

## 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

CABINA ELETTRICA E VASCA INTERRATA ANTINCENDIO  
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	0044	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

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
1.1	GENERALITÀ	5
1.1.1	Contestualizzazione dell'opera	6
1.1.2	Caratterizzazione geografica/sismica	7
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
1.3	MATERIALI IMPIEGATI	9
1.3.1	Conglomerati cementizi	9
1.3.2	Acciaio per cemento armato	10
1.3.3	Copriferri	10
1.4	SOFTWARE DI CALCOLO	11
1.4.1	Elementi finiti	11
1.4.2	Verifiche sezionali	11
1.4.3	Elaborazione dati	11
1.4.4	Validazione dei programmi di calcolo	11
<b>2</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI AGENTI</b>	<b>12</b>
2.1	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE	12
2.1.1	Pesi propri e permanenti (g1k e g2k)	12
2.1.2	Contributi di spinta statica delle terre (g3k)	13
2.1.3	Contributi di spinta statica dell'acqua	13
2.1.4	Carichi accidentali	14
2.1.5	Forze di inerzia	14
2.1.6	Sovrappinta sismica	15
2.1.7	Spinte idrodinamiche	17
<b>3</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE</b>	<b>18</b>
3.1	GENERALITÀ	18
3.2	ANALISI STATICA	18
3.3	ANALISI SISMICA	18
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO E RELATIVE VERIFICHE	19
3.4.1	Combinazioni di carico	19
3.4.2	Verifiche strutturali	20
3.5	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	24
3.5.1	Pareti interne	24
3.5.2	Pareti esterne	30
3.5.3	Soletta di copertura	36
3.5.4	Pareti camini di ventilazione	42
<b>4</b>	<b>VERIFICHE</b>	<b>48</b>
4.1	PARETI INTERNE	48
4.1.1	Momento flettente My	49
4.1.2	Momento flettente Mx	52
4.1.3	Azioni taglianti Sy	55
4.1.4	Azioni taglianti Sx	56
4.2	PARETI ESTERNE	58
4.2.1	Momento flettente My	59
4.2.2	Momento flettente Mx	62
4.2.3	Azioni taglianti Sy	65
4.2.4	Azioni taglianti Sx	66
4.3	SOLETTA SUPERIORE	68
4.3.1	Momento flettente My	69
4.3.2	Momento flettente Mx	72

4.3.3	Azioni taglianti $S_y$ .....	75
4.3.4	Azioni taglianti $S_x$ .....	76
4.4	PARETI CAMINO DI VENTILAZIONE.....	78
4.4.1	Momento flettente $M_y$ .....	79
4.4.2	Momento flettente $M_x$ .....	82
4.4.3	Azioni taglianti $S_y$ .....	85
4.4.4	Azioni taglianti $S_x$ .....	86
<b>5</b>	<b>VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO .....</b>	<b>88</b>

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1-1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (1) .....	5
FIGURA 1-2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (2) .....	5
FIGURA 1-3 SEZIONE IN PIANTA .....	6
FIGURA 1-4 SEZIONE TRASVERSALE.....	6
FIGURA 1-5 SEZIONE LONGITUDINALE .....	6
FIGURA 1-6 PARAMETRI DIPENDENTI E INDIPENDENTI .....	7
FIGURA 1-7 SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV .....	7
FIGURA 2-1 PESO DEL TERRENO DI RICOPRIMENTO .....	12
FIGURA 2-2 PESO PERMANENTE DEGLI IMPIANTI .....	12
FIGURA 2-3 PESO DEL MASSETTO DI RIVESTIMENTO .....	12
FIGURA 2-4 SPINTA STATICA DELLE TERRE .....	13
FIGURA 2-5 SPINTA STATICA DELL'ACQUA SU UNA PARETE DELLA VASCA ANTINCENDIO .....	13
FIGURA 2-6 CARICO ACCIDENTALE SULLA COPERTURA .....	14
FIGURA 2-7 CARICO ACCIDENTALE NELLA CABINA IMPIANTI .....	14
FIGURA 2-8 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE X DELLA STRUTTURA.....	14
FIGURA 2-9 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE Y DELLA STRUTTURA.....	15
FIGURA 2-10 SOVRASPINTA SISMICA APPLICATA IN DIREZIONE X+ DELLA STRUTTURA .....	16
FIGURA 2-11 SOVRASPINTA SISMICA APPLICATA IN DIREZIONE X- DELLA STRUTTURA.....	16
FIGURA 2-12 SOVRASPINTA SISMICA APPLICATA IN DIREZIONE Y DELLA STRUTTURA .....	16
FIGURA 2-13 SPINTA IDRODINAMICA NELLA DIREZIONE X+ .....	17
FIGURA 3-1 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	18
FIGURA 3-2 MODELLAZIONE DELLE PARETI INTERNE .....	18
FIGURA 3-3 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	24
FIGURA 3-4 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	25
FIGURA 3-5 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	25
FIGURA 3-6 SX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	26
FIGURA 3-7 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	26
FIGURA 3-8 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	27
FIGURA 3-9 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	27
FIGURA 3-10 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	28
FIGURA 3-11 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	28
FIGURA 3-12 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	29
FIGURA 3-13 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	30
FIGURA 3-14 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	30
FIGURA 3-15 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	31
FIGURA 3-16 SX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	31
FIGURA 3-17 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	32
FIGURA 3-18 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	32
FIGURA 3-19 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	33
FIGURA 3-20 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	33
FIGURA 3-21 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	34
FIGURA 3-22 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	34
FIGURA 3-23 ORIENTAMENTO ASSI PER LA SOLETTA DI COPERTURA.....	36
FIGURA 3-24 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	36
FIGURA 3-25 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	37
FIGURA 3-26 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	37
FIGURA 3-27 SX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	38
FIGURA 3-28 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	38
FIGURA 3-29 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	39
FIGURA 3-30 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	39
FIGURA 3-31 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	40
FIGURA 3-32 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	40
FIGURA 3-33 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	41

FIGURA 3-34 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	42
FIGURA 3-35 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	42
FIGURA 3-36 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	43
FIGURA 3-37 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	43
FIGURA 3-38 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	44
FIGURA 3-39 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	44
FIGURA 3-40 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	45
FIGURA 3-41 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	45
FIGURA 3-42 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	46
FIGURA 3-43 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	46
FIGURA 5-1 SOVRASPINTA SISMICA NELLA DIREZIONE X+ SULLA PARETE ESTERNA.....	88
FIGURA 5-2 MY DA ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI .....	89
FIGURA 5-3 Mx DA ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI .....	89

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 GENERALITÀ

Il presente elaborato riporta le analisi svolte e i risultati ottenuti relativamente ai calcoli statici di una cabina impianti prevista nell’ambito dei lavori di ampliamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna, nel tratto Borgo Panigale – Caselle.

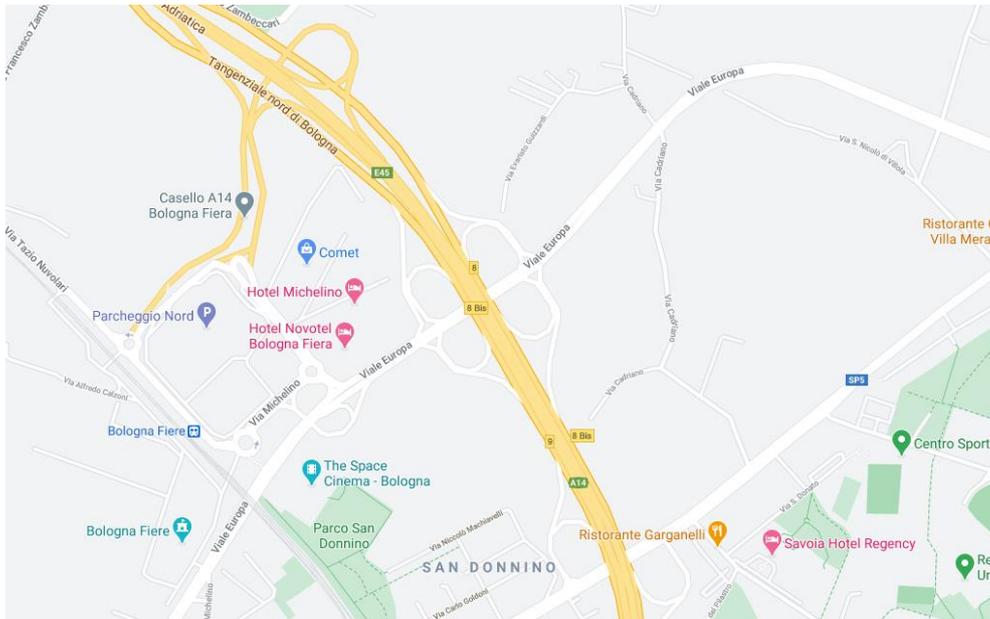


Figura 1-1. Localizzazione geografica dell’opera (1)

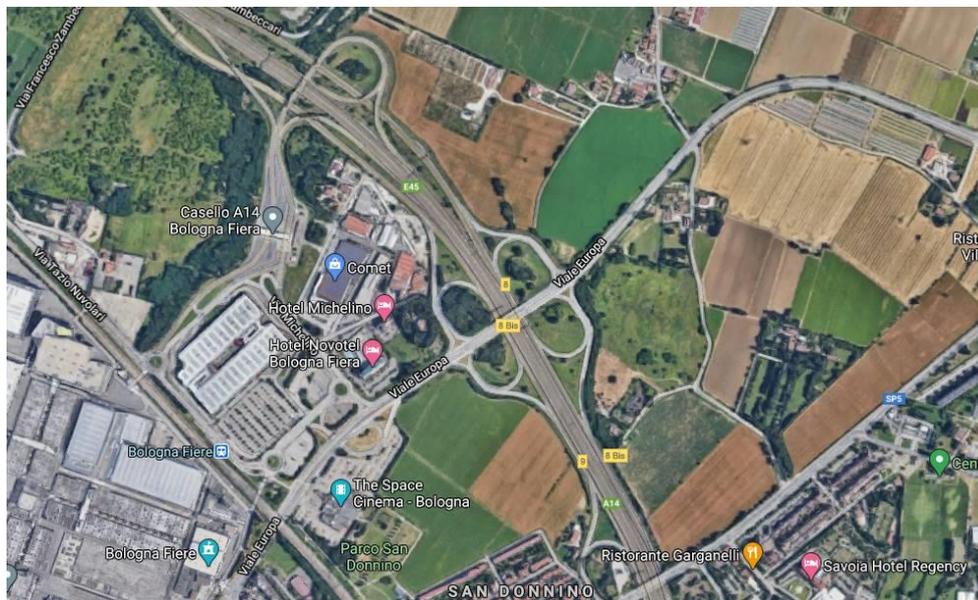


Figura 1-2. Localizzazione geografica dell’opera (2)

### 1.1.1 Contestualizzazione dell'opera

La cabina impianti è costituita da una struttura interrata in calcestruzzo armato con spessore del terreno di ricoprimento pari ad 1m. Il progetto prevede delle pareti esterne spesse 30cm e pareti divisorie interne spesse 25cm a separazione degli otto vani e del corridoio di aereazione collegato a 6 camini di ventilazione. Questi ultimi presentano le pareti laterali spesse 20cm. L'altezza interna netta dei vari locali è pari a 3.50m mentre la metratura dei vani è variabile da un minimo di 15.5m<sup>3</sup> a 74.4m<sup>3</sup>.

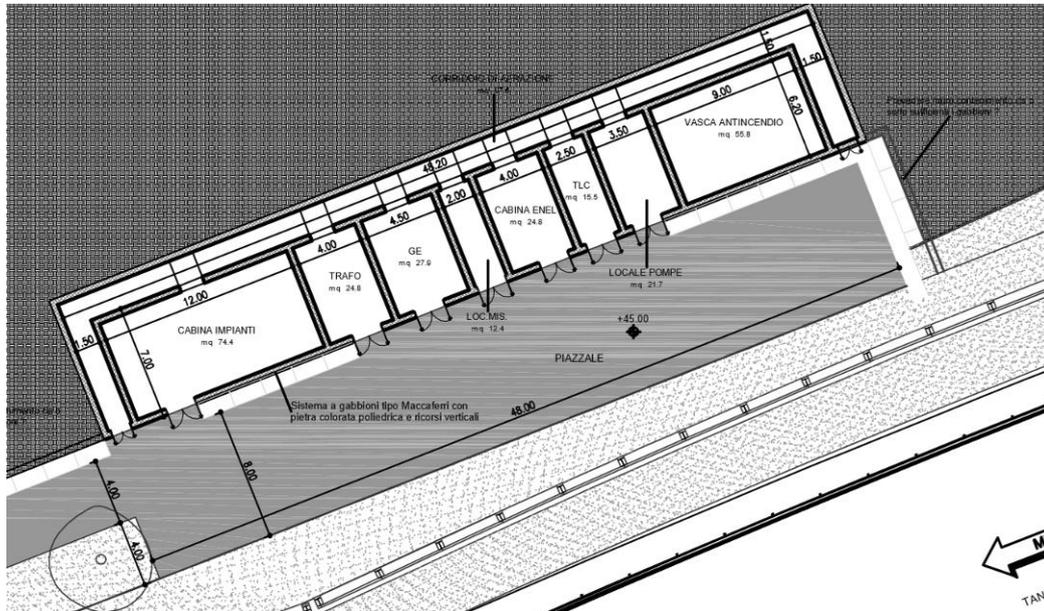


Figura 1-3 sezione in pianta

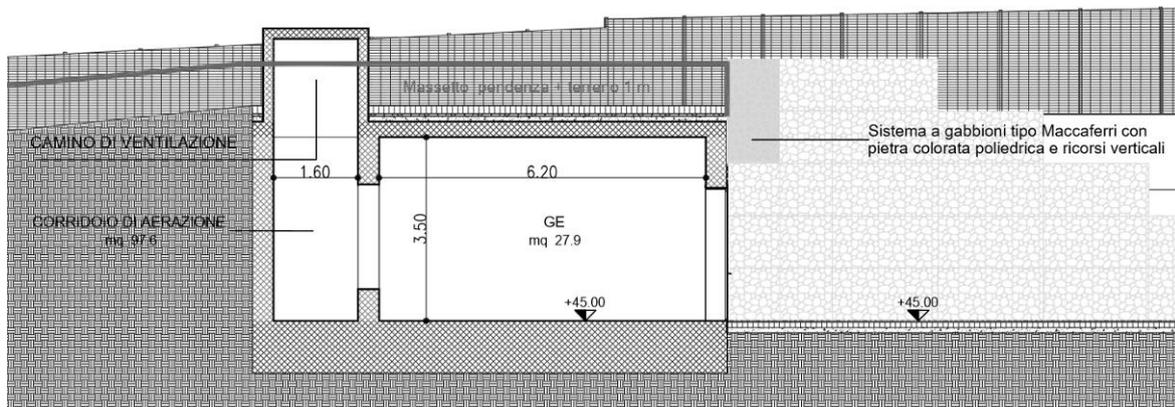


Figura 1-4 sezione trasversale

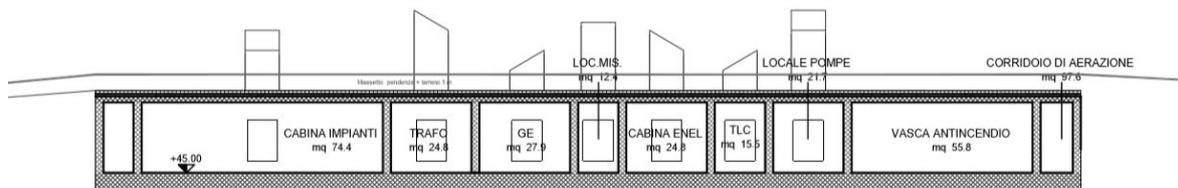


Figura 1-5 sezione longitudinale

## 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]	Fv	T <sub>B</sub> [s]	0.161
Fo	1.5020	T <sub>C</sub> [s]	0.484
St [-]		T <sub>D</sub> [s]	2.441
Ss [-]	Ss [-]	T <sub>E</sub> [s]	6.000
Cc [-]	1.0000	T <sub>F</sub> [s]	10.000
			T <sub>Dv</sub> [s]
			1.0000

