

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA
AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

PROGETTO DEFINITIVO

AUTOSTRADA A14 / TANGENZIALE

GALLERIA ARTIFICIALE FONICA - SAN DONNINO

DISEGNI STRUTTURALI DI INSIEME

SCALA 3 - USCITA DI SICUREZZA GALLERIA RELAZIONE DI CALCOLO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Umberto Mele
Ord. Ingg. Milano n.18641
RESPONSABILE STRUTTURE

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068


IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Andrea Tanzi
Ord. Ingg. Parma N. 1154

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
111465	0000	PD	AU	CF1	SI000	00000	R	S T R	0046	0	SCALA -

 <small>gruppo Atlantia</small>	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068						n.	data
							0	SETTEMBRE 2020
							1	-
							2	-
REDATTO:		VERIFICATO:				3	-	
						4	-	

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Fabio Visintin

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

1	INTRODUZIONE	4
1.1	GENERALITÀ	4
1.1.1	Contestualizzazione dell'opera	5
1.1.2	Caratterizzazione geografica/sismica	8
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
1.3	MATERIALI IMPIEGATI	11
1.3.1	conglomerati cementizi	11
1.3.2	acciaio per cemento armato	12
1.3.3	Copriferri	12
1.4	SOFTWARE DI CALCOLO	13
1.4.1	Elementi finiti	13
1.4.2	Verifiche sezionali	13
1.4.3	Elaborazione dati	13
1.4.4	Validazione dei programmi di calcolo	13
2	ANALISI DEI CARICHI AGENTI	14
2.1	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE	14
2.1.1	Pesi propri e permanenti (g1k e g2k)	14
2.1.2	Contributi di spinta statica delle terre (g3k)	15
2.1.3	Carichi accidentali	16
2.1.4	Forze di inerzia	17
2.1.5	Sovrappinta sismica	17
3	ANALISI STRUTTURALE	19
3.1	GENERALITÀ	19
3.2	ANALISI STATICA	19
3.3	ANALISI SISMICA	19
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO E RELATIVE VERIFICHE	20
3.4.1	Combinazioni di carico	20
3.4.2	Verifiche strutturali	21
3.5	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	26
3.5.1	Parete longitudinale centrale	27
3.5.2	Parete longitudinale esterna	33
3.5.3	Muri trasversali	39
3.5.4	Rampe superiori	45
3.5.5	Rampa inferiore	52
4	VERIFICHE STRUTTURALI	58
4.1	VERIFICHE FLESSIONALI E TAGLIANTI	58
4.1.1	Parete longitudinale centrale	58
4.1.2	Parete longitudinale esterna	68
4.1.3	Pareti trasversali	78
4.1.4	Rampe superiori	88
4.1.5	Rampa inferiore	98
4.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	108
4.2.1	Verifica di deformabilità della mensola a sbalzo	108
4.2.2	Verifica di deformabilità del giunto	109
5	VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO	110

Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1-1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (1)	4
FIGURA 1-2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (2)	4
FIGURA 1-3 SEZIONE IN PIANTA (1)	5
FIGURA 1-4 SEZIONE IN PIANTA (2)	6
FIGURA 1-5 SEZIONE LONGITUDINALE (1)	6
FIGURA 1-6 SEZIONE LONGITUDINALE (2)	6
FIGURA 1-7 SEZIONE TRASVERSALE (1)	7
FIGURA 1-8 SEZIONE TRASVERSALE (2)	7
FIGURA 1-9 SEZIONE TRASVERSALE (3)	8
FIGURA 1-10 PARAMETRI DIPENDENTI E INDIPENDENTI PER LO STATO LIMITE SLV	8
FIGURA 1-11 PARAMETRI DIPENDENTI E INDIPENDENTI PER LO STATO LIMITE SLC	9
FIGURA 1-12 SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV	9
FIGURA 1-13 SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLC	9
FIGURA 2-1 PESO PERMANENTE DELLE SCALE	14
FIGURA 2-2 PESO PERMANENTE SU PIANEROTTOLI E RAMPE	15
FIGURA 2-3 SPINTA STATICA DELLE TERRE	15
FIGURA 2-4 CARICO ACCIDENTALE SULLE SCALE	16
FIGURA 2-5 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE X DELLA STRUTTURA	17
FIGURA 2-6 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE Y DELLA STRUTTURA	17
FIGURA 2-7 SOVRASPINTA SISMICA APPLICATA IN DIREZIONE X+ DELLA STRUTTURA	18
FIGURA 3-1 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	19
FIGURA 3-2 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	27
FIGURA 3-3 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV	27
FIGURA 3-4 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	28
FIGURA 3-5 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV	28
FIGURA 3-6 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA	29
FIGURA 3-7 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA	29
FIGURA 3-8 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	30
FIGURA 3-9 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	30
FIGURA 3-10 MY IN COMBINAZIONE SLE QP	31
FIGURA 3-11 MX IN COMBINAZIONE SLE QP	31
FIGURA 3-12 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	33
FIGURA 3-13 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV	33
FIGURA 3-14 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	34
FIGURA 3-15 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV	34
FIGURA 3-16 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA	35
FIGURA 3-17 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA	35
FIGURA 3-18 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	36
FIGURA 3-19 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	36
FIGURA 3-20 MY IN COMBINAZIONE SLE QP	37
FIGURA 3-21 MX IN COMBINAZIONE SLE QP	37
FIGURA 3-22 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	39
FIGURA 3-23 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV	39
FIGURA 3-24 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	40
FIGURA 3-25 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV	40
FIGURA 3-26 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA	41
FIGURA 3-27 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA	41
FIGURA 3-28 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	42
FIGURA 3-29 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	42
FIGURA 3-30 MY IN COMBINAZIONE SLE QP	43
FIGURA 3-31 MX IN COMBINAZIONE SLE QP	43
FIGURA 3-32 ORIENTAMENTO ASSI RAMPE SUPERIORI	45

FIGURA 3-33 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	45
FIGURA 3-34 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV	46
FIGURA 3-35 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	46
FIGURA 3-36 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV	47
FIGURA 3-37 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	47
FIGURA 3-38 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA	48
FIGURA 3-39 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	48
FIGURA 3-40 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	49
FIGURA 3-41 MY IN COMBINAZIONE SLE QP	49
FIGURA 3-42 MX IN COMBINAZIONE SLE QP	50
FIGURA 3-43 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV	52
FIGURA 3-44 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV	52
FIGURA 3-45 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	53
FIGURA 3-46 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV	53
FIGURA 3-47 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	54
FIGURA 3-48 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA	54
FIGURA 3-49 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	55
FIGURA 3-50 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE	55
FIGURA 3-51 MY IN COMBINAZIONE SLE QP	56
FIGURA 3-52 MX IN COMBINAZIONE SLE QP	56
FIGURA 4-1 MASSIMO SPOSTAMENTO DY ALL'SLC.....	109
FIGURA 5-1 M0Y DA ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI	110
FIGURA 5-2 M0X DA ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI	110
FIGURA 5-3 MY SULLA RAMPA A SBALZO	111

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

Il presente elaborato riporta le analisi svolte e i risultati ottenuti relativamente ai calcoli statici di una struttura ospitante le rampe di accesso alla galleria fonica del San Donnino nell'ambito dei lavori di ampliamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna, nel tratto Borgo Panigale – Caselle.

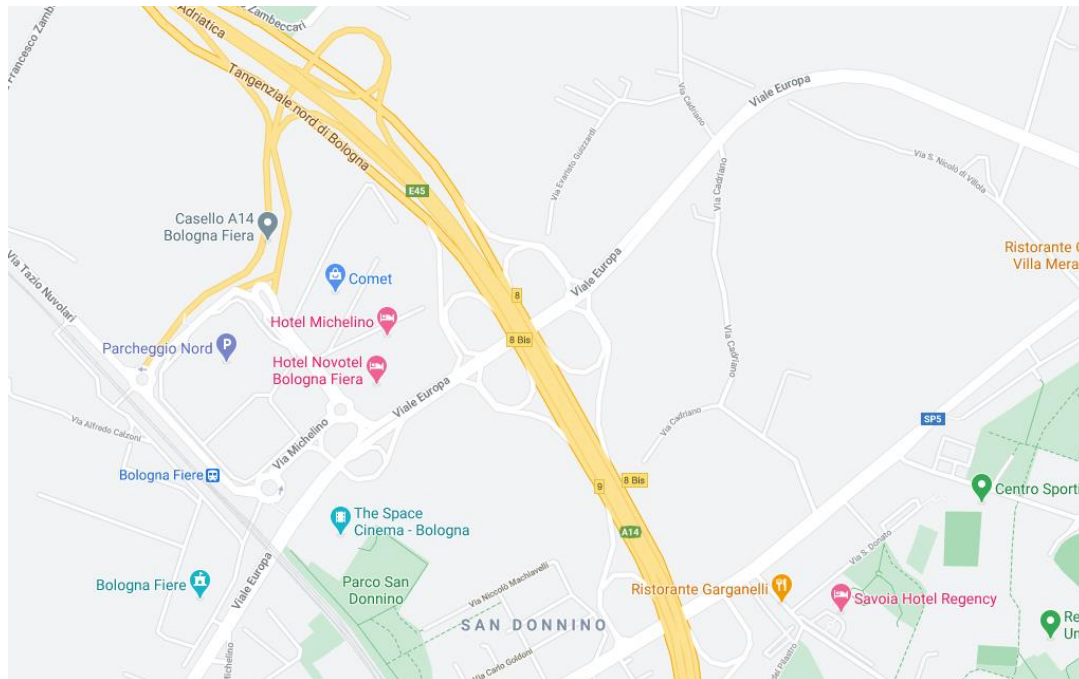


Figura 1-1. Localizzazione geografica dell'opera (1)



Figura 1-2. Localizzazione geografica dell'opera (2)

1.1.1 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA

La struttura oggetto di analisi è costituita da sistema di tre rampe in calcestruzzo armato che corrono parallele alle spalle della galleria Fonica consentendone l'accesso. La prima rampa dal lato della galleria, che presenta una larghezza massima dello sbalzo pari a 3.34m, risulta incastrata ad una parete longitudinale di altezza variabile che corre parallelamente alla spalla della galleria per circa 40.7m e che presenta uno spessore di 30cm. La seconda rampa risulta invece incastrata tra la parete longitudinale di cui sopra ed una seconda parete longitudinale parallela alla prima. La terza rampa infine, che risulta posizionata più in basso rispetto alle prime due, consente l'uscita di emergenza dalla galleria fonica. Quest'ultima, al contrario delle prime due rampe spesse 30cm, non presenta alcun rivestimento superficiale ed è spessa 20cm. La struttura risulta scollegata rispetto alla spalla della galleria fonica mediante un giunto longitudinale largo 10cm ed è sorretta da un sistema fondazionale superficiale costituito da un plinto di 1m di spessore affiancato alla fondazione della spalla della San Donnino.

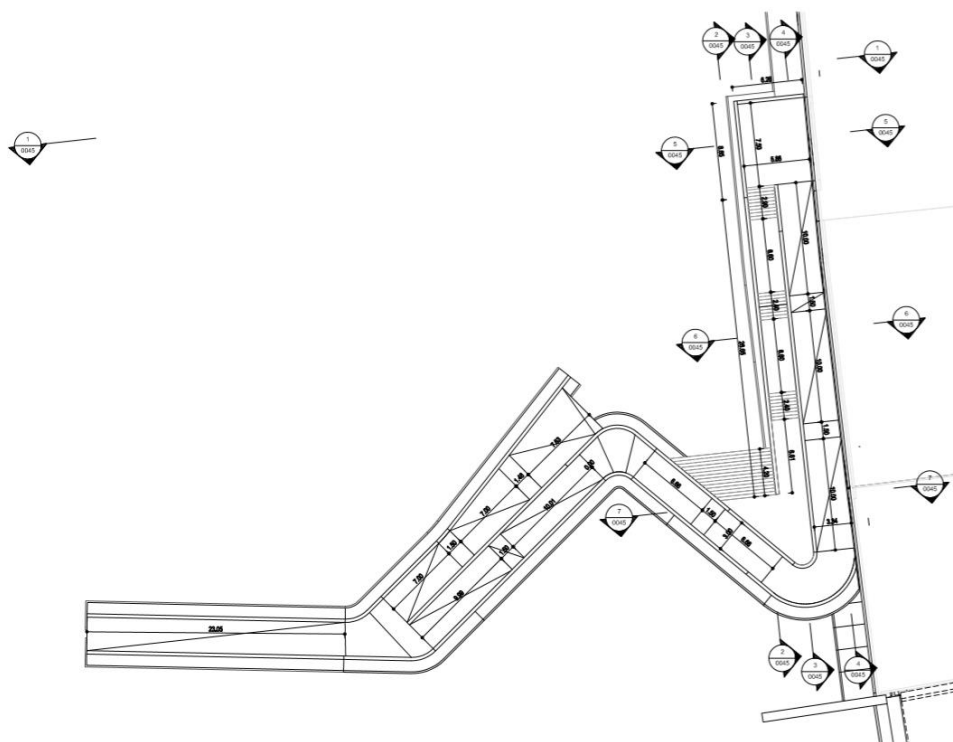


Figura 1-3 sezione in pianta (1)

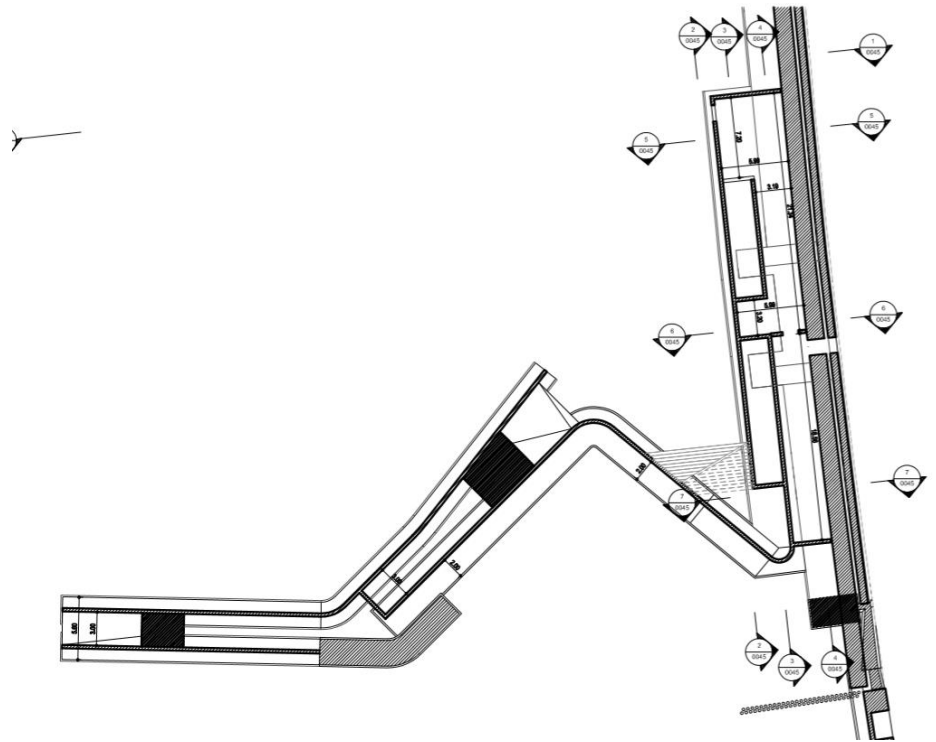


Figura 1-4 sezione in pianta (2)

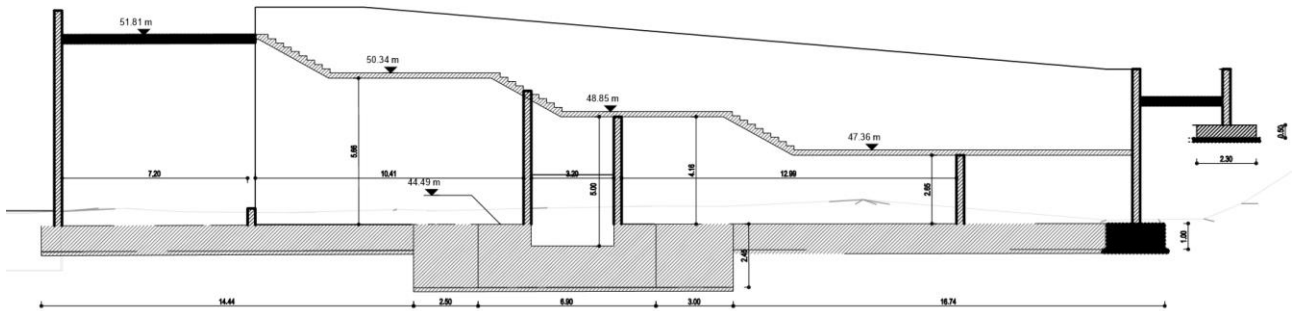


Figura 1-5 sezione longitudinale (1)

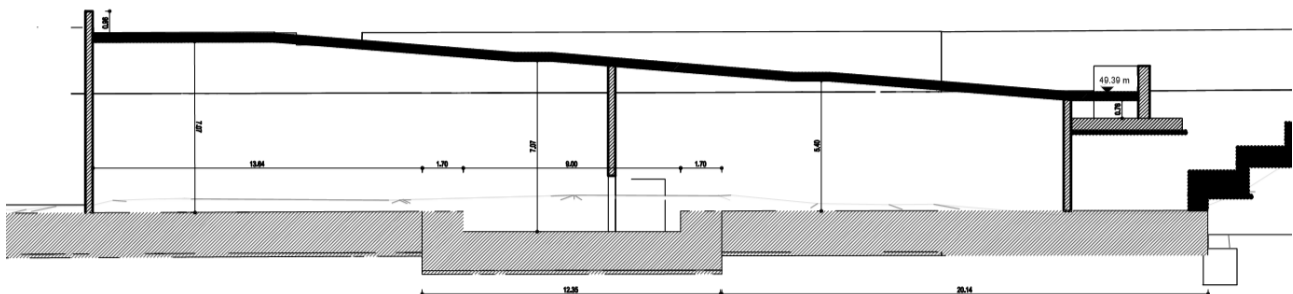


Figura 1-6 sezione longitudinale (2)

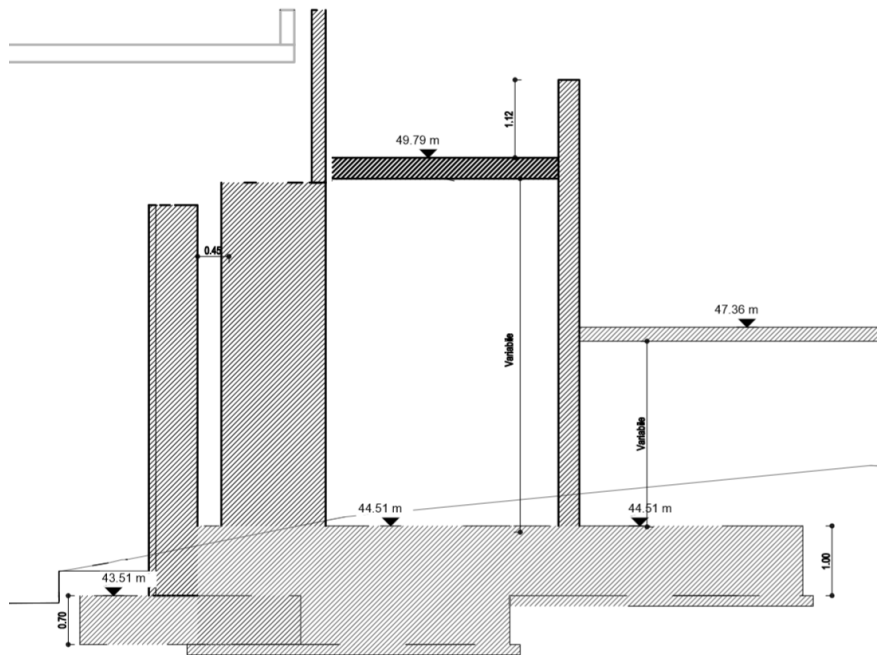


Figura 1-9 sezione trasversale (3)

1.1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA/SISMICA

1.1.2.1 Parametri sismici

Con riferimento alla mappatura nazionale relativa al rischio sismico (NTC 2018) e in base alla posizione dell'opera e alla tipologia del terreno si ottiene quanto segue.

Comune	Bologna
Categoria di sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Vita nominale	50 [anni]
Classe d'uso	IV
Cu	2.0

Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
Orizzontale	Verticale	Orizzontale	Verticale
ag [g]		S [-]	1.3938
Tc* [s]		T _B [s]	0.161
Fo		T _C [s]	0.484
St [-]		T _D [s]	2.441
Ss [-]		T _E [s]	6.000
Cc [-]		T _F [s]	10.000
	Fv		S [-]
	1.5020		T _{Bv} [s]
			0.0500
	Ss [-]		T _{Cv} [s]
	1.0000		0.1500
			T _{Dv} [s]
			1.0000

Figura 1-10 parametri dipendenti e indipendenti per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti		Parametri dipendenti	
Orizzontale	Verticale	Orizzontale	Verticale
ag [g]		S [-]	S [-]
Tc* [s]	Fv	T _B [s]	T _{Bv} [s]
Fo		T _C [s]	T _{Cv} [s]
St [-]	Ss [-]	T _D [s]	T _{Dv} [s]
Ss [-]		T _E [s]	
Cc [-]	Ss [-]	T _F [s]	

Figura 1-11 parametri dipendenti e indipendenti per lo stato limite SLC

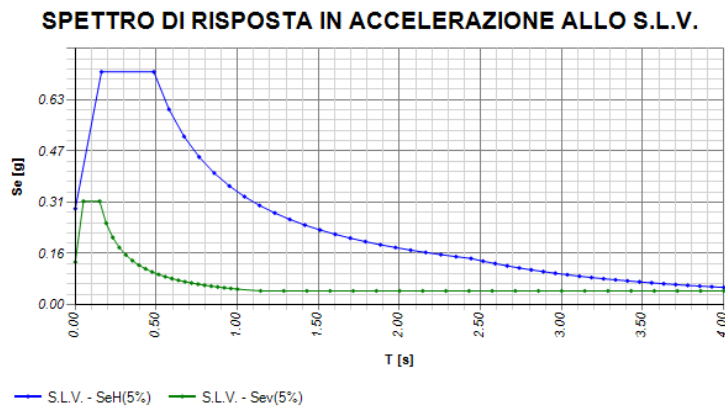


Figura 1-12 spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

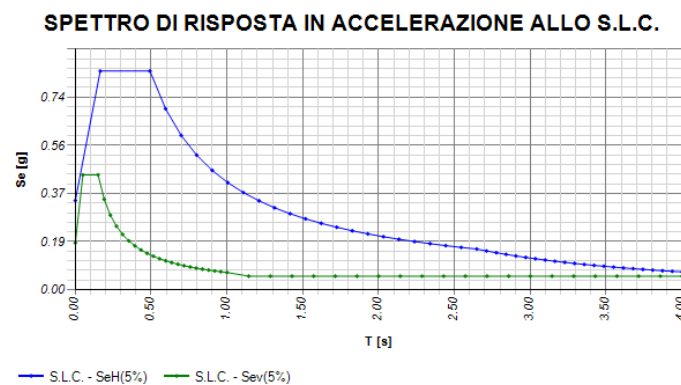


Figura 1-13 spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC

Pertanto l'accelerazione massima all'SLV risulta:

$$a_{max} = 0.2932 [g]$$

1.1.2.2 Parametri del terreno

In base alle indagini effettuate, sono state desunte le seguenti caratteristiche del terreno:

Peso specifico del terreno	$\gamma_{\text{terr}} =$	20	[kN/m ³]
Peso efficace del terreno	$\gamma'_{\text{terr}} =$	10	[kN/m ³]
Angolo di attrito (M1)	$\phi =$	35.0	[°]
Angolo di attrito (M2)	$\phi =$	29.3	[°]
Coesione del terreno	$c =$	0	
Permeabilità del terreno di riempimento		Alta	
Profondità della falda		-	[m]

Ai fini della modellazione è stata assunta la seguente costante di Winkler:

Costante elastica di Winkler verticale	$k_{w,v} =$	30 000	[kN/m/m ²]
--	-------------	--------	------------------------

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica.

1.2 NORMATIVA 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 vigente Normativa italiana (NTC-08) e da quella europea (Eurocodici, EN). 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* (NAD's), verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente Normativa nazionale.

In dettaglio, si fa riferimento ai seguenti documenti normativi:

- D.M. 17 gennaio 2018: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-18")
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1997-1: Progettazione geotecnica – Regole generali
- UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

1.3 MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera devono essere conformi a quanto espressamente indicato dalle *Norme tecniche per le Costruzioni*, emesse con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018. Nei paragrafi che seguono si elencano le principali caratteristiche fisico-meccaniche richieste ai suddetti materiali.

