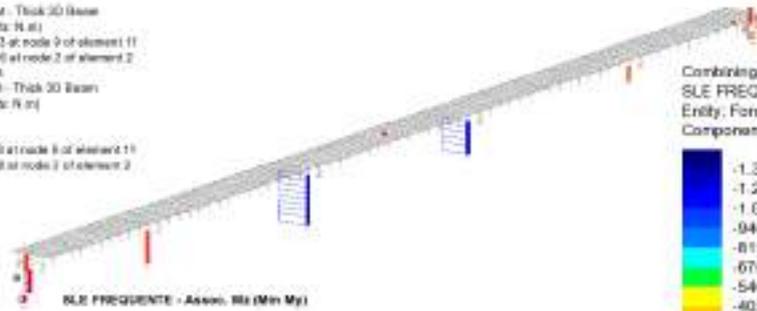
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 11.1305E6 at node 16 of element 14
Minimum: -14.973E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (+0.801978, -0.540642, 0.230336)
Combining on: My
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 254.937E3 at node 9 of element 11
Diagram minimum: -1.36751E5 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.7312988E5
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 135.204E3
Contour maximum: 254.937E3 at node 9 of element 11
Contour minimum: -1.36751E5 at node 2 of element 2



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

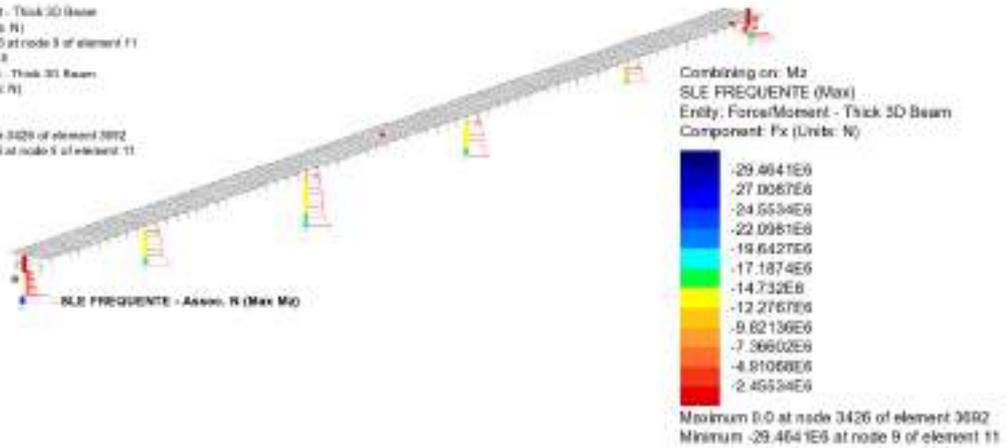


Maximum: 254.937E3 at node 9 of element 11
Minimum: -1.36751E5 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

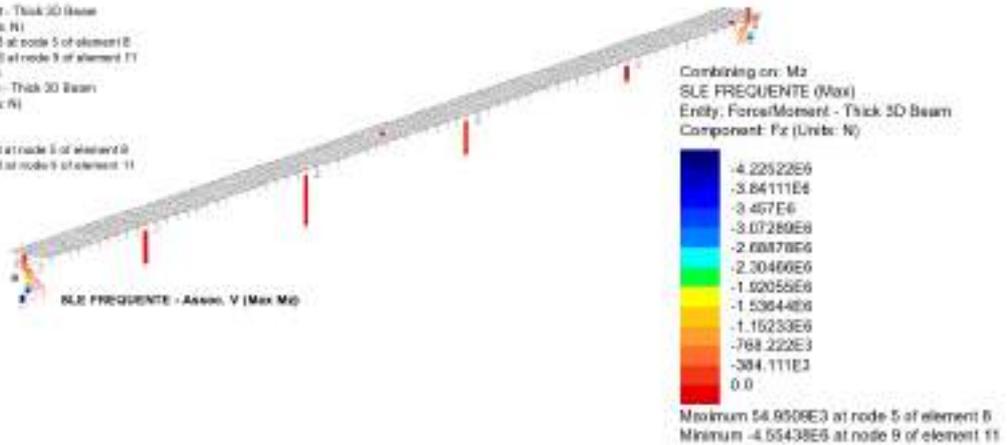
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -29,4641E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,339389E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,45534E6
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29,4641E6 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (+0,801978, -0,540642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

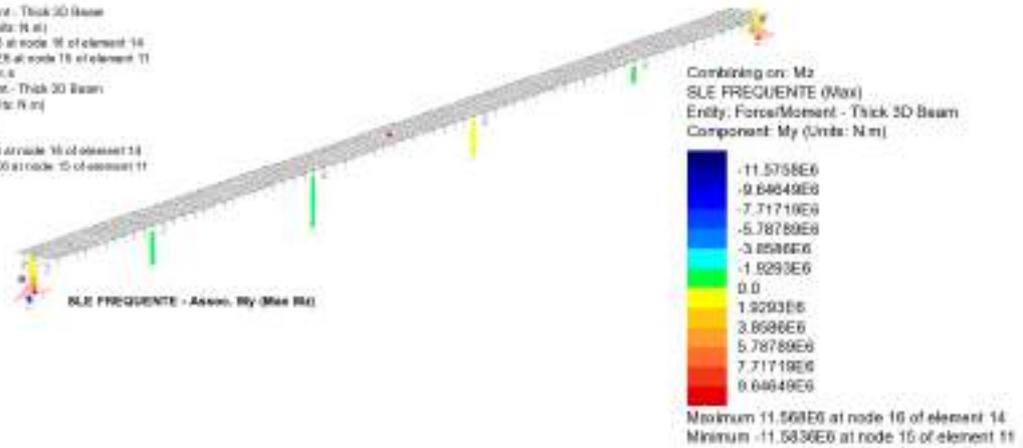
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 54,6509E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -4,5543E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 2,38588E+8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 384,111E3
Contour maximum: 54,6509E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -4,5543E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

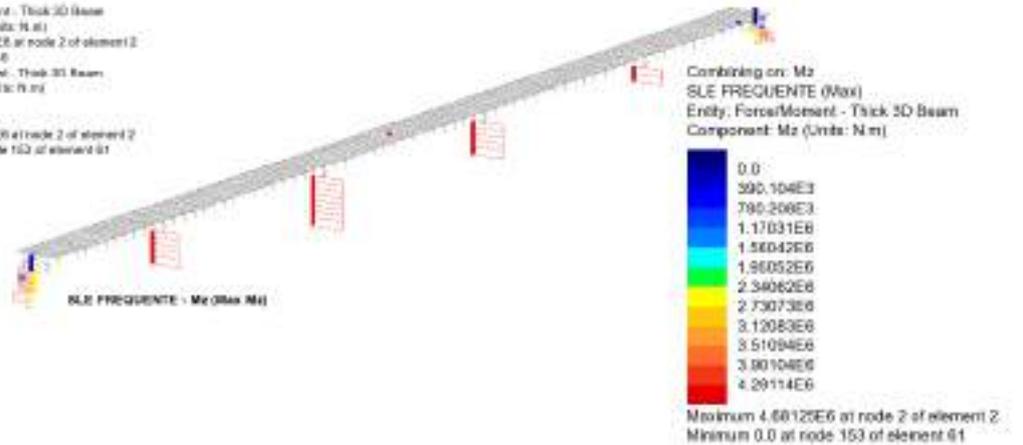
Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.5836E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -11.5836E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.8287E6
Contour maximum: 11.5836E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -11.5836E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Max)

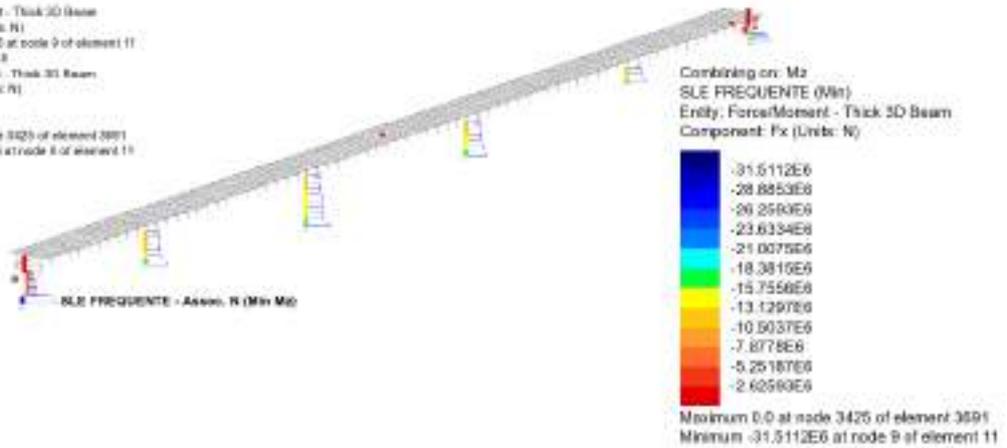
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 4.68125E6 at node 2 of element 2
Diagram minimum: 0.0 at node 153 of element 61
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 390.104E3
Contour maximum: 4.68125E6 at node 2 of element 2
Contour minimum: 0.0 at node 153 of element 61



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

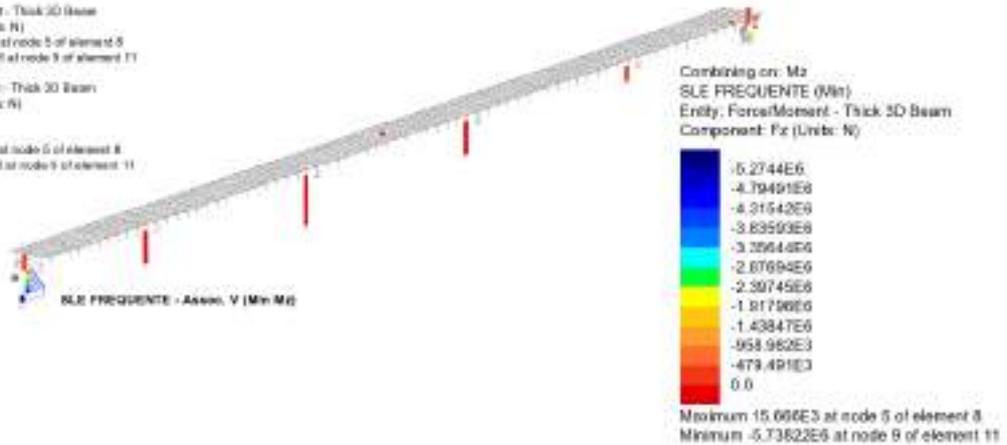
Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -31.5112E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 5.317347E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.62593E6
Contour maximum: 0.0 at node 3425 of element 3891
Contour minimum: -31.5112E6 at node 9 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (+0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Min)

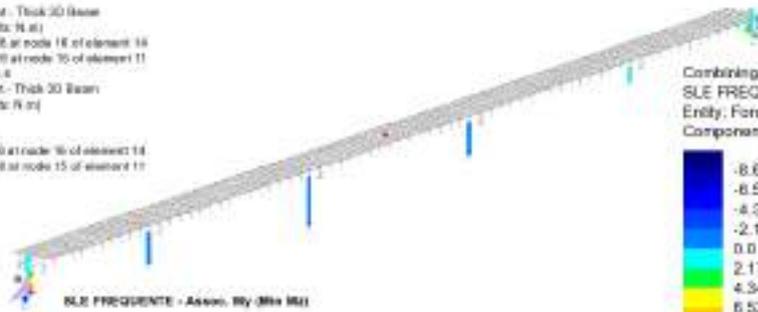
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 15.606E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -5.73622E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 1.7427E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 479.491E3
Contour maximum: 15.606E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -5.73622E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 17.1407E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -8.9418E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.17354E6
Contour maximum: 17.1407E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -8.9418E6 at node 15 of element 11



SLE FREQUENTE - Assia: My (Nm)

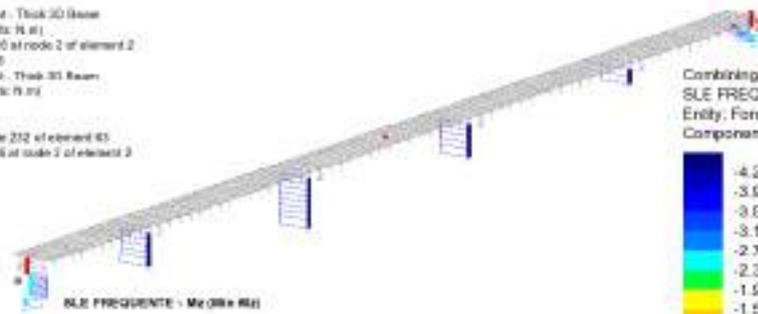
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Win)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 17.1407E6 at node 16 of element 14
Minimum: -8.9418E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Win)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -4.68125E6 at node 2 of element 2
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 390.104E3
Contour maximum: 0.0 at node 232 of element 63
Contour minimum: -4.68125E6 at node 2 of element 2



SLE FREQUENTE - Mz (Nm)

Combining on: Mz
SLE FREQUENTE (Win)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Mz (Units: N.m)

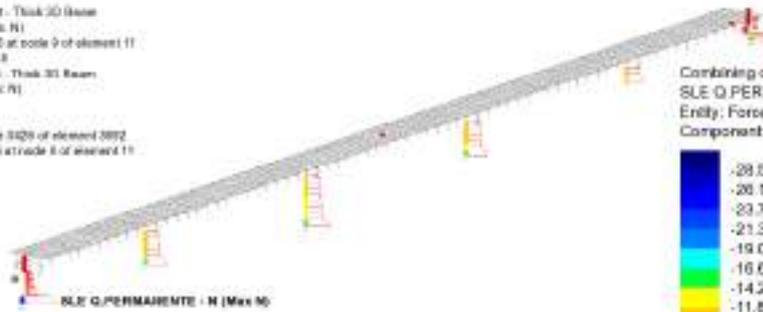


Maximum: 0.0 at node 232 of element 63
Minimum: -4.68125E6 at node 2 of element 2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.5117E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.39733E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.37596E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.5117E6 at node 9 of element 11