Figura 1-6 parametri dipendenti e indipendenti

### SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE ALLO S.L.V.

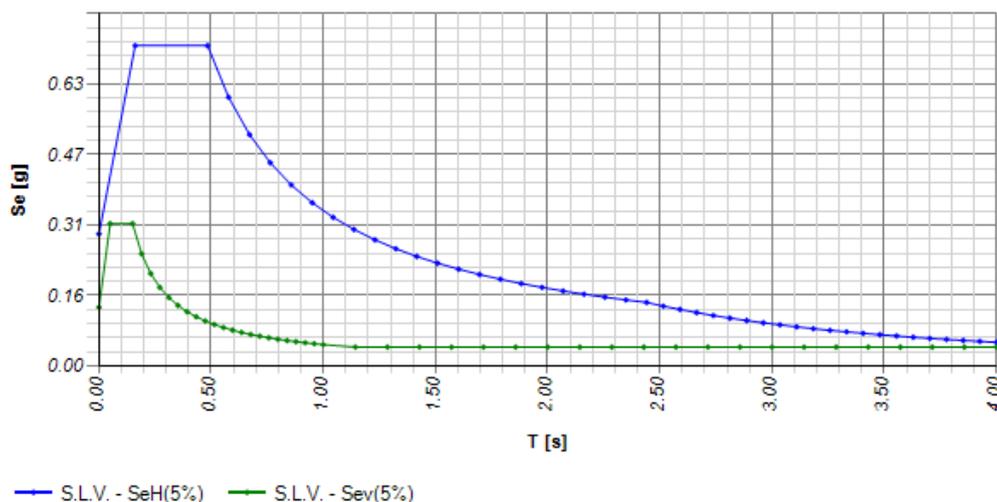


Figura 1-7 spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Pertanto l'accelerazione massima risulta:

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

### 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 <sup>3</sup> ]
Peso efficace del terreno	$\gamma'_{\text{terr}} =$	10	[kN/m <sup>3</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]
--	-------------	--------	------------------------

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	$\gamma_c$	=	2 500	[kg/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico del terreno di ricoprimento spesso 1m sulla soletta di copertura	$\gamma_{ter}$	=	20 000	[kg/m <sup>3</sup> ]
Peso del massetto di rivestimento alto 30cm	$PP_{massetto}$	=	7.50	[kN/m <sup>2</sup> ]
Peso permanente degli impianti	$PP_{impianti}$	=	10.0	[kN/m <sup>2</sup> ]

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; il peso del terreno di ricoprimento viene applicato sulla soletta superiore come carico uniformemente distribuito così come il peso del materiale di rivestimento:

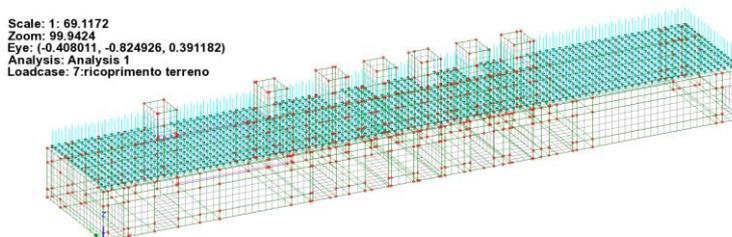


Figura 2-1 peso del terreno di ricoprimento

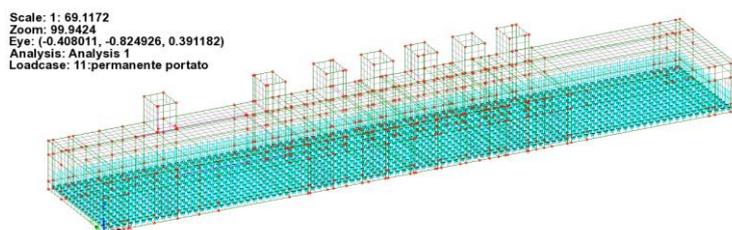


Figura 2-2 peso permanente degli impianti

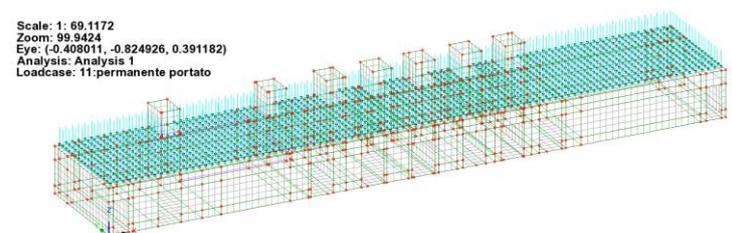


Figura 2-3 peso del massetto di rivestimento

### 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 ( $k_0$ ).

Considerando l'altezza del terreno pari a 1m al di sopra della soletta di copertura, la massima pressione agente alla base dei muri è pari a  $H \cdot \gamma_{\text{terreno}} \cdot K_0 = 40.94 \text{ kN/m}^2$ :

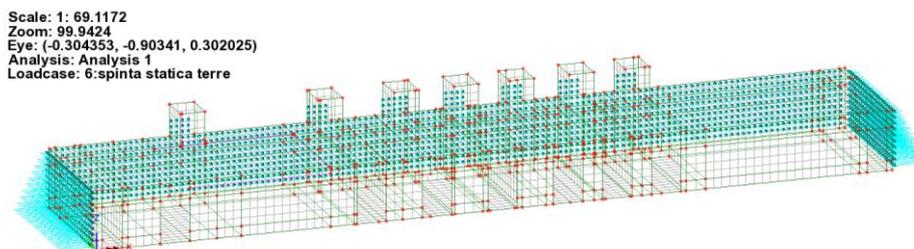


Figura 2-4 spinta statica delle terre

### 2.1.3 Contributi di spinta statica dell'acqua

Si considera il contributo dell'acqua contenuta nella vasca antincendio assunta completamente piena. La distribuzione delle pressioni è calcolato secondo la seguente relazione:

$$S_w = \gamma_w \cdot (H - z)$$

Dove  $H = 3.5$  è l'altezza del locale adibito a vasca antincendio:

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 97.5412  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 35:spinta statica acqua antincendio

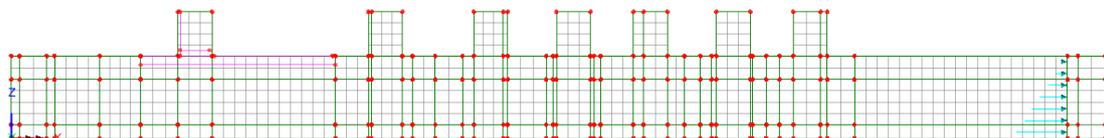


Figura 2-5 spinta statica dell'acqua su una parete della vasca antincendio

### 2.1.4 Carichi accidentali

Coerentemente con le prescrizioni da NTC2018, il carico verticale uniformemente distribuito per coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione è stato assunto pari a  $0.5kN/m^2$ :

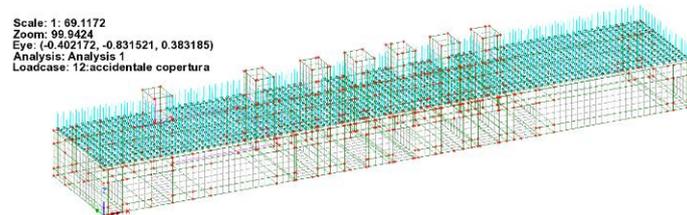


Figura 2-6 carico accidentale sulla copertura

I carichi accidentali nella cabina impianti sono invece stati valutati pari a  $2kN/m^2$ :

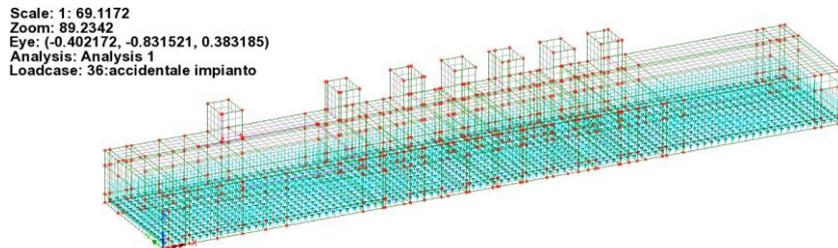


Figura 2-7 carico accidentale nella cabina impianti

### 2.1.5 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:

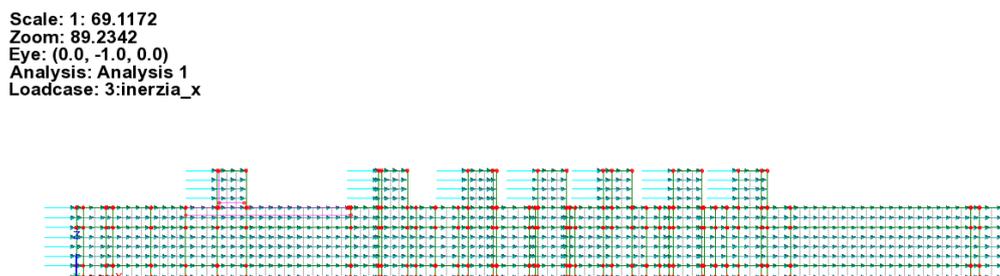


Figura 2-8 forze di inerzia in direzione x della struttura

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 137.038  
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 4:inerzia\_y

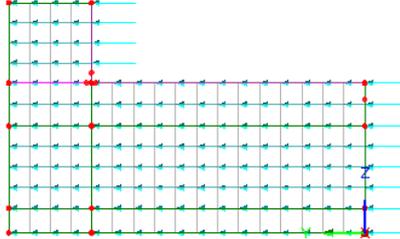


Figura 2-9 forze di inerzia in direzione y della struttura

### 2.1.6 Sovrappinta 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 sovrappinta 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 sovrappinta sismica da assumere è data dall'espressione:

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

in cui  $\gamma$  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:

$\beta_s = 0.28$  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
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	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

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

$$\Delta p = \gamma \cdot k_h \cdot H = 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.0821g \cdot 4.8m = 7.8 \text{ kN/m}^2$$

La sovrappinta sismica è stata applicata in entrambe le direzioni  $x$  e  $y$  di azione della forza sismica e in entrambi i versi:

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 97.5412  
 Eye: (-0.360404, -0.867383, 0.343156)  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 8:sovrappinta sismica x+

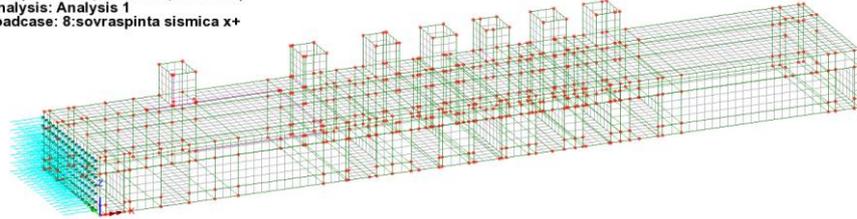


Figura 2-10 sovrappinta sismica applicata in direzione x+ della struttura

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 87.0903  
 Eye: (-0.320636, -0.888928, 0.327109)  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 10:sovrappinta sismica x-

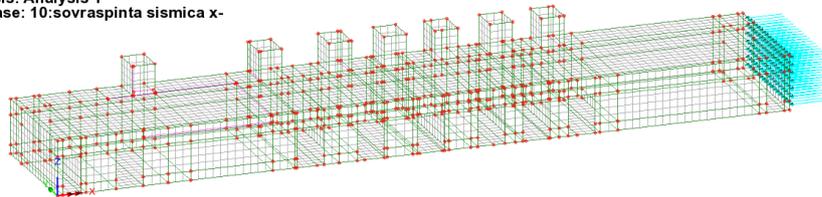


Figura 2-11 sovrappinta sismica applicata in direzione x- della struttura

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 97.5412  
 Eye: (-0.85025, -0.457144, 0.260951)  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 34:sovrappinta sismica y-

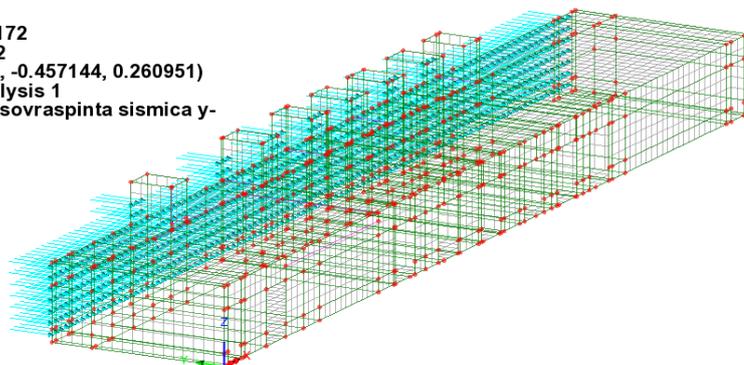


Figura 2-12 sovrappinta sismica applicata in direzione y della struttura

### 2.1.7 Spinte idrodinamiche

Il contributo di tali spinte è da considerare nella sola combinazione sismica sulle pareti della vasca antincendio. In questo caso la distribuzione delle pressioni è definita dalla seguente espressione:

$$q_{wd}(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H_2 \cdot z}$$

L'andamento delle pressioni è stato riprodotto sul software di calcolo mediante una “General Field Variation”:

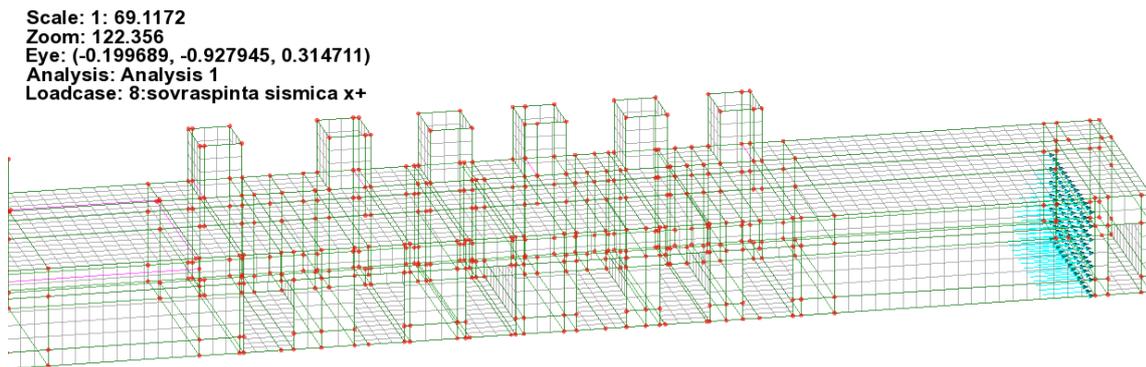


Figura 2-13 spinta idrodinamica nella direzione x+

La spinta è applicata analogamente su tutte le pareti della vasca antincendio.