1.3.1 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati cementizi da porre in opera avranno le seguenti classi di resistenza:

Opere non armate (Magro di fondazione)	C12/15 (Rck ≥ 15 MPa)
Elevazioni e rampe	C35/45 (Rck ≥ 45 MPa)
Plinto di fondazione	C35/45 (Rck ≥ 45 MPa)

Per verifiche

Coefficiente di sicurezza	$\gamma_c =$	1.50	[-]
Tensione caratteristica di compressione	$f_{ck} =$	32	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	$f_{ct,eff} =$	3.02	[MPa]
Modulo elastico o di Young	$E_c =$	33 346	[MPa]

Nella tabella seguente sono riportate, per ogni singola classe di esposizione ambientale (UNI EN 206-1 2001), le prescrizioni per il calcestruzzo che ne garantiscono la durabilità.

ELEMENTO STRUTTURALE	CLASSI DI ESPOSIZIONE (UNI – EN 206-1)	DESCRIZIONE CONDIZIONI AMBIENTALI	SITUAZIONI POSSIBILI PER L'APPLICAZIONE DELLA CLASSE
Calcestruzzo per opere non armate (magri)	X0	-	-
Calcestruzzo per elevazioni e rampe	XC2	Bagnato, raramente asciutto	- Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni - Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo
Calcestruzzo per plinto di fondazione	XC2	Bagnato, raramente asciutto	- Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni - Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo

1.4 SOFTWARE DI CALCOLO

Per eseguire i calcoli riportati nel prosieguo della presente relazione sono stati impiegati i seguenti software.

1.4.1 ELEMENTI FINITI

L'analisi della struttura nelle varie fasi è condotta applicando il metodo degli elementi finiti; a tale fine, si adotta il pacchetto software denominato "LUSAS – rel. 17.0", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma Windows XP Professional; 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 in campo lineare. Lo stesso solutore è impiegato per le analisi effettuate con riferimento allo studio della fase sismica.

1.4.2 VERIFICHE SEZIONALI

La verifica delle membrature col metodo degli stati limite ultimi e di esercizio viene effettuata mediante il software RC-SEC versione 2010.4 Revisione 192, fornito da GoeStru Software. Il software è in grado di effettuare verifiche sia tensionali che a rottura.

1.4.3 ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel 2019**.

1.4.4 VALIDAZIONE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO

Ai sensi del punto 10.2 delle NTC 2008, si dichiara quanto segue, relativamente all'impiego di strumenti di calcolo automatizzati.

L'analisi strutturale e le verifiche sono state sviluppate con l'ausilio di codici di calcolo, cui criteri di impiego sono dettagliatamente descritti nei vari capitoli della presente relazione.

Il codice di calcolo commerciale Lusas è dotato di Verification Manual, ovvero della specifica raccolta di esempi rappresentativi, validati attraverso l'impiego di metodologie di verifica indipendente.

Per le specifiche verifiche si rimanda al Capitolo validazione dei risultati di calcolo.

2 ANALISI DEI CARICHI AGENTI

2.1 ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE

2.1.1 PESI PROPRI E PERMANENTI (G1K E G2K)

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture.

Essi sono valutati moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali.

Pesi propri e permanenti

Peso specifico del calcestruzzo	γ_c	=	2 500	[kg/m ³]
Carico dei gradini*	$PP_{gradini}$	=	3.75	[kN/m ²]
Carico del massetto di rivestimento**	$PP_{massetto}$	=	1.985	[kN/m ²]

(*): il peso dei gradini è stimato conservativamente pari $0.15m \cdot \gamma_{cls} = 3.75 \text{ kN/m}^2$;

(**): il peso del rivestimento, considerato per la sola rampa superiore, è pari a:

- peso delle lastre in CLS spesse 25mm: 0.625 kN/m^2 ;

- peso dell'adesivo premiscelato per finitura in lastre di cemento prefabbricato spesso 10mm:
 $0.01m \cdot \gamma_{adesivo} = 0.01m \cdot 11 \text{ kN/m}^3 = 0.11 \text{ kN/m}^2$;

- peso del massetto strutturale spesso 50mm: $0.05m \cdot \gamma_{cls} = 1.25 \text{ kN/m}^2$;

Il peso degli elementi in calcestruzzo viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo a partire dalle dimensioni delle varie sezioni impiegate e con riferimento al peso specifico del calcestruzzo;

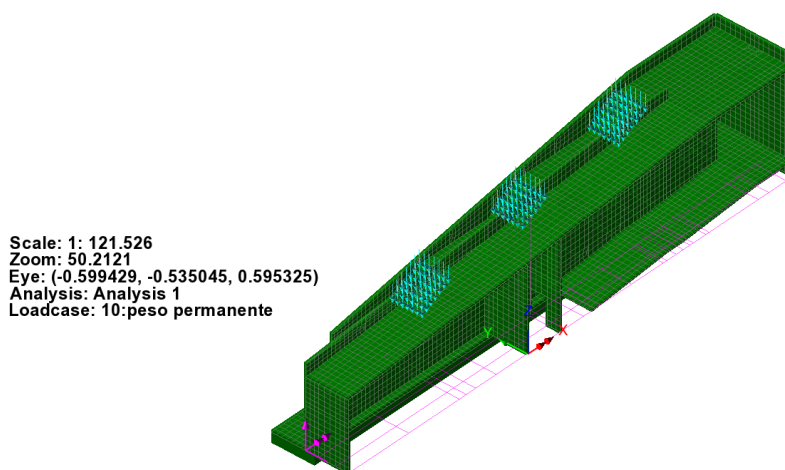


Figura 2-1 peso permanente delle scale

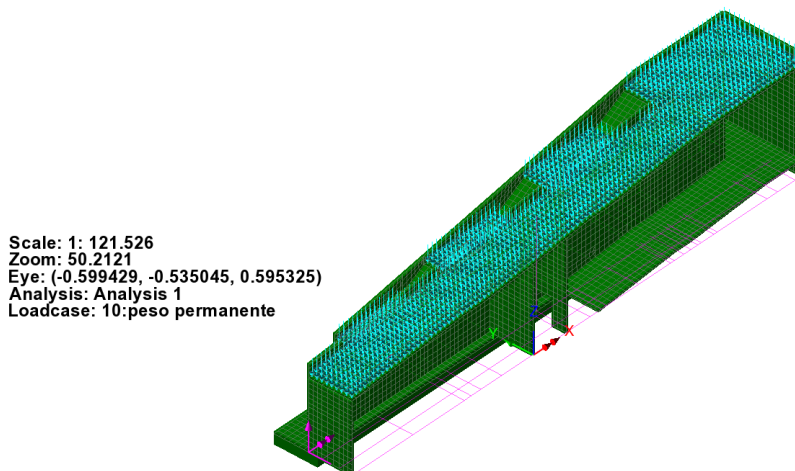


Figura 2-2 peso permanente su pianerottoli e rampe

2.1.2 CONTRIBUTI DI SPINTA STATICA DELLE TERRE (G3K)

Sulle pareti della struttura agiscono le pressioni orizzontali dovute alla spinta delle terre valutate come pressioni linearmente crescenti con la profondità. Considerando l'angolo d'attrito $\phi = 35.0^\circ$ e coesione $c=0$ si ottiene un valore del coefficiente di spinta pari a:

Coefficiente di spinta a riposo	$k_0 =$	0.4264	[-]
Coefficiente di spinta attiva	$k_a =$	0.2460	[-]

Nel caso in esame, si è ipotizzato un regime di spinta a riposo (k_0).

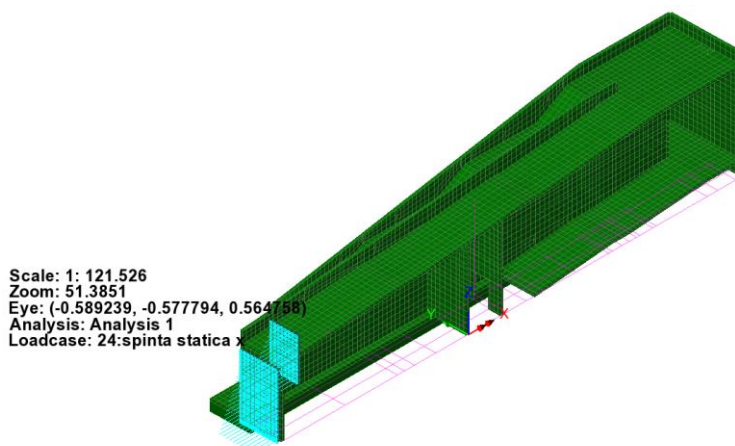


Figura 2-3 spinta statica delle terre

2.1.3 CARICHI ACCIDENTALI

Coerentemente con le prescrizioni da NTC2018, il carico verticale uniformemente distribuito da applicare alle rampe è assunto pari 4 kN/m², valore caratteristico delle scale comuni di ambienti suscettibili di affollamento:

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q _k [kN/m ²]	Q _k [kN]	H _k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

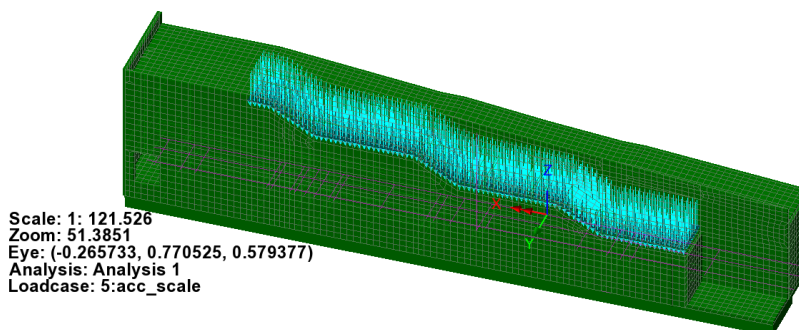


Figura 2-4 carico accidentale sulle scale

Il carico accidentale viene applicato in modo analogo sugli altri pianerottoli e le altre rampe.

2.1.4 FORZE DI INERZIA

In base ai parametri sismici precedentemente dichiarati, si determina l'accelerazione orizzontale da applicare alla massa dell'opera in esame, che risulta pari a:

$$a_{max} = g \cdot a_g \cdot S = 2.876 \text{ m/s}^2$$

Tale accelerazione è applicata automaticamente dal software di calcolo alle varie masse strutturali secondo la loro reale distribuzione nelle due direzioni di azione del sisma:

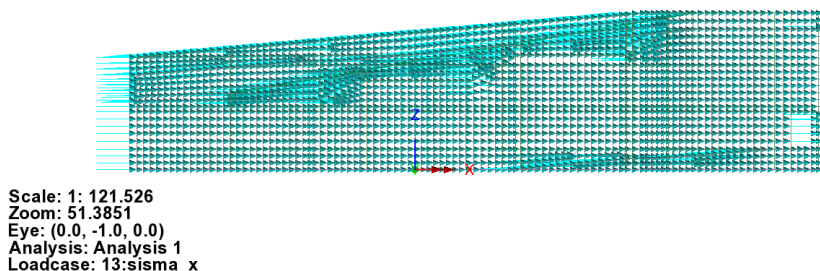


Figura 2-5 forze di inerzia in direzione x della struttura

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 51.3851
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
 Analysis: Analysis 1
 Loadcase: 14:sisma_y

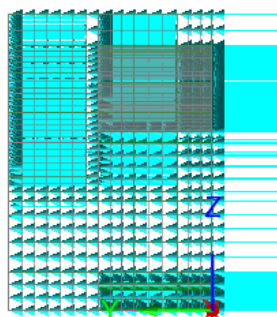


Figura 2-6 forze di inerzia in direzione y della struttura

2.1.5 SOVRASPINTA SISMICA

Le pressioni ai vari livelli sono riportate nella tabella seguente, e per il calcolo si è seguita la formulazione di Wood:

Il metodo di Wood fornisce la sovraspinta sismica del terreno su una parete interrata soggetta a deformazioni molto contenute, tali da poter assumere che il terreno si trovi in fase elastica sia in condizioni statiche, sia durante il sisma.

La sovraspinta sismica da assumere è data dall'espressione:

$$\Delta P = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$$

in cui γ rappresenta il peso specifico del terreno.

Tale spinta non dipende dalle proprietà di resistenza del terreno, rimanendo elastico anche in condizioni sismiche, e viene applicata come pressione uniforme sulla parete della struttura. Tale formula vale per terreni omogenei in assenza di falda e per manufatti di altezza contenuta. In caso di strutture molto profonde è opportuno condurre valutazioni basate su metodi più rigorosi.

Avendo assunto:

$\beta_x = 0.28$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito per fondazione diretta:

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$$k_h = a_{max} \cdot \beta_x = 0.0821g$$

La sovraspinta sismica è stata applicata su entrambe le pareti trasversali a contatto con il terreno:

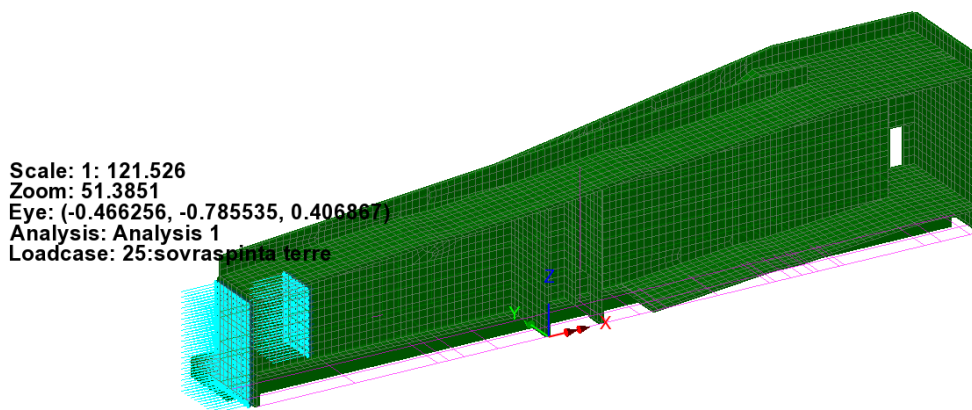


Figura 2-7 sovraspinta sismica applicata in direzione x+ della struttura

3 ANALISI STRUTTURALE

3.1 GENERALITÀ

Lo studio del comportamento statico e sismico della struttura è stato condotto attraverso un'analisi ad elementi finiti (FEM). In particolare, l'opera è stata modellata con elementi *thick shell* passanti per il piano medio delle relative membrature. La *mesh* adottata presenta dimensione caratteristica di 0.40 m. La struttura è stata fondata su un letto di "molle" elastiche lineari di caratteristiche opportune pari a $k_{wv} = 30\,000 \text{ kN/m}^3$:

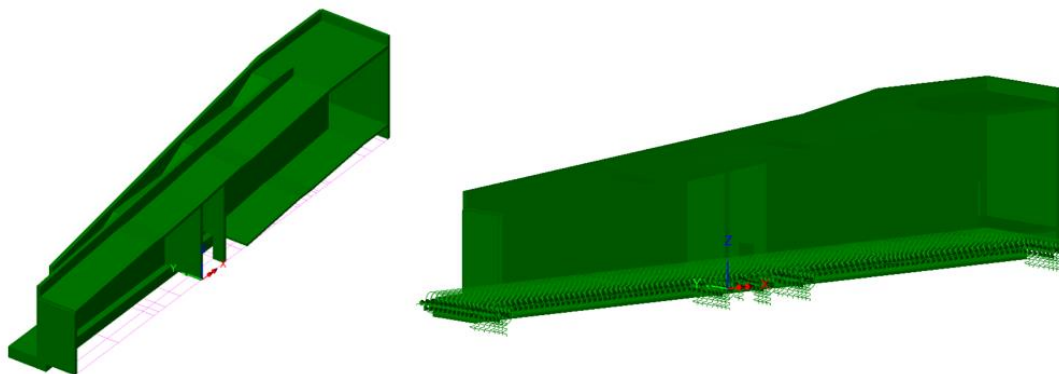


Figura 3-1 modellazione della struttura

3.2 ANALISI STATICA

In condizioni statiche la struttura è stata assoggettata ai vari contributi di carico descritti nel capitolo precedente, costituiti da pesi propri, carichi permanenti (pavimentazioni, ricoprimento e spinta delle terre) e azioni accidentali (carichi di servizio). A valle dell'esame delle singole condizioni di carico sono stati sovrapposti gli effetti secondo le combinazioni di carico in esercizio (S.L.E.) ed ultime (S.L.U.).

3.3 ANALISI SISMICA

In condizioni sismiche la struttura è stata assoggettata ad un'analisi statica equivalente dove al contributo di carico dovuto ai pesi propri e permanenti è stato aggiunto il contributo della famiglia dei carichi sismici, dato dalle forze inerziali e dalla spinta sismica delle terre. Quest'ultima è data dalla somma della spinta a riposo e della sovraspinta sismica, valutata con la formula di Wood essendo la struttura assimilabile ad un corpo rigido. La spinta sismica e le forze d'inerzia vengono fatte agire da un solo lato della struttura in accordo alla direzione ed al verso dell'azione sismica in esame.

3.4 COMBINAZIONI DI CARICO E RELATIVE VERIFICHE

3.4.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione SLE Caratteristica (Rara):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SLE Frequente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SLE Quasi Permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Fondamentale allo Stato Limite Ultimo (SLU-STR):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Sismica (SLU-SISMA):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Geotecnica allo Stato Limite Ultimo (SLU-GEO):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ e ψ sono riportati in tabella.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

3.4.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Per ciascuna delle combinazioni di carico sopra richiamate verranno condotte le seguenti verifiche dei principali elementi strutturali.

3.4.2.1 Verifica delle tensioni in esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

$$\sigma_c \leq 0.60 f_{ck} \quad \text{sotto la combinazione SLE Caratteristica (Rara)}$$

$$\sigma_c \leq 0.45 f_{ck} \quad \text{sotto la combinazione SLE quasi-permanente}$$

La massima tensione di trazione dell'acciaio deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s \leq 0.80 f_{yk} \quad \text{sotto la combinazione SLE Caratteristica (Rara)}$$

3.4.2.2 Verifica dello stato fessurativo

Le verifiche dello stato fessurativo vengono condotte con riferimento alle combinazioni SLE frequente e SLE quasi-permanente. Esse dipendono dalle condizioni ambientali cui sono soggetti gli elementi da verificare.

In base alla tabella sotto riportata, le rampe e le pareti costituenti la struttura sono realizzate rispettivamente in classe XC2 e le condizioni ambientali sono da considerarsi le seguenti:

- Rampe *Ordinarie*
- Pareti *Ordinarie*

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Un altro parametro necessario alla definizione dell'apertura limite di fessura è la sensibilità alla corrosione delle armature che per acciai ordinari viene usualmente considerata modesta.

Dunque, sulla base della tabella di seguito mostrata, si possono determinare le verifiche da condurre per lo stato limite di fessurazione.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$W_{d,lim}$	Stato limite	$W_{d,lim}$
a	Ordinarie	Frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		Quasi permanente	ap. Fessure	$\leq w_1$	ap. Fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	Frequente	ap. Fessure	$\leq w_1$	ap. Fessure	$\leq w_2$
		Quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	Frequente	formazione fessure	-	ap. Fessure	$\leq w_1$
		Quasi permanente	decompressione	-	ap. Fessure	$\leq w_1$

Le verifiche consistono nel soddisfacimento delle seguenti limitazioni:

$$W_d \leq W_{d,lim}$$

dove l'ampiezza media di fessura w_d può essere valutata in base alla procedura esplicitata di seguito secondo quanto riportato nella Circolare Ministeriale n. 617 del 2/02/2009 al par. C 4.1.2.2.4.6.

Nel caso in esame risultano pertanto le seguenti aperture limite di fessura per gli elementi strutturali:

Elemento strutturale	S.L.E. Frequente – $w_{d,lim}$ [mm]	S.L.E. Quasi permanente – $w_{d,lim}$ [mm]
Rampe	0.40	0.30
Pareti	0.40	0.30

Nello specifico l'apertura di fessura w_d è definita secondo la relazione:

$$w_d = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{smax}$$

dove:

ε_{sm} = deformazione unitaria media delle barre di armatura

Δ_{smax} = distanza massima tra le fessure

Il calcolo della deformazione unitaria media delle barre di armatura ε_{sm} avviene per mezzo delle seguenti relazioni:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

dove:

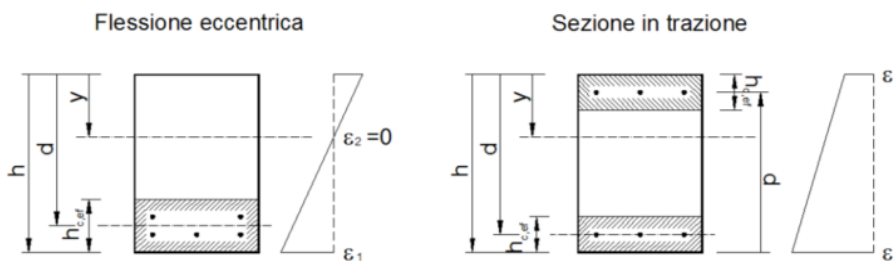
σ_s = tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata.

α_e = rapporto tra E_s e E_{cm}

ρ_{eff} = rapporto tra A_s e $A_{c,eff}$

$A_{c,eff}$ = area efficace di calcestruzzo attorno all'armatura di altezza $h_{c,ef}$. Tale altezza è definita come il minimo valore fra $2.5(h - d)$, $(h - y)/3$ e $h/2$

k_t = fattore funzione della durata del carico assunto pari a 0.6 o 0.4 rispettivamente per carichi di breve e lunga durata.



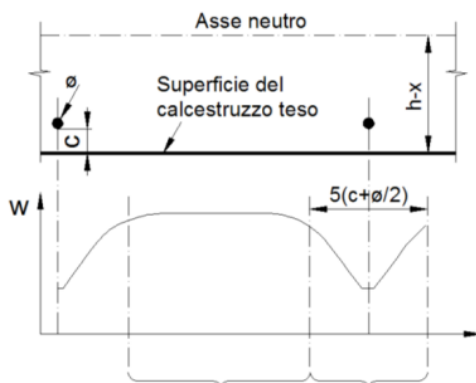
La distanza fra le fessure Δ_{smax} può essere calcolata con l'espressione:

- Se la spaziatura fra le barre $\leq 5(c + \varnothing/2)$

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\varnothing}{\rho_{eff}}$$

- Se la spaziatura fra le barre $> 5(c + \varnothing/2)$

$$\begin{cases} \Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\varnothing}{\rho_{eff}} & \text{nella zona di estensione } 5(c + \varnothing/2) \\ \Delta_{smax} = 1.3 \cdot (h - y) & \text{nella zona rimanente} \end{cases}$$



dove:

\varnothing = diametro equivalente delle barre di armatura calcolato come: $\varnothing_{eq} = \frac{n_1 \varnothing_1^2 + n_2 \varnothing_2^2}{n_1 \varnothing_1 + n_2 \varnothing_2}$

c = ricoprimento dell'armatura

k₁ = assunto pari a 0.8 o 1.6 rispettivamente per le barre ad aderenza migliorata e per le barre lisce

k₂ = assunto pari a 0.5 o 1.0 rispettivamente per il caso di flessione semplice e di trazione semplice.

Nel caso di trazione eccentrica si utilizzano valori intermedi calcolati con la relazione:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$

$\varepsilon_{1,2}$ = deformazioni rispettivamente più grande e più piccola di trazione all'estremità della sezione considerata calcolate considerando la sezione fessurata.

k₃ = 3.4

k₄ = 0.425

3.4.2.3 Verifica di deformabilità

In generale risulta necessario verificare che la freccia delle rampe non superi il valore di 1/250 della luce sotto la combinazione di carico SLE Rara.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_z}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Secondo la normativa tecnica, per il caso di mensole, la luce da considerare è pari al doppio dello sbalzo. Per il caso in esame, essendo le rampe incastrate in corrispondenza della parete longitudinale (parallela alle spalle della galleria fonica) e in corrispondenza delle pareti trasversali, si considererà conservativamente una luce pari a alla lunghezza dello sbalzo stesso:

$$\delta_{max} = \frac{l}{250} = \frac{2.40m}{250} = 0.96m$$

3.4.2.4 Verifica di resistenza a pressoflessione

La verifica di resistenza in condizioni ultime di una sezione presso-inflessa consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} (N_{Ed})$$

dove:

M_{Ed} = momento flettente sollecitante di calcolo, valutata sotto la combinazione;

M_{Rd} = momento flettente resistente associato all'azione assiale concomitante N_{Ed} .

In fase di verifica viene definito coefficiente di sfruttamento γ il rapporto tra M_{Ed} e M_{Rd} . La verifica di resistenza può quindi ritenersi soddisfatta se risulta $\gamma \geq 1$.