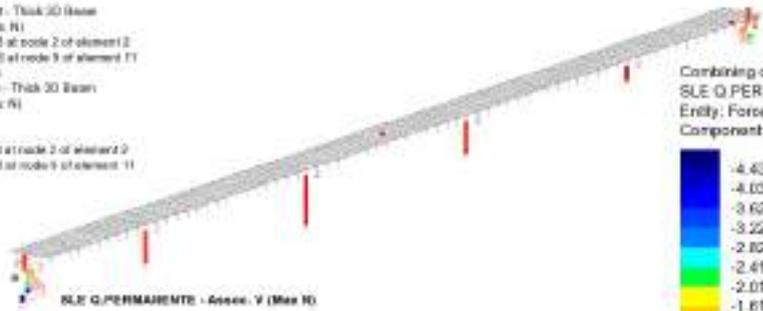
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 3426 of element 3892
Minimum -28.5117E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 32.0106E3 at node 2 of element 2
Diagram minimum: -4.80698E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 3.98033E-8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 453.249E3
Contour maximum: 32.0106E3 at node 2 of element 2
Contour minimum: -4.80698E3 at node 9 of element 11



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

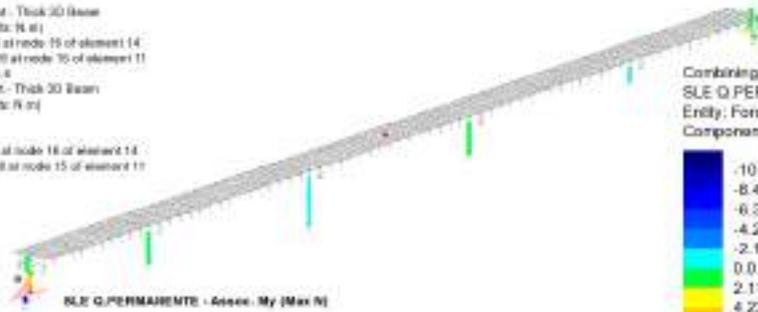


Maximum 32.0106E3 at node 2 of element 2
Minimum -4.80698E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.777E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -12.6602E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.579268E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.11977E6
Contour maximum: 12.777E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -12.6602E6 at node 15 of element 11



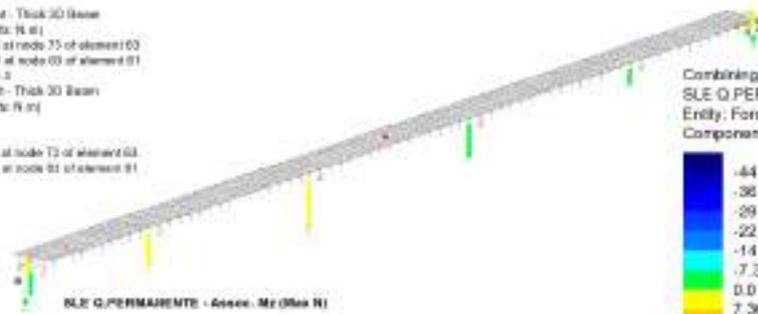
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 12.777E6 at node 16 of element 14
Minimum: -12.6602E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Diagram minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram scale: 1.5238219E3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.3675E3
Contour maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Contour minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61



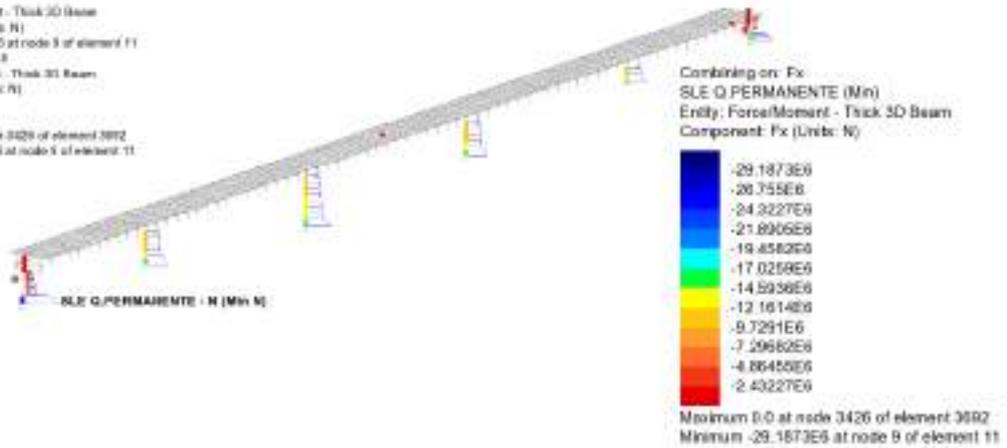
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Mz (Units: N.m)



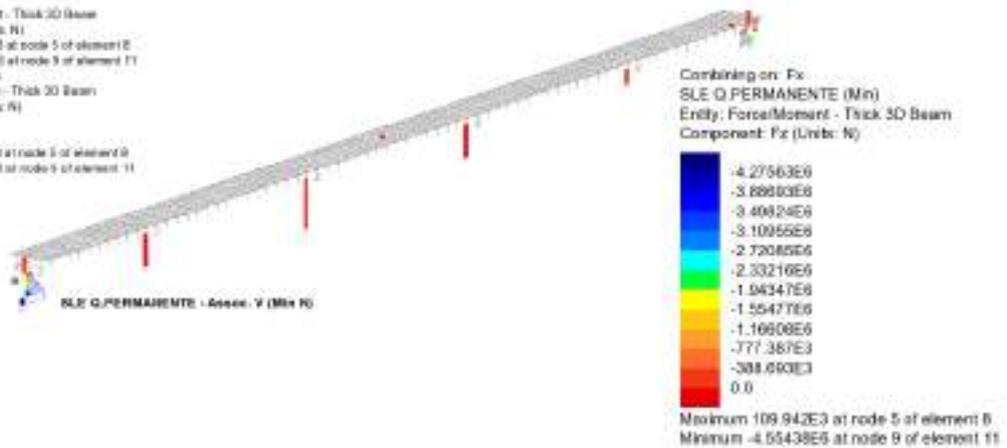
Maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Min)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -29,1873E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,34263E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,43227E6
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29,1873E6 at node 9 of element 11



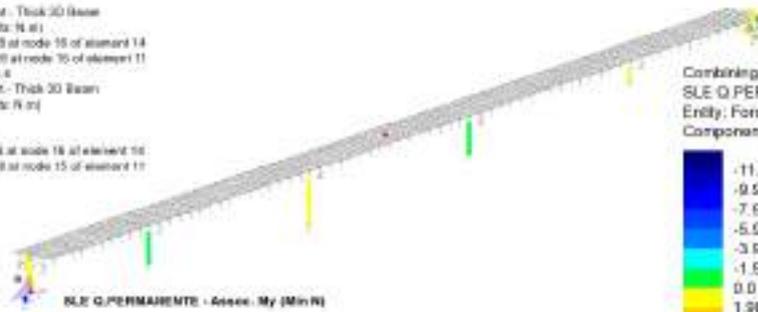
Scale: 1:965,781
Zoon: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Min)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 109,942E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -4,55438E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 2,38888E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 388,810E3
Contour maximum: 109,942E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -4,55438E3 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.4642E6 at node 15 of element 14
Diagram minimum: -12.3517E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.88888E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.88888E6
Contour maximum: 11.4642E6 at node 15 of element 14
Contour minimum: -12.3517E6 at node 15 of element 11



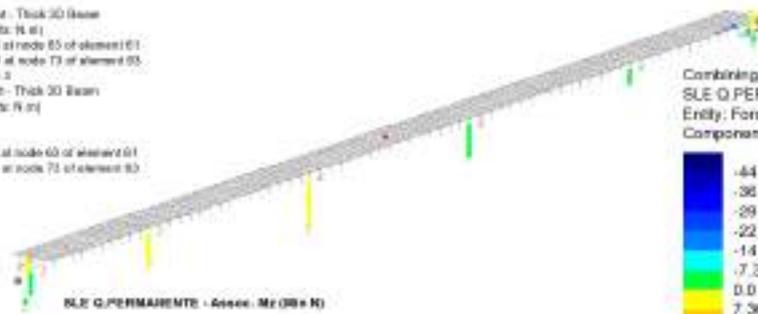
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 11.4642E6 at node 15 of element 14
Minimum -12.3517E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Fx
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -44.205E3 at node 73 of element 63
Diagram scale: 1.83333E3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.3675E3
Contour maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -44.205E3 at node 73 of element 63



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

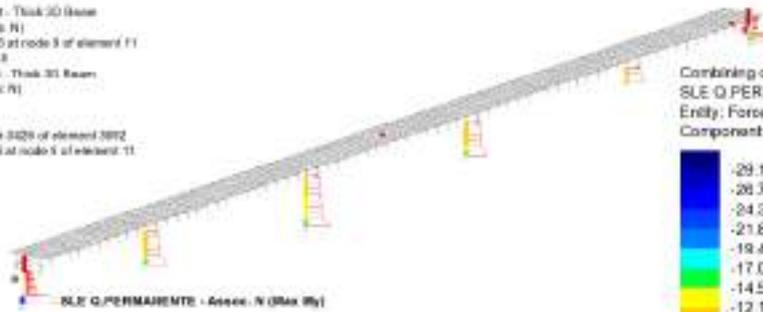


Maximum 44.205E3 at node 63 of element 61
Minimum -44.205E3 at node 73 of element 63

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: 29.1736E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.00E+01
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.43113E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29.1736E6 at node 9 of element 11



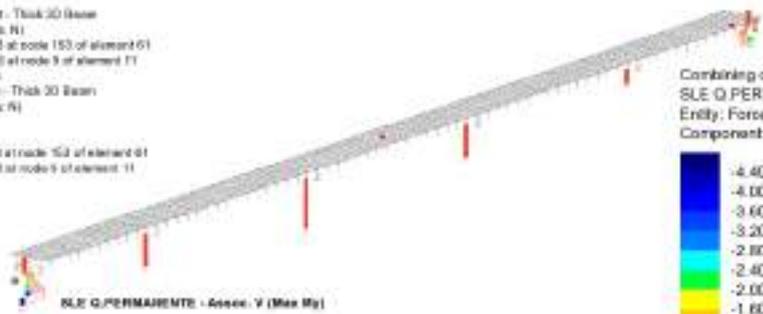
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 3426 of element 3892
Minimum -29.1736E6 at node 9 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 1.00214E3 at node 153 of element 61
Diagram minimum: -4.80698E5 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1.00E+01
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 400.698E3
Contour maximum: 1.00214E3 at node 153 of element 61
Contour minimum: -4.80698E5 at node 9 of element 11



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

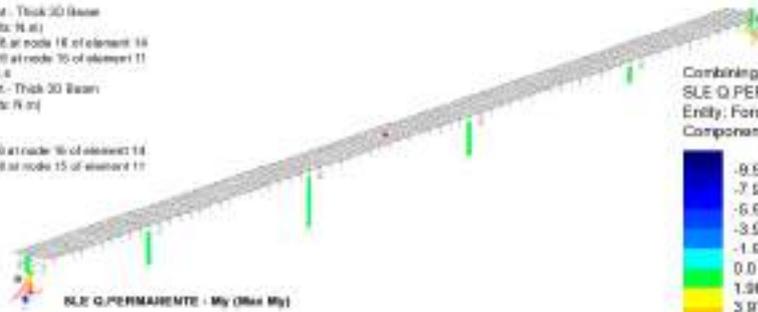


Maximum 1.00214E3 at node 153 of element 61
Minimum -4.80698E5 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 13.0252E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -10.8237E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 1.8874E6
Contour maximum: 13.0252E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -10.8237E6 at node 15 of element 11



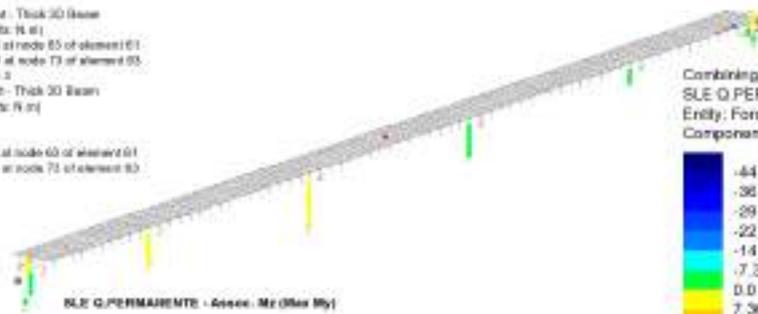
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 13.0252E6 at node 16 of element 14
Minimum: -10.8237E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.00E+01
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram minimum: -44.205E3 at node 73 of element 63
Diagram scale: 1.00E+06
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.3675E3
Contour maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: -44.205E3 at node 73 of element 63



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



Maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Minimum: -44.205E3 at node 73 of element 63

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -28.5255E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 5.39254E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.37712E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.5255E6 at node 9 of element 11



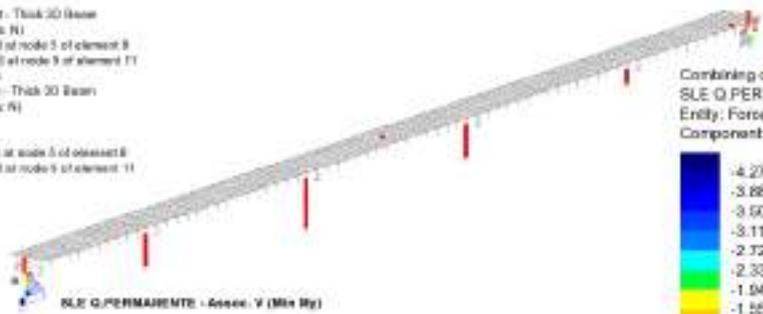
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 0.0 at node 3426 of element 3892
Minimum -28.5255E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 113.603E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -4.55438E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 2.38588E3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 388.898E3
Contour maximum: 113.603E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -4.55438E3 at node 9 of element 11



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

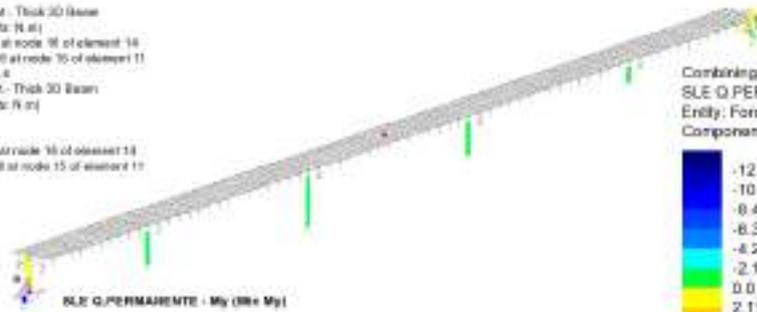


Maximum 113.603E3 at node 5 of element 8
Minimum -4.55438E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.2160E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -14.1882E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1 - 6.70489E6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.11702E6
Contour maximum: 11.2160E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -14.1882E6 at node 15 of element 11