### 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 0.50 m. La struttura è stata fondata su un letto di "molle" elastiche lineari di caratteristiche opportune pari a  $k_{wv} = 30\,000\text{ kN/m}^3$ :

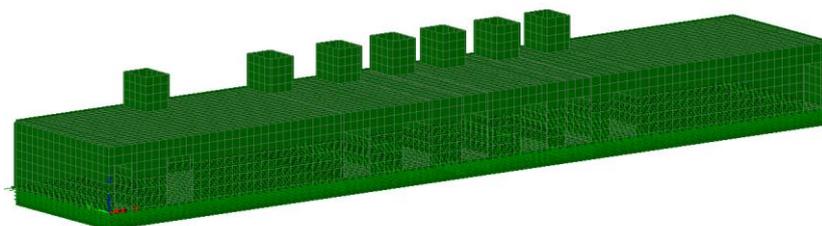


Figura 3-1 modellazione della struttura

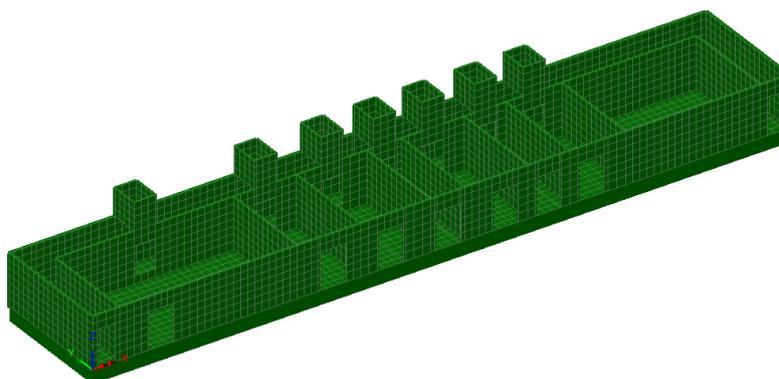


Figura 3-2 modellazione delle pareti interne

#### 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  $\gamma$  e  $\psi$  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
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Q}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> 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	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
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 $\leq 30$ 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:

$\varepsilon_{sm}$  = deformazione unitaria media delle barre di armatura

$\Delta_{smax}$  = distanza massima tra le fessure

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

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

dove:

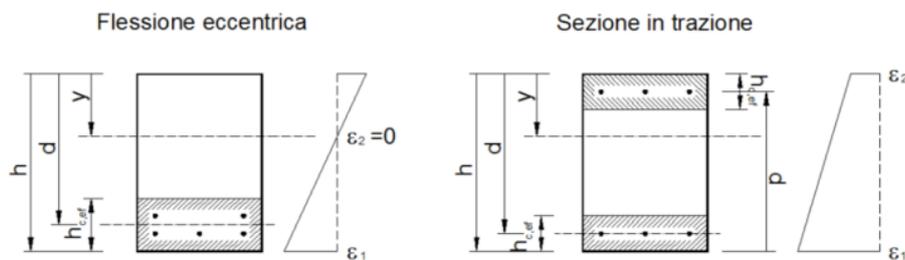
$\sigma_s$  = tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata.

$\alpha_e$  = rapporto tra  $E_s$  e  $E_{cm}$

$\rho_{eff}$  = 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.



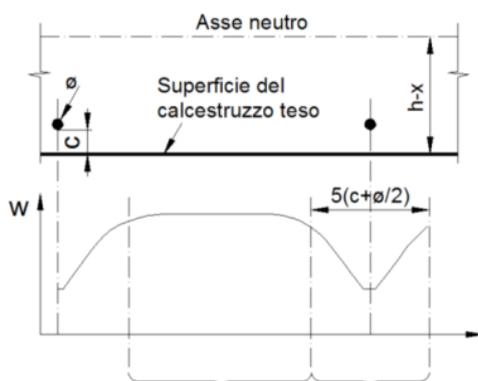
La distanza fra le fessure  $\Delta_{smax}$  può essere calcolata con l'espressione:

- 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

$k_1$  = assunto pari a 0.8 o 1.6 rispettivamente per le barre ad aderenza migliorata e per le barre lisce

$k_2$  = 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.

$k_3$  = 3.4

$k_4$  = 0.425

### 3.4.2.3 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  $\gamma$  il rapporto tra  $M_{Ed}$  e  $M_{Rd}$ . La verifica di resistenza può quindi ritenersi soddisfatta se risulta  $\gamma \geq 1$ .

### 3.4.2.4 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)

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

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 mm<sup>2</sup>)

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

$d$  = altezza utile della sezione (in mm)

$\rho_1$  = rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa  $\frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0.02$

$\sigma_{cp}$  = 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  $z = 0.9 \cdot d$

$\alpha$  = angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave

$\theta$  = 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

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

### 3.5 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

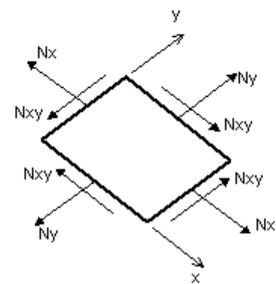
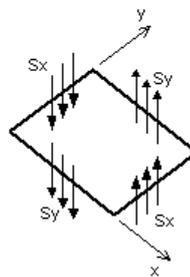
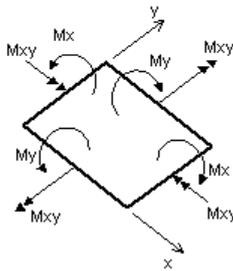
Si riportano di seguito i diagrammi delle principali sollecitazioni relative alle varie combinazioni di verifica considerate. La convenzione adottata dal software di calcolo per le sollecitazioni interne è di seguito esplicitata:

#### 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)



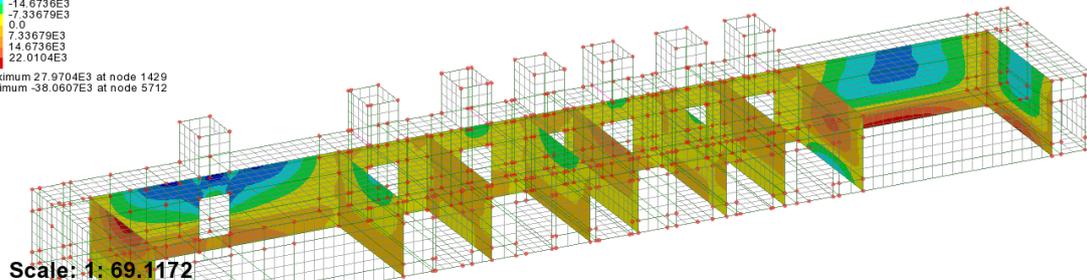
#### 3.5.1 Pareti interne

##### 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  
 Component: My (Units: N.m/m)

Blue	-36.684E3
Dark Blue	-29.3472E3
Light Blue	-22.0104E3
Cyan	-14.6736E3
Green	-7.33679E3
Yellow	0.0
Orange	7.33679E3
Red	14.6736E3
Dark Red	22.0104E3

Maximum 27.9704E3 at node 1429  
 Minimum -38.0607E3 at node 5712

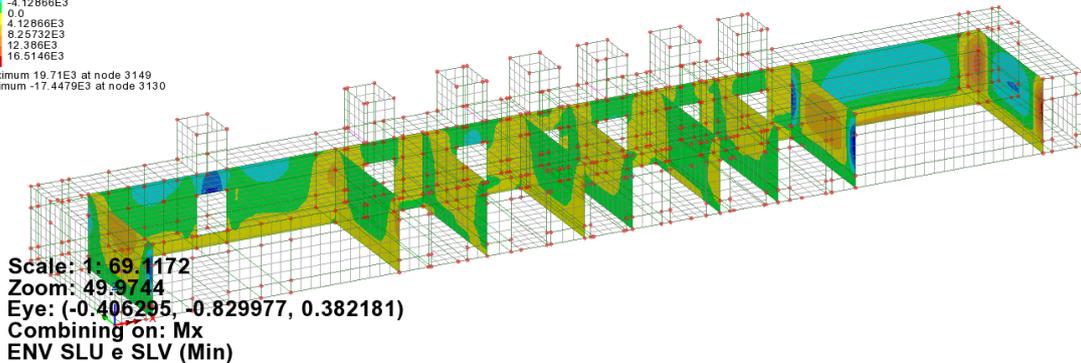


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 Combining on: My  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 7.33679E3  
 Contour maximum 27.9704E3 at node 1429  
 Contour minimum -38.0607E3 at node 5712

Figura 3-3 My in combinazione SLU/SLV

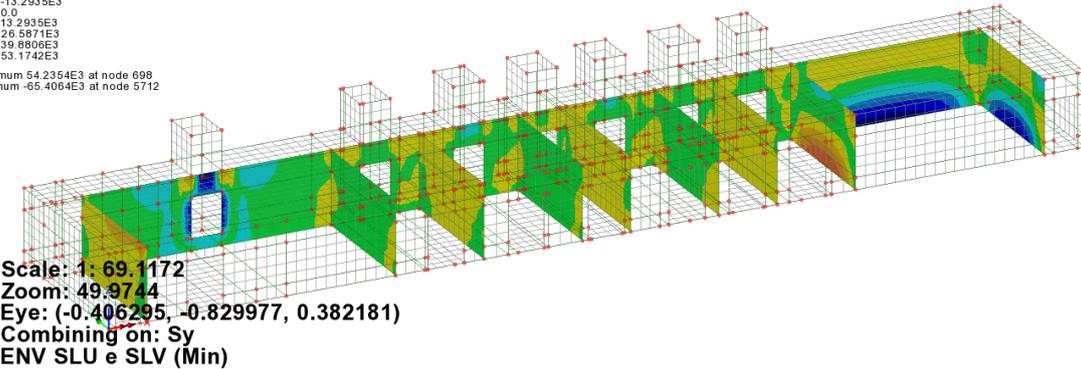
Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -16.5146E3  
 -12.386E3  
 -8.25732E3  
 -4.12866E3  
 0.0  
 4.12866E3  
 8.25732E3  
 12.386E3  
 16.5146E3  
 Maximum 19.71E3 at node 3149  
 Minimum -17.4479E3 at node 3130



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 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: 4.12866E3  
 Contour maximum 19.71E3 at node 3149  
 Contour minimum -17.4479E3 at node 3130

Figura 3-4 Mx in combinazione SLU/SLV

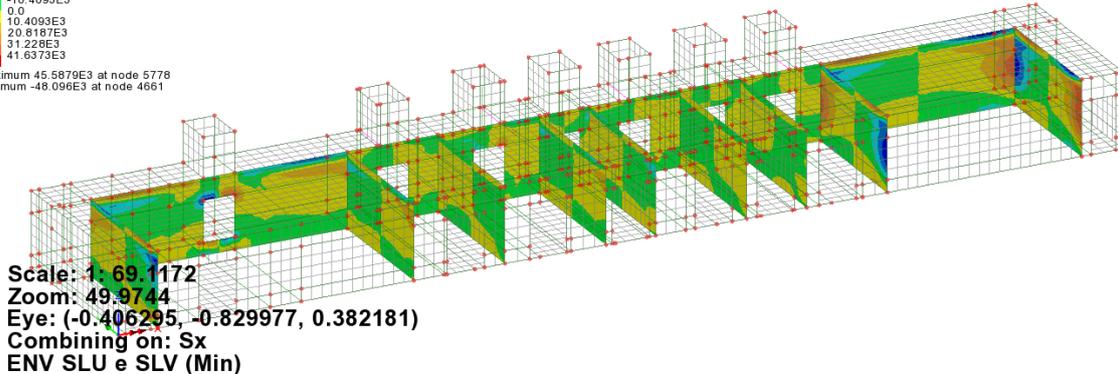
Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sy (Units: N/m)  
 -53.1742E3  
 -39.8806E3  
 -26.5871E3  
 -13.2935E3  
 0.0  
 13.2935E3  
 26.5871E3  
 39.8806E3  
 53.1742E3  
 Maximum 54.2354E3 at node 698  
 Minimum -65.4064E3 at node 5712



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 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: 13.2935E3  
 Contour maximum 54.2354E3 at node 698  
 Contour minimum -65.4064E3 at node 5712

Figura 3-5 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sx (Units: N/m)  
 -41.6373E3  
 -31.228E3  
 -20.8187E3  
 -10.4093E3  
 0,0  
 10.4093E3  
 20.8187E3  
 31.228E3  
 41.6373E3  
 Maximum 45.5879E3 at node 5778  
 Minimum -48.096E3 at node 4661

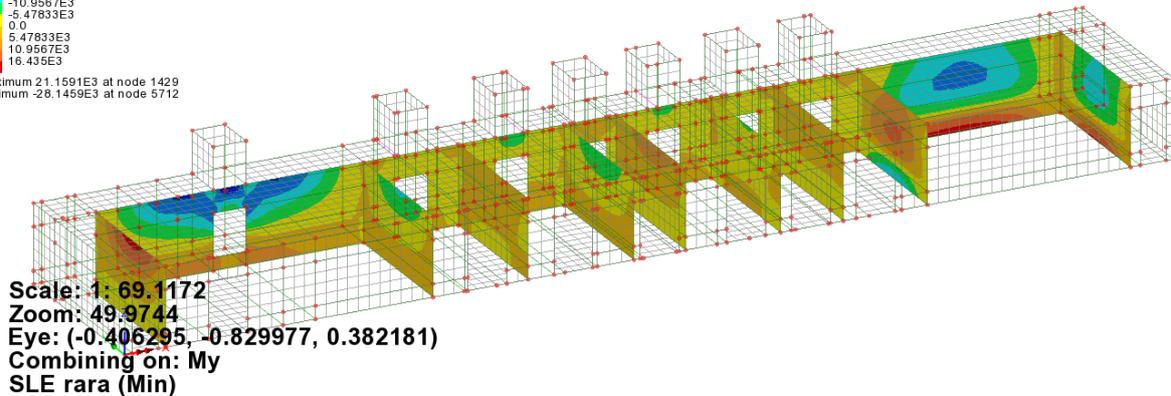


Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 10.4093E3  
 Contour maximum 45.5879E3 at node 5778  
 Contour minimum -48.096E3 at node 4661

Figura 3-6 Sx i n 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  
 Component: My (Units: N.m/m)  
 -27.3916E3  
 -21.9133E3  
 -16.435E3  
 -10.9567E3  
 -5.47833E3  
 0,0  
 5.47833E3  
 10.9567E3  
 16.435E3  
 Maximum 21.1591E3 at node 1429  
 Minimum -28.1459E3 at node 5712



Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 5.47833E3  
 Contour maximum 21.1591E3 at node 1429  
 Contour minimum -28.1459E3 at node 5712