3.4.2.5 Verifica di resistenza a taglio

La verifica di resistenza a taglio in condizioni ultime di una sezione in c.a. consiste nel soddisfacimento della seguente disuguaglianza:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

dove:

V_{Ed} = azione tagliante sollecitante di calcolo, valutata sotto la combinazione;

V_{Rd} = azione tagliante resistente.

In prima battuta V_{Rd} è associato al valore della resistenza a taglio dell'elemento privo di armatura dedicata, basata sul contributo resistente a trazione del calcestruzzo e su quello fornito dalle armature longitudinali tese (EN 1992-1-1 §6.2.2)

$$V_{Rd} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} + k_1 \cdot \sigma_{cp}}] \cdot b_w d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \quad (N)$$

con:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 + \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

dove

A_c = area della sezione in calcestruzzo (in mm²)

b_w = larghezza minima della sezione in calcestruzzo in zona tesa (in mm)

d = altezza utile della sezione (in mm)

ρ_1 = rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa $\frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0.02$

σ_{cp} = tensione media di compressione nella sezione $\frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 f_{cd}$

N_{Ed} = forza assiale nella sezione dovuta ai carichi o alla precompressione (in N)

Se il contributo resistente così calcolato risulta inferiore al valore del taglio sollecitante, risulta necessario procedere al dimensionamento di un'apposita armatura resistente a taglio. In tal caso, la verifica a taglio risulterà soddisfatta se l'azione tagliante sollecitante sarà inferiore al minimo valore tra quello dato dalla resistenza di calcolo a “taglio trazione”, riferita all'armatura trasversale, e quello dato dalla resistenza a “taglio compressione”, associata al nucleo in calcestruzzo (EN 1992-1-1 §6.2.3).

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rsd}; V_{Rd,max}\}$$

con

$$V_{Rsd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

dove:

A_{sw} = area dell'armatura trasversale a taglio

s = passo delle staffe

z = braccio della coppia interna assunto pari a $z = 0.9 \cdot d$

α = angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

θ = inclinazione del puntone compresso di calcestruzzo (con $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$)

f_{ywd} = tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio

v_1 = coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio

α_{cw} = coefficiente che considera l'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale

3.5 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

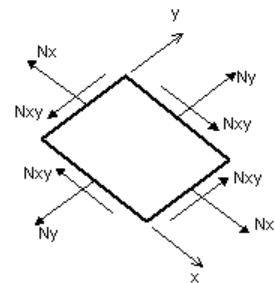
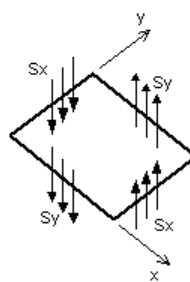
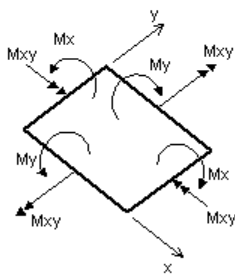
Si riportano di seguito i diagrammi delle principali sollecitazioni relative alle varie combinazioni di verifica considerate. La convenzione adottata dal software di calcolo per le sollecitazioni interne è di seguito esplicitata:

Stress Resultant

Membrane stress (+ve) Direct tension
 (-ve) Direct compression

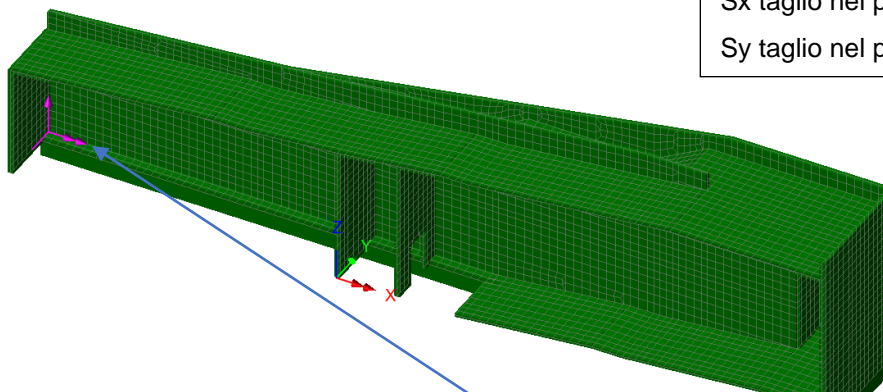
(+ve) In-plane shear into xy quadrant
 (-ve) In-plane shear into xy quadrant

Flexural stress (+ve) Hogging moment (producing +ve stresses on the element top surface)
 (-ve) Sagging moment (producing -ve stresses on the element top surface)



Legenda:

- My tende le armature verticali
- Mx tende le armature orizzontali
- Sx taglio nel piano verticale
- Sy taglio nel piano orizzontale



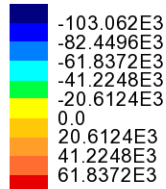
Sistema di riferimento locale “LCrd1-Muri”
 utilizzato per la lettura delle sollecitazioni
 interne

Per le pareti longitudinali, laddove gli assi delle superfici tracciate sono diversamente orientati, si adotta il sistema di riferimento locale “LCrd1-Muri1” per la lettura delle sollecitazioni interne.

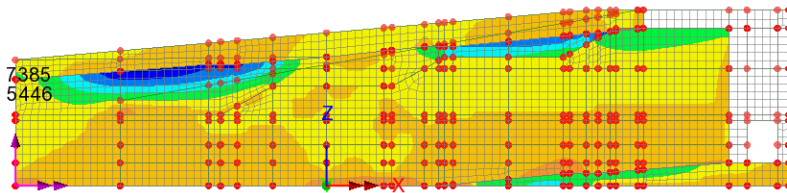
3.5.1 PARETE LONGITUDINALE CENTRALE

3.5.1.1 Azioni interne per la combinazione SLU (STR)/SLV

Combining on: My
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 71.6905E3 at node 7385
 Minimum -113.821E3 at node 5446

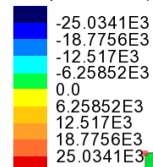


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 43.2453
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 Combining on: My
 ENV slu e slv (Min)

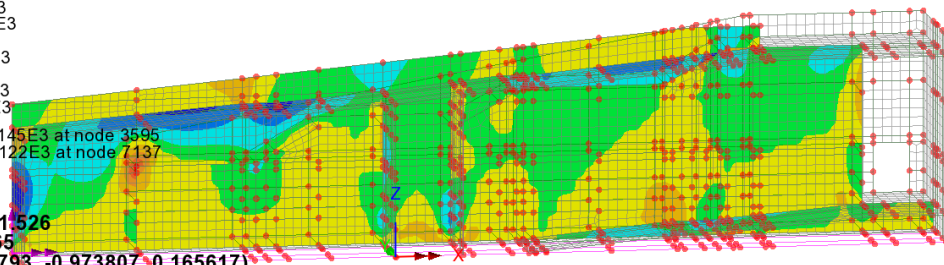
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 20.6124E3
 Contour maximum 71.6905E3 at node 7385
 Contour minimum -113.821E3 at node 5446

Figura 3-2 My in combinazione SLU/SLV

Combining on: Mx
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 29.8145E3 at node 3595
 Minimum -26.5122E3 at node 7137

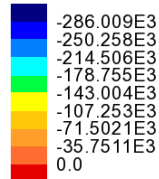


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 59.065
 Eye: (-0.155793, -0.973807, 0.165617)
 Combining on: Mx
 ENV slu e slv (Min)

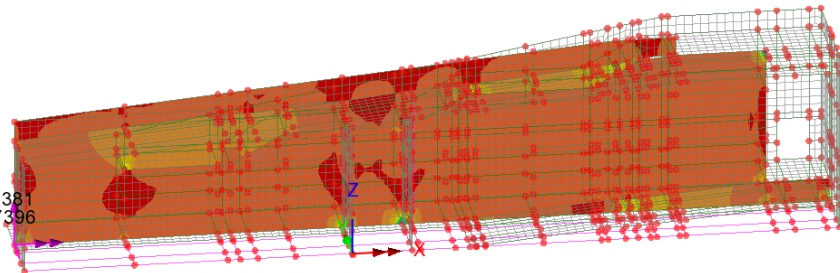
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 6.25852E3
 Contour maximum 29.8145E3 at node 3595
 Contour minimum -26.5122E3 at node 7137

Figura 3-3 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy
 ENV slu e slv (Min)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Sy (Units: N/m)



Maximum 32.3782E3 at node 7381
 Minimum -289.381E3 at node 7396

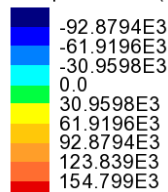


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 48.6324
 Eye: (-0.132699, -0.917564, 0.374791)
 Combining on: Sy
 ENV slu e slv (Min)

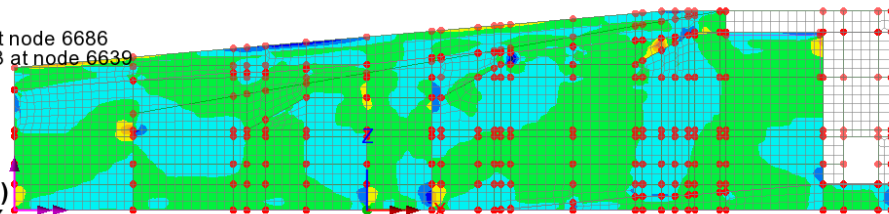
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sy (Units: N/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 35.7511E3
 Contour maximum 32.3782E3 at node 7381
 Contour minimum -289.381E3 at node 7396

Figura 3-4 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Sx (Units: N/m)



Maximum 164.9E3 at node 6686
 Minimum -113.738E3 at node 6639



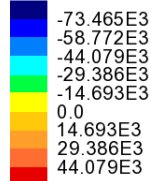
Scale: 1: 121.526
 Zoom: 89.5541
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)
 Combining on: Sx
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sx (Units: N/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 30.9598E3
 Contour maximum 164.9E3 at node 6686
 Contour minimum -113.738E3 at node 6639

Figura 3-5 Sx in combinazione SLU/SLV

3.5.1.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

Combining on: My
 SLE_rara(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 51.5444E3 at node 7385
 Minimum -80.6926E3 at node 5446

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (-0.0736835, -0.973447, 0.21673)
 Combining on: My
 SLE_rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 14.693E3
 Contour maximum 51.5444E3 at node 7385
 Contour minimum -80.6926E3 at node 5446

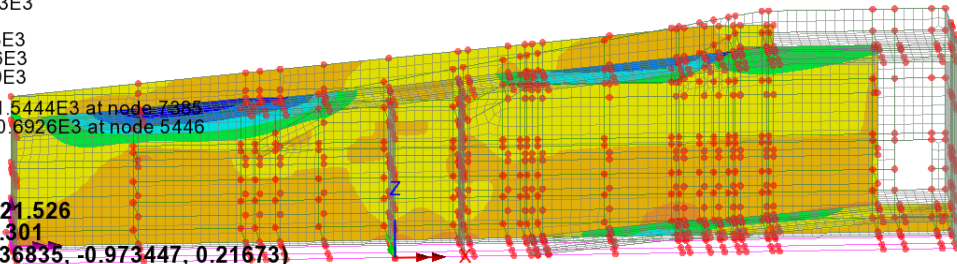
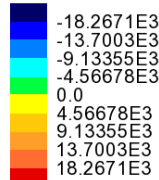


Figura 3-6 My in combinazione SLE Rara

Combining on: Mx
 SLE_rara(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 21.996E3 at node 3595
 Minimum -19.105E3 at node 7137

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (-0.0736835, -0.973447, 0.21673)
 Combining on: Mx
 SLE_rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 4.56678E3
 Contour maximum 21.996E3 at node 3595
 Contour minimum -19.105E3 at node 7137

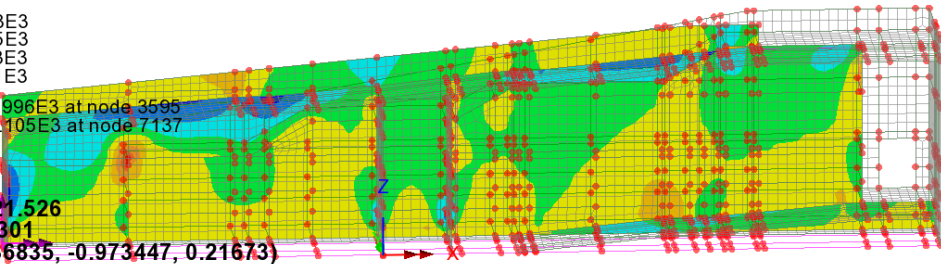


Figura 3-7 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.1.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

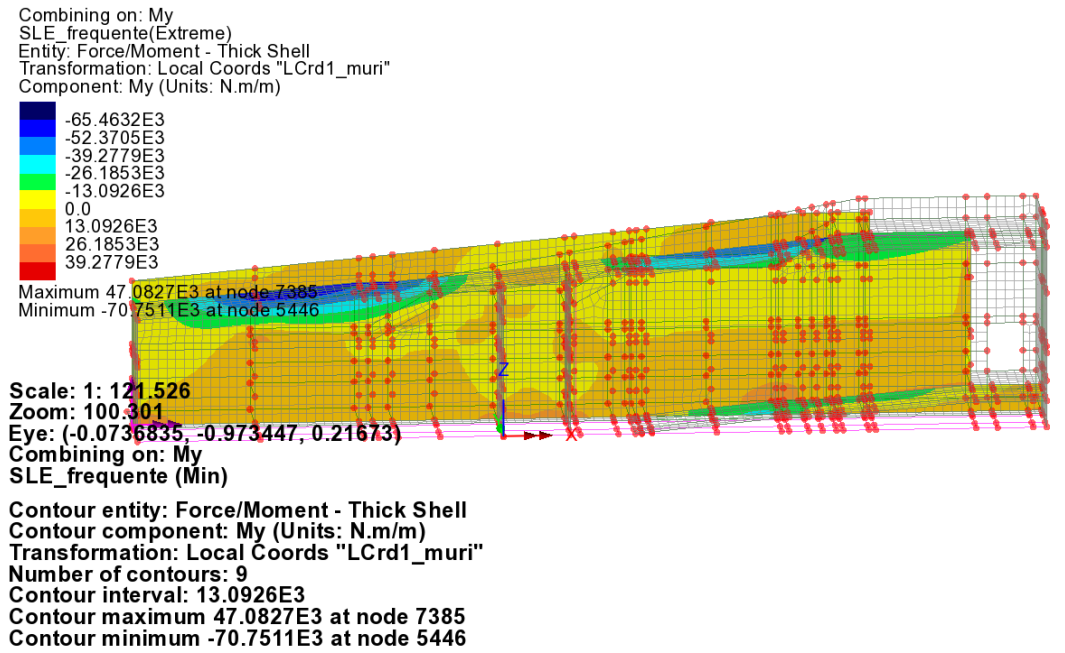


Figura 3-8 My in combinazione SLE frequente

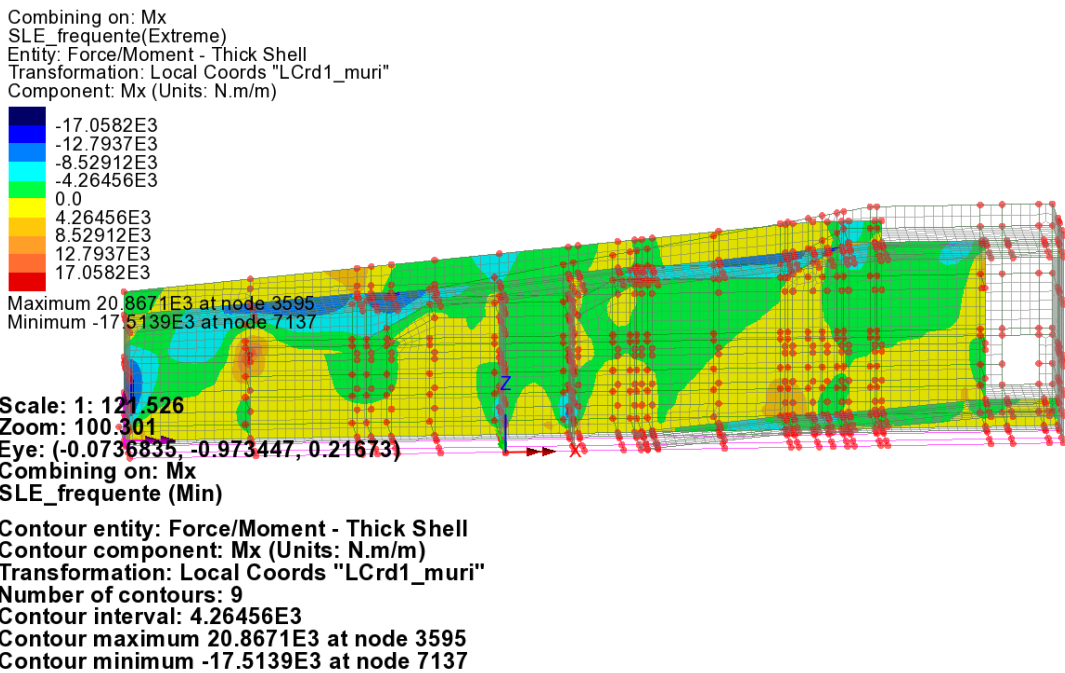
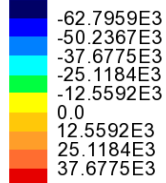


Figura 3-9 Mx in combinazione SLE frequente

3.5.1.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

Combining on: My
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 45.5954E3 at node 7385
 Minimum -67.4372E3 at node 5446

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (-0.0736835, -0.973447, 0.21673)
 Combining on: My
 SLE_qp (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 12.5592E3
 Contour maximum 45.5954E3 at node 7385
 Contour minimum -67.4372E3 at node 5446

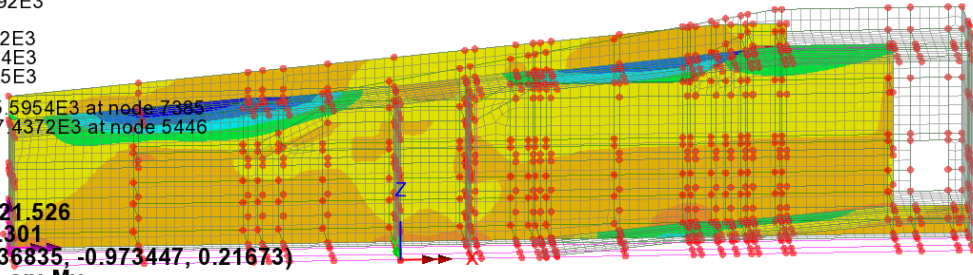
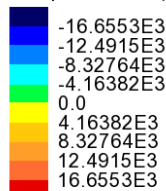


Figura 3-10 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 20.4908E3 at node 3595
 Minimum -16.9836E3 at node 7137

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (-0.0736835, -0.973447, 0.21673)
 Combining on: Mx
 SLE_qp (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 4.16382E3
 Contour maximum 20.4908E3 at node 3595
 Contour minimum -16.9836E3 at node 7137

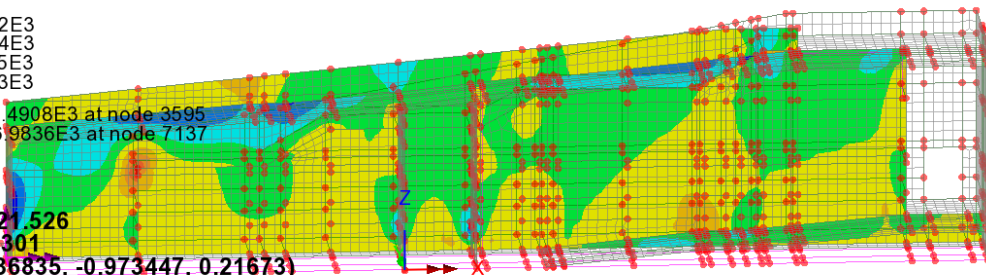


Figura 3-11 Mx in combinazione SLE QP

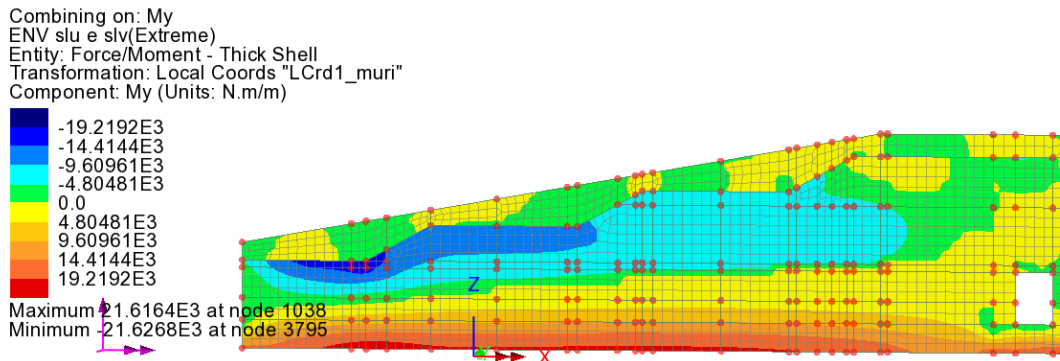
3.5.1.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Muro longitudinale</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	29.81kNm	
			Min	-26.51kNm	
		My [kNm/m]	Max	71.69kNm	
			Min	-113.82kNm	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	22.00kNm	
			Min	-19.11kNm	
	S.L.E. freq.	My [kNm/m]	Max	51.54kNm	
			Min	-80.69kNm	
		Mx [kNm/m]	Max	20.87kNm	
			Min	-17.51kNm	
	S.L.E. Q.P.	My [kNm/m]	Max	47.10kNm	
			Min	-70.75kNm	
		Mx [kNm/m]	Max	20.49kNm	
			Min	-16.99kNm	
	S.L.E. Q.P.	My [kNm/m]	Max	45.60kNm	
			Min	-67.44kNm	

Nella tabella riepilogativa delle sollecitazioni vengono riportati valori di picco e i valori mediati. Quest'ultimi sono ricavati escludendo dalle verifiche i valori singolari di sollecitazione non significativi agli scopi ingegneristici.