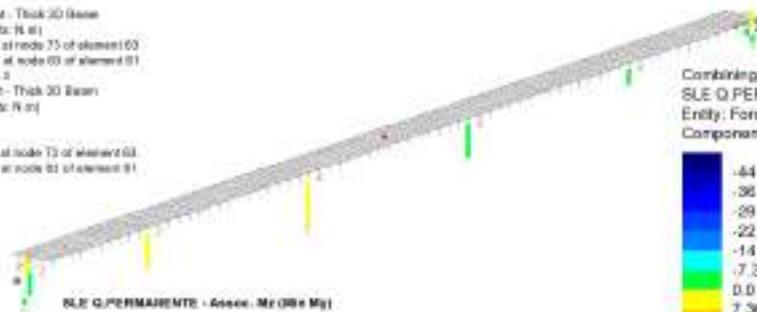
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 11.2160E6 at node 16 of element 14
Minimum: -14.1882E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoom: 100.0
Eye: (-0.801973, -0.940642, 0.230336)
Combining on: My
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Diagram minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram scale: 1 - 8.238379E3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 7.3675E3
Contour maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Contour minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61



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

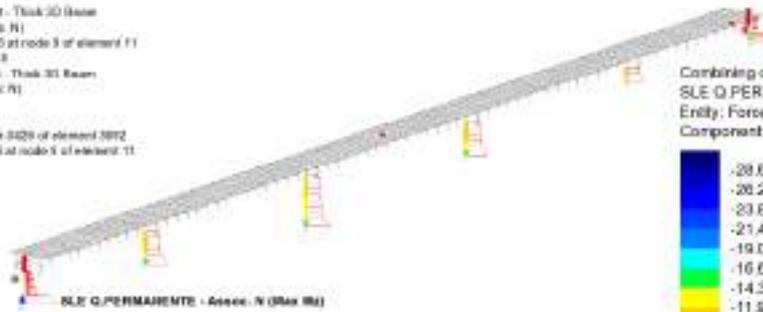


Maximum: 44.205E3 at node 73 of element 63
Minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: -28.6177E6 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9.34943E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.38481E6
Contour maximum: 0.0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -28.6177E6 at node 9 of element 11



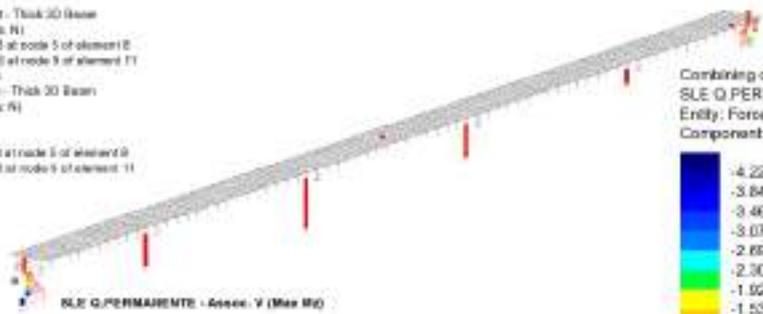
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 0.0 at node 3426 of element 3892
Minimum -28.6177E6 at node 9 of element 11

Scale: 1:965.781
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 58.8904E3 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -4.55438E3 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 2.38481E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 384522E3
Contour maximum: 58.8904E3 at node 5 of element 8
Contour minimum: -4.55438E3 at node 9 of element 11



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

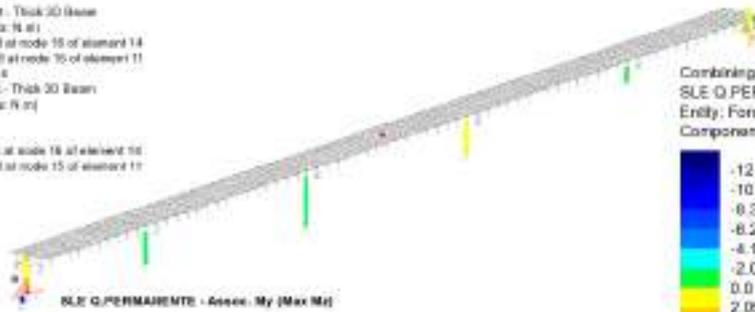


Maximum 58.8904E3 at node 5 of element 8
Minimum -4.55438E3 at node 9 of element 11

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 11.2000E6 at node 15 of element 14
Diagram minimum: -13.9322E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1.57171E+6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.08857E6
Contour maximum: 11.2000E6 at node 15 of element 14
Contour minimum: -13.9322E6 at node 15 of element 11



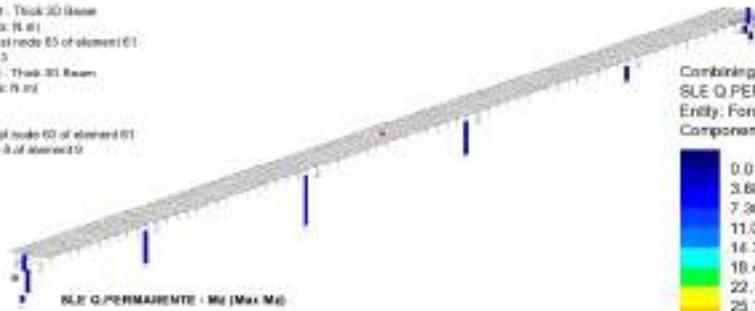
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum: 11.2000E6 at node 15 of element 14
Minimum: -13.9322E6 at node 15 of element 11

Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram scale: 1.825579E+3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.68375E3
Contour maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Contour minimum: 0.0 at node 8 of element 9



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

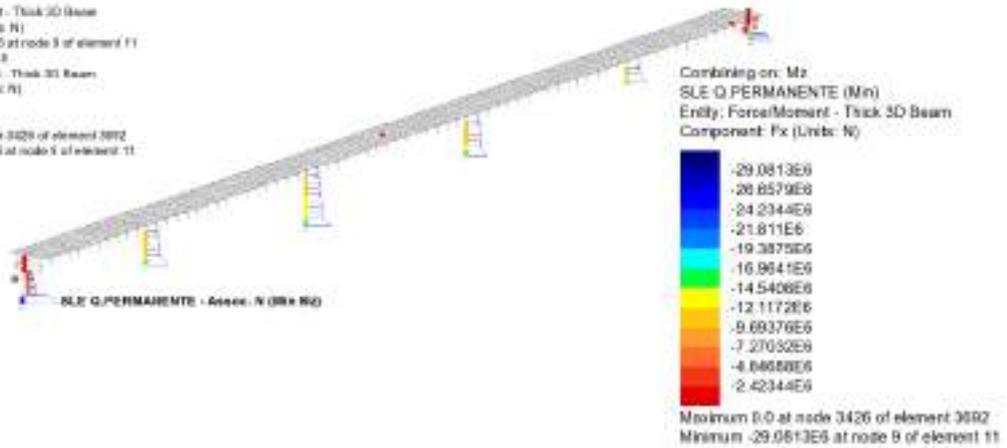


Maximum: 44.205E3 at node 63 of element 61
Minimum: 0.0 at node 8 of element 9

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

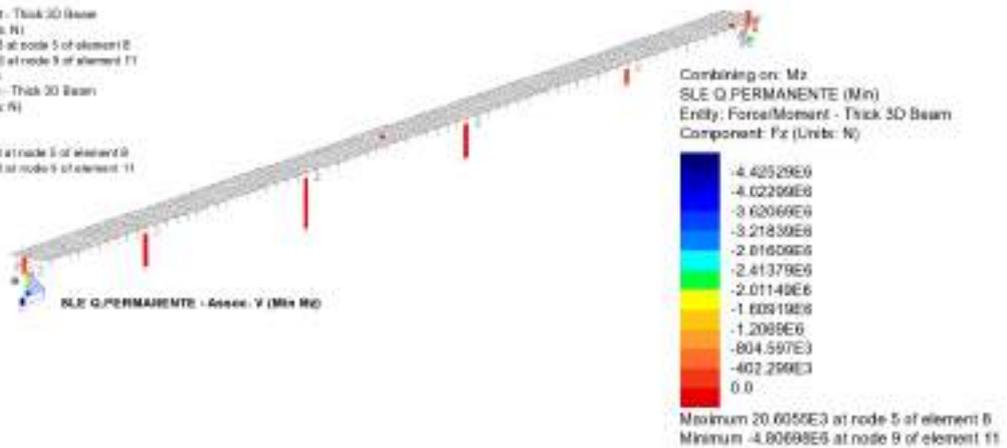
Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum: -29,0813E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 9,34268E8
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 2,42344E9
Contour maximum: 0,0 at node 3426 of element 3892
Contour minimum: -29,0813E9 at node 9 of element 11



Scale: 1:965,781
Zoom: 190,0
Eye: (-0,801978, -0,940642, 0,230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Min)

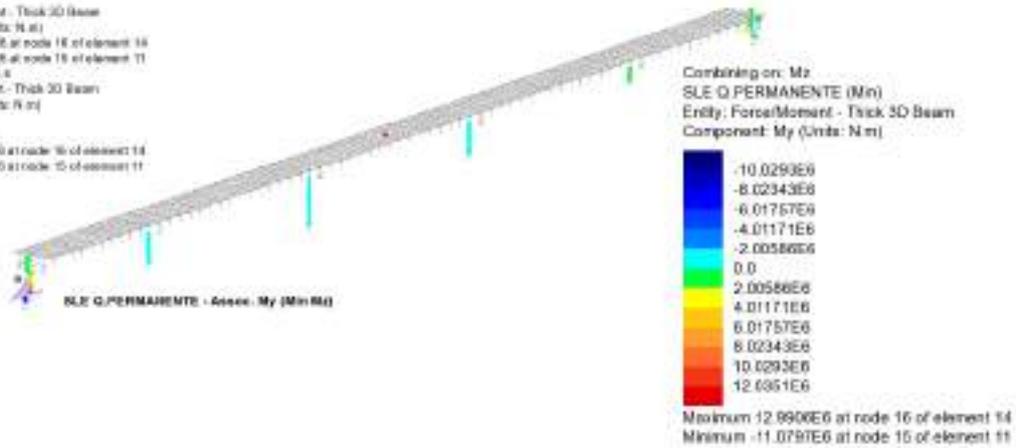
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum: 20,6055E9 at node 5 of element 8
Diagram minimum: -4,80698E9 at node 9 of element 11
Diagram scale: 1: 3,88233E9
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 12
Contour interval: 402,299E3
Contour maximum: 20,6055E9 at node 5 of element 8
Contour minimum: -4,80698E9 at node 9 of element 11



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

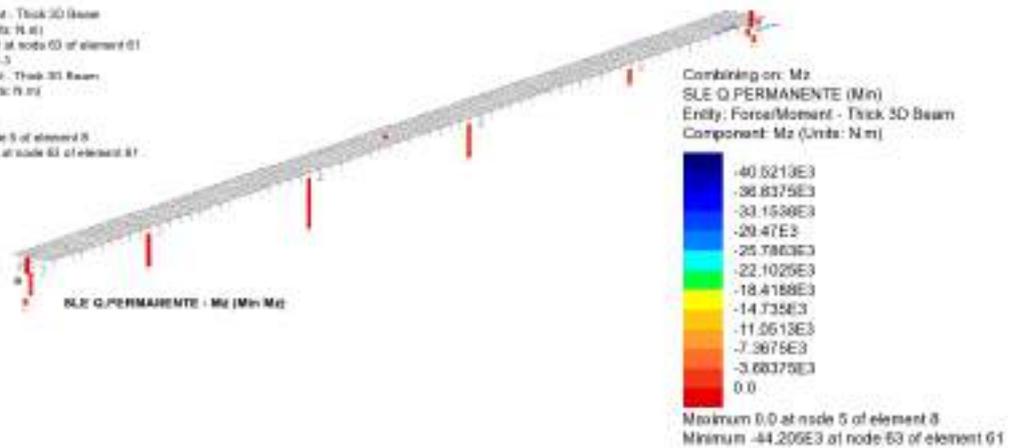
Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum: 12.9900E6 at node 16 of element 14
Diagram minimum: -11.0791E6 at node 15 of element 11
Diagram scale: 1 : 8.769388E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 2.00586E6
Contour maximum: 12.9900E6 at node 16 of element 14
Contour minimum: -11.0791E6 at node 15 of element 11



Scale: 1.000/300
Zoon: 190.0
Eye: (-0.801978, -0.940642, 0.230336)
Combining on: Mz
SLE Q PERMANENTE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61
Diagram scale: 1 : 8.225279E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Mz (Units: N.m)
Number of contours: 12
Contour interval: 3.6879E3
Contour maximum: 0.0 at node 5 of element 8
Contour minimum: -44.205E3 at node 63 of element 61



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Spalla 1
 Geometria palificata

n°palo =	16	(-)	Palo:	x	y	n°palo	xpalo	ypalo	xp ² (m ²)	yp ² (m ²)	Σxz	Σyz	x/Σx ²	y/Σy ²
n°combo =	86	(-)		(m)	(m)	1	5.40	-5.40	29.16	29.16	256.28	259.20	0.020833	-0.020833
L0 =	36	[m]	1	5.40	-5.40	2	5.40	-1.80	29.16	3.24			0.020833	-0.006944
D =	1.20	[m]	2	5.40	-1.80	3	5.40	1.80	29.16	3.24			0.020833	0.006944
			3	5.40	1.80	4	5.40	5.40	29.16	29.16			0.020833	0.020833
			4	5.40	5.40	5	1.80	-5.40	3.24	29.16			0.006944	-0.020833
			5	1.80	-5.40	6	1.80	-1.80	3.24	3.24			0.006944	-0.006944
			6	1.80	-1.80	7	1.80	1.80	3.24	3.24			0.006944	0.006944
			7	1.80	1.80	8	1.80	5.40	3.24	29.16			0.006944	0.020833
			8	1.80	5.40	9	-1.80	-3.40	3.24	29.16			-0.006944	-0.020833
			9	-1.80	-5.40	10	-1.80	-1.80	3.24	3.24			-0.006944	-0.006944
			10	-1.80	-1.80	11	-1.80	1.80	3.24	3.24			-0.006944	0.006944
			11	-1.80	1.80	12	-1.80	5.40	3.24	29.16			-0.006944	0.020833
			12	-1.80	5.40	13	-5.40	-3.40	29.16	29.16			-0.020833	-0.020833
			13	-5.40	-3.40	14	-5.40	-1.80	29.16	3.24			-0.020833	-0.006944
			14	-5.40	-1.80	15	-5.40	1.80	29.16	3.24			-0.020833	0.006944
			15	-5.40	1.80	16	-5.40	5.40	29.16	29.16			-0.020833	0.020833
			16	-5.40	5.40									