Figura 3-7 My in combinazione SLE Rara

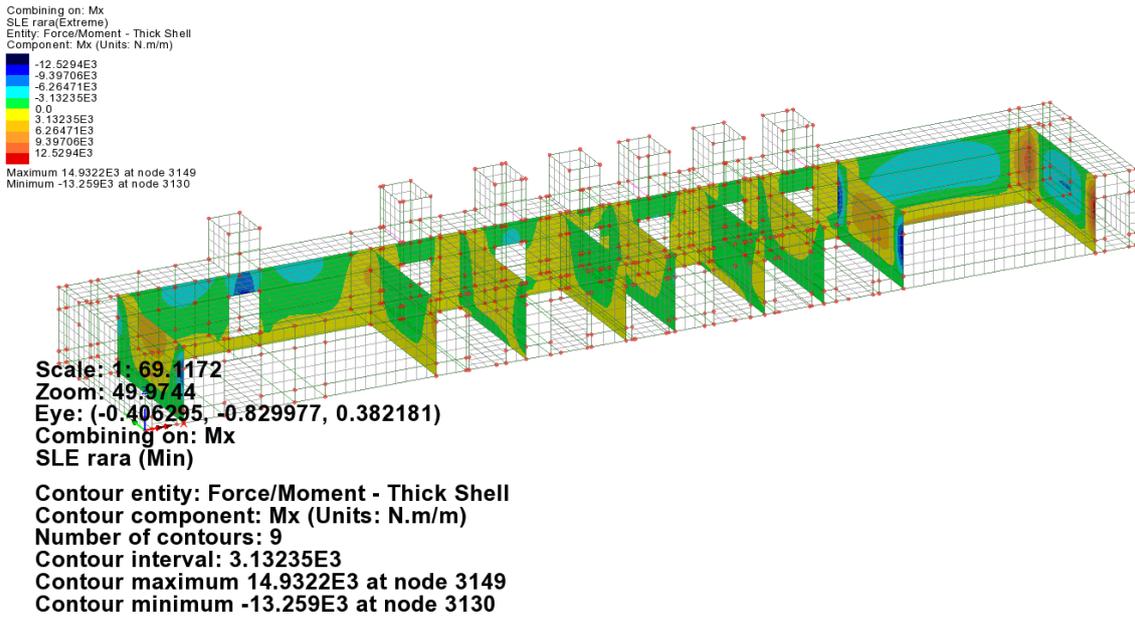


Figura 3-8 Mx in combinazione SLE Rara

### 3.5.1.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

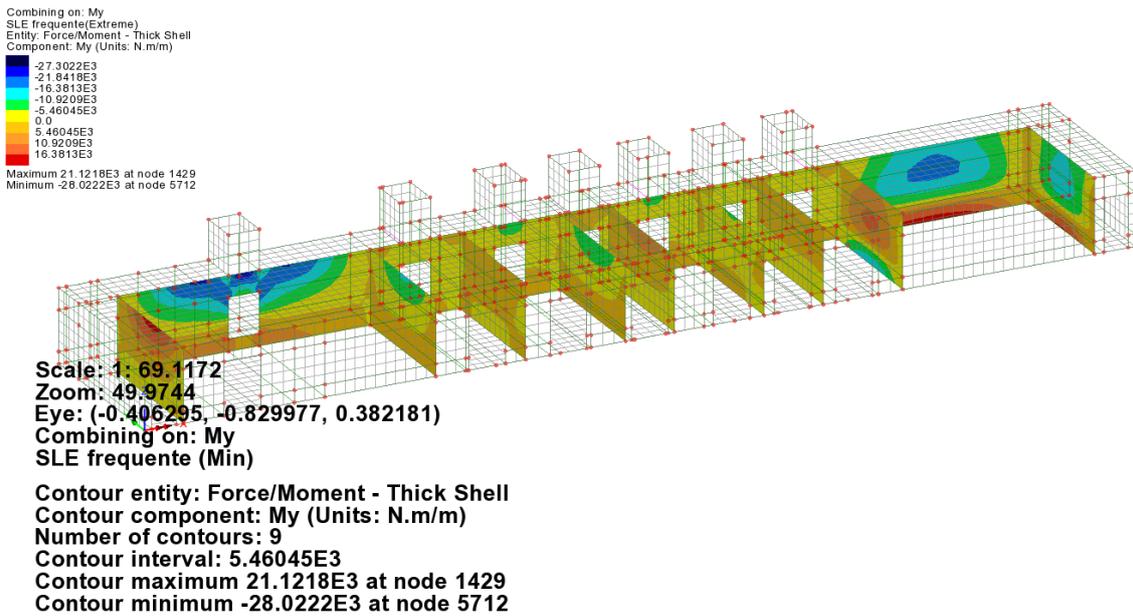
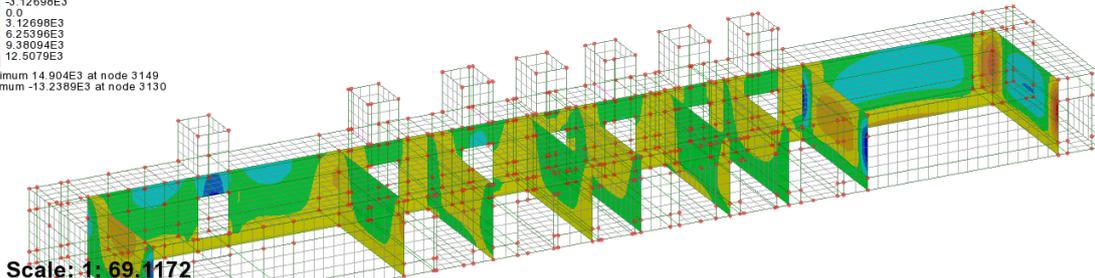


Figura 3-9 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -12.5079E3  
 -9.36094E3  
 -6.25396E3  
 -3.12698E3  
 0.0  
 3.12698E3  
 6.25396E3  
 9.36094E3  
 12.5079E3  
 Maximum 14.904E3 at node 3149  
 Minimum -13.2389E3 at node 3130



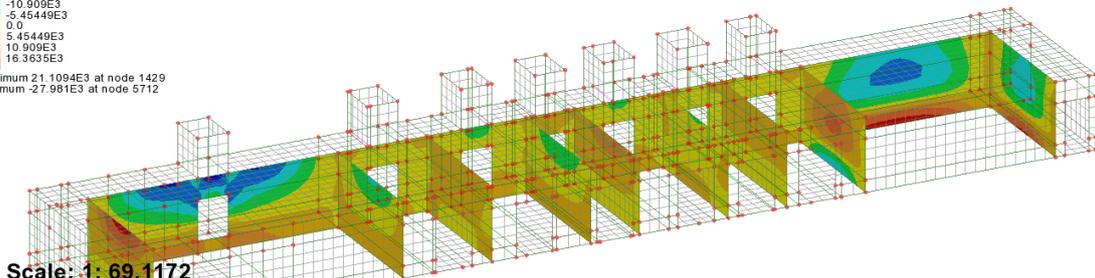
Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 Combining on: Mx  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 3.12698E3  
 Contour maximum 14.904E3 at node 3149  
 Contour minimum -13.2389E3 at node 3130

Figura 3-10 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  
 Component: My (Units: N.m/m)  
 -27.2726E3  
 -21.818E3  
 -16.3639E3  
 -10.909E3  
 -5.45449E3  
 0.0  
 5.45449E3  
 10.909E3  
 16.3639E3  
 Maximum 21.1094E3 at node 1429  
 Minimum -27.981E3 at node 5712



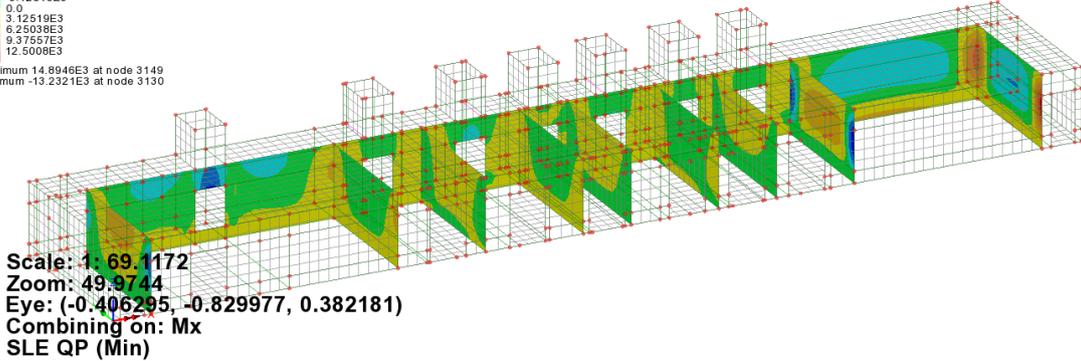
Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 5.45449E3  
 Contour maximum 21.1094E3 at node 1429  
 Contour minimum -27.981E3 at node 5712

Figura 3-11 My in combinazione SLE QP

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

Maximum 14.8946E3 at node 3149  
 Minimum -13.2321E3 at node 3130



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 49.9744  
 Eye: (-0.406295, -0.829977, 0.382181)  
 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: 3.12519E3  
 Contour maximum 14.8946E3 at node 3149  
 Contour minimum -13.2321E3 at node 3130

Figura 3-12 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)
Muri interni	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	19.71kNm	
			Min	-17.45kNm	
		My [kNm/m]	Max	27.97kNm	
			Min	-38.06kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	48.10kN		
		Sy [kNm/m]	Max	65.41kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	14.93kNm	
			Min	-13.26kNm	
		My [kNm/m]	Max	21.16kNm	
			Min	-28.15kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	14.90kNm	
			Min	-13.24kNm	
		My [kNm/m]	Max	21.12kNm	
			Min	-28.02kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	14.89kNm	
			Min	-13.23kNm	
My [kNm/m]		Max	21.11kNm		
		Min	-27.98kNm		

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 Pareti esterne

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

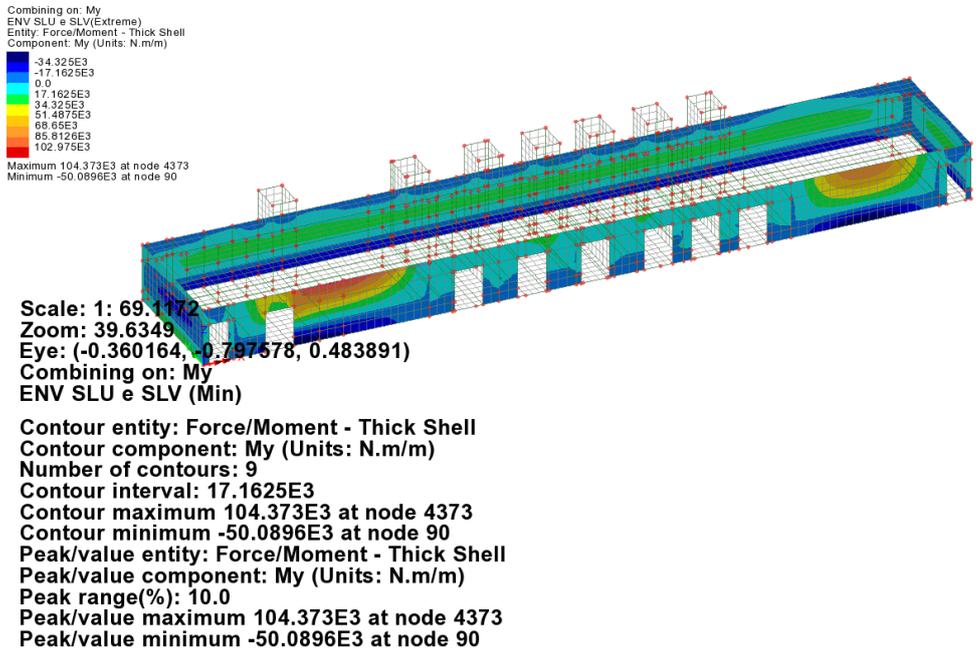


Figura 3-13 My in combinazione SLU/SLV

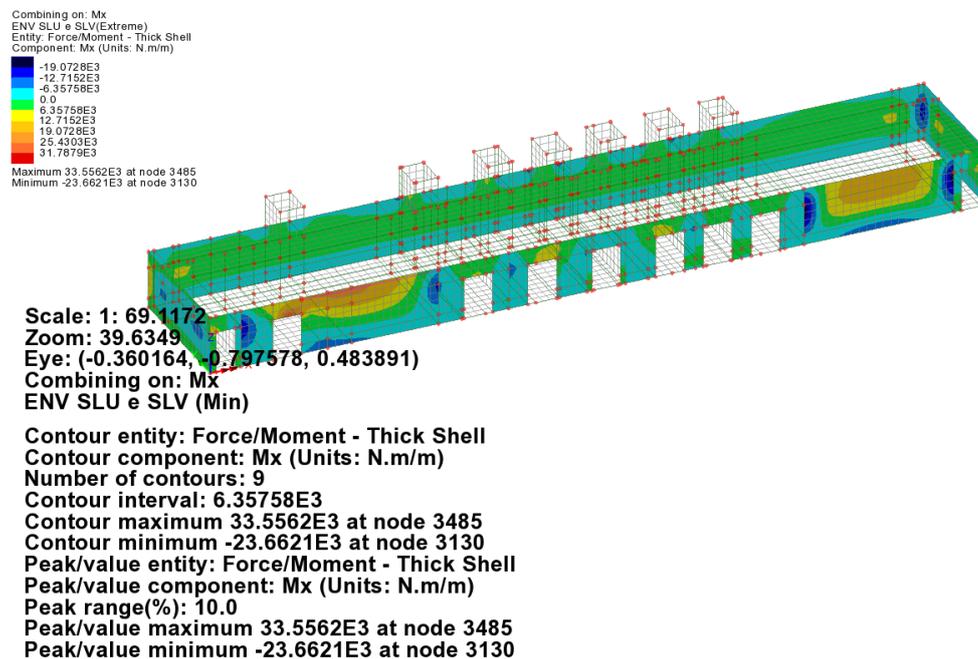
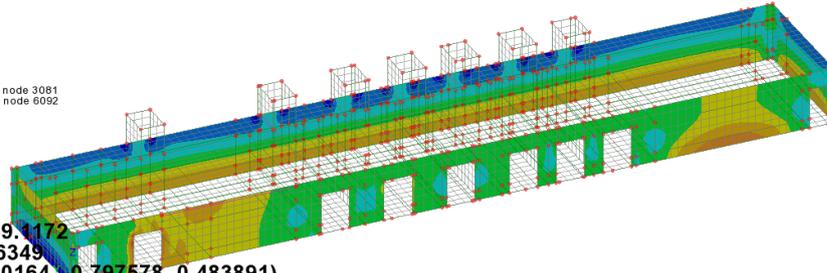


Figura 3-14 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sy (Units: N/m)  
 -71.4378E3  
 -47.6252E3  
 -23.8126E3  
 0.0  
 23.8126E3  
 47.6252E3  
 71.4378E3  
 95.2304E3  
 119.063E3  
 Maximum 132.612E3 at node 3081  
 Minimum -81.7019E3 at node 6092

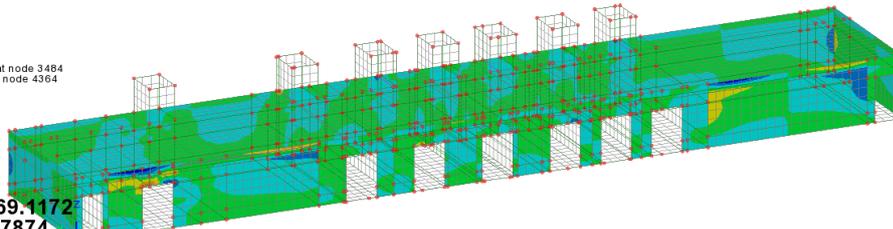


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 39.6349  
 Eye: (-0.360164, -0.797578, 0.483891)  
 Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sy (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 23.8126E3  
 Contour maximum 132.612E3 at node 3081  
 Contour minimum -81.7019E3 at node 6092  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 132.612E3 at node 3081  
 Peak/value minimum -81.7019E3 at node 6092

Figura 3-15 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sx (Units: N/m)  
 -102.925E3  
 -88.6188E3  
 -34.3084E3  
 0.0  
 34.3084E3  
 68.6188E3  
 102.925E3  
 137.234E3  
 171.542E3  
 Maximum 181.996E3 at node 3484  
 Minimum -126.78E3 at node 4364



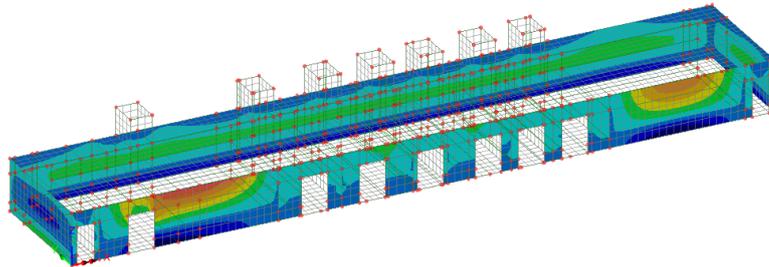
Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 43.7874  
 Eye: (-0.394925, -0.857619, 0.32943)  
 Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 34.3084E3  
 Contour maximum 181.996E3 at node 3484  
 Contour minimum -126.78E3 at node 4364  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sx (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 181.996E3 at node 3484  
 Peak/value minimum -126.78E3 at node 4364