3.5.2 PARETE LONGITUDINALE ESTERNA

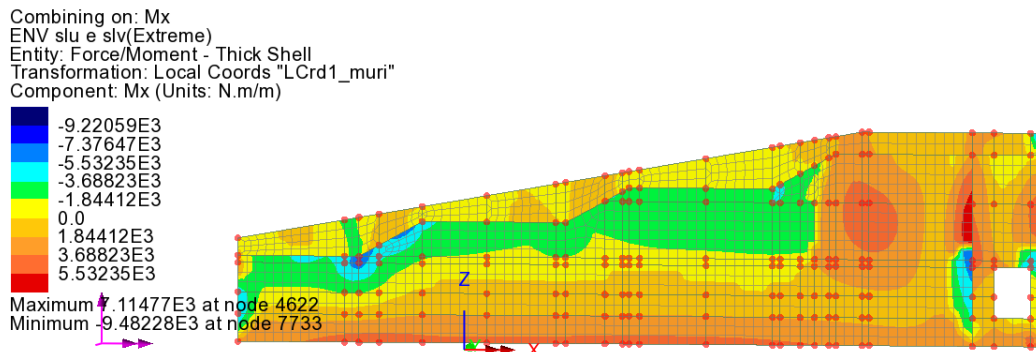
3.5.2.1 Azioni interne per la combinazione SLU (STR)/SLV



Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: My
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 4.80481E3
 Contour maximum 21.6164E3 at node 1038
 Contour minimum -21.6268E3 at node 3795

Figura 3-12 My in combinazione SLU/SLV

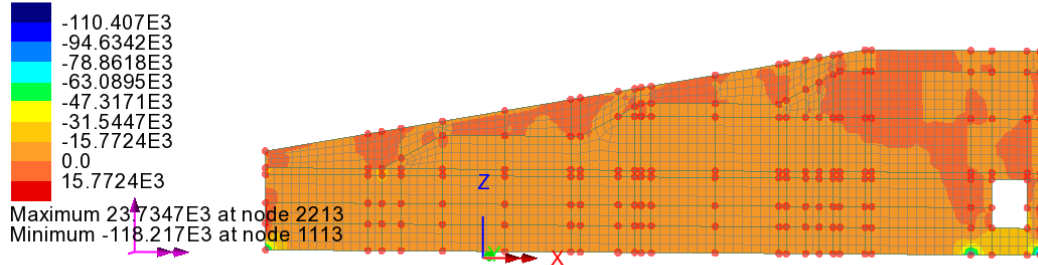


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 100.301
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: Mx
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 1.84412E3
 Contour maximum 7.11477E3 at node 4622
 Contour minimum -9.48228E3 at node 7733

Figura 3-13 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Sy (Units: N/m)

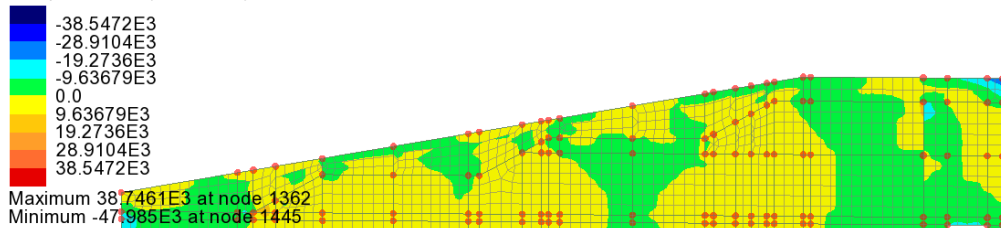


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 89.5541
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: Sy
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sy (Units: N/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 15.7724E3
 Contour maximum 23.7347E3 at node 2213
 Contour minimum -118.217E3 at node 1113

Figura 3-14 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Sx (Units: N/m)



Scale: 1: 121.526
 Zoom: 112.337
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: Sx
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sx (Units: N/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 9.63679E3
 Contour maximum 38.7461E3 at node 1362
 Contour minimum -47.985E3 at node 1445

Figura 3-15 Sx in combinazione SLU/SLV

3.5.2.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

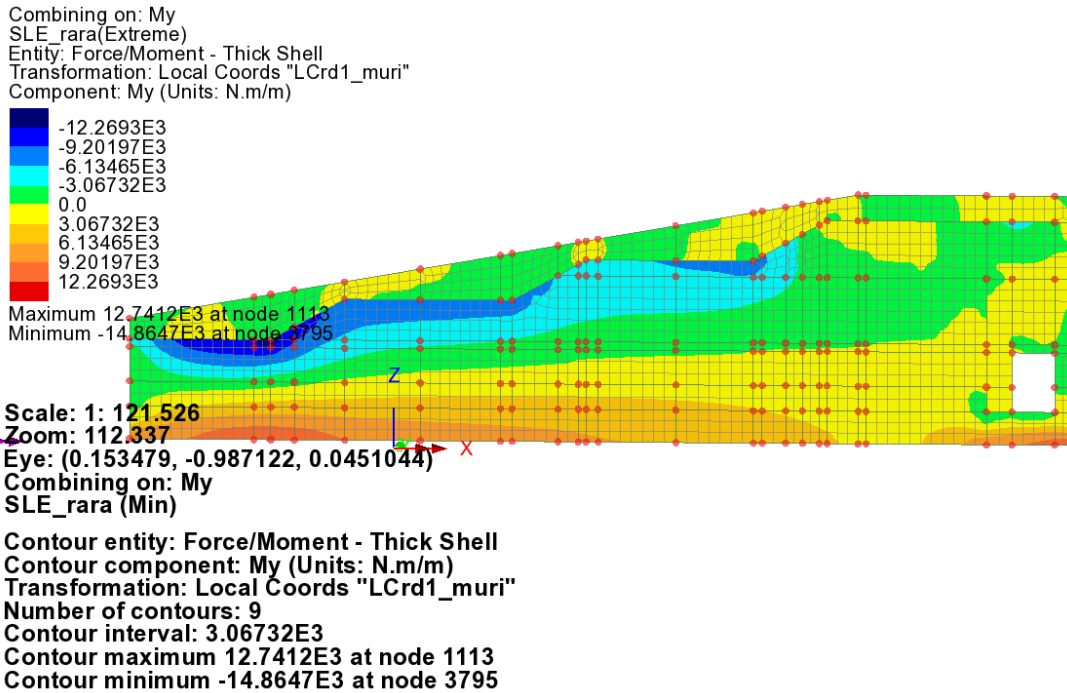


Figura 3-16 My in combinazione SLE Rara

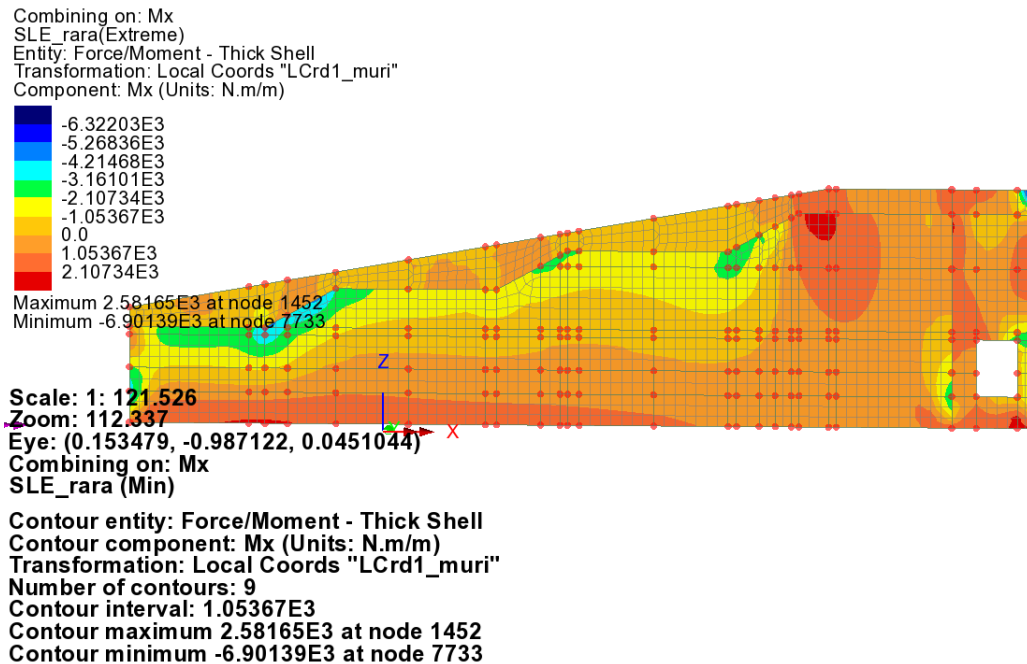
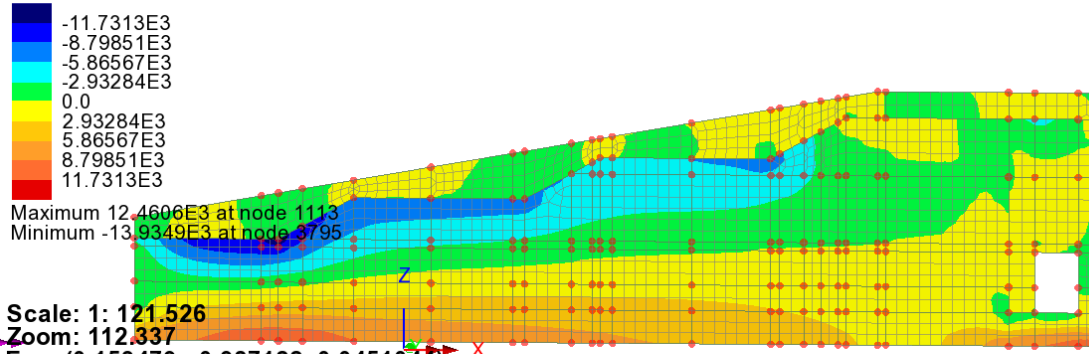


Figura 3-17 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.2.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

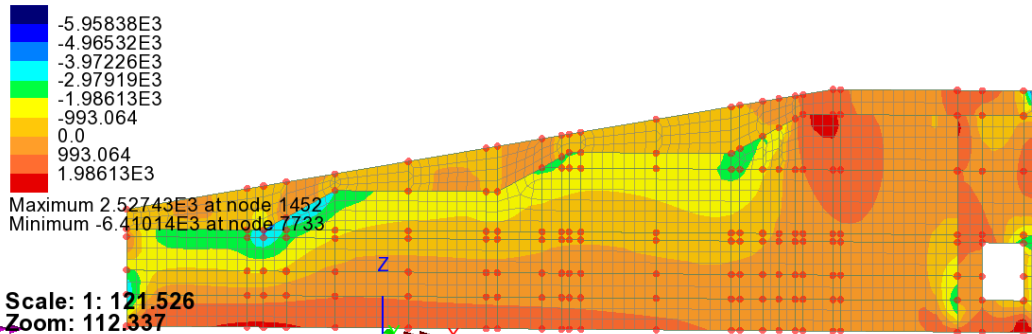
Combining on: My
 SLE_frequente(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: My (Units: N.m/m)



Scale: 1: 121.526
 Zoom: 112.337
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: My
 SLE_frequente (Min)
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 2.93284E3
 Contour maximum 12.4606E3 at node 1113
 Contour minimum -13.9349E3 at node 3795

Figura 3-18 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx
 SLE_frequente(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Mx (Units: N.m/m)

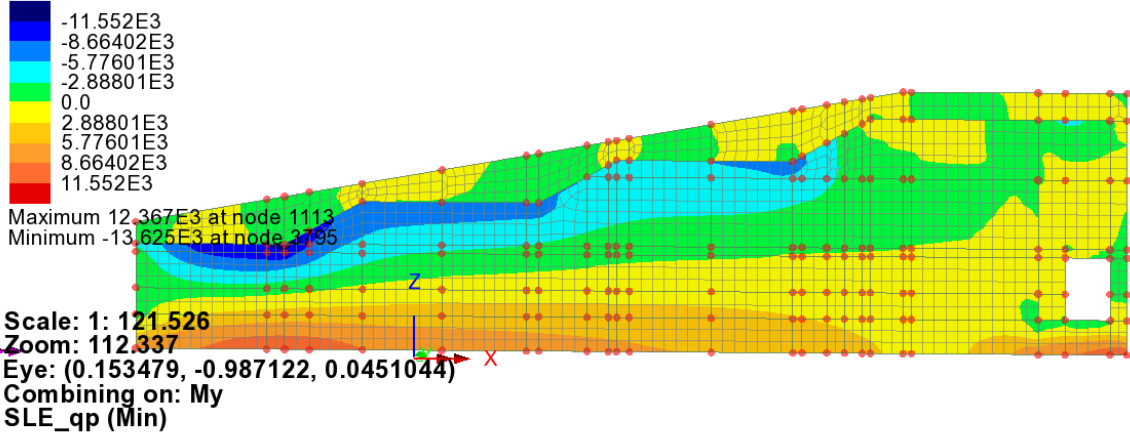


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 112.337
 Eye: (0.153479, -0.987122, 0.0451044)
 Combining on: Mx
 SLE_frequente (Min)
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 993.064
 Contour maximum 2.52743E3 at node 1452
 Contour minimum -6.41014E3 at node 7733

Figura 3-19 Mx in combinazione SLE frequente

3.5.2.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

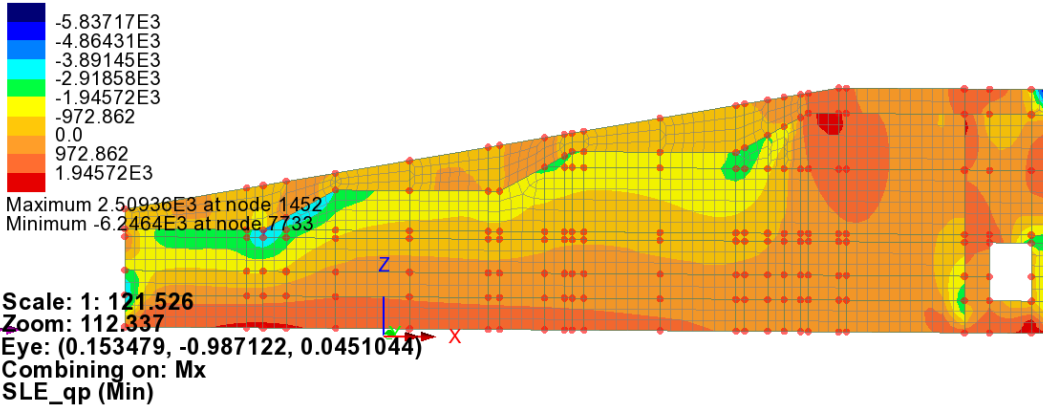
Combining on: My
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: My (Units: N.m/m)



Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 2.88801E3
 Contour maximum 12.367E3 at node 1113
 Contour minimum -13.625E3 at node 3795

Figura 3-20 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Transformation: Local Coords "LCrd1_muri"
 Number of contours: 9
 Contour interval: 972.862
 Contour maximum 2.50936E3 at node 1452
 Contour minimum -6.2464E3 at node 7733

Figura 3-21 Mx in combinazione SLE QP

3.5.2.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Parete longitudinale esterna</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	7.11kNm	
			Min	-9.48kNm	
		My [kNm/m]	Max	21.62kNm	
			Min	-21.63kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	47.99kN		
	Sy [kNm/m]	Max	118.22kN	45.61kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	2.58kNm	
			Min	-6.90kNm	
		My [kNm/m]	Max	12.74kNm	
			Min	-14.86kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	2.53kNm	
			Min	-6.41kNm	
		My [kNm/m]	Max	12.46kNm	
			Min	-13.93kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	2.51kNm	
			Min	-6.25kNm	
My [kNm/m]		Max	12.37kNm		
		Min	-13.63kNm		