Azioni assiali testa palo

Palo	SU STR max N	SU STR min N	SU STR max My	SU STR min My	SU STR max Mx	SU STR min Mx
1	1908	1849	2848	1730	2051	1940
2	1835	1712	2918	1607	2098	2093
3	1382	1794	2970	1562	2045	2246
4	1608	1808	1624	1490	1894	2289
5	1868	1677	2534	1012	1832	1864
6	1756	2719	2937	1958	1473	2028
7	1723	1861	2858	1885	2328	2189
8	1649	1883	2321	1752	2174	2322
9	1628	1764	2121	1813	2013	1787
10	1757	1766	2381	1263	2068	1988
11	1884	1838	2429	1167	1857	2082
12	1818	1891	2408	1093	2258	2248
13	1791	2711	1908	1815	1794	1710
14	1718	1792	1578	2541	2840	1881
15	1640	1858	2632	1468	1468	2025
16	1571	1818	2684	1285	2116	2168

max min
3054 1490

Palo	SU GRD max N	SU GRD min N	SU GRD max My	SU GRD min My	SU GRD max Mx	SU GRD min Mx
1	1348	1117	2308	1738	1811	1795
2	1400	1191	2254	1623	1879	1926
3	1623	1245	2807	1520	1748	2058
4	1358	1289	2361	1494	1616	2190
5	1810	1363	1660	1023	1668	1734
6	1747	2117	2137	1729	1309	1988
7	1689	1171	2191	1694	1777	2038
8	1628	1215	2348	1529	1840	2189
9	1671	1889	1907	1938	2069	1754
10	1838	1819	2621	1615	1818	1885
11	1818	1987	2078	1798	1888	2027
12	1882	1191	2129	1845	1874	2149
13	1954	1919	1836	2094	2058	1794
14	1878	1969	1904	2009	1867	1886
15	1807	1812	1958	1844	1815	1997
16	1781	1879	2612	1760	1761	2128

max min
2381 1494

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Palo	Ed. S.U.V. max. N.	Ed. S.U.V. min. N.	Ed. S.U.V. max. My	Ed. S.U.V. min. My	Ed. S.U.V. max. Ma	Ed. S.U.V. min. Ma	
1	3811	3591	4071	139	3859	187	
2	3487	724	3794	409	2752	1124	
3	2643	538	2318	685	1805	2051	
4	2846	352	2228	944	1379	2070	
5	2188	1705	2825	949	1118	152	
6	2276	1325	2337	1047	1043	1275	
7	2431	1352	2279	1225	1478	1295	
8	2628	1178	2001	1394	150	1152	
9	808	2511	1298	1809	1806	506	
10	1643	2881	1121	2027	2071	1622	
11	1341	1880	1002	2388	1148	1888	
12	1417	1998	784	2445	721	1388	
13	-322	3233	362	2649	2872	868	
14	-148	1057	84	2327	1345	1586	
15	11	2901	-194	1285	629	2513	
16	206	2805	-172	1463	-188	1880	
							PMA PPM
							4072 -471

Palo	S.U.F. max. max. N.	S.U.F. max. min. N.	S.U.F. max. max. My	S.U.F. max. min. My	S.U.F. max. max. Ma	S.U.F. max. min. Ma	
1	1733	2091	2153	1885	1957	1817	
2	2080	2135	2174	1640	1812	1522	
3	1625	2134	2218	1584	1748	2027	
4	1565	2265	2257	1544	1641	2121	
5	1788	2011	2844	1785	1691	1798	
6	1740	2075	2888	1735	1885	1904	
7	1695	2114	2127	1685	1788	2018	
8	1649	2156	2109	1636	1675	2113	
9	1861	1971	1926	1676	1625	1701	
10	1812	2011	1968	1627	1619	1887	
11	1782	2081	2018	1777	1811	1993	
12	1712	2098	2051	1727	1788	2098	
13	1923	1911	1864	1566	1629	1784	
14	1875	1953	1811	1508	1612	1889	
15	1825	1994	1851	1459	1644	1875	
16	1736	2036	1801	1410	1742	2080	
							PMA PPM
							2257 1544

Palo	S.U.F. frequente max. N.	S.U.F. frequente min. N.	S.U.F. frequente max. My	S.U.F. frequente min. My	S.U.F. frequente max. Ma	S.U.F. frequente min. Ma	
1	3898	3837	3978	1801	1893	1722	
2	3489	2007	2879	1047	1817	1558	
3	3685	2038	2869	1643	1761	1994	
4	3681	2029	2868	1640	1745	2026	
5	1747	2014	1827	1736	1687	1901	
6	1744	2023	2828	1730	1691	1940	
7	1740	2025	2829	1727	1613	1778	
8	1730	2016	2829	1723	1775	2011	
9	1862	1981	1978	1627	1621	1888	
10	1798	1982	1877	1611	1685	1922	
11	1798	1982	1877	1621	1688	1988	
12	1791	1983	1878	1620	1613	1994	
13	1837	1980	1820	1580	1584	1888	
14	1853	1980	1828	1586	1511	1904	
15	1849	1980	1828	1581	1682	1940	
16	1881	1970	1827	1580	1645	1876	
							PMA PPM
							2080 1640

Palo	S.U.F. permanente max. N.	S.U.F. permanente min. N.	S.U.F. permanente max. My	S.U.F. permanente min. My	S.U.F. permanente max. Ma	S.U.F. permanente min. Ma	
1	1712	1788	1791	1678	1887	1743	
2	1712	1754	1791	1678	1857	1741	
3	1712	1758	1791	1678	1857	1741	
4	1712	1758	1791	1678	1857	1741	
5	1750	1788	1810	1745	1768	1790	
6	1759	1799	1815	1745	1784	1776	
7	1759	1799	1815	1745	1784	1776	
8	1759	1799	1815	1745	1784	1776	
9	1885	1848	1838	1818	1818	1850	
10	1885	1848	1838	1818	1818	1850	
11	1885	1848	1838	1818	1818	1818	
12	1885	1848	1838	1818	1818	1818	
13	1852	1855	1855	1855	1876	1853	
14	1852	1855	1855	1855	1876	1853	
15	1852	1855	1855	1855	1876	1853	
16	1852	1855	1855	1855	1876	1853	
							PMA PPM
							1885 1670

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Azioni di taglio testa palo

Palo	SU 375 max N	SU 375 max S	SU 375 max My	SU 375 max My	SU 375 max Sx	SU 375 max Sx		
1	434	434	330	330	462	462		
2	434	434	330	330	462	462		
3	434	434	330	330	462	462		
4	434	434	330	330	462	462		
5	434	434	330	330	462	462		
6	434	434	330	330	462	462		
7	434	434	330	330	462	462		
8	434	434	330	330	462	462		
9	434	434	330	330	462	462		
10	434	434	330	330	462	462		
11	434	434	330	330	462	462		
12	434	434	330	330	462	462		
13	434	434	330	330	462	462		
14	434	434	330	330	462	462		
15	434	434	330	330	462	462		
16	434	434	330	330	462	462		
17	434	434	330	330	462	462		
18	434	434	330	330	462	462		
							max	min
							576	330

Palo	SU 600 max N	SU 600 max S	SU 600 max My	SU 600 max My	SU 600 max Sx	SU 600 max Sx		
1	412	412	405	405	344	344		
2	412	412	405	405	344	344		
3	412	412	405	405	344	344		
4	412	412	405	405	344	344		
5	412	412	405	405	344	344		
6	412	412	405	405	344	344		
7	412	412	405	405	344	344		
8	412	412	405	405	344	344		
9	412	412	405	405	344	344		
10	412	412	405	405	344	344		
11	412	412	405	405	344	344		
12	412	412	405	405	344	344		
13	412	412	405	405	344	344		
14	412	412	405	405	344	344		
15	412	412	405	405	344	344		
16	412	412	405	405	344	344		
17	412	412	405	405	344	344		
18	412	412	405	405	344	344		
							max	min
							576	344

Palo	SU 375 max N	SU 375 max S	SU 375 max My	SU 375 max My	SU 375 max Sx	SU 375 max Sx		
1	477	449	347	347	500	500		
2	477	449	347	347	500	500		
3	477	449	347	347	500	500		
4	477	449	347	347	500	500		
5	477	449	347	347	500	500		
6	477	449	347	347	500	500		
7	477	449	347	347	500	500		
8	477	449	347	347	500	500		
9	477	449	347	347	500	500		
10	477	449	347	347	500	500		
11	477	449	347	347	500	500		
12	477	449	347	347	500	500		
13	477	449	347	347	500	500		
14	477	449	347	347	500	500		
15	477	449	347	347	500	500		
16	477	449	347	347	500	500		
17	477	449	347	347	500	500		
18	477	449	347	347	500	500		
							max	min
							577	425

Palo	SU 375 max N	SU 375 max S	SU 375 max My	SU 375 max My	SU 375 max Sx	SU 375 max Sx		
1	400	400	412	340	340	420		
2	400	400	412	340	340	420		
3	400	400	412	340	340	420		
4	400	400	412	340	340	420		
5	400	400	412	340	340	420		
6	400	400	412	340	340	420		
7	400	400	412	340	340	420		
8	400	400	412	340	340	420		
9	400	400	412	340	340	420		
10	400	400	412	340	340	420		
11	400	400	412	340	340	420		
12	400	400	412	340	340	420		
13	400	400	412	340	340	420		
14	400	400	412	340	340	420		
15	400	400	412	340	340	420		
16	400	400	412	340	340	420		
17	400	400	412	340	340	420		
18	400	400	412	340	340	420		
							max	min
							422	340

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Palo	SLE Frequente max N	SLE Frequente max S	SLE Frequente max My	SLE Frequente max My	SLE Frequente max Mx	SLE Frequente max Mx		
1	407	409	411	340	342	401		
2	411	409	411	340	342	401		
3	411	409	411	342	342	401		
4	411	409	411	340	342	401		
5	411	409	411	342	342	401		
6	411	409	411	340	342	401		
7	411	409	411	340	342	401		
8	411	409	411	340	342	401		
9	411	409	411	340	342	401		
10	411	409	411	340	342	401		
11	407	409	411	340	342	401		
12	407	409	411	340	342	401		
13	407	409	411	342	342	401		
14	407	409	411	340	342	401		
15	407	409	411	342	342	401		
16	407	409	411	340	342	401		
							max 407	min 340
Palo	SLE permanente max N	SLE permanente min N	SLE permanente max My	SLE permanente min My	SLE permanente max Mx	SLE permanente min Mx		
1	343	343	357	340	342	357		
2	343	343	357	340	342	357		
3	343	343	357	340	342	357		
4	343	343	357	340	342	357		
5	343	343	357	340	342	357		
6	343	343	357	340	342	357		
7	343	343	357	340	342	357		
8	343	343	357	340	342	357		
9	343	343	357	340	342	357		
10	343	343	357	340	342	357		
11	343	343	357	340	342	357		
12	343	343	357	340	342	357		
13	343	343	357	340	342	357		
14	343	343	357	340	342	357		
15	343	343	357	340	342	357		
16	343	343	357	340	342	357		
							max 357	min 340