Figura 3-16 Sx in combinazione SLU/SLV

### 3.5.2.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

Combining on: My  
 SLE rara(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: My (Units: N.m/m)  
 -25.6463E3  
 -12.8231E3  
 0.0  
 12.8231E3  
 25.6463E3  
 38.4694E3  
 51.2925E3  
 64.1157E3  
 76.9388E3  
 Maximum 77.6389E3 at node 4373  
 Minimum -37.7693E3 at node 90

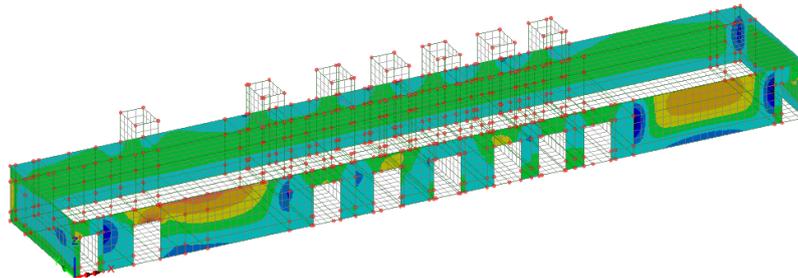


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 Combining on: My  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 12.8231E3  
 Contour maximum 77.6389E3 at node 4373  
 Contour minimum -37.7693E3 at node 90  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 77.6389E3 at node 4373  
 Peak/value minimum -37.7693E3 at node 90

Figura 3-17 My in combinazione SLE Rara

Combining on: Mx  
 SLE rara(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -14.2817E3  
 -9.52112E3  
 -4.76056E3  
 0.0  
 4.76056E3  
 9.52112E3  
 14.2817E3  
 19.0422E3  
 23.8028E3  
 Maximum 24.9651E3 at node 3485  
 Minimum -17.88E3 at node 3130



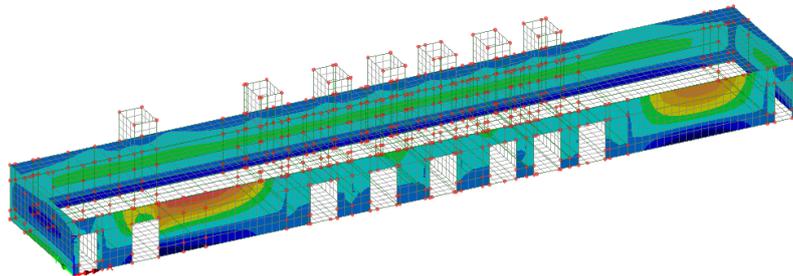
Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 Combining on: Mx  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 4.76056E3  
 Contour maximum 24.9651E3 at node 3485  
 Contour minimum -17.88E3 at node 3130  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 24.9651E3 at node 3485  
 Peak/value minimum -17.88E3 at node 3130

Figura 3-18 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  
 Component: My (Units: N.m/m)  
 -25.5535E3  
 -12.7768E3  
 0.0  
 12.7768E3  
 25.5535E3  
 38.3303E3  
 51.1071E3  
 63.8838E3  
 76.6606E3  
 Maximum 77.3157E3 at node 4373  
 Minimum -37.6752E3 at node 90

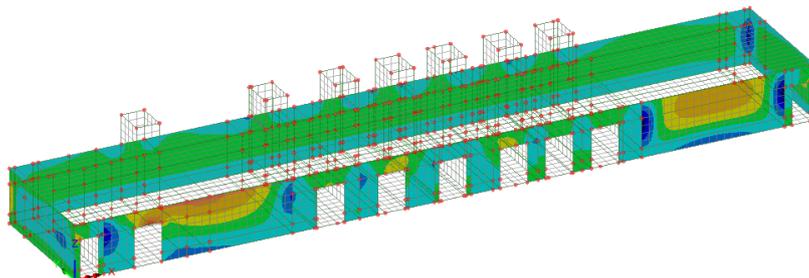


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 Combining on: My  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 12.7768E3  
 Contour maximum 77.3157E3 at node 4373  
 Contour minimum -37.6752E3 at node 90  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 77.3157E3 at node 4373  
 Peak/value minimum -37.6752E3 at node 90

Figura 3-19 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -14.234E3  
 -9.48935E3  
 -4.74467E3  
 0.0  
 4.74467E3  
 9.48935E3  
 14.234E3  
 18.9787E3  
 23.7234E3  
 Maximum 24.8616E3 at node 3485  
 Minimum -17.8405E3 at node 3130



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 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: 4.74467E3  
 Contour maximum 24.8616E3 at node 3485  
 Contour minimum -17.8405E3 at node 3130  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 24.8616E3 at node 3485  
 Peak/value minimum -17.8405E3 at node 3130

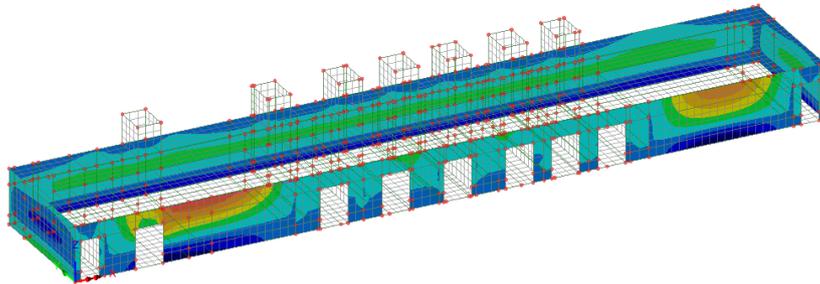
Figura 3-20 Mx in combinazione SLE frequente

### 3.5.2.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

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

25.5226E3
12.7613E3
0.0
12.7613E3
25.5226E3
38.2859E3
51.0453E3
63.8066E3
76.5679E3

Maximum 77.208E3 at node 4373  
 Minimum -37.6438E3 at node 90



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

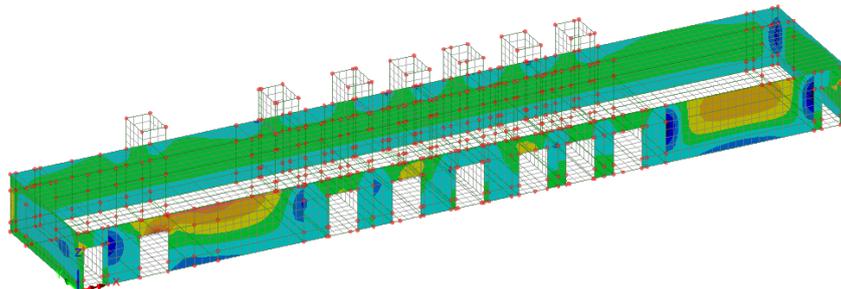
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 12.7613E3  
 Contour maximum 77.208E3 at node 4373  
 Contour minimum -37.6438E3 at node 90  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 77.208E3 at node 4373  
 Peak/value minimum -37.6438E3 at node 90

Figura 3-21 My in combinazione SLE QP

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

14.2181E3
9.47876E3
4.73938E3
0.0
4.73938E3
9.47876E3
14.2181E3
18.9575E3
23.6969E3

Maximum 24.8271E3 at node 3485  
 Minimum -17.8273E3 at node 3130



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 81.5817  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 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: 4.73938E3  
 Contour maximum 24.8271E3 at node 3485  
 Contour minimum -17.8273E3 at node 3130  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 24.8271E3 at node 3485  
 Peak/value minimum -17.8273E3 at node 3130

Figura 3-22 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>Pareti esterne</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	33.56kNm	
			Min	-23.66kNm	
		My [kNm/m]	Max	104.37kNm	
			Min	-50.10kNm	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	24.97kNm	
			Min	-17.88kNm	
		My [kNm/m]	Max	77.64kNm	
			Min	-37.77kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	24.86kNm	
			Min	-17.84kNm	
		My [kNm/m]	Max	77.32kNm	
			Min	-37.68kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	24.83kNm	
			Min	-17.83kNm	
		My [kNm/m]	Max	77.21kNm	69.53kNm
			Min	-37.64kNm	

### 3.5.3 Soletta di copertura

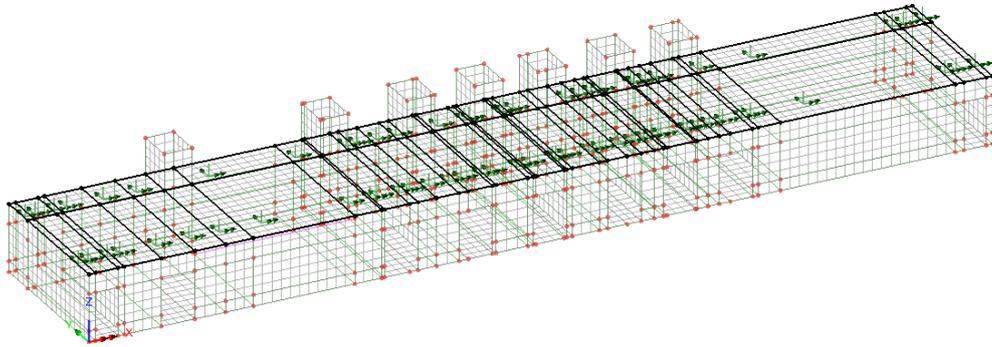
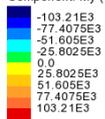


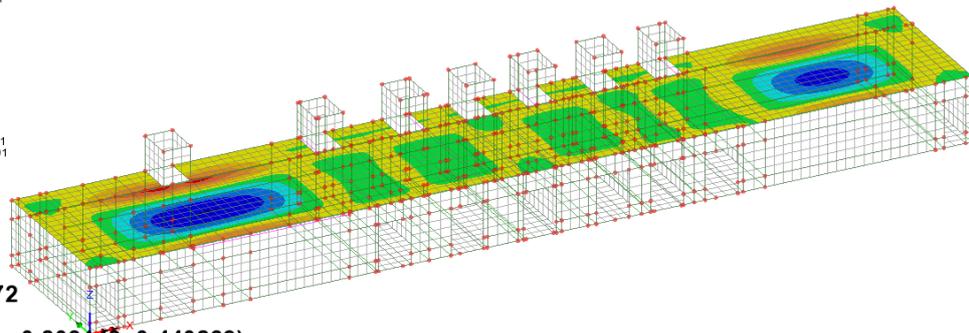
Figura 3-23 orientamento assi per la soletta di copertura

#### 3.5.3.1 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 127.548E3 at node 5711  
 Minimum -104.674E3 at node 4991

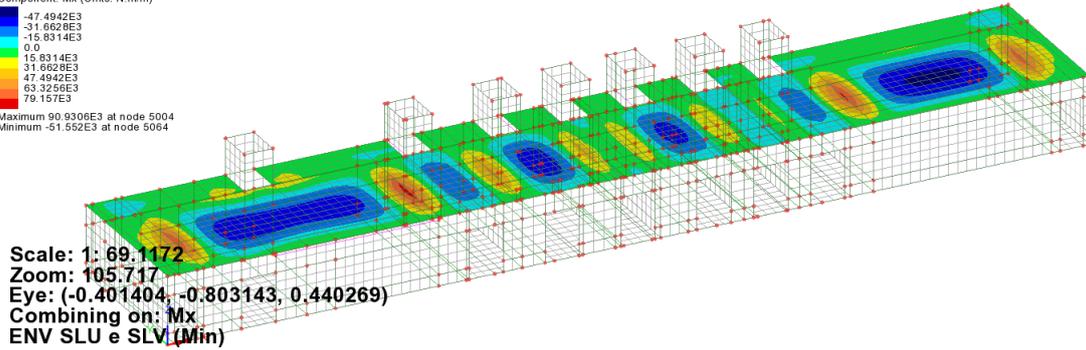


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 91.3715  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 Combining on: My  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 25.8025E3  
 Contour maximum 127.548E3 at node 5711  
 Contour minimum -104.674E3 at node 4991

Figura 3-24 My in combinazione SLU/SLV

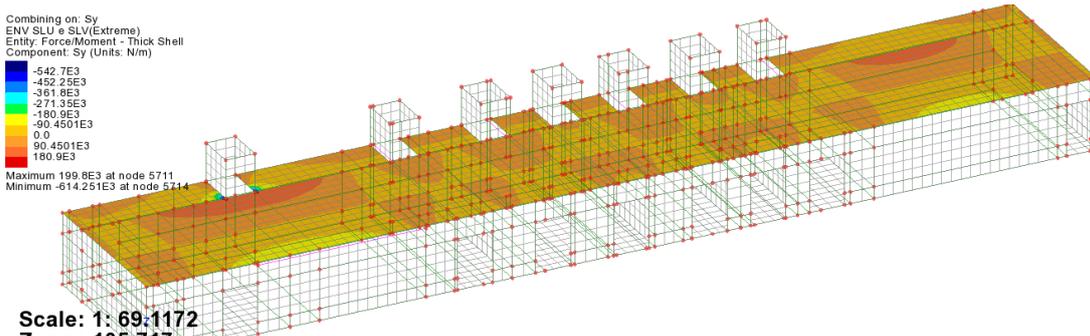
Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -47.4942E3  
 -31.6628E3  
 -15.8314E3  
 0.0  
 15.8314E3  
 31.6628E3  
 47.4942E3  
 63.3256E3  
 79.157E3  
 Maximum 90.9306E3 at node 5004  
 Minimum -51.552E3 at node 5064



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 105.717  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 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: 15.8314E3  
 Contour maximum 90.9306E3 at node 5004  
 Contour minimum -51.552E3 at node 5064  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 90.9306E3 at node 5004  
 Peak/value minimum -51.552E3 at node 5064

Figura 3-25 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sy (Units: N/m)  
 -542.7E3  
 -452.25E3  
 -361.8E3  
 -271.35E3  
 -180.9E3  
 -90.4501E3  
 0.0  
 90.4501E3  
 180.9E3  
 Maximum 199.8E3 at node 5711  
 Minimum -614.251E3 at node 5714



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 105.717  
 Eye: (-0.401404, -0.803143, 0.440269)  
 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: 90.4501E3  
 Contour maximum 199.8E3 at node 5711  
 Contour minimum -614.251E3 at node 5714  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 199.8E3 at node 5711  
 Peak/value minimum -614.251E3 at node 5714