3.5.3 MURI TRASVERSALI

3.5.3.1 Azioni interne per la combinazione SLU (STR)/SLV

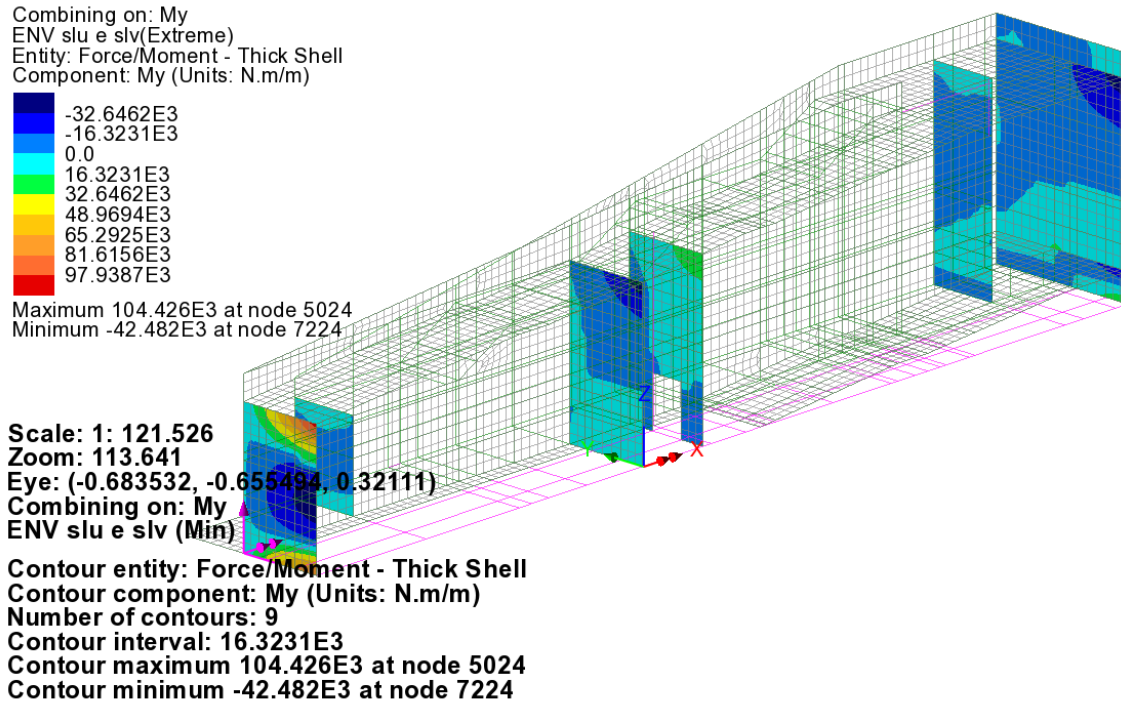


Figura 3-22 My in combinazione SLU/SLV

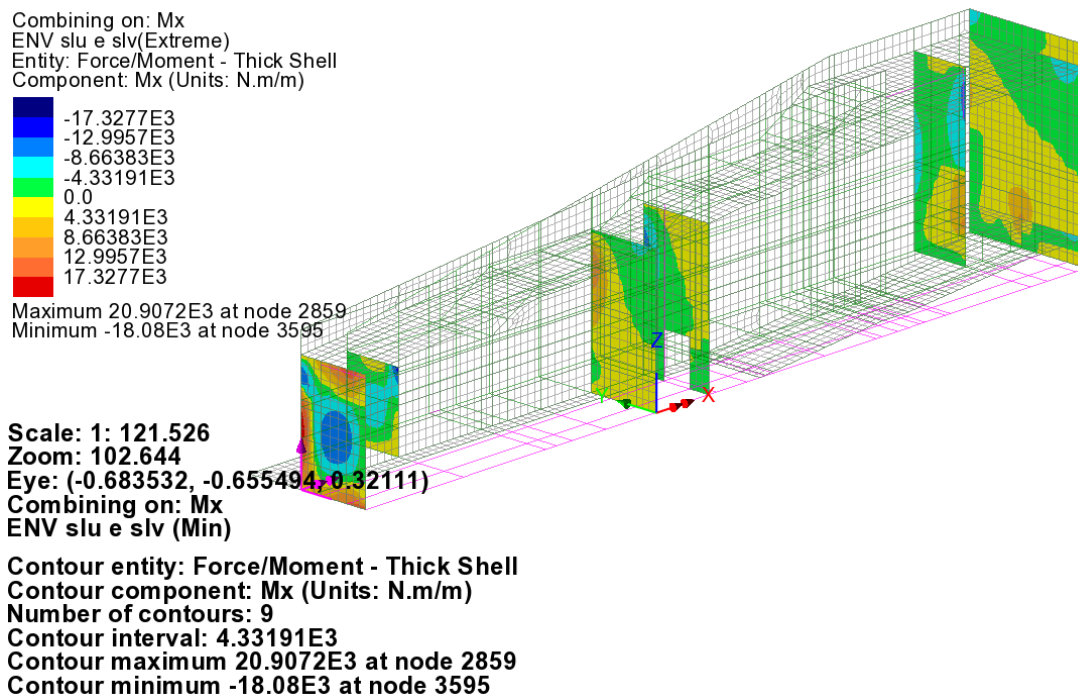


Figura 3-23 Mx in combinazione SLU/SLV

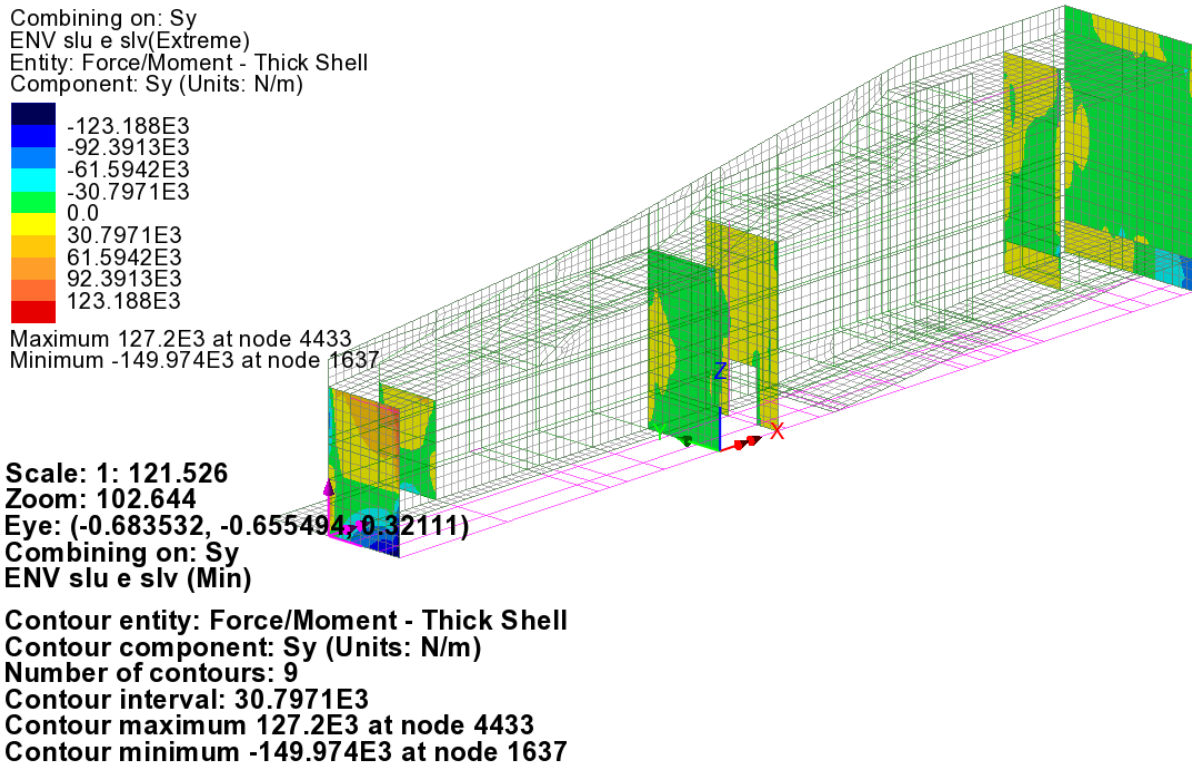


Figura 3-24 Sy in combinazione SLU/SLV

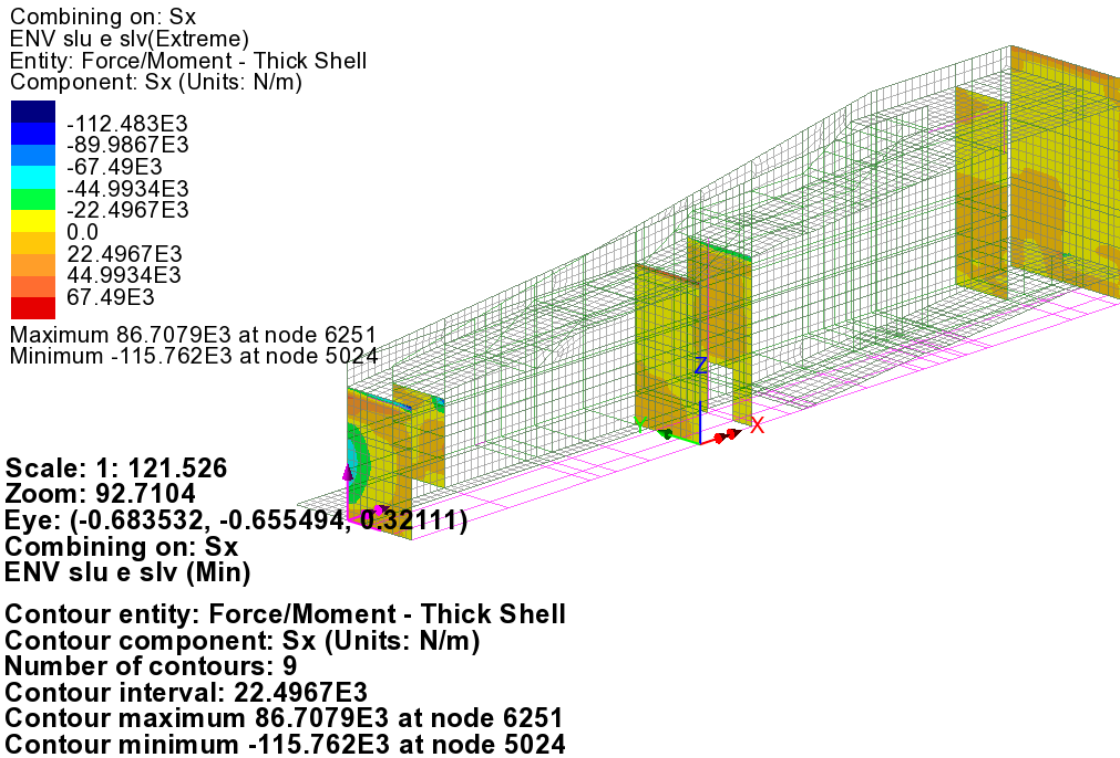


Figura 3-25 Sx in combinazione SLU/SLV

3.5.3.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

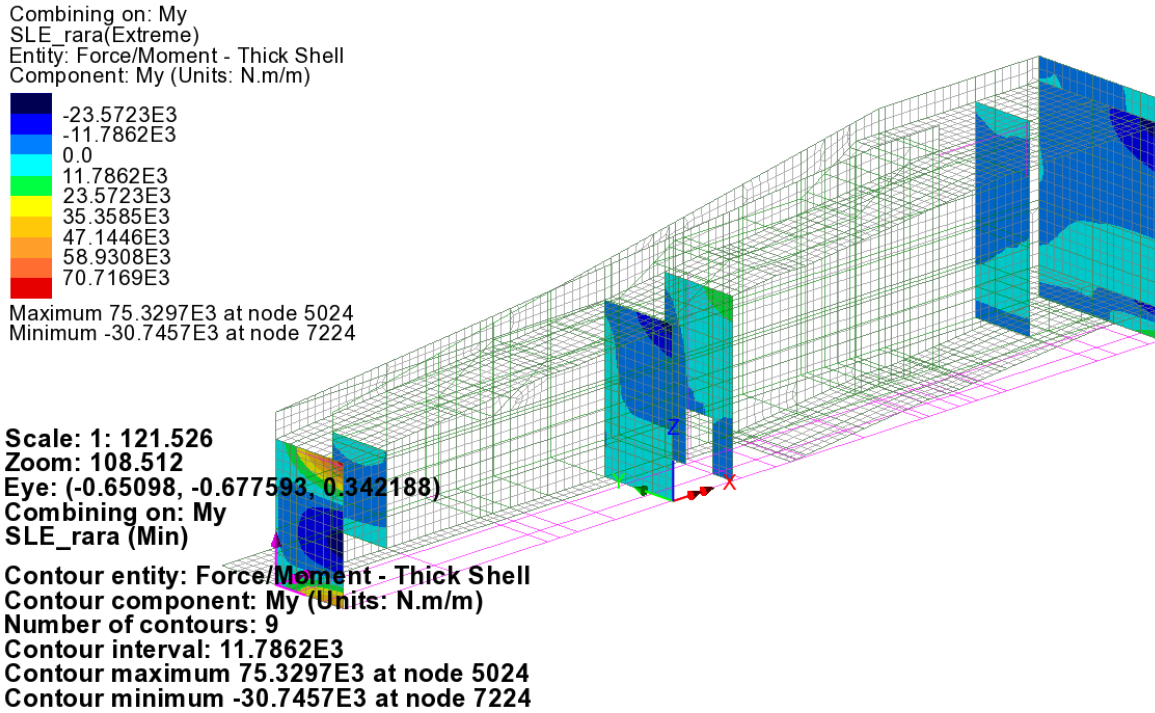


Figura 3-26 My in combinazione SLE Rara

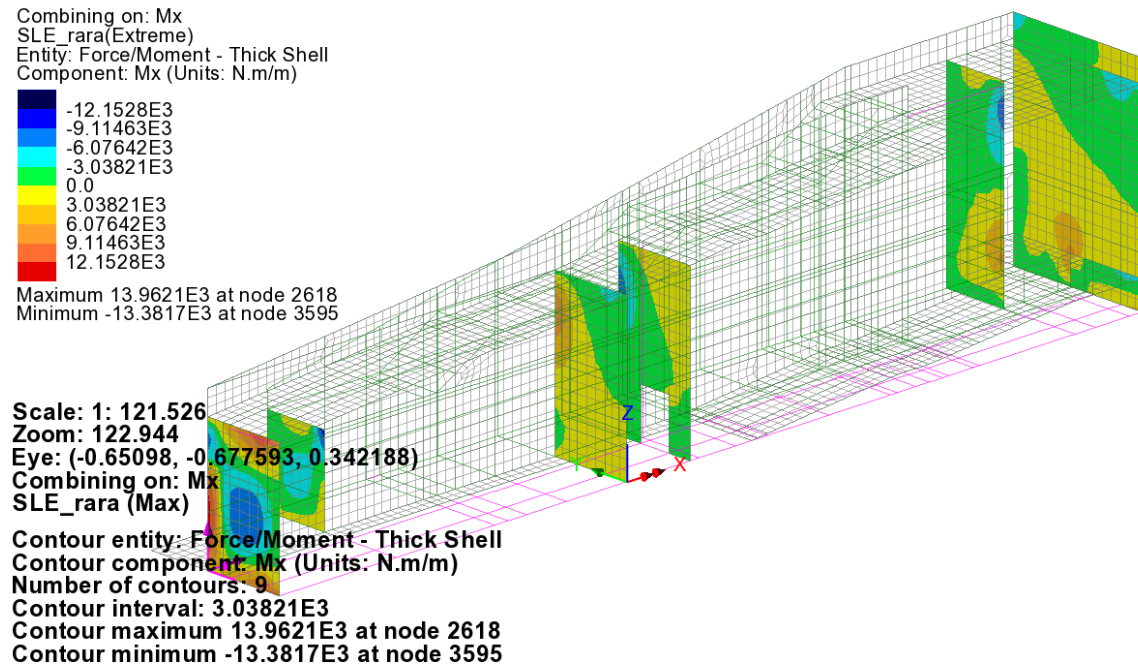


Figura 3-27 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.3.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

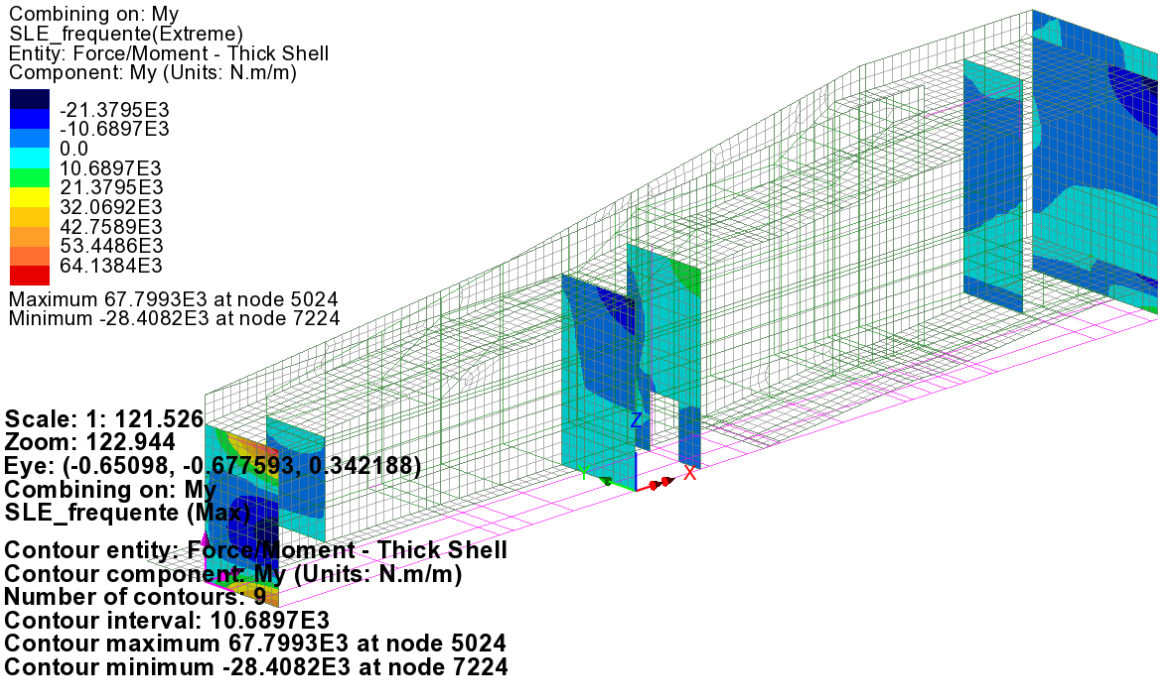


Figura 3-28 My in combinazione SLE frequente

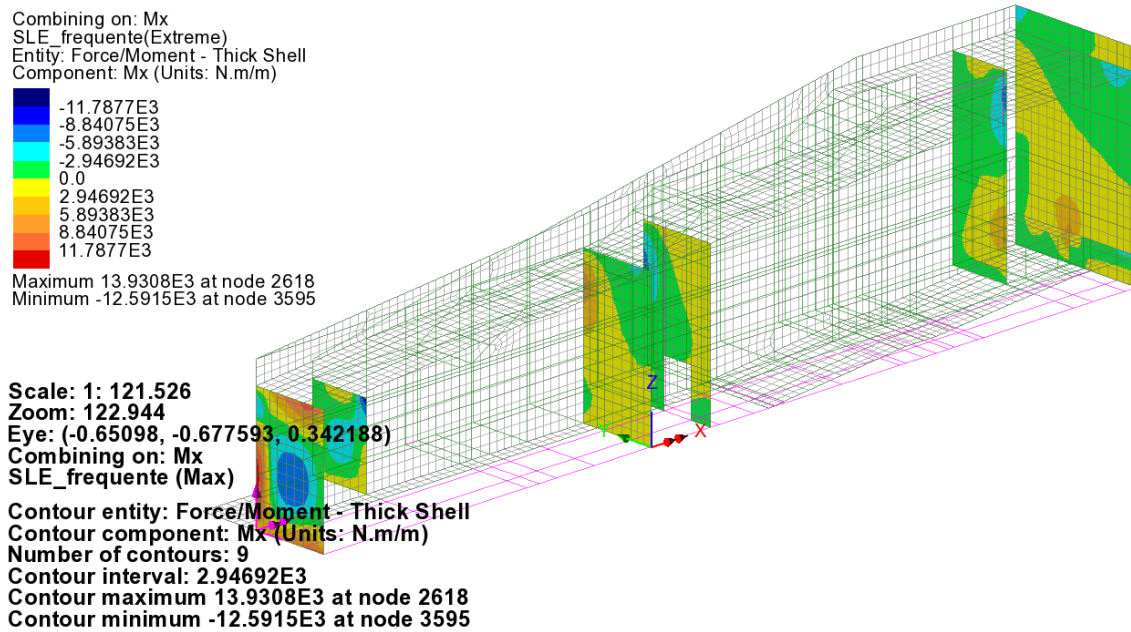


Figura 3-29 Mx in combinazione SLE frequente

3.5.3.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

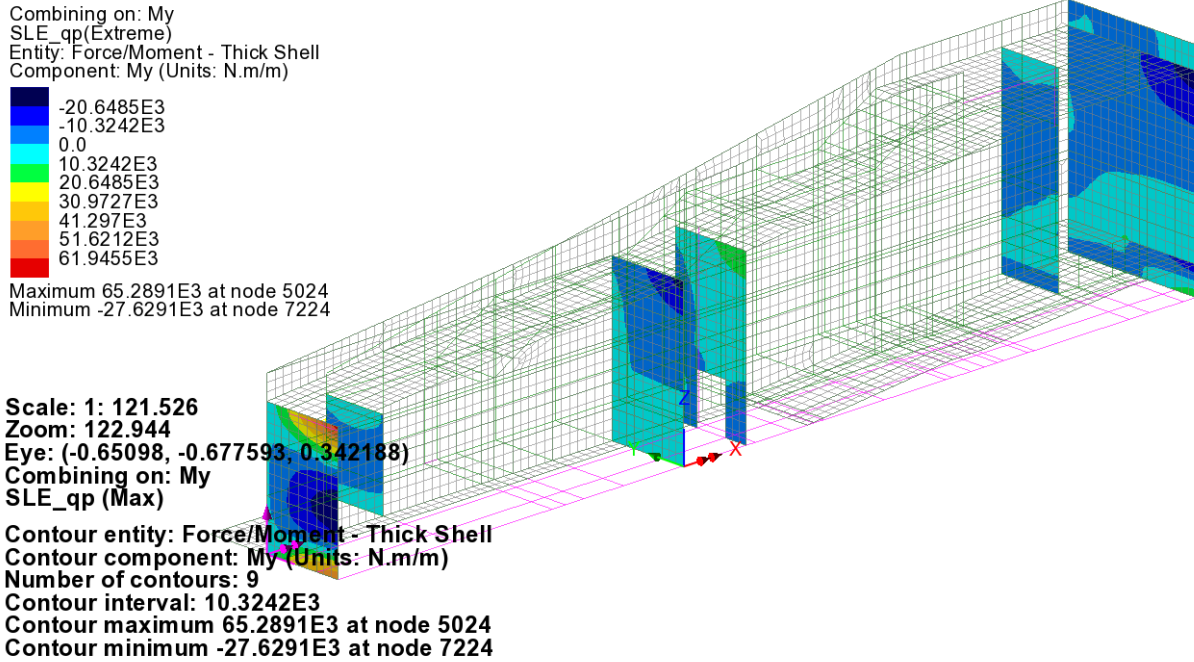


Figura 3-30 My in combinazione SLE QP

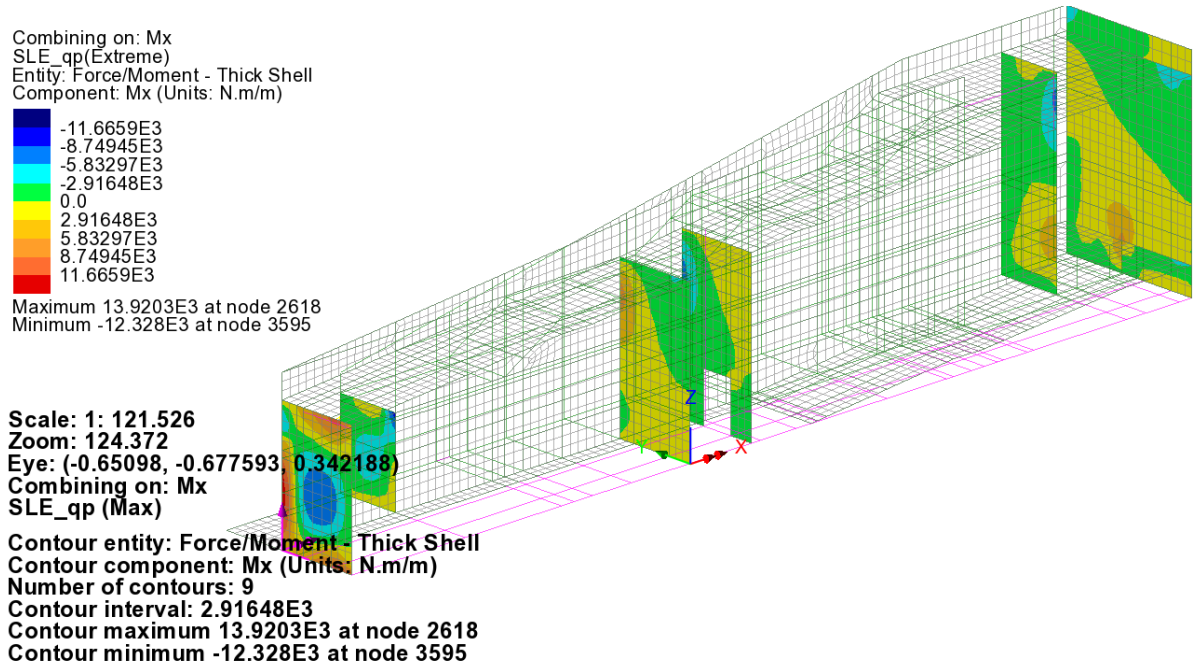


Figura 3-31 Mx in combinazione SLE QP

3.5.3.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Muri trasversali</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	20.91kNm	
			Min	-18.08kNm	
		My [kNm/m]	Max	104.43kNm	59.47kNm
			Min	-42.48kNm	
		Sx [kNm/m]	Max	115.76kN	58.11kN
	Sy [kNm/m]	Max	149.97kN	95.70kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	13.96kNm	
			Min	-13.38kNm	
		My [kNm/m]	Max	75.33kNm	51.81kNm
			Min	-30.75kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	13.93kNm	
			Min	-12.59kNm	
		My [kNm/m]	Max	67.80kNm	46.67kNm
			Min	-28.41kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	13.92kNm	
			Min	-12.33kNm	
My [kNm/m]		Max	65.29kNm	44.96kNm	
		Min	-27.63kNm		

3.5.4 RAMPE SUPERIORI

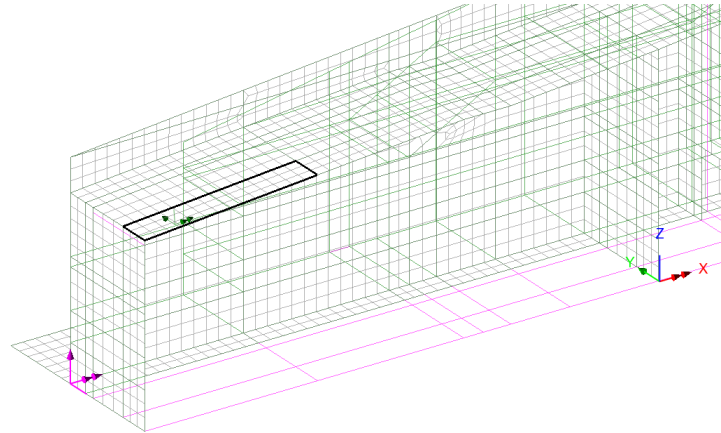
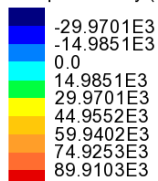


Figura 3-32 orientamento assi rampe superiori

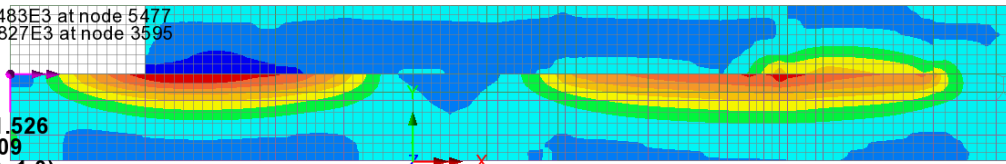
3.5.4.1 Azioni interne per la combinazione SLU (STR)/SLV

Combining on: My
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 104.483E3 at node 5477
 Minimum -30.3827E3 at node 3595

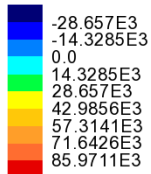
Scale: 1: 121.526
 Zoom: 109.209
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: My
 ENV slu e slv (Min)



Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 14.9851E3
 Contour maximum 104.483E3 at node 5477
 Contour minimum -30.3827E3 at node 3595

Figura 3-33 My in combinazione SLU/SLV

Combining on: Mx
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Mx (Units: N.m/m)



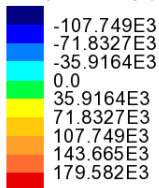
Maximum 98.4845E3 at node 5024
 Minimum -30.4721E3 at node 5729

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 109.209
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Mx
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 14.3285E3
 Contour maximum 98.4845E3 at node 5024
 Contour minimum -30.4721E3 at node 5729

Figura 3-34 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Sy (Units: N/m)



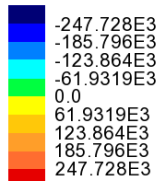
Maximum 179.808E3 at node 3595
 Minimum -143.44E3 at node 5033

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 88.0714
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Sy
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sy (Units: N/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 35.9164E3
 Contour maximum 179.808E3 at node 3595
 Contour minimum -143.44E3 at node 5033

Figura 3-35 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx
 ENV slu e slv(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Sx (Units: N/m)



Maximum 264.291E3 at node 6032
 Minimum -293.096E3 at node 5083

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 109.209
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Sx
 ENV slu e slv (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Sx (Units: N/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 61.9319E3
 Contour maximum 264.291E3 at node 6032
 Contour minimum -293.096E3 at node 5083

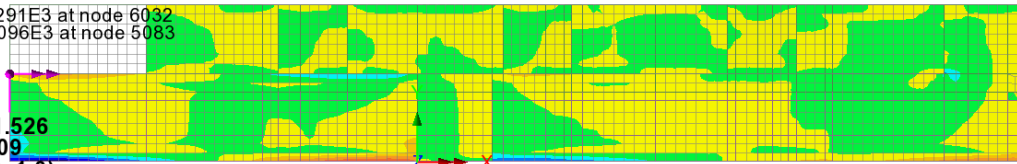
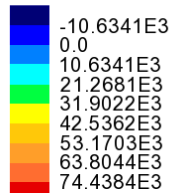


Figura 3-36 Sx in combinazione SLU/SLV

3.5.4.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

Combining on: My
 SLE_rara(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 75.048E3 at node 7137
 Minimum -20.6586E3 at node 3595

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: My
 SLE_rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 10.6341E3
 Contour maximum 75.048E3 at node 7137
 Contour minimum -20.6586E3 at node 3595

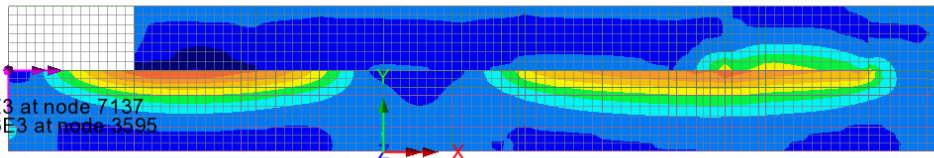
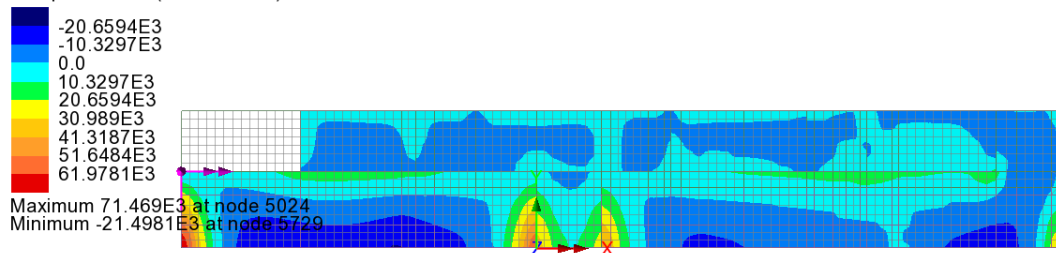


Figura 3-37 My in combinazione SLE Rara

Combining on: Mx
 SLE_rara(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Mx (Units: N.m/m)



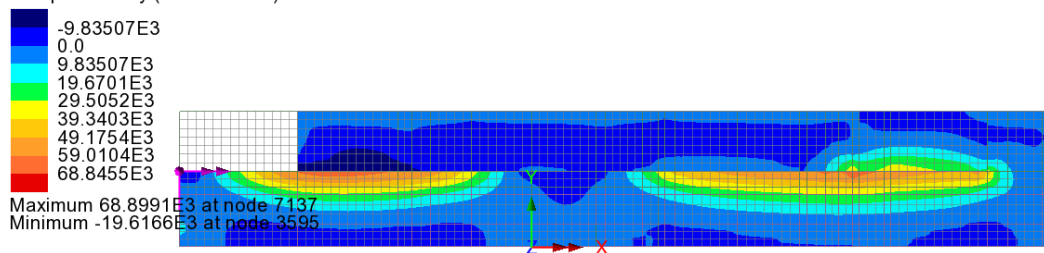
Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Mx
 SLE_rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 10.3297E3
 Contour maximum 71.469E3 at node 5024
 Contour minimum -21.4981E3 at node 5729

Figura 3-38 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.4.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

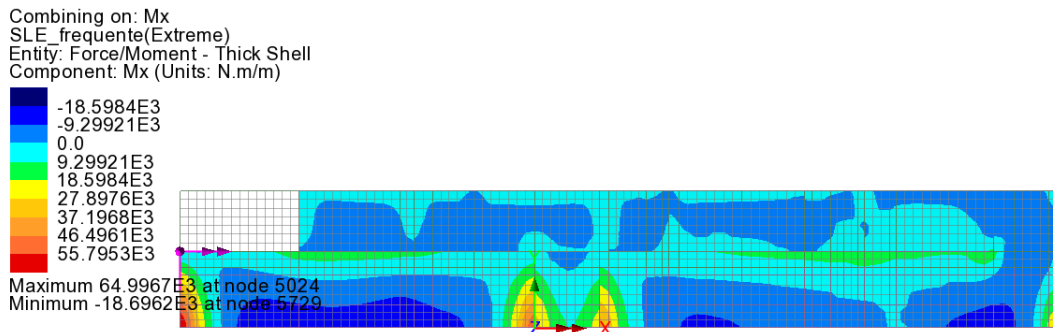
Combining on: My
 SLE_frequente(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: My (Units: N.m/m)



Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: My
 SLE_frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 9.83507E3
 Contour maximum 68.8991E3 at node 7137
 Contour minimum -19.6166E3 at node 3595

Figura 3-39 My in combinazione SLE frequente

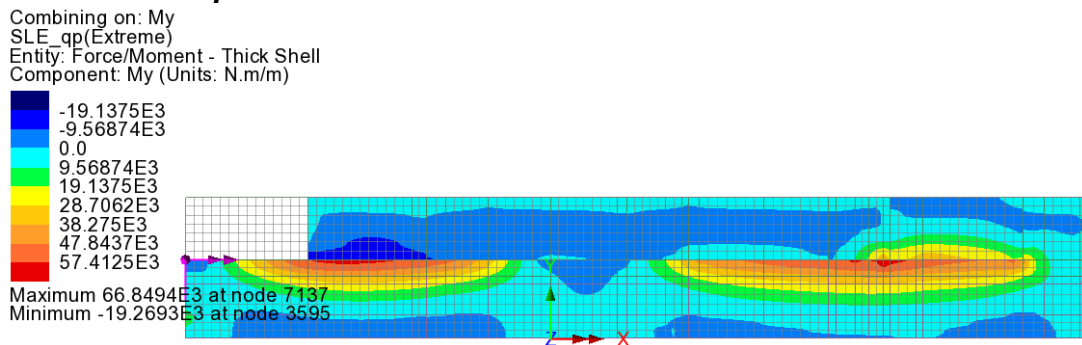


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Mx
 SLE_frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 9.29921E3
 Contour maximum 64.9967E3 at node 5024
 Contour minimum -18.6962E3 at node 5729