Momenti flettenti testa palo

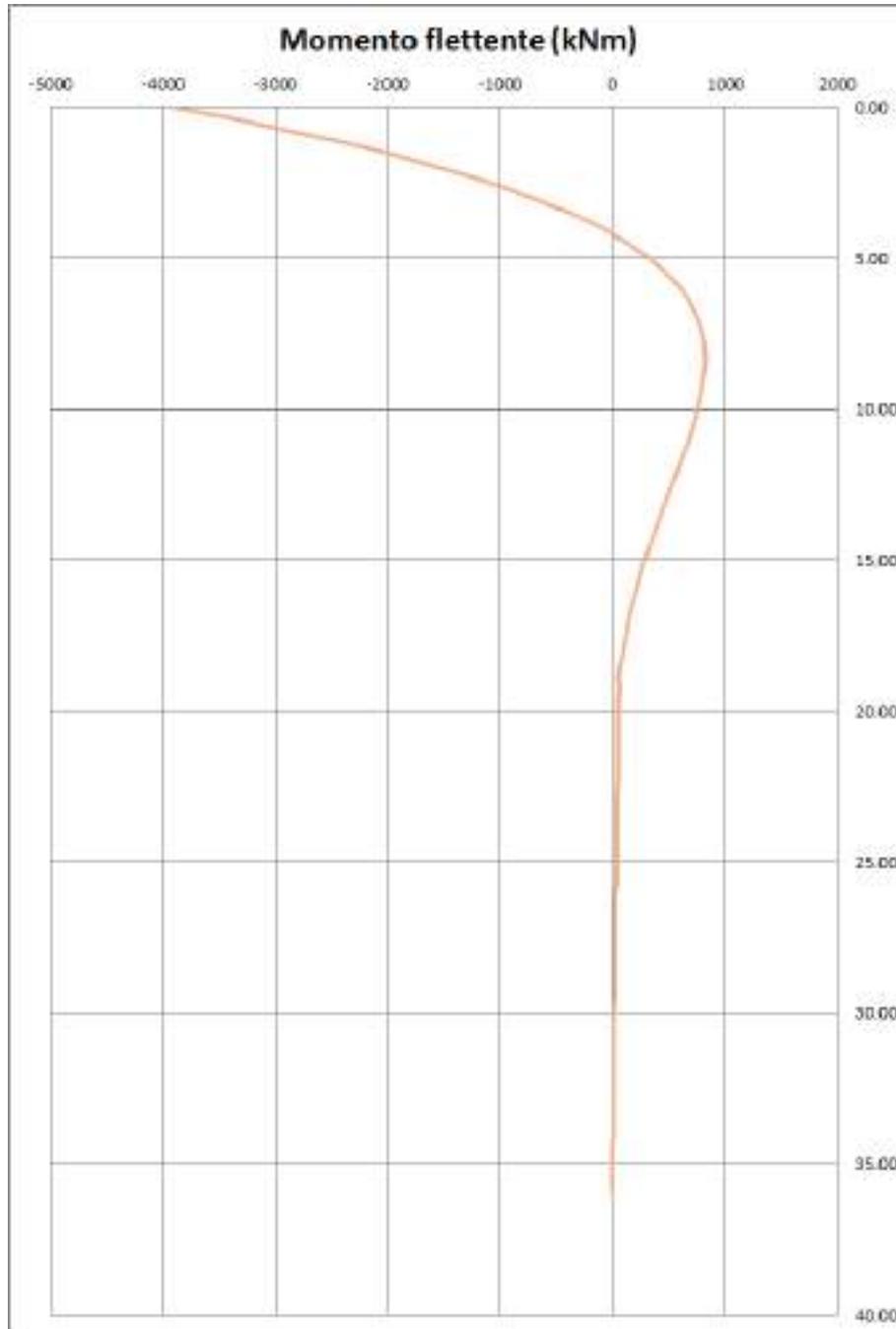
Palo	SLE STR max N	SLE STR min N	SLE STR max My	SLE STR min My	SLE STR max Mx	SLE STR min Mx		
1	1290	1181	1529	902	1210	1187		
2	1290	1181	1529	902	1210	1187		
3	1290	1181	1529	902	1210	1187		
4	1290	1181	1529	902	1210	1187		
5	1290	1181	1529	902	1210	1187		
6	1290	1181	1529	902	1210	1187		
7	1290	1181	1529	902	1210	1187		
8	1290	1181	1529	902	1210	1187		
9	1290	1181	1529	902	1210	1187		
10	1290	1181	1529	902	1210	1187		
11	1290	1181	1529	902	1210	1187		
12	1290	1181	1529	902	1210	1187		
13	1290	1181	1529	902	1210	1187		
14	1290	1181	1529	902	1210	1187		
15	1290	1181	1529	902	1210	1187		
16	1290	1181	1529	902	1210	1187		
							max 1290	min 902
Palo	SLE QED max N	SLE QED min N	SLE QED max My	SLE QED min My	SLE QED max Mx	SLE QED min Mx		
1	965	1096	1199	915	915	1151		
2	965	1096	1199	915	915	1151		
3	965	1096	1199	915	915	1151		
4	965	1096	1199	915	915	1151		
5	965	1096	1199	915	915	1151		
6	965	1096	1199	915	915	1151		
7	965	1096	1199	915	915	1151		
8	965	1096	1199	915	915	1151		
9	965	1096	1199	915	915	1151		
10	965	1096	1199	915	915	1151		
11	965	1096	1199	915	915	1151		
12	965	1096	1199	915	915	1151		
13	965	1096	1199	915	915	1151		
14	965	1096	1199	915	915	1151		
15	965	1096	1199	915	915	1151		
16	965	1096	1199	915	915	1151		
							max 1199	min 915

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

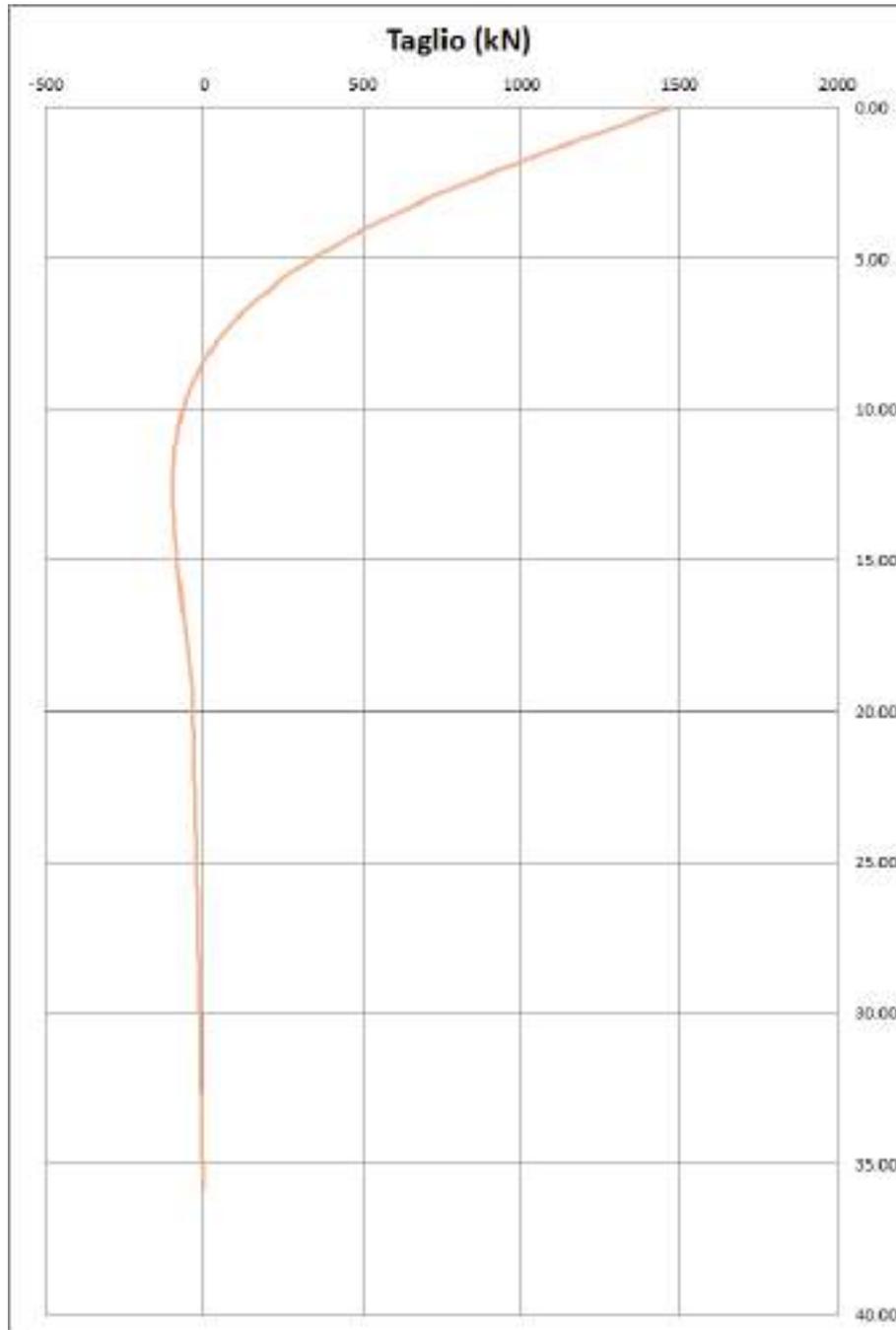
Rate	SLV max H	SLV min H	SLV max My	SLV min My	SLV max Mx	SLV min Mx		
1	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
2	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
3	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
4	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
5	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
6	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
7	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
8	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
9	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
10	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
11	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
12	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
13	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
14	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
15	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
16	2016	1181	1000	1130	2900	1051		
							max	min
							2016	1126
Rate	SLV max H	SLV min H	SLV max My	SLV min My	SLV max Mx	SLV min Mx		
1	913	1001	1125	911	913	1124		
2	913	1001	1125	911	913	1124		
3	913	1001	1125	911	913	1124		
4	913	1001	1125	911	913	1124		
5	913	1001	1125	911	913	1124		
6	913	1001	1125	911	913	1124		
7	913	1001	1125	911	913	1124		
8	913	1001	1125	911	913	1124		
9	913	1001	1125	911	913	1124		
10	913	1001	1125	911	913	1124		
11	913	1001	1125	911	913	1124		
12	913	1001	1125	911	913	1124		
13	913	1001	1125	911	913	1124		
14	913	1001	1125	911	913	1124		
15	913	1001	1125	911	913	1124		
16	913	1001	1125	911	913	1124		
							max	min
							1124	911
Rate	SLV frequenza max H	SLV frequenza min H	SLV frequenza max My	SLV frequenza min My	SLV frequenza max Mx	SLV frequenza min Mx		
1	912	1000	1122	910	910	1122		
2	912	1000	1122	910	910	1122		
3	912	1000	1122	910	910	1122		
4	912	1000	1122	910	910	1122		
5	912	1000	1122	910	910	1122		
6	912	1000	1122	910	910	1122		
7	912	1000	1122	910	910	1122		
8	912	1000	1122	910	910	1122		
9	912	1000	1122	910	910	1122		
10	912	1000	1122	910	910	1122		
11	912	1000	1122	910	910	1122		
12	912	1000	1122	910	910	1122		
13	912	1000	1122	910	910	1122		
14	912	1000	1122	910	910	1122		
15	912	1000	1122	910	910	1122		
16	912	1000	1122	910	910	1122		
							max	min
							1122	910
Rate	SLV permanente max H	SLV permanente min H	SLV permanente max My	SLV permanente min My	SLV permanente max Mx	SLV permanente min Mx		
1	912	910	912	910	910	912		
2	912	910	912	910	910	912		
3	912	910	912	910	910	912		
4	912	910	912	910	910	912		
5	912	910	912	910	910	912		
6	912	910	912	910	910	912		
7	912	910	912	910	910	912		
8	912	910	912	910	910	912		
9	912	910	912	910	910	912		
10	912	910	912	910	910	912		
11	912	910	912	910	910	912		
12	912	910	912	910	910	912		
13	912	910	912	910	910	912		
14	912	910	912	910	910	912		
15	912	910	912	910	910	912		
16	912	910	912	910	910	912		
							max	min
							912	910

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 3936 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni pila 1

Geometria palificata

n°pali =	8	(-)	Palo	x	y	n°palo	xpalo	ypalo	xp2 (m²)	yp2 (m²)	Σxp	Σyp	x/Σ xp2	y/Σ yp2
n° combo =	36	(-)		(m)	(m)	1	3.45	-5.00	11.90	36.00	95.22	180.00	0.036232	-0.0375
			1	3.45	-6.99	2	3.45	-2.00	11.90	4.00			0.036232	-0.0125
			2	3.45	-2.99	3	3.45	2.00	11.90	4.00			0.036232	0.0125
			3	3.45	2.00	4	3.45	6.00	11.90	36.00			0.036232	0.0375
			4	3.45	8.00	5	-3.45	-8.00	11.90	36.00			-0.036232	-0.0375
			5	-3.45	-6.99	6	-3.45	-2.00	11.90	4.00			-0.036232	-0.0125
			6	-3.45	-2.99	7	-3.45	2.00	11.90	4.00			-0.036232	0.0125
			7	-3.45	2.00	8	-3.45	6.00	11.90	36.00			-0.036232	0.0375
			8	-3.45	8.00									

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	max	min
1	1795	1975	2882	1794	4322	2197		
2	2090	1948	2085	3042	1620	2695		
3	2295	1825	2484	1288	3227	2153		
4	2489	1900	1685	1518	1829	3651		
5	1884	1890	2086	3044	4448	2086		
6	2089	1867	2587	1292	3847	2584		
7	2295	1640	2186	1559	1549	3081		
8	2488	1820	1589	1787	2851	2580	max	min
							4382	1796
Palo	SLU ORD max N	SLU ORD min N	SLU ORD max My	SLU ORD min My	SLU ORD max Mx	SLU ORD min Mx	max	min
1	1621	1663	2653	1667	3328	2181		
2	1968	1646	1640	3222	1898	2699		
3	2175	1618	2488	1448	2072	3086		
4	2362	1998	1686	1669	1884	3680		
5	1928	1865	2586	1239	1838	2122		
6	2135	1840	2376	1404	2951	2590		
7	2382	1617	2084	1668	1504	2967		
8	2578	1813	1681	1882	2072	3182	max	min
							3485	1821
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	max	min
1	3099	1826	4152	1462	2688	1558		
2	2867	1768	3030	1625	2616	2026		
3	2729	1318	2086	1767	1587	2497		
4	3383	1852	1726	1908	1877	2986		
5	1757	1868	1787	1818	2854	1651		
6	1574	1618	1634	1869	2225	2161		
7	1632	1652	1682	1162	1766	2690		
8	1280	1398	1381	1385	1288	1881	max	min
							3380	1286
Palo	SLC tara max N	SLC tara min N	SLC tara max My	SLC tara min My	SLC tara max Mx	SLC tara min Mx	max	min
1	1880	2888	2757	3087	1678	2221		
2	3087	2910	2584	1238	1824	2575		
3	2284	2918	2421	1425	1478	2520		
4	2341	2826	2100	1584	2118	3284		
5	2084	2865	2488	1275	1696	2181		
6	2141	1860	2388	1484	1882	2683		
7	2278	1838	2225	1813	1488	2889		
8	2425	1857	1690	1783	2134	3223	max	min
							3284	1690

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Palo	SLE frequenza max N	SLE frequenza min N	SLE frequenza max My	SLE frequenza min My	SLE frequenza max Ma	SLE frequenza min Ma	max	min
1	2282	2374	2390	2348	2828	2397	2788	2282
2	2288	2433	2390	2348	2517	2495		
3	2253	2467	2390	2348	2408	2685		
4	2239	2758	2388	2348	2298	2758		
5	2321	2308	2389	2273	2832	2528		
6	2327	2304	2389	2273	2823	2437		
7	2233	2433	2389	2273	2414	2540		
8	2288	2477	2389	2273	2385	2625		
Palo	SLE q permanente max N	SLE q permanente min N	SLE q permanente max My	SLE q permanente min My	SLE q permanente max Ma	SLE q permanente min Ma	max	min
1	2237	2398	2380	2255	2278	2366	2258	2237
2	2237	2398	2380	2255	2278	2366		
3	2237	2398	2380	2255	2278	2366		
4	2237	2398	2380	2255	2278	2366		
5	2237	2397	2387	2277	2382	2385		
6	2237	2397	2387	2277	2382	2385		
7	2237	2397	2387	2277	2382	2385		
8	2237	2397	2387	2277	2382	2385	2258	2237