Figura 3-26 Sy in combinazione SLU/SLV

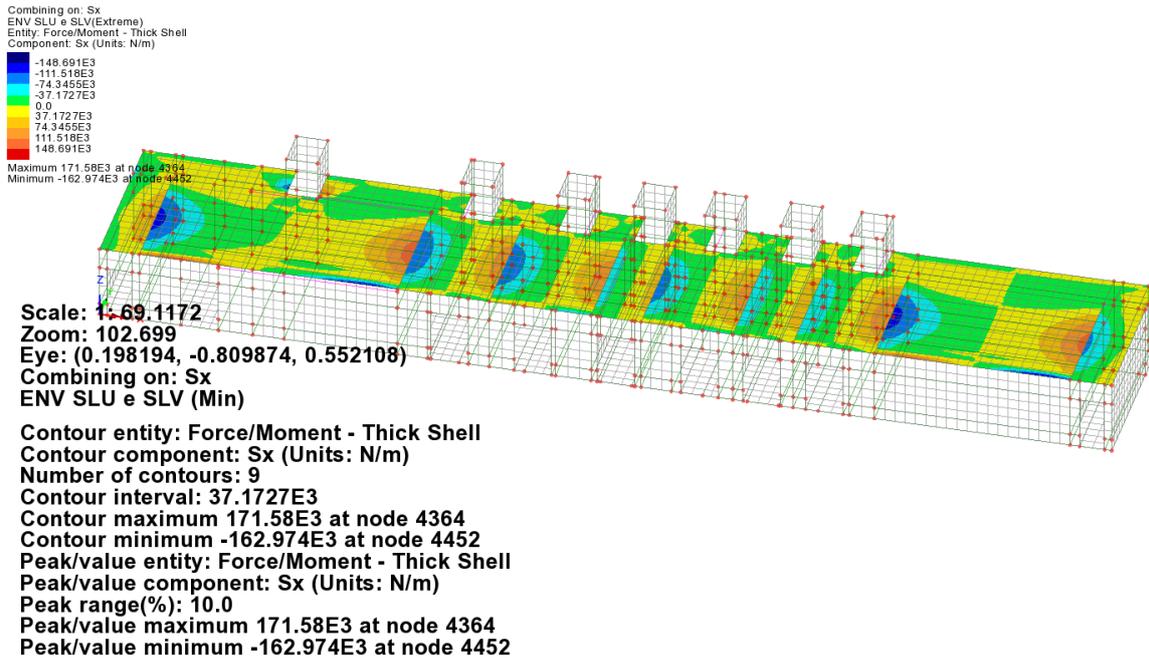


Figura 3-27 Sx in combinazione SLU/SLV

### 3.5.3.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

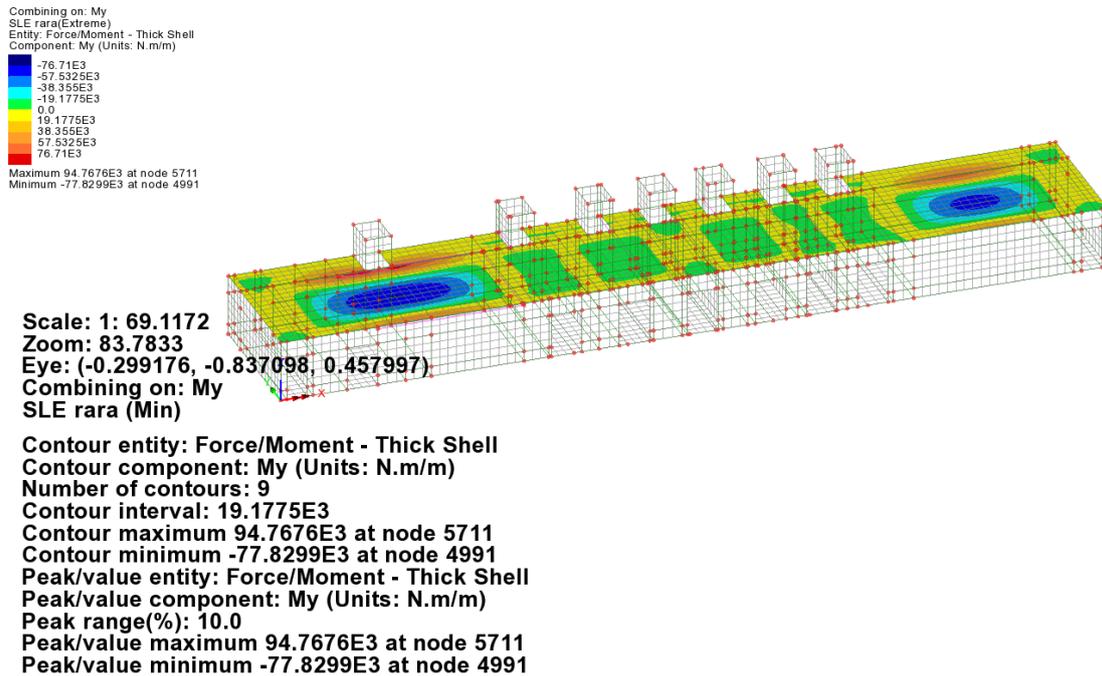
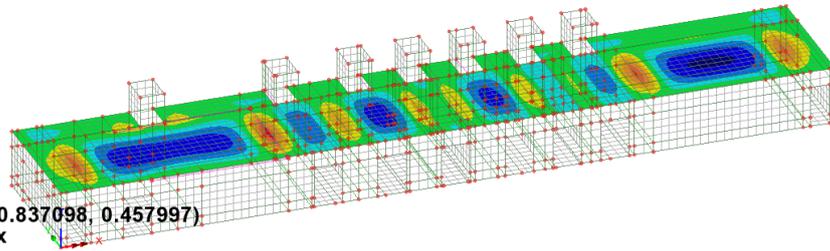


Figura 3-28 My in combinazione SLE Rara

Combining on: Mx  
 SLE rara (Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -35.3317E3  
 -23.5549E3  
 -11.7772E3  
 0.0  
 11.7772E3  
 23.5549E3  
 35.3317E3  
 47.1089E3  
 58.8862E3  
 Maximum 67.6178E3 at node 5004  
 Minimum -38.3773E3 at node 5064

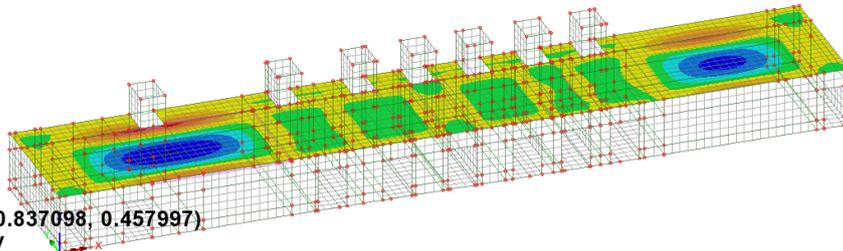


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 83.7833  
 Eye: (-0.299176, -0.837098, 0.457997)  
 Combining on: Mx  
 SLE rara (Min)  
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 11.7772E3  
 Contour maximum 67.6178E3 at node 5004  
 Contour minimum -38.3773E3 at node 5064  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 67.6178E3 at node 5004  
 Peak/value minimum -38.3773E3 at node 5064

Figura 3-29 Mx in combinazione SLE Rara

### 3.5.3.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

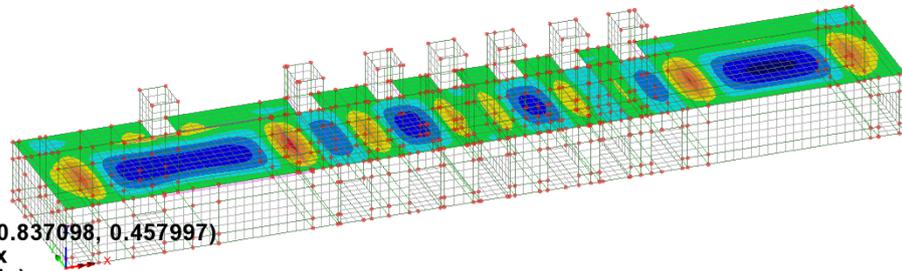
Combining on: My  
 SLE frequente (Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: My (Units: N.m/m)  
 -76.3866E3  
 -57.2899E3  
 -38.1933E3  
 -19.0966E3  
 0.0  
 19.0966E3  
 38.1933E3  
 57.2899E3  
 76.3866E3  
 Maximum 94.3677E3 at node 5711  
 Minimum -77.5021E3 at node 4991



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 83.7833  
 Eye: (-0.299176, -0.837098, 0.457997)  
 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: 19.0966E3  
 Contour maximum 94.3677E3 at node 5711  
 Contour minimum -77.5021E3 at node 4991  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 94.3677E3 at node 5711  
 Peak/value minimum -77.5021E3 at node 4991

Figura 3-30 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx  
 SLE frequente (Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -35.1851E3  
 -23.4567E3  
 -11.7284E3  
 0.0  
 11.7284E3  
 23.4567E3  
 35.1851E3  
 46.9134E3  
 58.6418E3  
 Maximum 67.3339E3 at node 5004  
 Minimum -38.2214E3 at node 5064



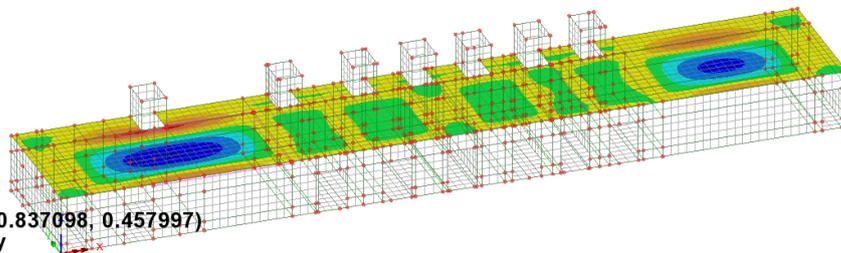
Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 83.7833  
 Eye: (-0.299176, -0.837098, 0.457997)  
 Combining on: Mx  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 11.7284E3  
 Contour maximum 67.3339E3 at node 5004  
 Contour minimum -38.2214E3 at node 5064  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 67.3339E3 at node 5004  
 Peak/value minimum -38.2214E3 at node 5064

Figura 3-31 Mx in combinazione SLE frequente

### 3.5.3.4 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)  
 -76.2787E3  
 -57.209E3  
 -38.1394E3  
 -19.0697E3  
 0.0  
 19.0697E3  
 38.1394E3  
 57.209E3  
 76.2787E3  
 Maximum 94.2343E3 at node 5711  
 Minimum -77.3928E3 at node 4991

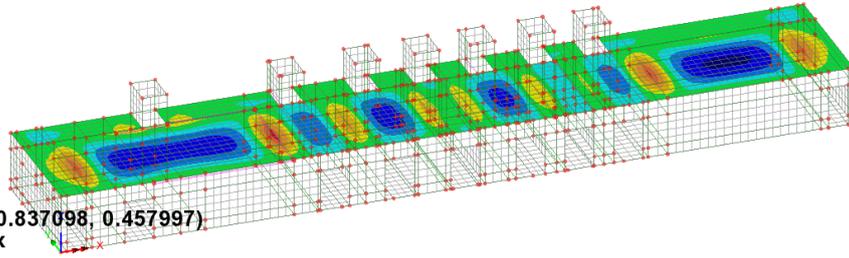


Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 83.7833  
 Eye: (-0.299176, -0.837098, 0.457997)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 19.0697E3  
 Contour maximum 94.2343E3 at node 5711  
 Contour minimum -77.3928E3 at node 4991  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 94.2343E3 at node 5711  
 Peak/value minimum -77.3928E3 at node 4991

Figura 3-32 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -35.1362E3  
 -23.4241E3  
 -11.7121E3  
 0.0  
 11.7121E3  
 23.4241E3  
 35.1362E3  
 46.8483E3  
 58.5604E3  
 Maximum 67.2392E3 at node 5004  
 Minimum -38.1694E3 at node 5064



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 83.7833  
 Eye: (-0.299176, -0.837098, 0.457997)  
 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: 11.7121E3  
 Contour maximum 67.2392E3 at node 5004  
 Contour minimum -38.1694E3 at node 5064  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 67.2392E3 at node 5004  
 Peak/value minimum -38.1694E3 at node 5064

Figura 3-33 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)
Soletta di copertura	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	90.93kNm	
			Min	-51.55kNm	
		My [kNm/m]	Max	127.55kNm	
			Min	-104.67kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	171.58kN	124.5kN	
	Sy [kNm/m]	Max	614.25kN	148.10kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	67.62kNm	
			Min	-38.38kNm	
		My [kNm/m]	Max	94.77kNm	
			Min	-77.83kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	67.34kNm	
			Min	-38.22kNm	
		My [kNm/m]	Max	94.37kNm	
			Min	-77.50kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	67.24kNm	
			Min	-38.17kNm	
My [kNm/m]		Max	94.23kNm		
		Min	-77.39kNm		

### 3.5.4 Pareti camini di ventilazione

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

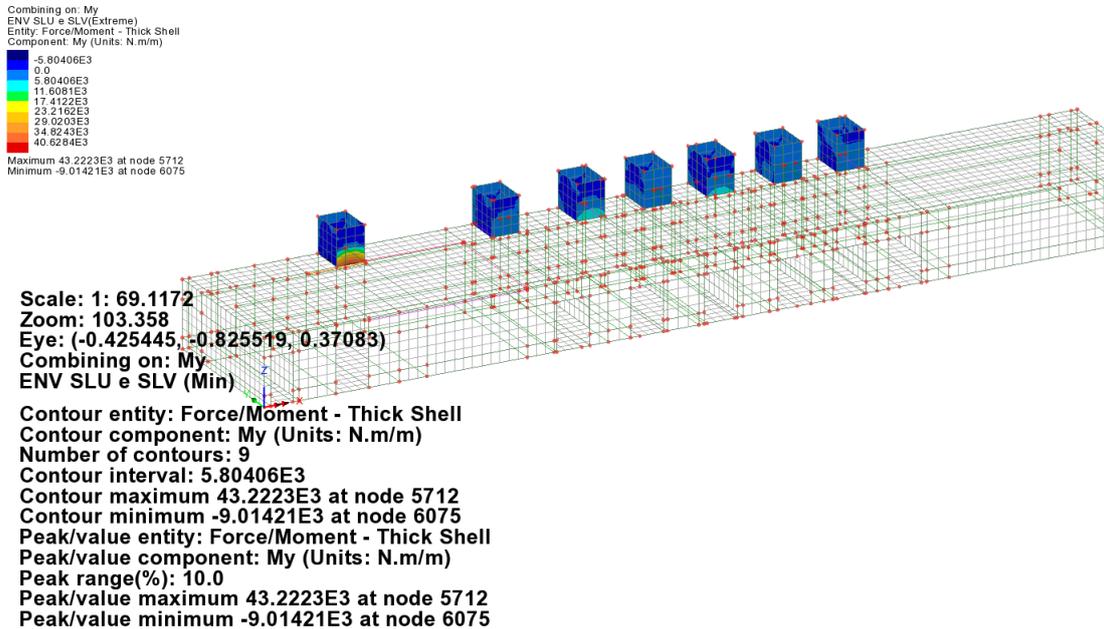


Figura 3-34 My in combinazione SLU/SLV

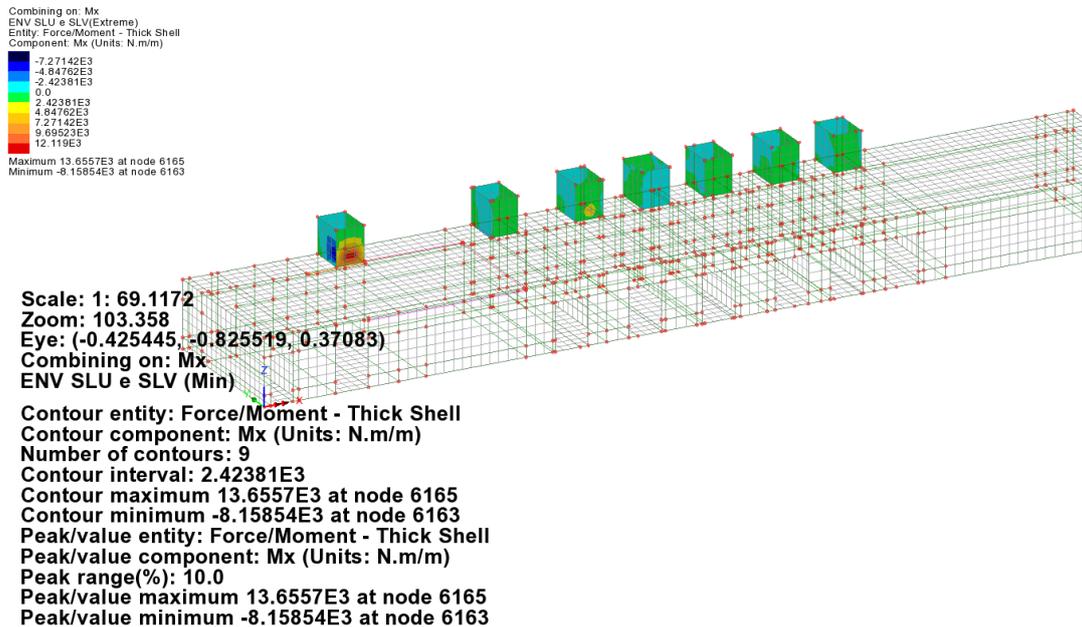


Figura 3-35 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sy (Units: N/m)  
 -315.462E3  
 -270.396E3  
 -225.33E3  
 -180.264E3  
 -135.198E3  
 -90.1319E3  
 -45.066E3  
 0.0  
 45.066E3  
 Maximum 79.1017E3 at node 6075  
 Minimum -326.492E3 at node 5711