Figura 3-40 Mx in combinazione SLE frequente

3.5.4.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

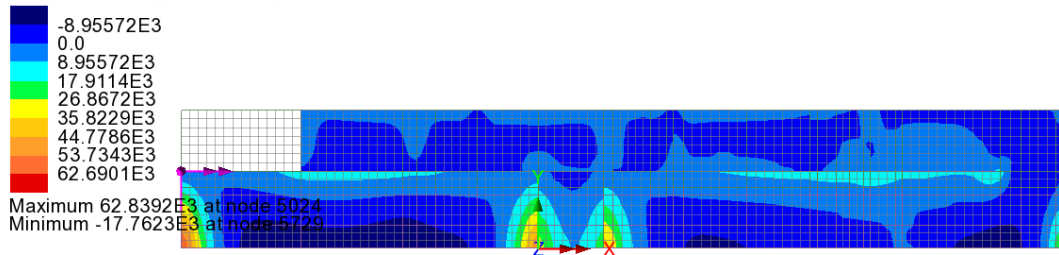


Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: My
 SLE_qp (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 9.56874E3
 Contour maximum 66.8494E3 at node 7137
 Contour minimum -19.2693E3 at node 3595

Figura 3-41 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Scale: 1: 121.526
 Zoom: 93.6365
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Combining on: Mx
 SLE_qp (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 8.95572E3
 Contour maximum 62.8392E3 at node 5024
 Contour minimum -17.7623E3 at node 5729

Figura 3-42 Mx in combinazione SLE QP

3.5.4.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Ramoe superiori</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	98.48kNm	
			Min	-30.47kNm	
		My [kNm/m]	Max	104.48kNm	
			Min	-30.38kNm	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	71.47kNm	
			Min	-21.49kNm	
		My [kNm/m]	Max	75.04kNm	
			Min	-20.66kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	64.99kNm	
			Min	-18.70kNm	
		My [kNm/m]	Max	68.89kNm	
			Min	-19.62kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	62.84kNm	
			Min	-17.76kNm	
		My [kNm/m]	Max	66.85kNm	
			Min	-19.27kNm	

3.5.5 RAMPA INFERIORE

3.5.5.1 Azioni interne per la combinazione SLU (STR)/SLV

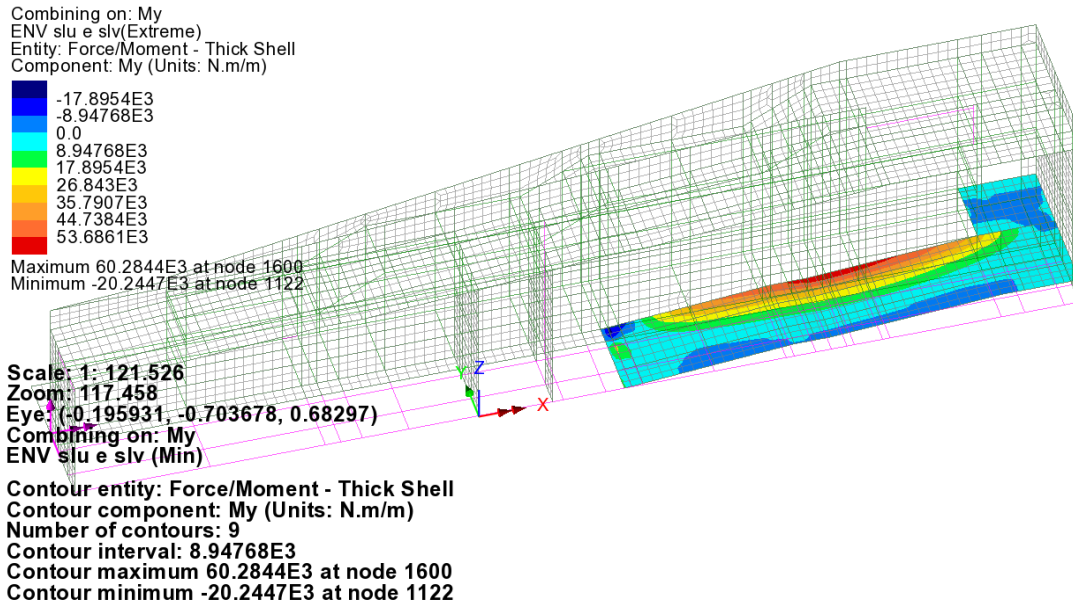


Figura 3-43 My in combinazione SLU/SLV

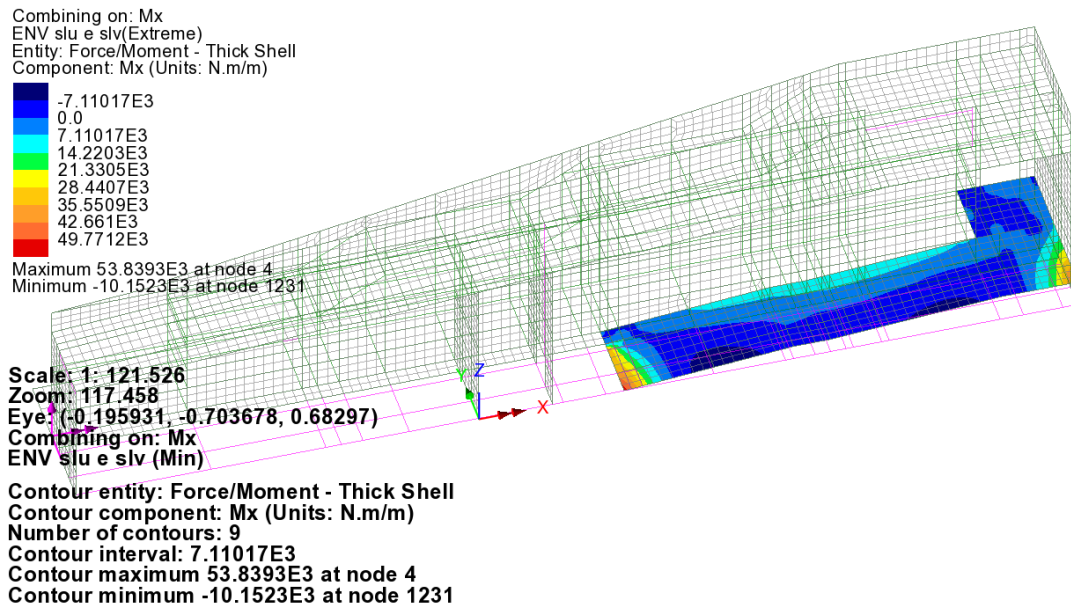


Figura 3-44 Mx in combinazione SLU/SLV

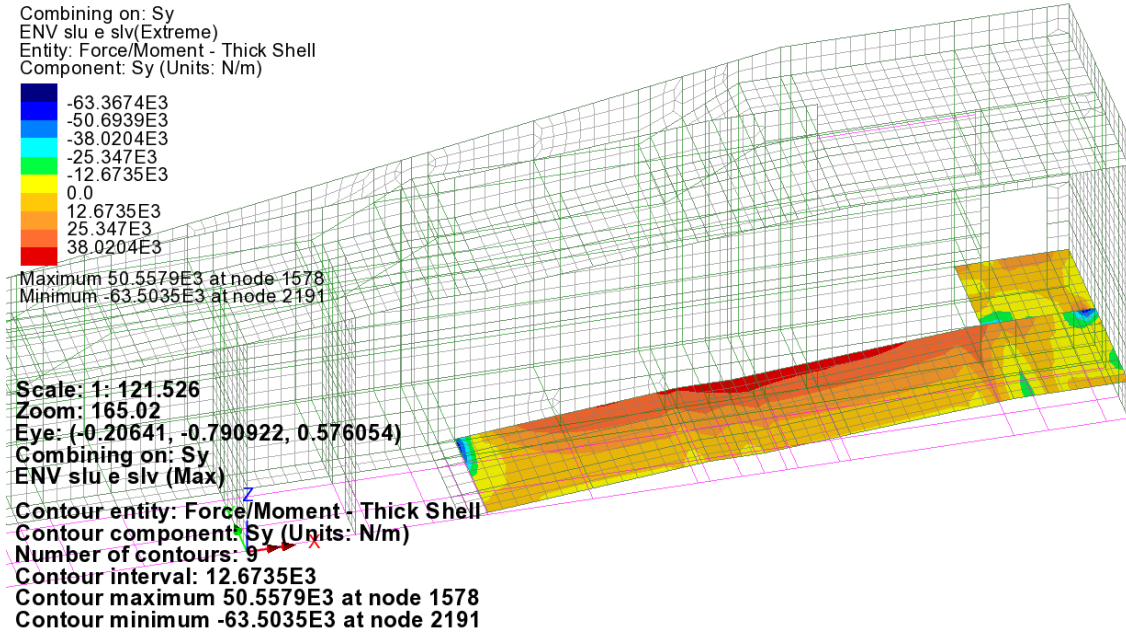


Figura 3-45 Sy in combinazione SLU/SLV

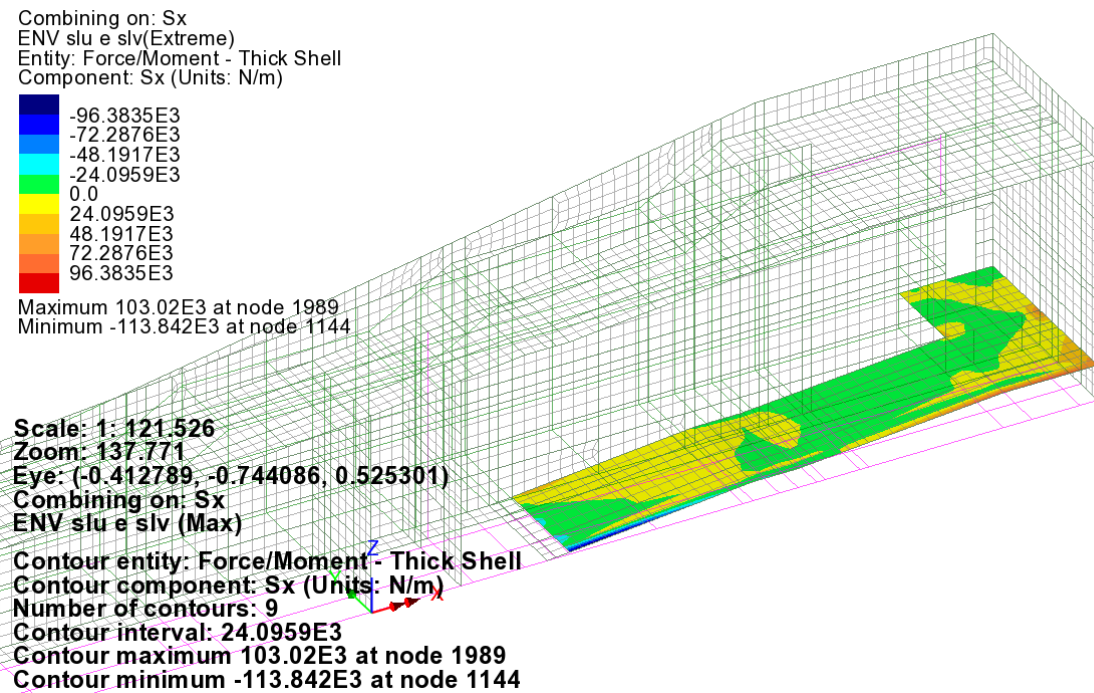


Figura 3-46 Sx in combinazione SLU/SLV

3.5.5.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

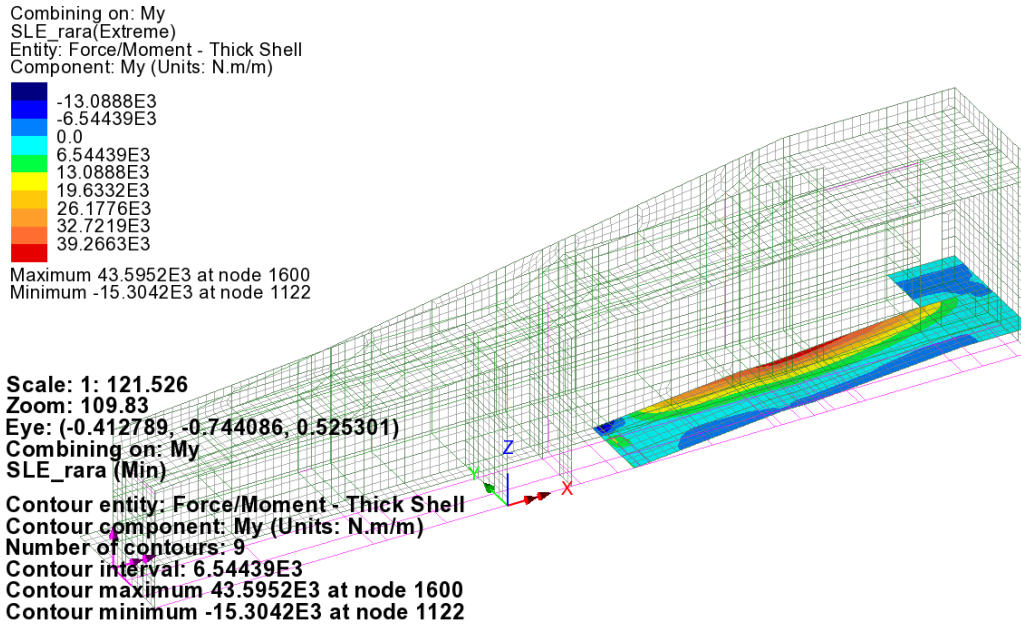


Figura 3-47 My in combinazione SLE Rara

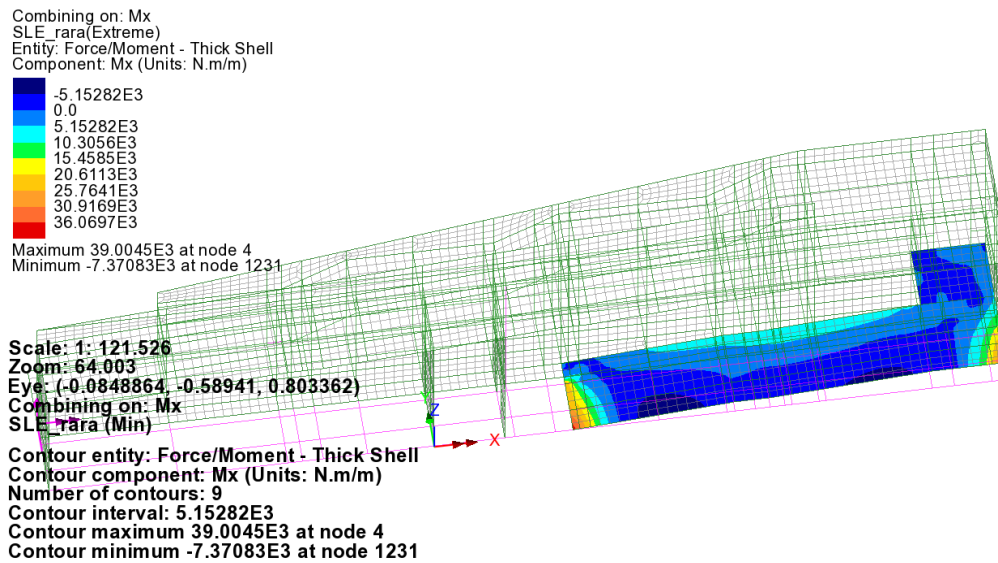
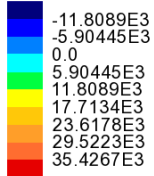


Figura 3-48 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.5.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

Combining on: My
 SLE_frequente(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 38.1814E3 at node 1600
 Minimum -14.9587E3 at node 1122

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 64.003
 Eye: (-0.0848864, -0.58941, 0.803362)
 Combining on: My
 SLE_frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 5.90445E3
 Contour maximum 38.1814E3 at node 1600
 Contour minimum -14.9587E3 at node 1122

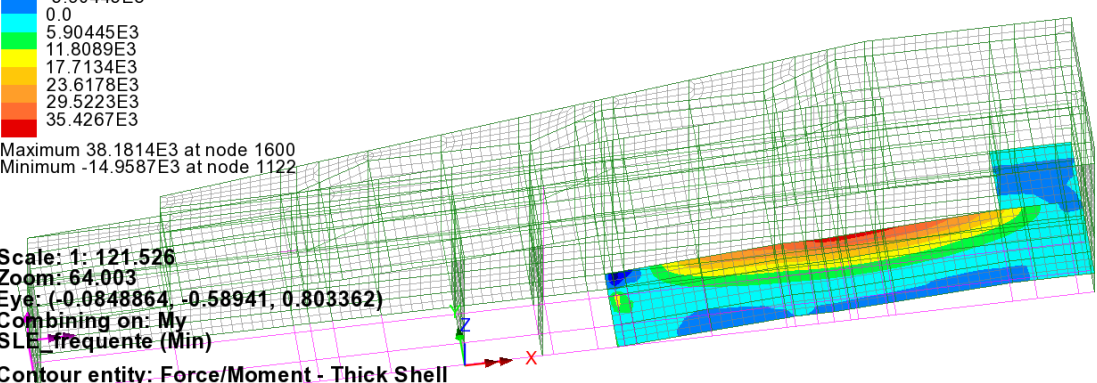
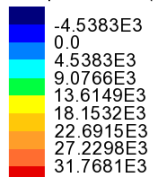


Figura 3-49 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx
 SLE_frequente(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 34.3227E3 at node 4
 Minimum -6.522E3 at node 1231

Scale: 1: 121.526
 Zoom: 64.003
 Eye: (-0.0848864, -0.58941, 0.803362)
 Combining on: Mx
 SLE_frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 4.5383E3
 Contour maximum 34.3227E3 at node 4
 Contour minimum -6.522E3 at node 1231

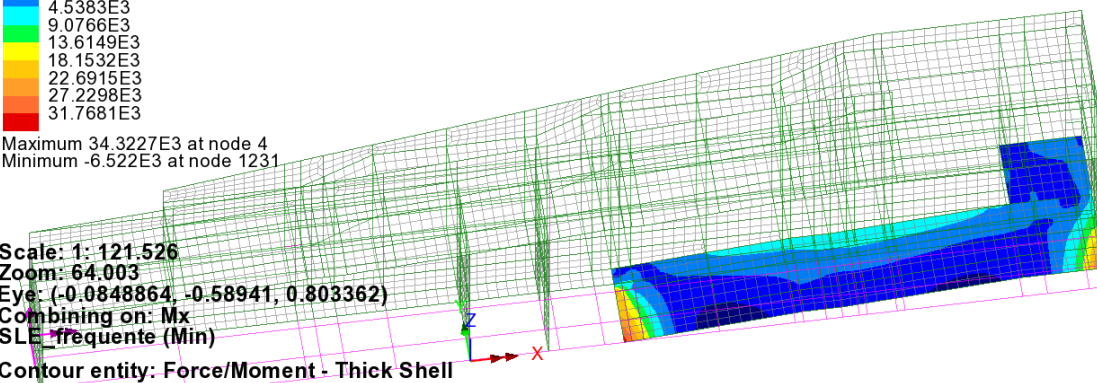
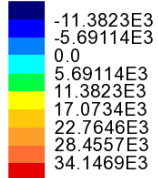


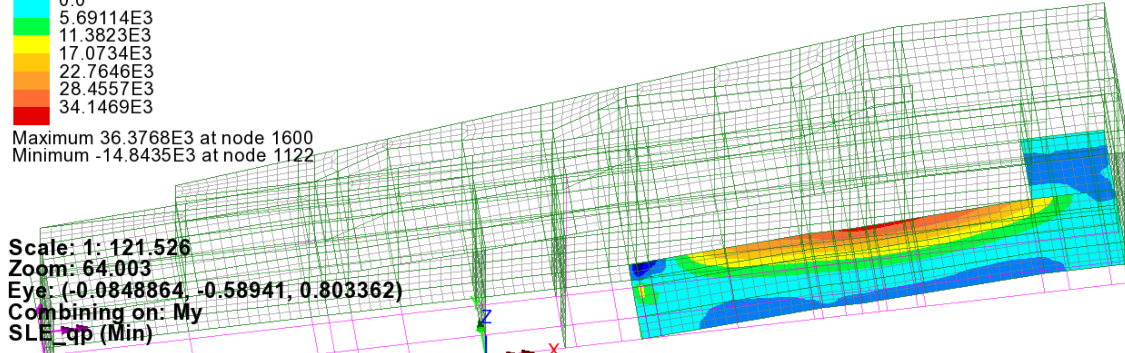
Figura 3-50 Mx in combinazione SLE frequente

3.5.5.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

Combining on: My
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 36.3768E3 at node 1600
 Minimum -14.8435E3 at node 1122



Scale: 1: 121.526

Zoom: 64.003

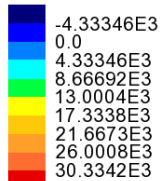
Eye: (-0.0848864, -0.58941, 0.803362)

Combining on: My
 SLE_qp (Min)

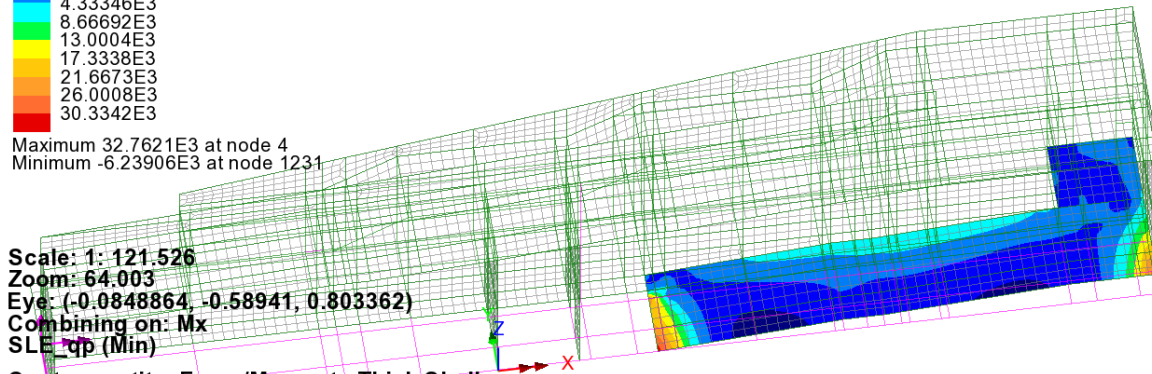
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: My (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 5.69114E3
 Contour maximum 36.3768E3 at node 1600
 Contour minimum -14.8435E3 at node 1122

Figura 3-51 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx
 SLE_qp(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick Shell
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 32.7621E3 at node 4
 Minimum -6.23906E3 at node 1231



Scale: 1: 121.526

Zoom: 64.003

Eye: (-0.0848864, -0.58941, 0.803362)

Combining on: Mx
 SLE_qp (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 4.33346E3
 Contour maximum 32.7621E3 at node 4
 Contour minimum -6.23906E3 at node 1231

Figura 3-52 Mx in combinazione SLE QP

3.5.5.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Rampa inferiore</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	53.84kNm	
			Min	-10.15kNm	
		My [kNm/m]	Max	60.28kNm	
			Min	-20.25kNm	
		Sx [kNm/m]	Max	113.84kN	50.46kN
		Sy [kNm/m]	Max	63.50kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	39.00kNm	
			Min	-7.37kNm	
		My [kNm/m]	Max	43.59kNm	
			Min	-15.30kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	34.32kNm	
			Min	-6.52kNm	
		My [kNm/m]	Max	38.18kNm	
			Min	-14.96kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	32.76kNm	
			Min	-6.24kNm	
My [kNm/m]		Max	36.38kNm		
		Min	-14.84kNm		

4 VERIFICHE STRUTTURALI

4.1 VERIFICHE FLESSIONALI E TAGLIANTI

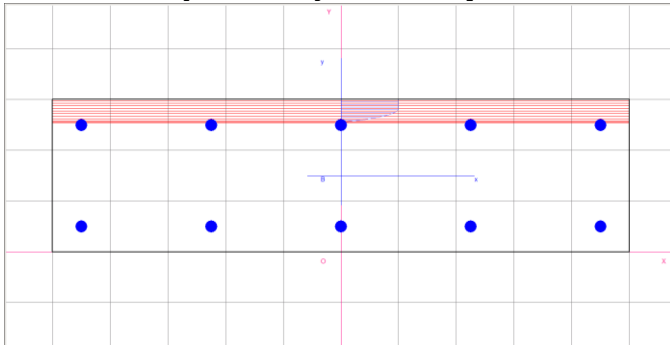
4.1.1 PARETE LONGITUDINALE CENTRALE

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
<u>Muro longitudinale</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	29.81kNm		Ø12/20	61.27kNm	2.055
			Min	-26.51kNm		Ø12/20	-61.27kNm	2.311
		My [kNm/m]	Max	71.69kNm		φ20/20	145.58kNm	2.031
			Min	-113.82kNm		φ20/20	-145.58kNm	1.279
		Sx [kNm/m]	Max	164.9kN	53.65kN		129.36kN	2.41
	Sy [kNm/m]	Max	289.38kN	98.3kN		159.23kN	1.62	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	22.00kNm				
			Min	-19.11kNm				
		My [kNm/m]	Max	51.54kNm				
			Min	-80.69kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	20.87kNm				
			Min	-17.51kNm				
		My [kNm/m]	Max	47.10kNm				
			Min	-70.75kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	20.49kNm				
			Min	-16.99kNm				
My [kNm/m]		Max	45.60kNm					
		Min	-67.44kNm					