Azioni di taglio testa palo

Palo	SLE 375 max N	SLE 375 min N	SLE 375 max My	SLE 375 min My	SLE 375 max Ma	SLE 375 min Ma	max	min
1	87	88	85	86	87	88	88	87
2	87	88	85	86	87	88		
3	87	88	85	86	87	88		
4	87	88	85	86	87	88		
5	87	88	85	86	87	88		
6	87	88	85	86	87	88		
7	87	88	85	86	87	88		
8	87	88	85	86	87	88	88	87
Palo	SLE 300 max N	SLE 300 min N	SLE 300 max My	SLE 300 min My	SLE 300 max Ma	SLE 300 min Ma	max	min
1	73	75	80	87	75	76	76	73
2	73	75	80	87	75	76		
3	73	75	80	87	75	76		
4	73	75	80	87	75	76		
5	73	75	80	87	75	76		
6	73	75	80	87	75	76		
7	73	75	80	87	75	76		
8	73	75	80	87	75	76	76	73
Palo	SLE 225 max N	SLE 225 min N	SLE 225 max My	SLE 225 min My	SLE 225 max Ma	SLE 225 min Ma	max	min
1	228	249	238	227	228	228	228	228
2	228	249	238	227	228	228		
3	228	249	238	227	228	228		
4	228	249	238	227	228	228		
5	228	249	238	227	228	228		
6	228	249	238	227	228	228		
7	228	249	238	227	228	228		
8	228	249	238	227	228	228	228	228
Palo	SLE 150 max N	SLE 150 min N	SLE 150 max My	SLE 150 min My	SLE 150 max Ma	SLE 150 min Ma	max	min
1	88	88	73	88	88	88	88	88
2	88	88	73	88	88	88		
3	88	88	73	88	88	88		
4	88	88	73	88	88	88		
5	88	88	73	88	88	88		
6	88	88	73	88	88	88		
7	88	88	73	88	88	88		
8	88	88	73	88	88	88	88	88

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Palo	SLE Frequente max N	SLE Frequente min N	SLE Frequente max My	SLE Frequente min My	SLE Frequente max Mx	SLE Frequente min Mx		
1	4	12	26	7	1	12		
2	4	12	26	7	1	12		
3	4	12	26	7	1	12		
4	4	12	26	7	1	12		
5	4	12	26	7	1	12		
6	4	12	26	7	1	12		
7	4	12	26	7	1	12		
8	4	12	26	7	1	12		
							max	min
							12	1
PALO	SLE a permanete max N	SLE a permanete min N	SLE a permanete max My	SLE a permanete min My	SLE a permanete max Mx	SLE a permanete min Mx		
1	4	12	26	6	1	12		
2	4	12	26	6	1	12		
3	4	12	26	6	1	12		
4	4	12	26	6	1	12		
5	4	12	26	6	1	12		
6	4	12	26	6	1	12		
7	4	12	26	6	1	12		
8	4	12	26	6	1	12		
							max	min
							12	1

Momenti flettenti testa palo

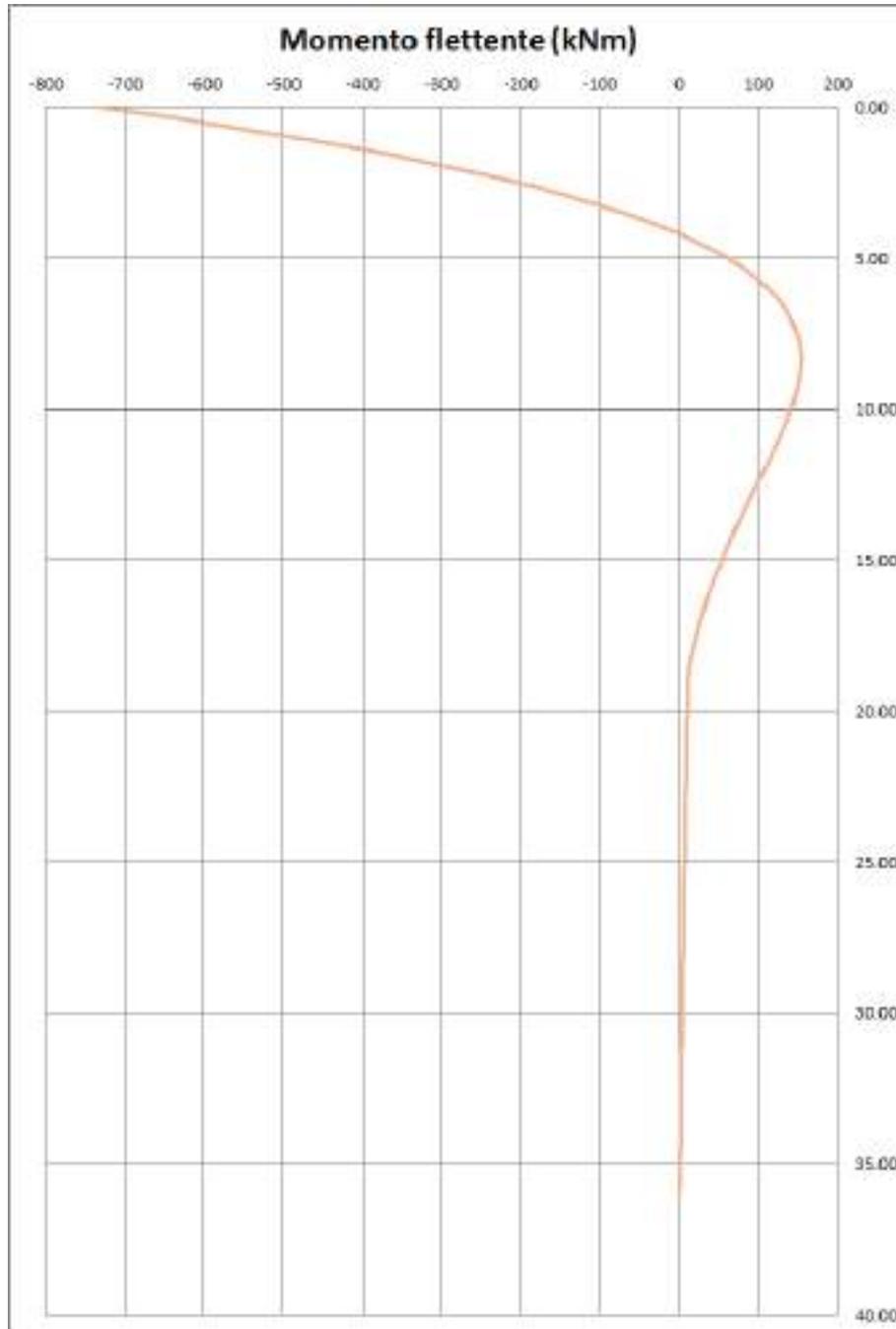
Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	232	228	274	262	231	234		
2	232	228	274	262	231	234		
3	232	228	274	262	231	234		
4	232	228	274	262	231	234		
5	232	228	274	262	231	234		
6	232	228	274	262	231	234		
7	232	228	274	262	231	234		
8	232	228	274	262	231	234		
							max	min
							274	228
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	205	199	239	231	201	203		
2	205	199	239	231	201	203		
3	205	199	239	231	201	203		
4	205	199	239	231	201	203		
5	205	199	239	231	201	203		
6	205	199	239	231	201	203		
7	205	199	239	231	201	203		
8	205	199	239	231	201	203		
							max	min
							239	199
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	689	664	736	710	584	575		
2	689	664	736	710	584	575		
3	689	664	736	710	584	575		
4	689	664	736	710	584	575		
5	689	664	736	710	584	575		
6	689	664	736	710	584	575		
7	689	664	736	710	584	575		
8	689	664	736	710	584	575		
							max	min
							736	575
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	157	154	192	181	155	157		
2	157	154	192	181	155	157		
3	157	154	192	181	155	157		
4	157	154	192	181	155	157		
5	157	154	192	181	155	157		
6	157	154	192	181	155	157		
7	157	154	192	181	155	157		
8	157	154	192	181	155	157		
							max	min
							192	154

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

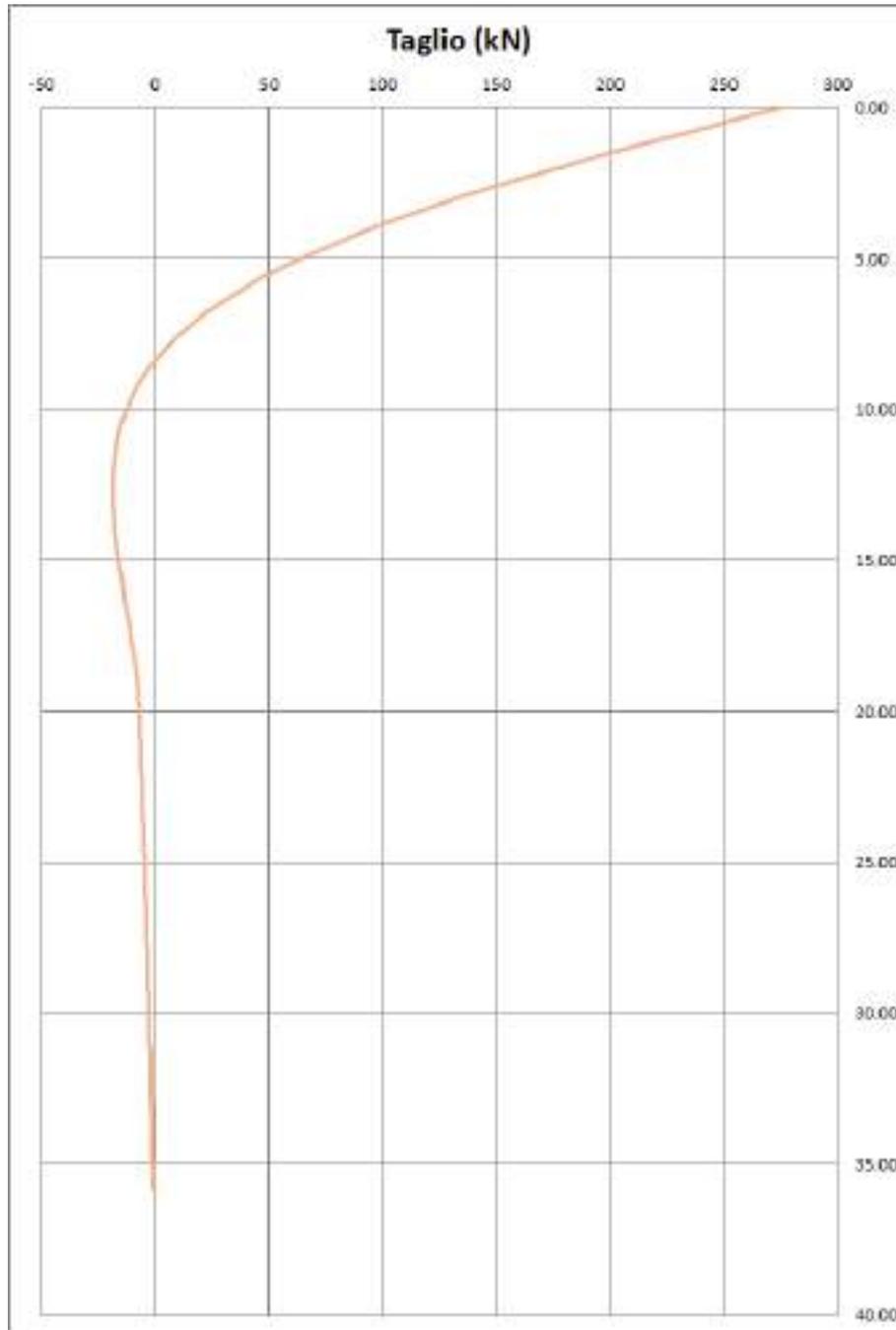
Palo	SLE frequente max N	SLE frequente min N	SLE frequente max My	SLE frequente min My	SLE frequente max Mx	SLE frequente min Mx		
1	10	34	42	17	4	30		
2	10	34	42	17	4	30		
3	10	34	42	17	4	30		
4	10	34	42	17	4	30		
5	10	34	42	17	4	30		
6	10	34	42	17	4	30		
7	10	34	42	17	4	30		
8	10	34	42	17	4	30		
							max	min
							42	4
Palo	SLE q.permanente max N	SLE q.permanente min N	SLE q.permanente max My	SLE q.permanente min My	SLE q.permanente max Mx	SLE q.permanente min Mx		
1	10	37	38	12	2	32		
2	10	37	38	12	2	32		
3	10	37	38	12	2	32		
4	10	37	38	12	2	32		
5	10	37	38	12	2	32		
6	10	37	38	12	2	32		
7	10	37	38	12	2	32		
8	10	37	38	12	2	32		
							max	min
							38	2

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 736 kNm)



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Sollecitazioni Pila 2
Geometria palificata

n°pali =	8	(-)	Palo	x	y	n°palo	xpalo	ypalo	xp2 (m²)	yp2 (m²)	Σxp	Σyp	x/Σxp²	y/Σyp²
n°combo =	36	(-)		(m)	(m)	1	3.45	-5.00	11.90	36.00	35.22	160.00	0.036232	-0.0375
			1	3.45	-6.99	2	3.45	-2.00	11.90	4.00			0.036232	-0.0125
			2	3.45	-2.99	3	3.45	2.00	11.90	4.00			0.036232	0.0125
			3	3.45	2.00	4	3.45	6.00	11.90	36.00			0.036232	0.0275
			4	3.45	8.00	5	-3.45	-8.00	11.90	36.00			-0.03623	-0.0375
			5	-3.45	-6.99	6	-3.45	-2.00	11.90	4.00			-0.03623	-0.0125
			6	-3.45	-2.99	7	-3.45	2.00	11.90	4.00			-0.03623	0.0125
			7	-3.45	2.00	8	-3.45	6.00	11.90	36.00			-0.03623	0.0275
			8	-3.45	8.00									