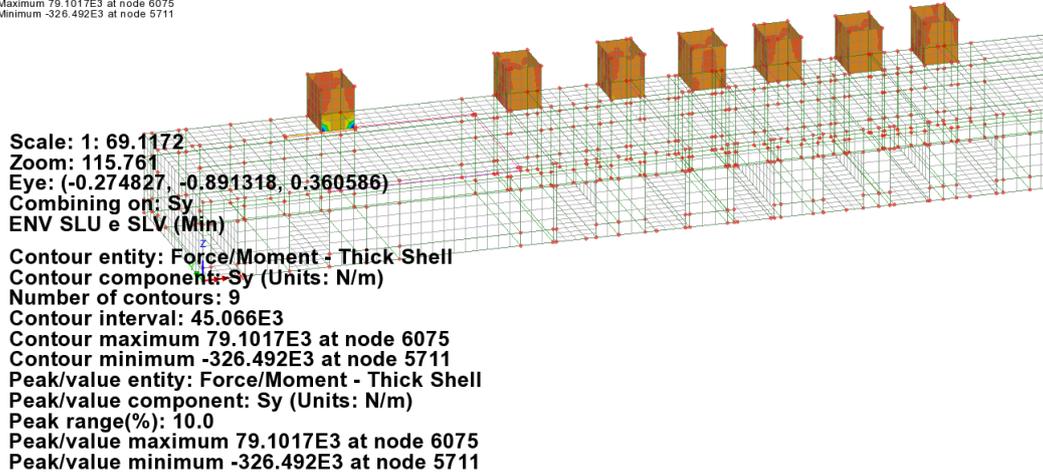


Figura 3-36 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Sx (Units: N/m)  
 -99.1364E3  
 -74.3523E3  
 -49.5682E3  
 -24.7841E3  
 0.0  
 24.7841E3  
 49.5682E3  
 74.3523E3  
 99.1364E3  
 Maximum 112.021E3 at node 6163  
 Minimum -111.036E3 at node 6166

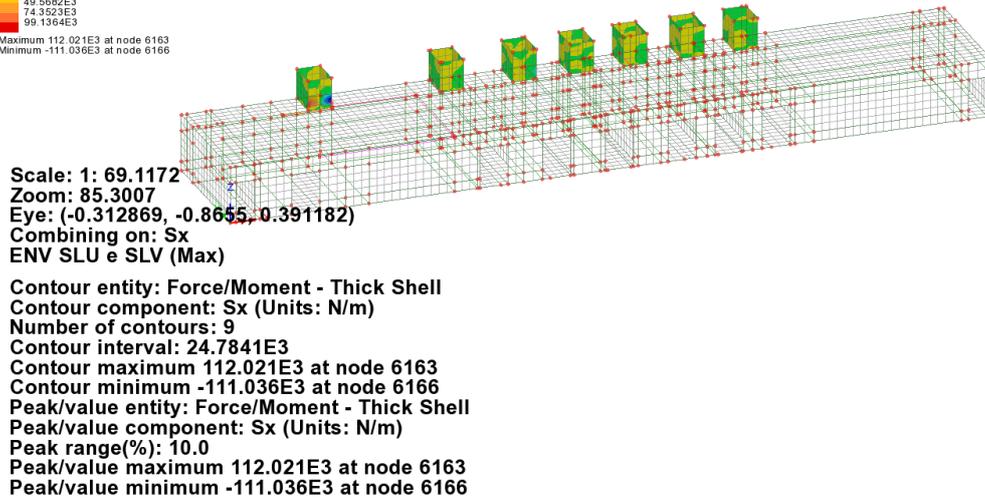


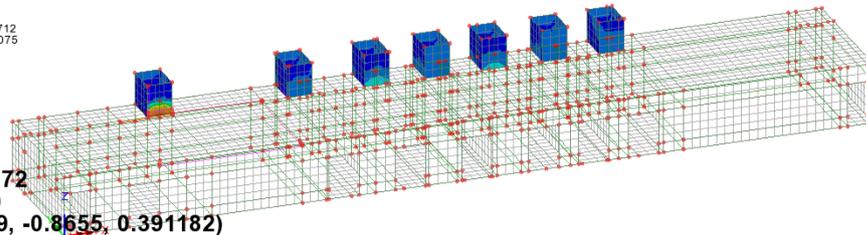
Figura 3-37 Sx in combinazione SLU/SLV

### 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)

4.33205E3
0.0
4.33205E3
8.66409E3
12.9961E3
17.3282E3
21.6602E3
25.9923E3
30.3243E3

Maximum 32.1602E3 at node 5712  
 Minimum -6.82819E3 at node 6075



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 80.9739  
 Eye: (-0.312869, -0.8655, 0.391182)  
 Combining on: My  
 SLE rara (Min)

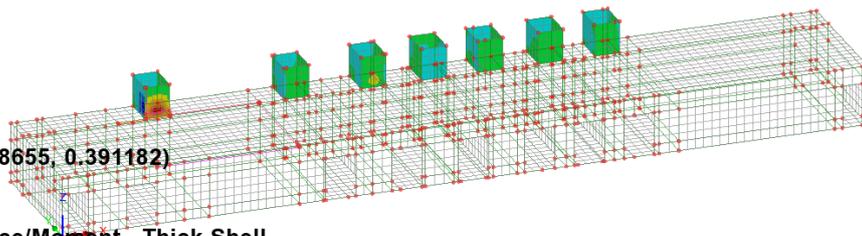
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 4.33205E3  
 Contour maximum 32.1602E3 at node 5712  
 Contour minimum -6.82819E3 at node 6075  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 32.1602E3 at node 5712  
 Peak/value minimum -6.82819E3 at node 6075

Figura 3-38 My in combinazione SLE Rara

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

5.38589E3
-3.59059E3
-1.7953E3
0.0
1.7953E3
3.59059E3
5.38589E3
7.18118E3
8.97648E3

Maximum 10.16E3 at node 6165  
 Minimum -5.99762E3 at node 6163



Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 80.9739  
 Eye: (-0.312869, -0.8655, 0.391182)  
 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: 1.7953E3  
 Contour maximum 10.16E3 at node 6165  
 Contour minimum -5.99762E3 at node 6163  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 10.16E3 at node 6165  
 Peak/value minimum -5.99762E3 at node 6163

Figura 3-39 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)

■ -4.31567E3  
■ 0.0  
■ 4.31567E3  
■ 8.63134E3  
■ 12.947E3  
■ 17.2627E3  
■ 21.5785E3  
■ 25.894E3  
■ 30.2097E3

Maximum 32.0264E3 at node 5712  
 Minimum -6.8146E3 at node 6075

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 80.9739  
 Eye: (-0.312869, -0.8655, 0.391182)  
 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: 4.31567E3  
 Contour maximum 32.0264E3 at node 5712  
 Contour minimum -6.8146E3 at node 6075  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 32.0264E3 at node 5712  
 Peak/value minimum -6.8146E3 at node 6075

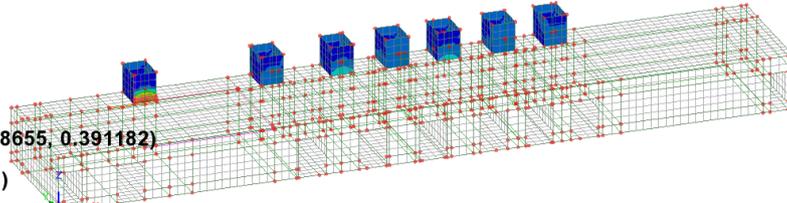


Figura 3-40 My in combinazione SLE QP

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

■ -5.36313E3  
■ -3.57542E3  
■ -1.78771E3  
■ 0.0  
■ 1.78771E3  
■ 3.57542E3  
■ 5.36313E3  
■ 7.15084E3  
■ 8.93856E3

Maximum 10.1182E3 at node 6165  
 Minimum -5.97118E3 at node 6163

Scale: 1: 69.1172  
 Zoom: 80.9739  
 Eye: (-0.312869, -0.8655, 0.391182)  
 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: 1.78771E3  
 Contour maximum 10.1182E3 at node 6165  
 Contour minimum -5.97118E3 at node 6163  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 10.1182E3 at node 6165  
 Peak/value minimum -5.97118E3 at node 6163

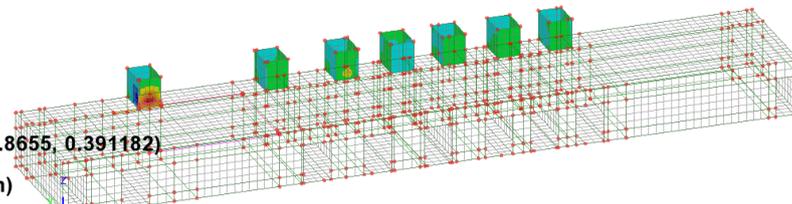


Figura 3-41 Mx in combinazione SLE QP

### 3.5.4.4 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)  
 4.31021E3  
 0.0  
 4.31021E3  
 8.62042E3  
 12.93063E3  
 17.24084E3  
 21.55105E3  
 25.86126E3  
 30.17147E3  
 Maximum 31.9818E3 at node 5712  
 Minimum -6.81007E3 at node 6075

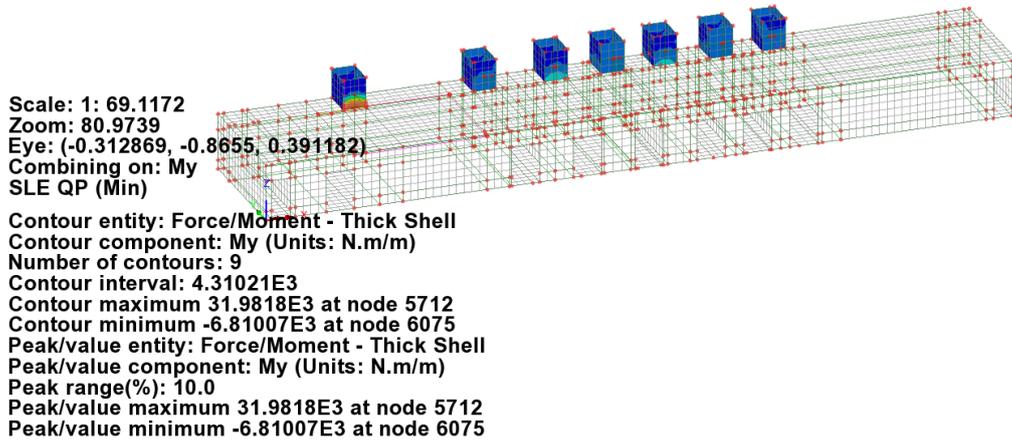


Figura 3-42 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)  
 -5.35555E3  
 -3.57036E3  
 -1.78518E3  
 0.0  
 1.78518E3  
 3.57036E3  
 5.35555E3  
 7.14073E3  
 8.92591E3  
 Maximum 10.1043E3 at node 6165  
 Minimum -5.96236E3 at node 6163

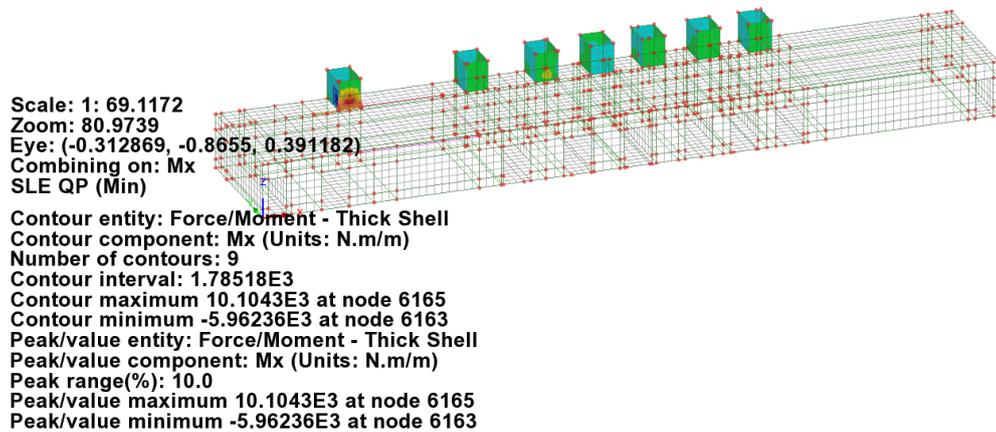


Figura 3-43 Mx in combinazione SLE QP

### 3.5.4.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Pareti camini di ventilazione</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	13.66kNm	
			Min	-8.16kNm	
		My [kNm/m]	Max	43.22kNm	
			Min	-9.01kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	112.02kN	49.75kN	
		Sy [kNm/m]	Max	326.5kN	68.34kN
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	10.16kNm	
			Min	-5.99kNm	
		My [kNm/m]	Max	32.16kNm	
			Min	-6.83kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	10.12kNm	
			Min	-5.97kNm	
		My [kNm/m]	Max	32.03kNm	
			Min	-6.81kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	10.10kNm	
			Min	-5.96kNm	
My [kNm/m]		Max	31.98kNm		
		Min	-6.81kNm		

## 4 VERIFICHE

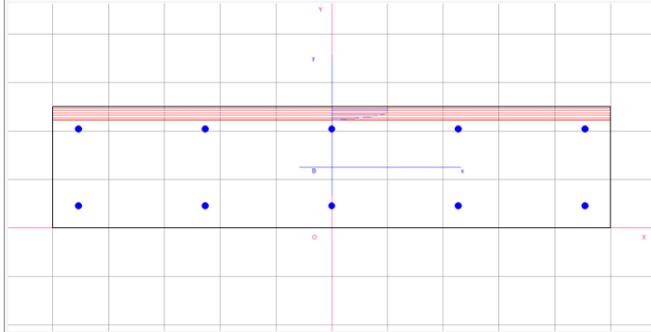
Si riportano di seguito le verifiche a pressoflessione e taglio SLU e le verifiche tensionali e di fessurazione SLE.