4.1.1.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: parete long centrale My



Descrizione Sezione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45

Resis. compr. di calcolo fcd :	198,30 daN/cm ²
Resis. compr. ridotta fcd' :	99,15 daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2 :	0,0020
Def.unit. ultima ecu :	0,0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	340771 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0,20
Resis. media a trazione fctm :	32,10 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15,0

Combinazioni Rare in Esercizio

Sc Limite :	210,00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio

Sc Limite :	210,00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0,400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio

Sc Limite :	157,50 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500,0 daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk :	4500,0 daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913,0 daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913,0 daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu :	0,068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1,00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0,50 daN/cm ²
Comb.Rare Sf Limite :	3600,0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100,0 cm
Altezza:	30,0 cm
Barre inferiori :	5Ø20 (15,7 cm ²)
Barre superiori :	5Ø20 (15,7 cm ²)
Copriferro barre inf. (dal baric. barre) :	5,0 cm
Copriferro barre sup. (dal baric. barre) :	5,0 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)

Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	7169	10	0
2	0	-11382	10	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	5154
2	0	-8069

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	4710
2	0	-7075

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	4560
2	0	-6744

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18,0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15,7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 15,7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	7169	8	14558	2,031	25,5	0,18	0,70
2	S	0	-11382	8	-14558	1,279	4,5	0,18	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace						
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)						
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)						
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)						
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)						
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)						

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,00643	30,0	-0,00036	25,0	-0,01581	5,0
2	0,00350	-0,00643	0,0	-0,00036	5,0	-0,01581	25,0

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 ([daN/cm ²])										
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,0)										
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])										
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,0)										
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]										
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,0)										
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.)										
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)										
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)										

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	47,7	30,0	0,0	30,0	-1499	25,0	19,0	1900	15,7	22,5
2	S	74,7	0,0	0,0	0,0	-2347	5,0	19,0	1900	15,7	22,5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]									
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]									
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]									
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)									
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2									
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure									
Srm	Distanza media in mm tra le fessure									
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm									

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	28,4	-28,4	0,0	0,125	1,0	0,000300	246	0,125
2	S	44,5	-44,5	0,0	0,125	1,0	0,000562	246	0,235

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	43,6	30,0	0,0	30,0	-1370	25,0	19,0	1900	15,7	22,5
2	S	65,5	0,0	0,0	0,0	-2058	5,0	19,0	1900	15,7	22,5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	26,0	-26,0	0,0	0,125	0,5	0,000274	246	0,115
2	S	39,0	-39,0	0,0	0,125	0,5	0,000680	246	0,284

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

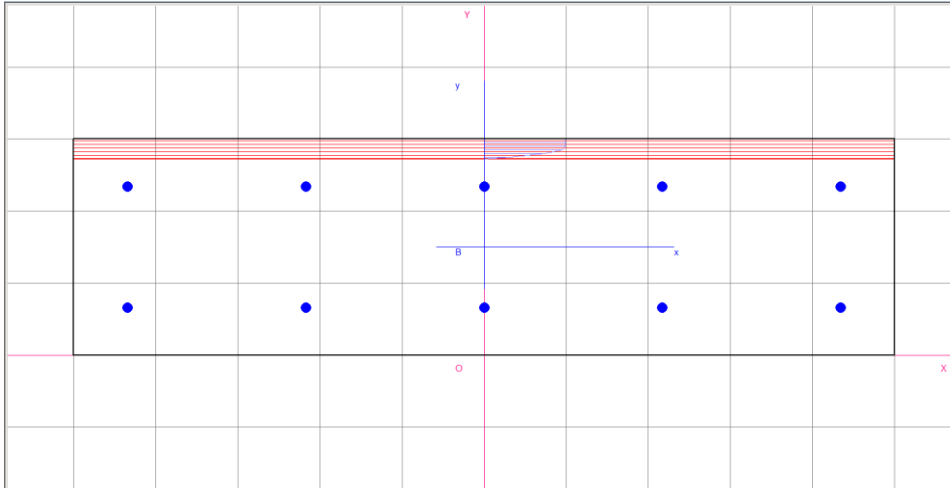
N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	42,2	30,0	0,0	30,0	-1326	25,0	19,0	1900	15,7	22,5
2	S	62,4	0,0	0,0	0,0	-1962	5,0	19,0	1900	15,7	22,5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	25,1	-25,1	0,0	0,125	0,5	0,000265	246	0,111
2	S	37,2	-37,2	0,0	0,125	0,5	0,000615	246	0,257

4.1.1.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
 NOME SEZIONE: parete long centrale Mx



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198,30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99,15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0,0020
 Def.unit. ultima ecu : 0,0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0,20
 Resis. media a trazione fctm : 32,10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15,0
 Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,400 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157,50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913,0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913,0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0,068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1,00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0,50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600,0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100,0 cm
 Altezza: 30,0 cm
 Barre inferiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Coprifermo barre inf.(dal baric. barre) : 6,6 cm
 Coprifermo barre sup.(dal baric. barre) : 6,6 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	2981	10	0
2	0	-2651	10	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	2200
2	0	-1911

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	2087
2	0	-1751

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	2049
2	0	-1699

RISULTATI DEL CALCOLO

Coprifermo netto minimo barre longitudinali: 6,0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15,6 cm
 Coprifermo netto minimo staffe: 5,2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)

Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	2981	-28	6127	2,055	27,2	0,12	0,70
2	S	0	-2651	-28	-6127	2,311	2,8	0,12	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,01271	30,0	-0,00482	23,4	-0,02600	6,6
2	0,00350	-0,01271	0,0	-0,00482	6,6	-0,02600	23,4

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 ([daN/cm²)
 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 ([daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
 Yf 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.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	13,9	30,0	-13,9	30,0	-117	23,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	12,1	0,0	-12,1	0,0	-102	6,6	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²)
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	13,2	30,0	-13,2	30,0	-111	23,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	11,1	0,0	-11,1	0,0	-93	6,6	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	13,0	30,0	-13,0	30,0	-109	23,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	10,8	0,0	-10,8	0,0	-90	6,6	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

4.1.1.3 Azione tagliante Sy

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 250 [mm]
 Braccio della coppia interna z 225 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{st} 1570.8 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ 0.00628 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.89 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 98.3 [kN]
 Controttaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 98.3 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.54	98.3	159.23

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.1.4 Azione tagliante S_x

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 234 [mm]
 Braccio della coppia interna z 210.6 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{sl} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00242 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.92 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 53.65 [kN]
 Controtaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 53.65 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{2/3}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.55	53.65	129.36

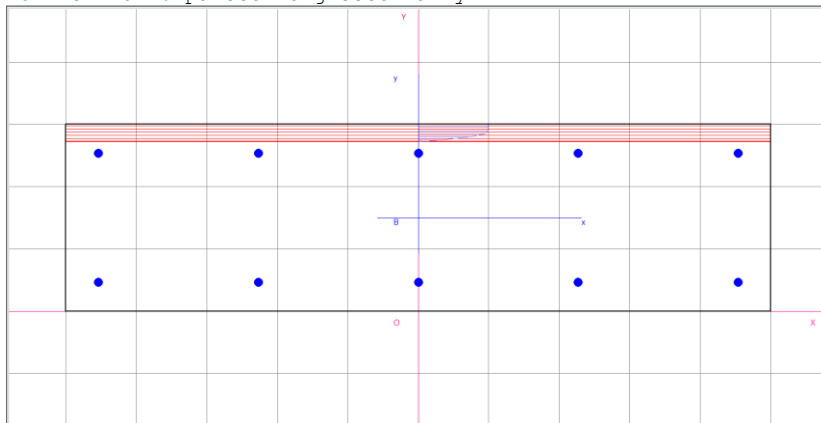
Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.2 PARETE LONGITUDINALE ESTERNA

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Parete longitudinale esterna	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	7.11kNm		Ø12/20	61.32Nm	8.624
			Min	-9.48kNm		Ø12/20	-61.32kNm	6.468
		My [kNm/m]	Max	21.62kNm		φ12/20	61.32kNm	2.836
			Min	- 21.63kNm		φ12/20	-61.32kNm	2.835
		Sx [kNm/m]	Max	47.99kN			132.18kN	2.75
		Sy [kNm/m]	Max	118.22kN	45.61kN		136.37kNm	2.99
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	2.58kNm				
			Min	-6.90kNm				
		My [kNm/m]	Max	12.74kNm				
			Min	- 14.86kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	2.53kNm				
			Min	-6.41kNm				
		My [kNm/m]	Max	12.46kNm				
			Min	- 13.93kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	2.51kNm				
			Min	-6.25kNm				
		My [kNm/m]	Max	12.37kNm				
			Min	- 13.63kNm				

4.1.2.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
 NOME SEZIONE: parete long esterna My



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198,30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99,15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0,0020
 Def.unit. ultima ecu : 0,0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0,20
 Resis. media a trazione fctm : 32,10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15,0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157,50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913,0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913,0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0,068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1,00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0,50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600,0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100,0 cm
 Altezza: 30,0 cm
 Barre inferiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Copriferro barre inf. (dal baric. barre) : 4,6 cm

Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 4,6 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	2162	10	0
2	0	-2163	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1274
2	0	-1486

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1246
2	0	-1393

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1237
2	0	-1363

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 19,6 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5,7 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5,7 cm ²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	2162	11	6132	2,836	27,2	0,11	0,70
2	S	0	-2163	11	-6132	2,835	2,8	0,11	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,01270	30,0	-0,00230	25,4	-0,02850	4,6
2	0,00350	-0,01270	0,0	-0,00230	4,6	-0,02850	25,4

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 [(daN/cm ²)]
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 [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Yf 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.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	7,9	30,0	-7,9	30,0	-82	25,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	9,2	0,0	-9,2	0,0	-95	4,6	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sc_Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	7,7	30,0	-7,7	30,0	-80	25,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	8,6	0,0	-8,6	0,0	-89	4,6	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
---------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

1	S	7,6	30,0	-7,6	30,0	-79	25,4	0,0	0	15,7	0,0
2	S	8,4	0,0	-8,4	0,0	-87	4,6	0,0	0	15,7	0,0

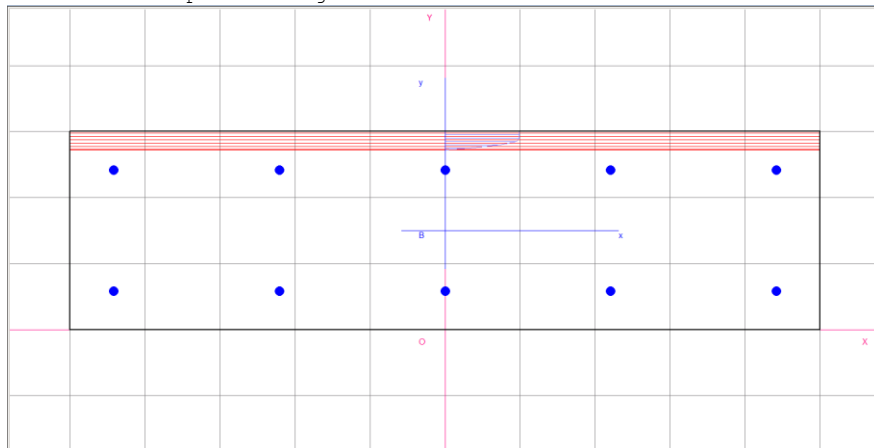
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

4.1.2.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: parete long esterna Mx



Descrizione Sezione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198,30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99,15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0,0020
 Def.unit. ultima ecu : 0,0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0,20
 Resis. media a trazione fctm : 32,10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15,0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157,50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913,0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913,0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0,068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1,00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0,50 daN/cm²

Comb.Rare Sf Limite : 3600,0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100,0 cm
 Altezza: 30,0 cm
 Barre inferiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 5,8 cm
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 5,8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	711	10	0
2	0	-948	10	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	258
2	0	-690

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	253
2	0	-641

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	251
2	0	-625

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5,2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17,2 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4,4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)

Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	711	11	6132	8,624	27,2	0,11	0,70
2	S	0	-948	11	-6132	6,468	2,8	0,11	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,01270	30,0	-0,00381	24,2	-0,02699	5,8
2	0,00350	-0,01270	0,0	-0,00381	5,8	-0,02699	24,2

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 ([daN/cm²)
 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 ([daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
 Yf 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.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	1,6	30,0	-1,6	30,0	-15	24,2	0,0	0	15,7	0,0
2	S	4,3	0,0	-4,3	0,0	-40	5,8	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²)
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	1,6	30,0	-1,6	30,0	-15	24,2	0,0	0	15,7	0,0
2	S	4,0	0,0	-4,0	0,0	-37	5,8	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	1,6	30,0	-1,6	30,0	-14	24,2	0,0	0	15,7	0,0
2	S	3,9	0,0	-3,9	0,0	-36	5,8	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

4.1.2.3 Azione tagliante Sy

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 254 [mm]
 Braccio della coppia interna z 228.6 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{st} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00223 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.89 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{tEd} 45.61 [kN]
 Controtaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 45.61 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (\nu_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.54	45.61	136.37

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.2.4 Azione tagliante S_x

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 242 [mm]
 Braccio della coppia interna z 217.8 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{sl} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00234 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.91 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 47.99 [kN]
 Controtaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 47.99 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

111465-LL00-PD-AU-CF1-SI000-00000-R-STR-0046-0

RELAZIONE DI CALCOLO

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{\min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.55	47.99	132.18

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

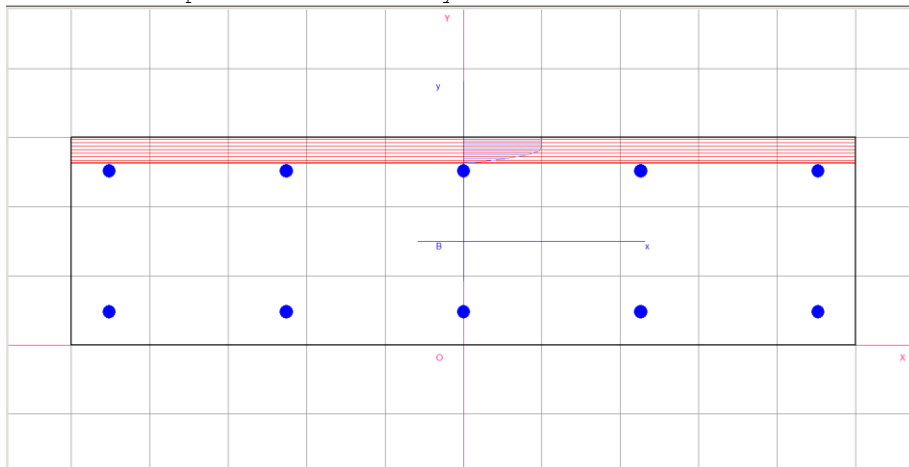
4.1.3 PARETI TRASVERSALI

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Muri trasversali	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	20.91kNm		Ø12/20	61.29kNm	2.931
			Min	-18.08kNm		Ø12/20	- 61.29kNm	3.390
		My [kNm/m]	Max	104.43kNm	59.47kNm	φ16/20	99.62kNm	1.675
			Min	-42.48kNm		φ16/20	- 99.62kNm	2.345
		Sx [kNm/m]	Max	115.76kN	58.11kN		130.77kN	2.25
	Sy [kNm/m]	Max	149.97kN	95.70kN		137.69kN	1.44	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	13.96kNm				
			Min	-13.38kNm				
		My [kNm/m]	Max	75.33kNm	51.81kNm			
			Min	-30.75kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	13.93kNm				
			Min	-12.59kNm				
		My [kNm/m]	Max	67.80kNm	46.67kNm			
			Min	-28.41kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	13.92kNm				
			Min	-12.33kNm				
My [kNm/m]		Max	65.29kNm	44.96kNm				
		Min	-27.63kNm					

4.1.3.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: pareti trasversali My



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198,30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99,15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0,0020
 Def.unit. ultima ecu : 0,0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0,20
 Resis. media a trazione fctm : 32,10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15,0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210,00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157,50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500,0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913,0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913,0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0,068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1,00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0,50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600,0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100,0 cm
 Altezza: 30,0 cm
 Barre inferiori : 5Ø16 (10,1 cm²)
 Barre superiori : 5Ø16 (10,1 cm²)
 Copriferro barre inf. (dal baric. barre) : 4,8 cm

Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 4,8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	5947	10	0
2	0	-4248	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	5181
2	0	-3075

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	4667
2	0	-2841

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	4496
2	0	-2763

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18,8 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3,2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 10,1 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 10,1 cm ²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	5947	-24	9962	1,675	26,3	0,15	0,70
2	S	0	-4248	-24	-9962	2,345	3,7	0,15	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,00857	30,0	-0,00101	25,2	-0,02016	4,8
2	0,00350	-0,00857	0,0	-0,00101	4,8	-0,02016	25,2

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 [daN/cm ²]
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 [daN/cm ²]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Yf 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.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	30,3	30,0	-30,3	30,0	-309	25,2	0,0	0	15,7	0,0
2	S	18,0	0,0	-18,0	0,0	-184	4,8	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	27,3	30,0	-27,3	30,0	-279	25,2	0,0	0	15,7	0,0
2	S	16,6	0,0	-16,6	0,0	-170	4,8	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	26,3	30,0	-26,3	30,0	-268	25,2	0,0	0	15,7	0,0

2 S 16,2 0,0 -16,2 0,0 -165 4,8 0,0 0 15,7 0,0

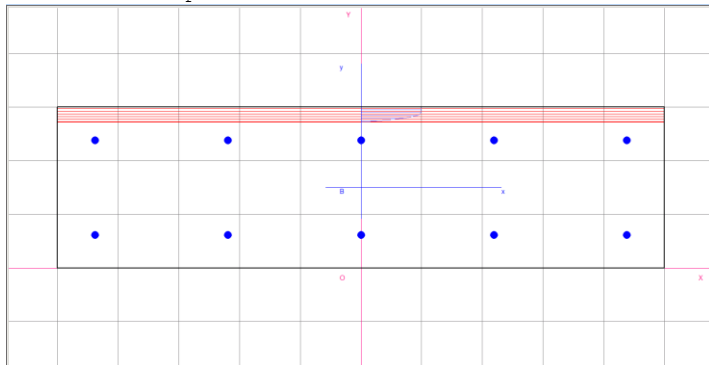
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

4.1.3.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: pareti trasversali Mx



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45

Resis. compr. di calcolo fcd :	198,30 daN/cm ²
Resis. compr. ridotta fcd' :	99,15 daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2 :	0,0020
Def.unit. ultima ecu :	0,0035
Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec :	340771 daN/cm ²
Coeff. di Poisson :	0,20
Resis. media a trazione fctm :	32,10 daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15,0

Combinazioni Rare in Esercizio

Sc Limite :	210,00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio

Sc Limite :	210,00 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0,400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio

Sc Limite :	157,50 daN/cm ²
Apert.Fess.Limite :	0,300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500,0 daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk :	4500,0 daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913,0 daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913,0 daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu :	0,068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1,00 daN/cm ²
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0,50 daN/cm ²
Comb.Rare Sf Limite :	3600,0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100,0 cm
 Altezza: 30,0 cm
 Barre inferiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm²)
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 6,2 cm
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 6,2 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	2091	10	0
2	0	-1808	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1396
2	0	-1338

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1393
2	0	-1259

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	1392
2	0	-1233

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5,6 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 16,4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4,8 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5,7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	2091	-9	6129	2,931	27,2	0,12	0,70
2	S	0	-1808	-9	-6129	3,390	2,8	0,12	0,70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,01270	30,0	-0,00431	23,8	-0,02649	6,2
2	0,00350	-0,01270	0,0	-0,00431	6,2	-0,02649	23,8

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 [(daN/cm²)
 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 [(daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
 Yf 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.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	8,8	30,0	-8,8	30,0	-77	23,8	0,0	0	15,7	0,0
2	S	8,4	0,0	-8,4	0,0	-74	6,2	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 Sc_Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²)
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	8,8	30,0	-8,8	30,0	-77	23,8	0,0	0	15,7	0,0
2	S	7,9	0,0	-7,9	0,0	-70	6,2	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

2 S 0,0 0,0 0,0 0,0 0,000000 0 0,000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	8,8	30,0	-8,8	30,0	-77	23,8	0,0	0	15,7	0,0
2	S	7,8	0,0	-7,8	0,0	-68	6,2	0,0	0	15,7	0,0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0		0,0	0,000000	0	0,000

4.1.3.3 Azione tagliante Sy

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 252 [mm]
 Braccio della coppia interna z 226.8 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{st} 1005.31 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00399 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.89 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 95.7 [kN]
 Controttaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 95.7 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;
 $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);
 b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.54	95.7	137.69

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.3.4 Azione tagliante S_x

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 238 [mm]
 Braccio della coppia interna z 214.2 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{sl} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00238 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.92 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 58.11 [kN]
 Controttaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 58.11 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.55	58.11	130.77

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.4 RAMPE SUPERIORI

Armature disposte:

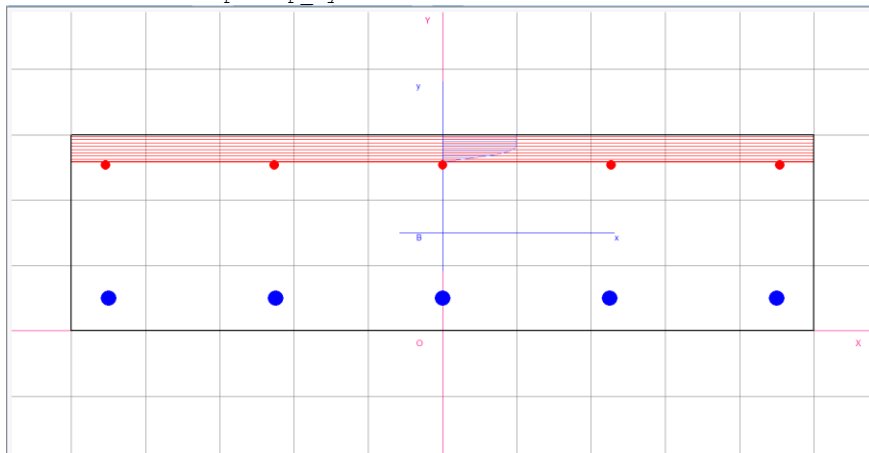
- $\phi 12/20$ ad intradosso in entrambe le direzioni;
- $\phi 20/20$ ad estradosso in entrambe le direzioni;

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Rampe superiori	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	98.48kNm		$\emptyset 20/20$	134.18kNm	1.363
			Min	-30.47kNm		$\emptyset 12/20$	-76.14kNm	2.499
		My [kNm/m]	Max	104.48kNm		$\phi 20/20$	144.46kNm	1.383
			Min	-30.38kNm		$\phi 12/20$	-65.75kNm	2.164
		Sx [kNm/m]	Max	293.10kN	118.67kN		132.18kN	1.11
	Sy [kNm/m]	Max	179.81kN	82.60kN		136.37kN	1.65	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	71.47kNm				
			Min	-21.49kNm				
		My [kNm/m]	Max	75.04kNm				
			Min	-20.66kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	64.99kNm				
			Min	-18.70kNm				
		My [kNm/m]	Max	68.89kNm				
			Min	-19.62kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	62.84kNm				
			Min	-17.76kNm				
My [kNm/m]		Max	66.85kNm	54.90kNm				
		Min	-19.27kNm					

4.1.4.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa sup_My



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 198.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 99.15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec_2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale E_c : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 32.10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157.50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 200000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 30.0 cm
 Barre inferiori : 5Ø20 (15.7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm²)
 Copriferro barre inf. (dal baric. barre) : 5.0 cm

Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 4.6 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	10448	10	0
2	0	-3038	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	7504
2	0	-2066

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	6889
2	0	-1962

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	6685
2	0	-1927

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.8 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm ²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	10448	5	14446	1.383	25.9	0.16	0.70
2	S	0	-3038	12	-6575	2.164	3.7	0.15	0.70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00743	30.0	-0.00041	25.4	-0.01776	5.0
2	0.00350	-0.00856	0.0	-0.00119	5.0	-0.02033	25.4