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	2887	3353	4338	2081	4717	1699		
2	2565	3888	3946	2382	3987	2429		
3	2242	4424	3553	2683	3257	3159		
4	1920	4959	3161	2984	2528	3888		
5	2848	3367	4001	2395	4719	1672		
6	2526	3903	3609	2697	3990	2401		
7	2203	4438	3217	2998	3260	3131		
8	1881	4974	2825	3299	2530	3861		
							max	min
							4974	1672
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	2835	2475	3327	2135	3654	1809		
2	2556	2936	2988	2397	3024	2439		
3	2276	3397	2649	2658	2394	3069		
4	1997	3858	2310	2920	1764	3699		
5	2797	2495	3035	2412	3661	1770		
6	2517	2956	2696	2673	3031	2400		
7	2238	3418	2357	2935	2401	3031		
8	1958	3879	2018	3197	1771	3661		
							max	min
							3879	1764
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	3861	1151	3877	1136	4101	911		
2	3585	1428	3600	1412	3185	1827		
3	3308	1704	3324	1688	2269	2744		
4	3032	1980	3048	1965	1353	3660		
5	1775	3217	1788	3204	3483	1509		
6	1498	3493	1511	3480	2566	2425		
7	1222	3770	1235	3757	1650	3342		
8	946	4046	959	4033	734	4258		
							max	min
							4258	734
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	2748	2523	3175	2229	3428	1974		
2	2535	2895	2910	2427	2930	2472		
3	2322	3266	2645	2624	2432	2970		
4	2108	3637	2380	2822	1934	3468		
5	2715	2536	2922	2464	3431	1951		
6	2502	2907	2657	2662	2932	2449		
7	2289	3278	2392	2859	2434	2947		
8	2076	3650	2127	3057	1936	3446		
							max	min
							3650	1934
Palo	SLE frequente max N	SLE frequente min N	SLE frequente max My	SLE frequente min My	SLE frequente max Mx	SLE frequente min Mx		
1	2448	2706	2728	2676	2857	2545		
2	2455	2768	2692	2645	2740	2662		
3	2462	2830	2656	2614	2623	2779		
4	2469	2892	2619	2583	2506	2896		
5	2417	2714	2683	2701	2857	2524		
6	2424	2776	2647	2670	2740	2641		
7	2431	2838	2611	2639	2622	2758		
8	2438	2901	2574	2608	2505	2875		
							max	min
							2901	2417

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Palo	SLE q.permanente max N	SLE q.permanente min N	SLE q.permanente max My	SLE q.permanente min My	SLE q.permanente max Mx	SLE q.permanente min Mx		
1	2489	2523	2505	2508	2487	2526		
2	2489	2523	2505	2508	2487	2526		
3	2489	2523	2505	2508	2487	2526		
4	2489	2523	2505	2508	2487	2526		
5	2459	2533	2472	2520	2487	2505		
6	2459	2533	2472	2520	2487	2505		
7	2459	2533	2472	2520	2487	2505		
8	2459	2533	2472	2520	2487	2505		
							max	min
							2533	2459

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	109	112	119	117	183	183		
2	109	112	119	117	183	183		
3	109	112	119	117	183	183		
4	109	112	119	117	183	183		
5	109	112	119	117	183	183		
6	109	112	119	117	183	183		
7	109	112	119	117	183	183		
8	109	112	119	117	183	183		
							max	min
							183	109

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	95	97	103	101	159	159		
2	95	97	103	101	159	159		
3	95	97	103	101	159	159		
4	95	97	103	101	159	159		
5	95	97	103	101	159	159		
6	95	97	103	101	159	159		
7	95	97	103	101	159	159		
8	95	97	103	101	159	159		
							max	min
							159	95

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	314	312	314	312	311	311		
2	314	312	314	312	311	311		
3	314	312	314	312	311	311		
4	314	312	314	312	311	311		
5	314	312	314	312	311	311		
6	314	312	314	312	311	311		
7	314	312	314	312	311	311		
8	314	312	314	312	311	311		
							max	min
							314	311

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	73	75	81	79	122	122		
2	73	75	81	79	122	122		
3	73	75	81	79	122	122		
4	73	75	81	79	122	122		
5	73	75	81	79	122	122		
6	73	75	81	79	122	122		
7	73	75	81	79	122	122		
8	73	75	81	79	122	122		
							max	min
							122	73

Palo	SLE frequente max N	SLE frequente min N	SLE frequente max My	SLE frequente min My	SLE frequente max Mx	SLE frequente min Mx		
1	4	1	6	3	1	3		
2	4	1	6	3	1	3		
3	4	1	6	3	1	3		
4	4	1	6	3	1	3		
5	4	1	6	3	1	3		
6	4	1	6	3	1	3		
7	4	1	6	3	1	3		
8	4	1	6	3	1	3		
							max	min
							6	1

Palo	SLE q.permanente max N	SLE q.permanente min N	SLE q.permanente max My	SLE q.permanente min My	SLE q.permanente max Mx	SLE q.permanente min Mx		
1	4	1	4	2	0	3		
2	4	1	4	2	0	3		
3	4	1	4	2	0	3		
4	4	1	4	2	0	3		
5	4	1	4	2	0	3		
6	4	1	4	2	0	3		
7	4	1	4	2	0	3		
8	4	1	4	2	0	3		
							max	min
							4	0

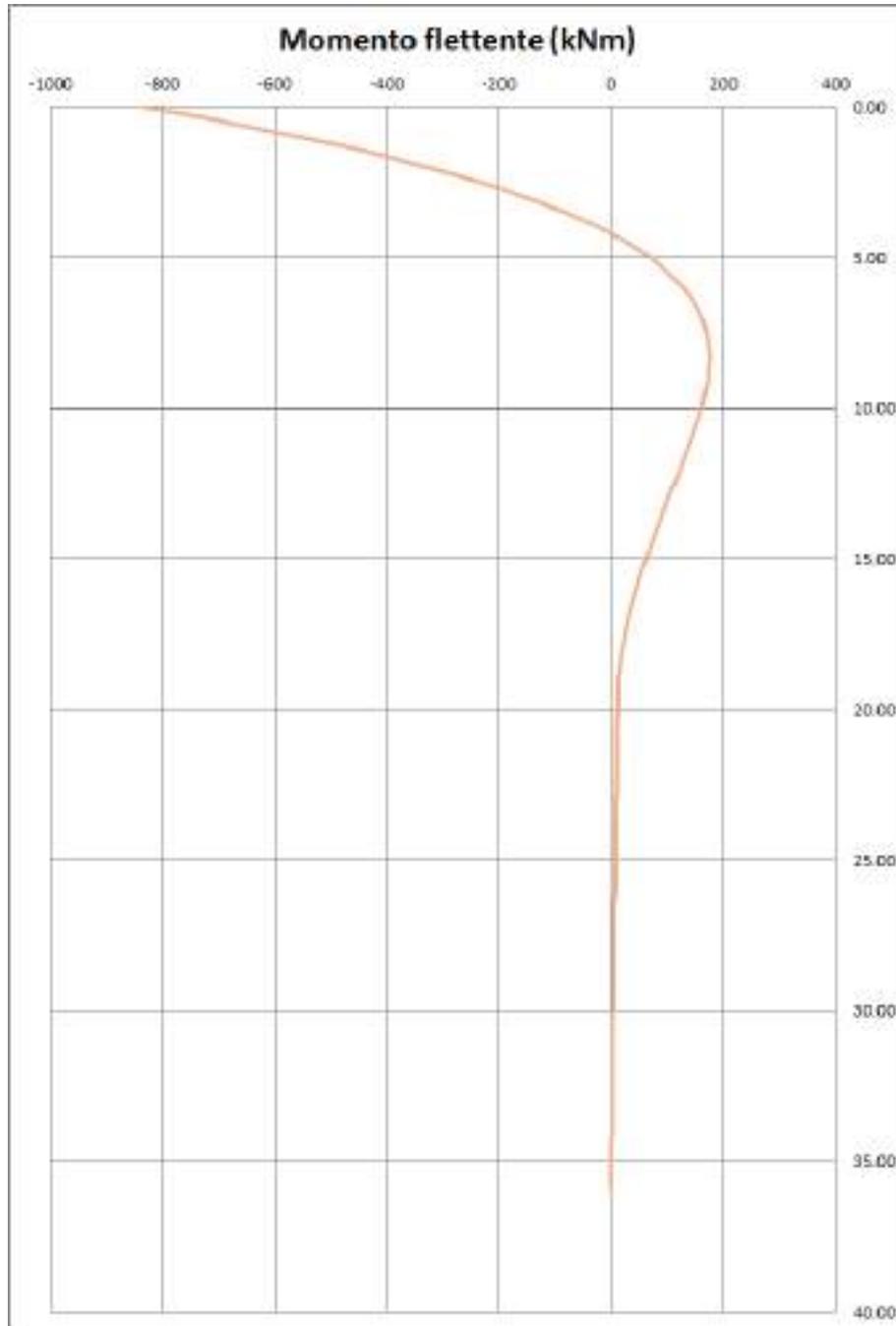
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

Momenti flettenti testa palo

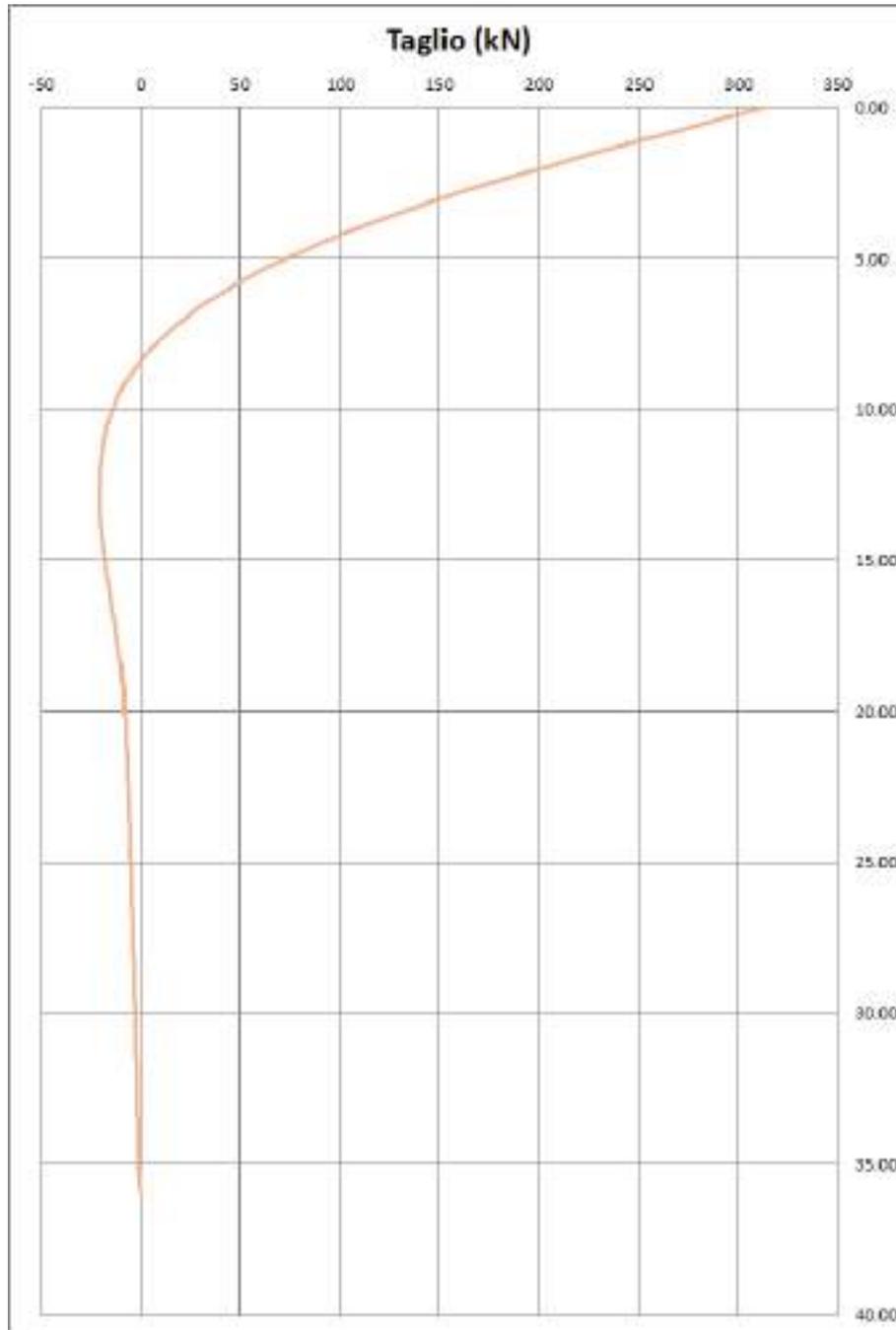
Palo	SLU STR max N	SLU STR min N	SLU STR max My	SLU STR min My	SLU STR max Mx	SLU STR min Mx		
1	291	297	317	310	489	489		
2	291	297	317	310	489	489		
3	291	297	317	310	489	489		
4	291	297	317	310	489	489		
5	291	297	317	310	489	489		
6	291	297	317	310	489	489		
7	291	297	317	310	489	489		
8	291	297	317	310	489	489		
							max	min
							489	291
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	252	258	275	270	424	424		
2	252	258	275	270	424	424		
3	252	258	275	270	424	424		
4	252	258	275	270	424	424		
5	252	258	275	270	424	424		
6	252	258	275	270	424	424		
7	252	258	275	270	424	424		
8	252	258	275	270	424	424		
							max	min
							424	252
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	837	830	838	831	830	827		
2	837	830	838	831	830	827		
3	837	830	838	831	830	827		
4	837	830	838	831	830	827		
5	837	830	838	831	830	827		
6	837	830	838	831	830	827		
7	837	830	838	831	830	827		
8	837	830	838	831	830	827		
							max	min
							838	827
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	194	199	216	210	326	326		
2	194	199	216	210	326	326		
3	194	199	216	210	326	326		
4	194	199	216	210	326	326		
5	194	199	216	210	326	326		
6	194	199	216	210	326	326		
7	194	199	216	210	326	326		
8	194	199	216	210	326	326		
							max	min
							326	194
Palo	SLE frequente max N	SLE frequente min N	SLE frequente max My	SLE frequente min My	SLE frequente max Mx	SLE frequente min Mx		
1	11	3	16	9	3	8		
2	11	3	16	9	3	8		
3	11	3	16	9	3	8		
4	11	3	16	9	3	8		
5	11	3	16	9	3	8		
6	11	3	16	9	3	8		
7	11	3	16	9	3	8		
8	11	3	16	9	3	8		
							max	min
							16	3
Palo	SLE q.permanente max N	SLE q.permanente min N	SLE q.permanente max My	SLE q.permanente min My	SLE q.permanente max Mx	SLE q.permanente min Mx		
1	11	3	12	4	0	7		
2	11	3	12	4	0	7		
3	11	3	12	4	0	7		
4	11	3	12	4	0	7		
5	11	3	12	4	0	7		
6	11	3	12	4	0	7		
7	11	3	12	4	0	7		
8	11	3	12	4	0	7		
							max	min
							12	0

RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

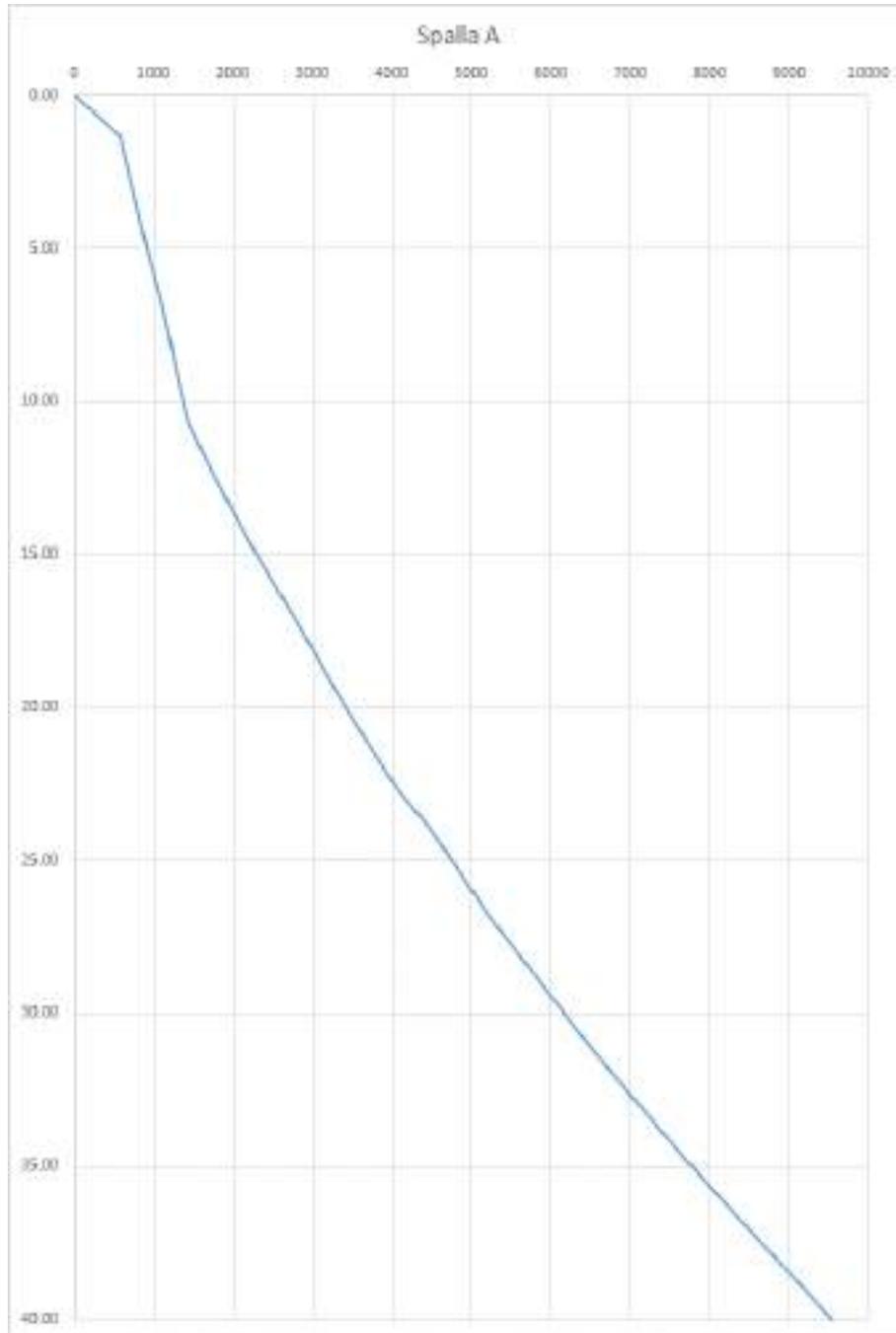
Andamento momenti e taglio per la condizione più gravosa (Minc = 838 kNm)



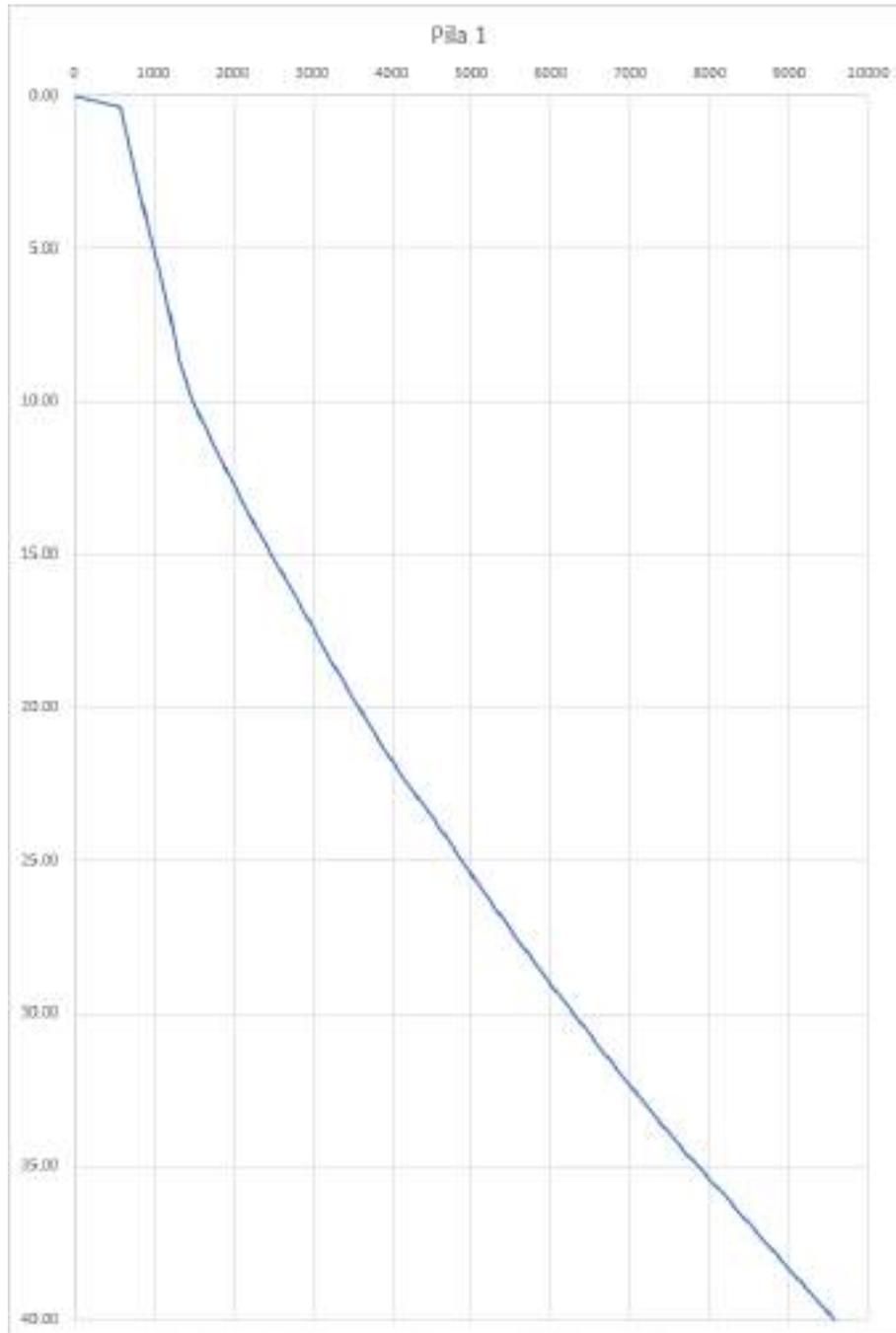
RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



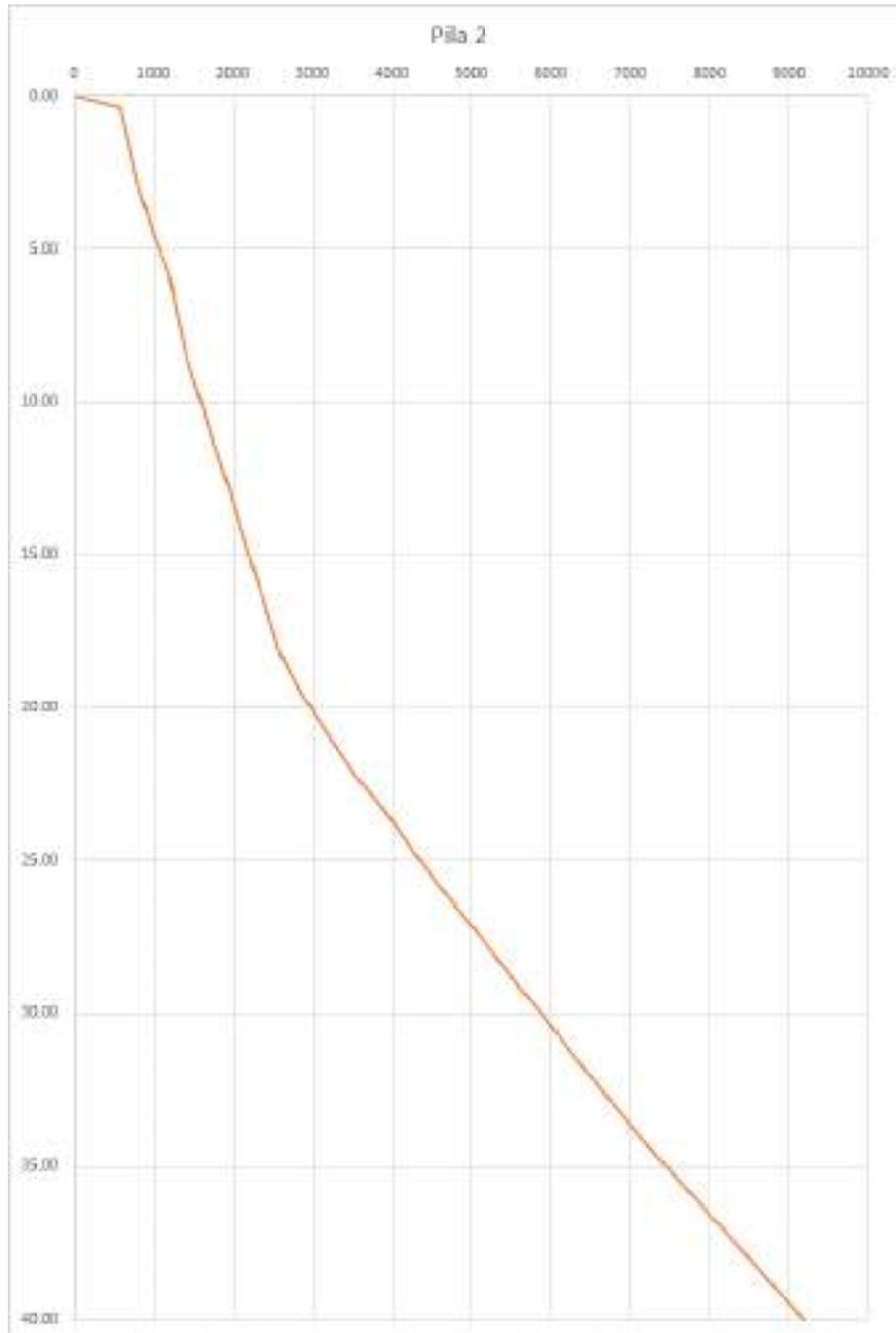
ALLEGATO 2 CURVE DI CAPACITA' PORTANTE



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo



RELAZIONE DI CALCOLO – Sottostrutture S. Leonardo

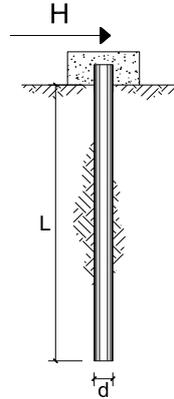


ALLEGATO 3 VERIFICHE PALI PER CARICHI ORIZZONTALI

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

OPERA: V.tto San Leonardo - PILE

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali		A		M	R
		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 =	36.00	(m)		
Diametro del palo	d =	1.20	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	2142.00	(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 =	329	(kN)		

Palo corto:

$H1_{med} = 64638.00$ (kN) $H1_{min} = 64638.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 24985.30$ (kN) $H2_{min} = 24985.30$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 1867.45$ (kN) $H3_{min} = 1867.45$ (kN)

$H_{med} = 1867.45$ (kN) palo lungo $H_{min} = 1867.45$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1098.50$ (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T = 845.00$ (kN)

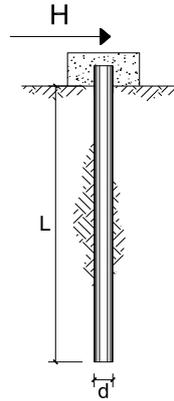
$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 329.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 2.57$

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

OPERA: V.tto San Leonardo - SPALLA

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)



coefficienti parziali		A		M	R
		permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_{cu}	γ_T
S.U.D.	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_s	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_t	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

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

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

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

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	36.00	(m)			
Diametro del palo	d =	1.20	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	$M_y =$	5012.00	(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 =	1477	(kN)			

Palo corto:

$H1_{med} = 64638.00$ (kN) $H1_{min} = 64638.00$ (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med} = 25097.74$ (kN) $H2_{min} = 25097.74$ (kN)

Palo lungo:

$H3_{med} = 3631.09$ (kN) $H3_{min} = 3631.09$ (kN)

$H_{med} = 3631.09$ (kN) palo lungo $H_{min} = 3631.09$ (kN) palo lungo

$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_s ; R_{min}/\xi_t) = 2135.93$ (kN)

$H_d = H_k / \gamma_T = 1643.03$ (kN)

$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 1477.00$ (kN)

$FS = H_d / F_d = 1.11$