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 [daN/cm ²]
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 [daN/cm ²]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Yf 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.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	73.8	30.0	0.0	30.0	-2168	25.4	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	29.4	0.0	0.0	0.0	-1568	5.0	13.0	1300	5.7	16.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	45.1	-42.5	0.0	0.125	1.0	0.000465	246	0.195
2	S	11.7	-12.4	-2.0	0.145	1.0	0.000314	273	0.146

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	67.8	30.0	0.0	30.0	-1990	25.4	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	27.9	0.0	0.0	0.0	-1489	5.0	13.0	1300	5.7	16.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	41.4	-39.0	0.0	0.125	0.5	0.000658	246	0.275
2	S	11.1	-11.8	-1.9	0.145	0.5	0.000298	273	0.138

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	65.8	30.0	0.0	30.0	-1932	25.4	19.0	1900	15.7	22.5

2 S 27.4 0.0 0.0 0.0 -1463 5.0 13.0 1300 5.7 16.8

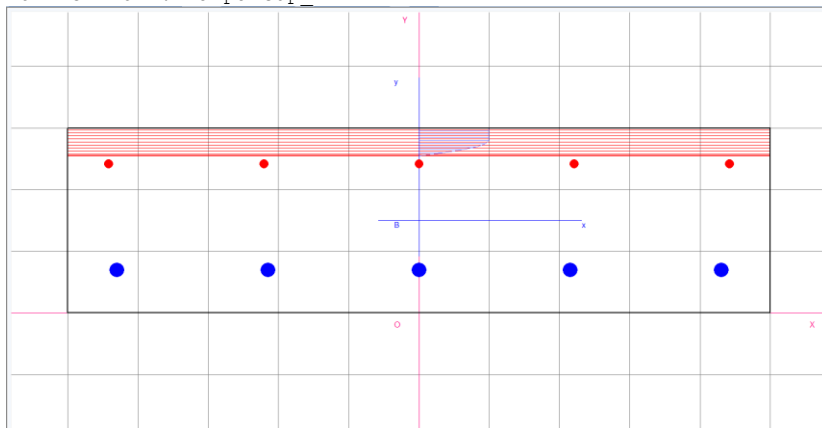
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	40.2	-37.9	0.0	0.125	0.5	0.000618	246	0.259
2	S	10.9	-11.6	-1.8	0.145	0.5	0.000293	273	0.136

4.1.4.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa sup_Mx



Descrizione Sezione:

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C35/45	
	Resis. compr. di calcolo fcd :	198.30 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd' :	99.15 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec :	340771 daN/cm ²
	Coeff. di Poisson :	0.20
	Resis. media a trazione fctm :	32.10 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
Combinazioni Rare in Esercizio	Sc Limite :	210.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	Non prevista
Combinazioni Frequenti in Esercizio	Sc Limite :	210.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.400 mm
Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio	Sc Limite :	157.50 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite :	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo: B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
	Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm ²
	Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0.50 daN/cm ²
	Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	30.0 cm
Barre inferiori	: 5Ø20 (15.7 cm ²)
Barre superiori	: 5Ø12 (5.7 cm ²)
Copriferro barre inf.(dal baric. barre)	: 7.0 cm
Copriferro barre sup.(dal baric. barre)	: 5.8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	9848	10	0
2	0	-3047	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	7147
2	0	-2149

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	6499
2	0	-1870

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
N.Comb.	N	Mx
1	0	5490
2	0	-1776

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.6 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)

Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	9848	27	13418	1.363	25.5	0.20	0.70
2	S	0	-3047	10	-7614	2.499	4.7	0.19	0.70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00646	30.0	-0.00099	24.2	-0.01431	7.0
2	0.00350	-0.00605	0.0	-0.00170	7.0	-0.01447	24.2

S

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 [(daN/cm²)
 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 [(daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm²)
 Yf 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.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	82.5	30.0	0.0	30.0	-2262	24.2	21.0	2100	15.7	21.5
2	S	36.2	0.0	0.0	0.0	-1653	7.0	14.2	1420	5.7	16.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [(daN/cm²)
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [(daN/cm²)
 Sc_Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [(daN/cm²)
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	44.4	-42.5	0.0	0.125	1.0	0.000485	297	0.244
2	S	12.8	-13.3	-1.0	0.134	1.0	0.000331	299	0.168

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	75.0	30.0	0.0	30.0	-2057	24.2	21.0	2100	15.7	21.5
2	S	31.5	0.0	0.0	0.0	-1439	7.0	14.2	1420	5.7	16.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	40.4	-38.6	0.0	0.125	0.5	0.000673	297	0.339

2 S 11.1 -11.6 -0.9 0.134 0.5 0.000288 299 0.146

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw	Eff. Ac	eff. Af	eff. Dbarre
1	S	63.3	30.0	0.0	30.0	-1738	24.2	21.0	2100	15.7	21.5
2	S	29.9	0.0	0.0	0.0	-1366	7.0	14.2	1420	5.7	16.8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1 S 34.1 -32.6 0.0 0.125 0.5 0.000448 297 0.226
 2 S 10.6 -11.0 -0.8 0.134 0.5 0.000273 299 0.139

4.1.4.3 Azione tagliante Sy

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 300 [mm]
 Altezza utile d 254 [mm]
 Braccio della coppia interna z 228.6 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 300000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{st} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00223 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 1.89 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 82.6 [kN]
 Controttaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 82.6 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.54	82.6	136.37

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.4.4 Azione tagliante Sx

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi

Normativa di riferimento: N.T.C. 2018

Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45	
	Resistenza compress. caratteristica f_{ck} :	35	[MPa]
	Resistenza compress. di calcolo f_{cd} :	19.83	[MPa]
	α_{cc} :	0.85	[-]
	γ_c :	1.5	[-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w	1000	[mm]	
Altezza H	300	[mm]	
Altezza utile d	242	[mm]	
Braccio della coppia interna z	217.8	[mm]	
Area di calcestruzzo A_c	300000	[mm ²]	
Area tesa longitudinale A_{sl}	565.49	[mm ²]	
Rapporto geometrico ρ_l	0.00234	[-]	
$C_{Rd,c}$	0.12	[-]	
k	1.91	[-]	
k_1	0.15	[-]	

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$	0	[kN]
σ_{cp}	0	[MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed}	118.67	[kN]	
Controtaglio di progetto V_{ctEd}	0	[kN]	
Taglio di verifica V_{Ed}	118.67	[kN]	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.55	118.67	132.18

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.5 RAMPA INFERIORE

Armature disposte:

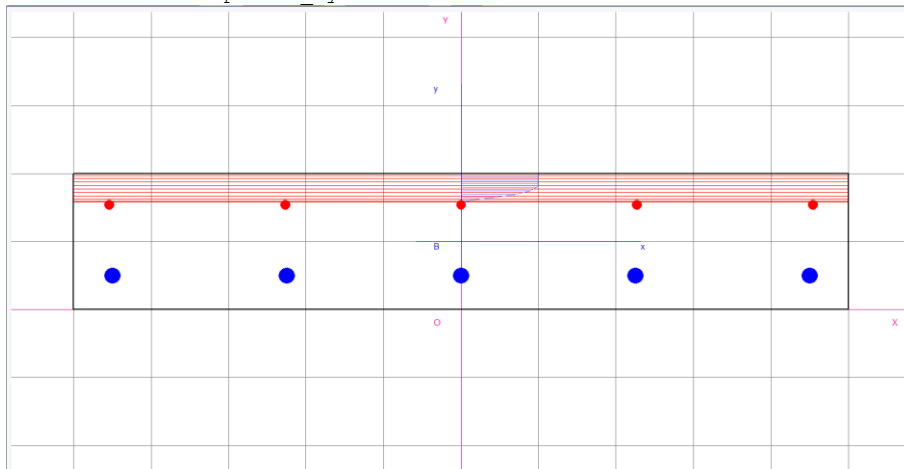
- $\phi 12/20$ ad intradosso in entrambe le direzioni;
- $\phi 20/20$ ad estradosso in entrambe le direzioni;

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Rampa inferiore	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	53.84kNm		$\emptyset 20/20$	72.70kNm	1.350
			Min	-10.15kNm		$\emptyset 12/20$	- 53.99kNm	5.320
		My [kNm/m]	Max	60.28kNm		$\phi 20/20$	82.98kNm	1.377
			Min	-20.25kNm		$\phi 12/20$	- 43.61kNm	2.153
		Sx [kNm/m]	Max	113.84kN	50.46kN		83.16kN	1.64
		Sy [kNm/m]	Max	63.50kN			90.19kN	1.42
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	39.00kNm				
			Min	-7.37kNm				
		My [kNm/m]	Max	43.59kNm				
			Min	-15.30kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	34.32kNm				
			Min	-6.52kNm				
		My [kNm/m]	Max	38.18kNm				
			Min	-14.96kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	32.76kNm	26.66kNm			
			Min	-6.24kNm				
		My [kNm/m]	Max	36.38kNm				
			Min	-14.84kNm				

4.1.5.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa inf_My



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99.15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 32.10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157.50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 20.0 cm
 Barre inferiori : 5Ø20 (15.7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm²)
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 5.0 cm

Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 4.6 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	6028	10	0
2	0	-2025	10	0

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	4359
2	0	-1530

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	3818
2	0	-1496

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

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione	
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
1	0	3638
2	0	-1484

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.8 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm ² Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm ²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	6028	-14	8298	1.377	15.9	0.27	0.78
2	S	0	-2025	2	-4361	2.153	3.7	0.24	0.74

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00379	20.0	-0.00041	15.4	-0.00926	5.0
2	0.00350	-0.00454	0.0	-0.00119	5.0	-0.01095	15.4

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 [daN/cm ²]
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 [daN/cm ²]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Yf 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.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	102.6	20.0	0.0	20.0	-2175	15.4	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	52.7	0.0	0.0	0.0	-1892	5.0	13.0	1300	5.7	16.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm ²]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm ²]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	60.1	-56.5	0.0	0.125	1.0	0.000736	246	0.308
2	S	19.8	-21.1	0.0	0.125	1.0	0.000378	252	0.162

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	89.9	20.0	0.0	20.0	-1905	15.4	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	51.5	0.0	0.0	0.0	-1850	5.0	13.0	1300	5.7	16.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	52.6	-49.5	0.0	0.125	0.5	0.000752	246	0.314
2	S	19.4	-20.6	0.0	0.125	0.5	0.000370	252	0.158

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	85.6	20.0	0.0	20.0	-1815	15.4	19.0	1900	15.7	22.5

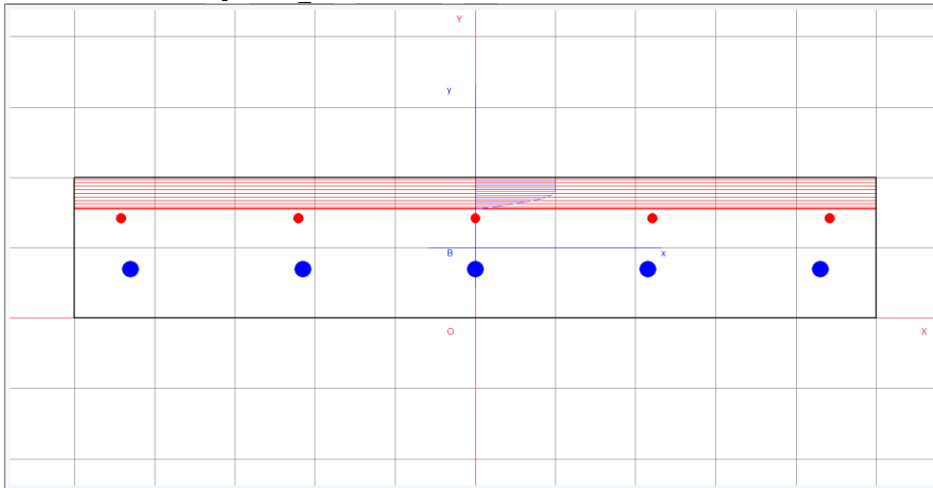
2 S 51.1 0.0 0.0 0.0 -1835 5.0 13.0 1300 5.7 16.8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	50.1	-47.1	0.0	0.125	0.5	0.000697	246	0.291
2	S	19.2	-20.5	0.0	0.125	0.5	0.000367	252	0.157

4.1.5.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
 NOME SEZIONE: rampa inf Mx



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99.15 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 340771 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 32.10 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio
 Sc Limite : 210.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio
 Sc Limite : 157.50 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²

Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 20.0 cm
 Barre inferiori : 5Ø20 (15.7 cm²)
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm²)
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 7.0 cm
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 5.8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	5384	10	0
2	0	-1015	10	0

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	3900
2	0	-737

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	3432
2	0	-652

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

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y baricentrico della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N.Comb.	N	Mx
1	0	2666
2	0	-624

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata

N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 15.7 cm²
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm²

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	5384	9	7270	1.350	15.5	0.35	0.87
2	S	0	-1015	-13	-5399	5.320	4.7	0.33	0.85

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.00314	20.0	-0.00099	14.2	-0.00657	7.0
2	0.00350	-0.00287	0.0	-0.00170	7.0	-0.00705	14.2

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 ([daN/cm²)
 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 ([daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
 Yf 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.)
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci (verifica fess.)

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	121.2	20.0	0.0	20.0	-2245	14.2	21.0	2100	15.7	21.5
2	S	30.0	0.0	0.0	0.0	-827	7.0	14.2	1420	5.7	16.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 ScI_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²)
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm²)
 K3 Coeff. di normativa = 0,25 (Scmin + ScEff)/(2 Scmin)
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Eps Deformazione unitaria media tra le fessure
 Srm Distanza media in mm tra le fessure
 Ap.fess. Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm

N.Comb.	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.
1	S	56.4	-54.7	0.0	0.125	1.0	0.000736	297	0.371
2	S	10.3	-10.7	0.0	0.125	1.0	0.000165	288	0.081

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	106.6	20.0	0.0	20.0	-1976	14.2	21.0	2100	15.7	21.5

2	S	26.5	0.0	0.0	0.0	-732	7.0	14.2	1420	5.7	16.8
---	---	------	-----	-----	-----	------	-----	------	------	-----	------

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	49.6	-48.1	0.0	0.125	0.5	0.000768	297	0.387
2	S	9.1	-9.4	0.0	0.125	0.5	0.000146	288	0.072

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw	Eff. Ac	eff. Af	Dbarre
1	S	82.8	20.0	0.0	20.0	-1535	14.2	21.0	2100	15.7	21.5
2	S	25.4	0.0	0.0	0.0	-701	7.0	14.2	1420	5.7	16.8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	38.5	-37.4	0.0	0.125	0.5	0.000485	297	0.244
2	S	8.8	-9.0	0.0	0.125	0.5	0.000140	288	0.069

4.1.5.3 Azione tagliante Sy

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 200 [mm]
 Altezza utile d 154 [mm]
 Braccio della coppia interna z 138.6 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 200000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{st} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00367 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 2 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 63.5 [kN]
 Controttaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 63.5 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	63.5	90.19

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.1.5.4 Azione tagliante S_x

DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Normativa di riferimento: N.T.C. 2018
 Forma della sezione: Rettangolare

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45
 Resistenza compress. caratteristica f_{ck} : 35 [MPa]
 Resistenza compress. di calcolo f_{cd} : 19.83 [MPa]
 α_{cc} : 0.85 [-]
 γ_c : 1.5 [-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base b_w 1000 [mm]
 Altezza H 200 [mm]
 Altezza utile d 142 [mm]
 Braccio della coppia interna z 127.8 [mm]
 Area di calcestruzzo A_c 200000 [mm²]
 Area tesa longitudinale A_{sl} 565.49 [mm²]
 Rapporto geometrico ρ_l 0.00398 [-]
 $C_{Rd,c}$ 0.12 [-]
 k 2 [-]
 k_1 0.15 [-]

CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$ 0 [kN]
 σ_{cp} 0 [MPa]

S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto V_{Ed} 50.46 [kN]
 Controtaglio di progetto V_{ctEd} 0 [kN]
 Taglio di verifica V_{Ed} 50.46 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

La verifica è condotta dapprima trascurando la presenza di eventuale armatura resistente al taglio, in accordo a quanto riportato al §4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018:

In cui, con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio V_{Rd} si valuta con:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/4} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{bd} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICA SENZA ARMATURE RESISTENTI A TAGLIO [NTC 2018 §4.1.2.3.5.1]

v_{\min} [MPa]	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	50.46	83.16

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

4.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

4.2.1 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DELLA MENSOLA A SBALZO

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

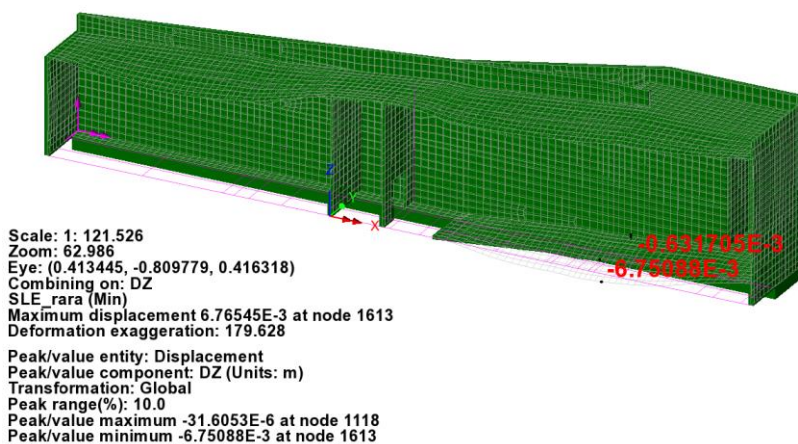
Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_s}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Secondo la normativa tecnica, per il caso di mensole, la luce da considerare è pari al doppio dello sbalzo. Nelle verifiche che seguono si considera la luce della rampa a sbalzo pari a 3.34m:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{2 \cdot 3.34m}{250} = 2.67cm$$

In combinazione SLE rara, il massimo spostamento verticale subito dalla rampa a sbalzo rispetto all'incastro con la parete è pari a $\delta_{max} = (0.675 - 0.063)cm = 0.612cm$;



Essendo $\delta_{max,SLE Rara} = 0.612cm \ll \delta_{lim} = 2.67cm$, la verifica di deformabilità delle rampe a sbalzo risulta soddisfatta.

4.2.2 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL GIUNTO

Poiché la struttura analizzata risulta fisicamente separata dalla spalla della galleria fonica del San Donnino per mezzo di un giunto di 10cm, si verifica di seguito che l'ampiezza del giunto sia conforme allo spostamento massimo subito dalla struttura nella combinazione sismica SLC:

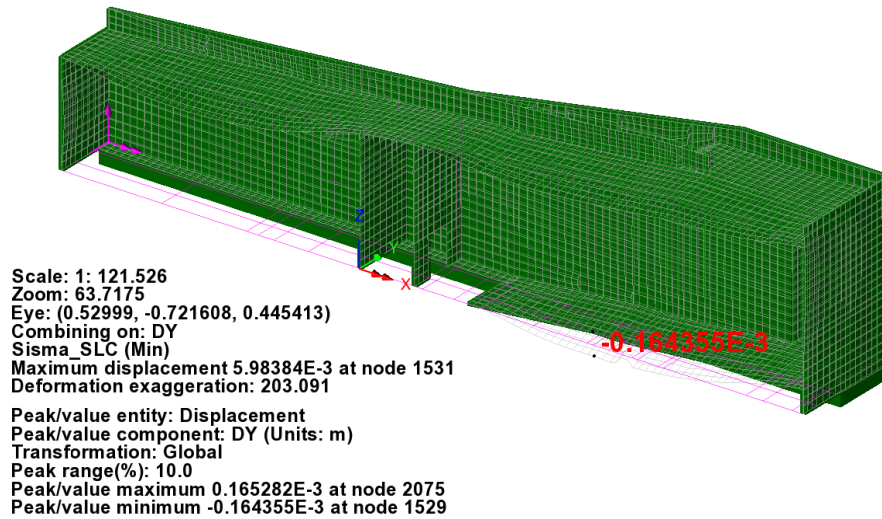


Figura 4-1 massimo spostamento DY all'SLC

$$\delta_{max,y} = 0.016cm \ll \delta_{lim} = 10cm$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO

Calcolo manuale delle sollecitazioni flessionali nella parete verticale soggetta alla sovrappinta sismica:

- $q = 5.83 \text{ kN/m}^2$: sovrappinta sismica sulla parete trasversale
- $a = 2.8\text{m}$ larghezza della parete trasversale;
- $b = 3.5\text{m}$ altezza della parete trasversale;
- $b/a = 3.5/2.8 = 1.25$

La parete è modellata come “incastrata” in corrispondenza del plinto di base, della rampa e delle pareti longitudinali.

Una piastra incastrata in corrispondenza dei quattro lati, presenta le seguenti sollecitazioni flessionali nella mezzeria:

$$- m_{ox} = \frac{qa^2}{\alpha_x};$$

$$- m_{oy} = \frac{qa^2}{\alpha_y};$$

con i seguenti coefficienti di Bares:

$$\alpha_x = \begin{cases} 33.40 & \text{per } b/a = 1.2 \\ 30.55 & \text{per } b/a = 1.3 \end{cases} \quad \text{e} \quad \alpha_y = \begin{cases} 43.90 & \text{per } b/a = 1.2 \\ 45.00 & \text{per } b/a = 1.3 \end{cases}$$

Il valore delle sollecitazioni flessionali da calcolo manuale è ottenuto mediante interpolazione dei valori per $b/a = 1.2$ e $b/a = 1.3$:

- $m_{oy} = 1.03 \text{ kNm/m}$ contro il valore $m_{oy} = 1.28 \text{ kNm/m}$ ottenuto dall’analisi ad elementi finiti;
- $m_{ox} = 1.43 \text{ kNm/m}$ contro il valore $m_{ox} = 1.74 \text{ kNm/m}$ ottenuto dall’analisi ad elementi finiti;

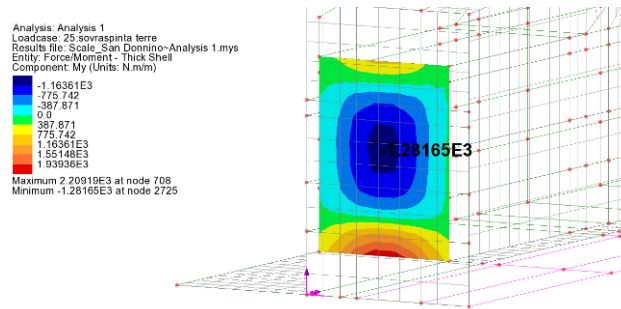


Figura 5-1 M_{0y} da analisi agli elementi finiti

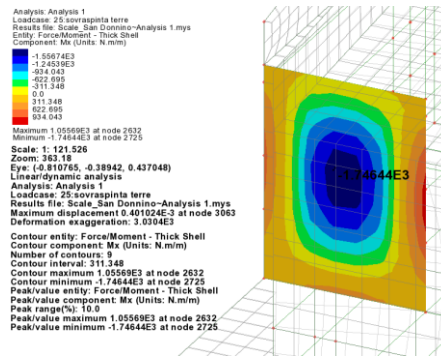


Figura 5-2 M_{0x} da analisi agli elementi finiti

Calcolo manuale delle sollecitazioni flessionali nella rampa a sbalzo ($l = 3.50m$) soggetta ai carichi accidentali $q = 4.00kN/m^2$:

$$-M_y = \frac{ql^2}{2} = 24.50 \frac{kNm}{m}$$

Il valore che si ottiene dal modello ad elementi finiti è pari a $M_y = 27.99 kNm/m$ con un valore medio pari a $M_y = 26.75kNm/m$:

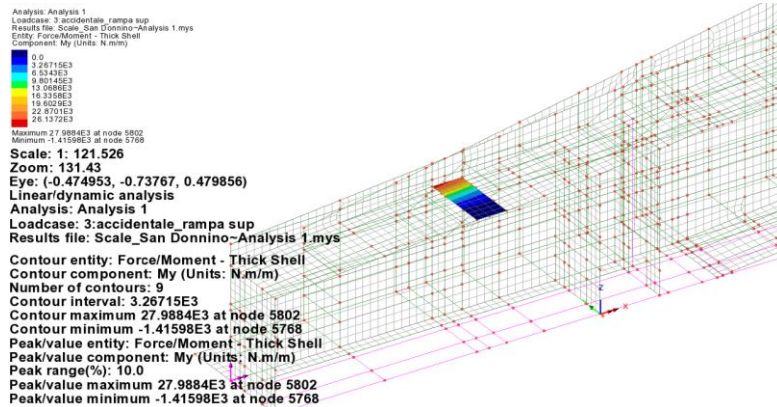


Figura 5-3 M_y sulla rampa a sbalzo