### 4.1 PARETI INTERNE

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.	
Pareti interne	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	19.71kNm		Ø12/20	50.21kNm	2.548	
			Min	-17.45kNm		Ø12/20	- 50.21kNm	2.878	
		My [kNm/m]	Max	27.97kNm		Ø12/20	50.21kNm	1.795	
			Min	-38.06kNm		Ø12/20	- 50.21kNm	1.319	
		Sx [kNm/m]	Max	48.10kN			112.45kN	2.34	
		Sy [kNm/m]	Max	65.41kN			118.59kN	1.81	
		S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	14.93kNm				
				Min	-13.26kNm				
	My [kNm/m]		Max	21.16kNm					
			Min	-28.15kNm					
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	14.90kNm					
			Min	-13.24kNm					
		My [kNm/m]	Max	21.12kNm					
			Min	-28.02kNm					
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	14.89kNm					
			Min	-13.23kNm					
		My [kNm/m]	Max	21.11kNm					
			Min	-27.98kNm					

### 4.1.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: pareti interne 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<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 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<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
 Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 200000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 25.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 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			

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	2797	10	0
2	0	-3806	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	2116
2	0	-2815

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	2112
2	0	-2802

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	2111
2	0	-2798

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.6 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,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 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm <sup>2</sup>								

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	2797	-25	5021	1.795	22.2	0.14	0.70

2 S 0 -3806 -25 -5021 1.319 2.8 0.14 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	-0.01001	25.0	-0.00230	20.4	-0.02221	4.6
2	0.00350	-0.01001	0.0	-0.00230	4.6	-0.02221	20.4

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<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] 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	18.8	25.0	-18.8	25.0	-178	20.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	25.0	0.0	-25.0	0.0	-237	4.6	0.0	0	0.0	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<sup>2</sup>)  
 ScI\_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm<sup>2</sup>)  
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm<sup>2</sup>)  
 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	18.8	25.0	-18.8	25.0	-178	20.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	24.9	0.0	-24.9	0.0	-236	4.6	0.0	0	0.0	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

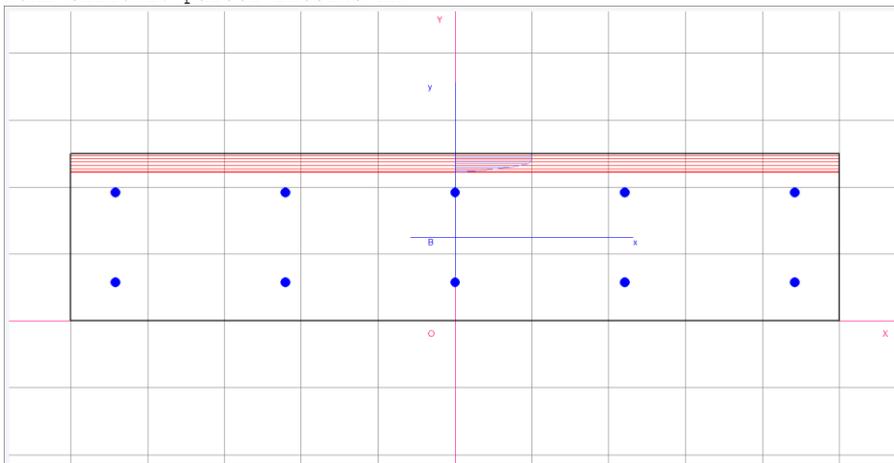
N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	18.7	25.0	-18.7	25.0	-178	20.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	24.8	0.0	-24.8	0.0	-235	4.6	0.0	0	0.0	0.0

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 Momento flettente Mx**

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: pareti interne 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<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 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<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
 Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 25.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 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	1971	10	0
2	0	-1745	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	1493
2	0	-1326

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	1490
2	0	-1324

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	1489
2	0	-1323

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.2 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  $\geq 1.000$   
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 cm<sup>2</sup>  
Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm<sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	1971	-25	5021	2.548	22.2	0.14	0.70
2	S	0	-1745	-25	-5021	2.878	2.8	0.14	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	-0.01001	25.0	-0.00381	19.2	-0.02070	5.8
2	0.00350	-0.01001	0.0	-0.00381	5.8	-0.02070	19.2

**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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] 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	13.5	25.0	-13.5	25.0	-109	19.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	12.0	0.0	-12.0	0.0	-97	5.8	0.0	0	0.0	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<sup>2</sup>)  
ScI\_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm<sup>2</sup>)  
Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm<sup>2</sup>)  
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	13.5	25.0	-13.5	25.0	-109	19.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	12.0	0.0	-12.0	0.0	-97	5.8	0.0	0	0.0	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	13.5	25.0	-13.5	25.0	-109	19.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	12.0	0.0	-12.0	0.0	-96	5.8	0.0	0	0.0	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 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 1.5 [-]

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  250 [mm]  
 Altezza utile  $d$  204 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  183.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  250000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00277 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  1.99 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

#### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  65.41 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  65.41 [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]
0.58	65.41	118.59

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.1.4 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : **0.85** [-]  
 $\gamma_c$ : **1.5** [-]

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  **1000** [mm]  
 Altezza  $H$  **250** [mm]  
 Altezza utile  $d$  **192** [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  **172.8** [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  **250000** [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{sl}$  **565.49** [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_1$  **0.00295** [-]  
 $C_{Rd,c}$  **0.12** [-]  
 $k$  **2** [-]  
 $k_1$  **0.15** [-]

### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  **0** [kN]  
 $\sigma_{cp}$  **0** [MPa]

### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  **48.1** [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  **0** [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  **48.1** [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:

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

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);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  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	48.1	112.45

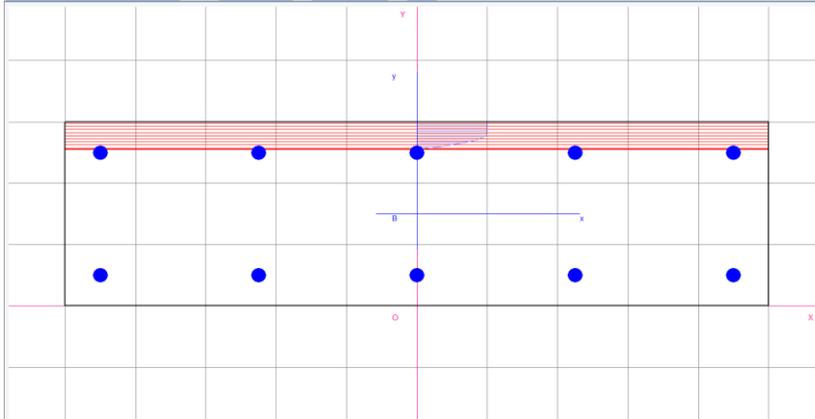
Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.2 PARETI ESTERNE

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Pareti esterne	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	33.56kNm		Ø12/20	61.27kNm	1.826
			Min	-23.66kNm		Ø12/20	-61.27kNm	2.589
		My [kNm/m]	Max	104.37kNm		φ20/20	145.58kNm	1.395
			Min	-50.10kNm		φ20/20	-145.58kNm	2.906
		Sx [kNm/m]	Max	181.99kN	56.33kN		129.36kN	2.29
	Sy [kNm/m]	Max	132.61kN	88kN		159.23kN	1.81	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	24.97kNm				
			Min	-17.88kNm				
		My [kNm/m]	Max	77.64kNm				
			Min	-37.77kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	24.86kNm				
			Min	-17.84kNm				
		My [kNm/m]	Max	77.32kNm				
			Min	-37.68kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	24.83kNm				
			Min	-17.83kNm				
My [kNm/m]		Max	77.21kNm	69.53kNm				
		Min	-37.64kNm					

## 4.2.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: pareti esterne 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<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd' : 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 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<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm : 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
 Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 30.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø20 (15.7 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø20 (15.7 cm<sup>2</sup>)

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			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	10437	10	0
2	0	-5010	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	7764
2	0	-3777

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	7732
2	0	-3768

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	6953
2	0	-3764

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,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 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 15.7 cm <sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	10437	8	14558	1.395	25.5	0.18	0.70
2	S	0	-5010	8	-14558	2.906	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,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	-0.00643	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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] 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	71.9	30.0	0.0	30.0	-2258	25.0	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	35.0	0.0	0.0	0.0	-1099	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 <sup>2</sup> ]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]
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	42.8	-42.8	0.0	0.125	1.0	0.000494	246	0.207
2	S	20.8	-20.8	0.0	0.125	1.0	0.000220	246	0.092

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	71.6	30.0	0.0	30.0	-2249	25.0	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	34.9	0.0	0.0	0.0	-1096	5.0	19.0	1900	15.7	22.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	42.6	-42.6	0.0	0.125	0.5	0.000806	246	0.337
2	S	20.8	-20.8	0.0	0.125	0.5	0.000219	246	0.092

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

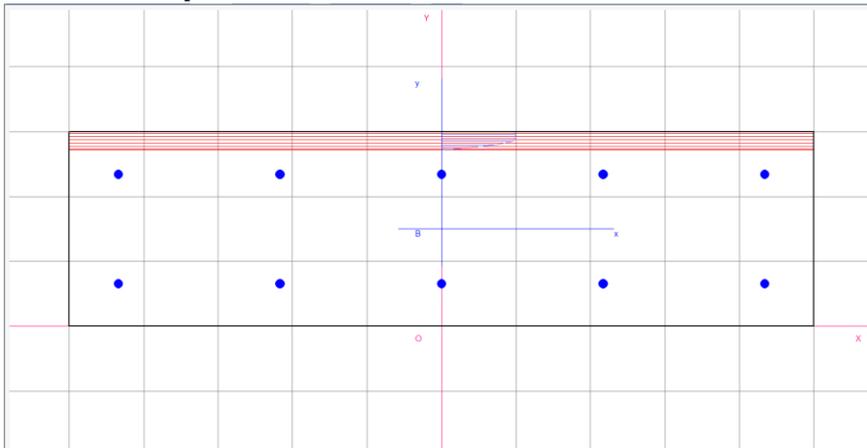
1	S	64.4	30.0	0.0	30.0	-2022	25.0	19.0	1900	15.7	22.5
2	S	34.8	0.0	0.0	0.0	-1095	5.0	19.0	1900	15.7	22.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	38.3	-38.3	0.0	0.125	0.5	0.000657	246	0.275
2	S	20.7	-20.7	0.0	0.125	0.5	0.000219	246	0.092

### 4.2.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: pareti esterne 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<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 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<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
 Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>

Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 30.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 6.6 cm  
 Copriferro 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	3356	10	0
2	0	-2366	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	2497
2	0	-1788

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	2486
2	0	-1784

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	2483
2	0	-1783

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.6 cm  
 Copriferro 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 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm <sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	3356	-28	6127	1.826	27.2	0.12	0.70
2	S	0	-2366	-28	-6127	2.589	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/cm <sup>2</sup> ])
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 <sup>2</sup> ])
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] 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	15.8	30.0	-15.8	30.0	-133	23.4	0.0	0	15.7	0.0
2	S	11.3	0.0	-11.3	0.0	-95	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/cm <sup>2</sup> ]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Sc_Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]
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	15.7	30.0	-15.7	30.0	-132	23.4	0.0	0	15.7	0.0
2	S	11.3	0.0	-11.3	0.0	-95	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	15.7	30.0	-15.7	30.0	-132	23.4	0.0	0	15.7	0.0
2	S	11.3	0.0	-11.3	0.0	-95	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

### 4.2.3 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 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 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  1570.8 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho$  0.00628 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  1.89 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

#### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  88 [kN]  
 Controttaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  88 [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);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  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]
0.54	88	159.23

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.2.4 Azioni taglianti 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]
	$\alpha_{cc}$ :	0.85	[-]
	$\gamma_c$ :	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	[mm <sup>2</sup> ]	
Area tesa longitudinale $A_{sl}$	565.49	[mm <sup>2</sup> ]	
Rapporto geometrico $\rho_1$	0.00242	[-]	
$C_{Rd,c}$	0.12	[-]	
$k$	1.92	[-]	
$k_1$	0.15	[-]	

### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$	0	[kN]
$\sigma_{cp}$	0	[MPa]

### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto $V_{tEd}$	56.33	[kN]
Controtaglio di progetto $V_{ctEd}$	0	[kN]
Taglio di verifica $V_{Ed}$	56.33	[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:

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

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);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  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	56.33	129.36

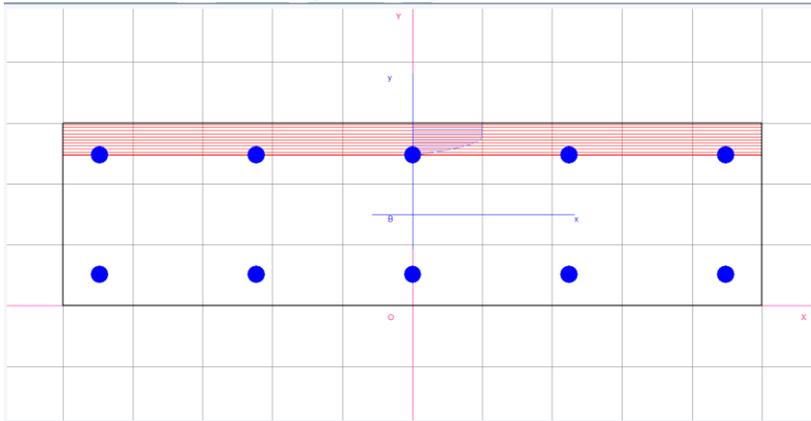
Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.3 SOLETTA SUPERIORE

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.	
Soletta di copertura	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	90.93kNm		Ø22/20	160.76kNm	1.768	
			Min	-51.55kNm		Ø22/20	- 160.76kNm	3.119	
		My [kNm/m]	Max	127.55kNm		φ24/20	198.96kNm	1.560	
			Min	- 104.67kNm		φ24/20	- 198.96kNm	1.901	
		Sx [kNm/m]	Max	171.58kN	124.5kN		162.2kN	1.30	
		Sy [kNm/m]	Max	614.25kN	148.10kN		179.19kN	1.21	
		S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	67.62kNm				
				Min	-38.38kNm				
	My [kNm/m]		Max	94.77kNm					
			Min	-77.83kNm					
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	67.34kNm					
			Min	-38.22kNm					
		My [kNm/m]	Max	94.37kNm					
			Min	-77.50kNm					
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	67.24kNm	61.16kNm				
			Min	-38.17kNm					
		My [kNm/m]	Max	94.23kNm	80.64kNm				
			Min	-77.39kNm					

### 4.3.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: soletta superiore 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<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta fcd': 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 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<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione fctm: 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0

Combinazioni Rare in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio  
 Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
 Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura ftk: 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo ftd: 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist. β1\*β2 : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff. β1\*β2 : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 30.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø24 (22.6 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø24 (22.6 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf. (dal baric. barre) : 5.2 cm

Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 5.2 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	12755	10	0
2	0	-10467	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	9477
2	0	-7783

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	9437
2	0	-7750

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	8064
2	0	-7739

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.2 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,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)= 22.6 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 22.6 cm <sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	12755	0	19896	1.560	24.7	0.21	0.71
2	S	0	-10467	0	-19896	1.901	5.3	0.21	0.71

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	-0.00497	30.0	0.00007	24.8	-0.01284	5.2
2	0.00350	-0.00497	0.0	0.00007	5.2	-0.01284	24.8

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/cm <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> )]
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] 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	75.0	30.0	0.0	30.0	-1970	24.8	22.0	2200	22.6	22.4
2	S	61.7	0.0	0.0	0.0	-1618	5.2	22.0	2200	22.6	22.4

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 <sup>2</sup> )]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [(daN/cm <sup>2</sup> )]
Sc_Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [(daN/cm <sup>2</sup> )]
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	49.0	-49.0	0.0	0.125	1.0	0.000562	242	0.231
2	S	40.2	-40.2	0.0	0.125	1.0	0.000324	242	0.133

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	74.7	30.0	0.0	30.0	-1962	24.8	22.0	2200	22.6	22.4
2	S	61.5	0.0	0.0	0.0	-1611	5.2	22.0	2200	22.6	22.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	48.8	-48.8	0.0	0.125	0.5	0.000769	242	0.316
2	S	40.1	-40.1	0.0	0.125	0.5	0.000547	242	0.225

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	63.8	30.0	0.0	30.0	-1676	24.8	22.0	2200	22.6	22.4
2	S	61.4	0.0	0.0	0.0	-1609	5.2	22.0	2200	22.6	22.4

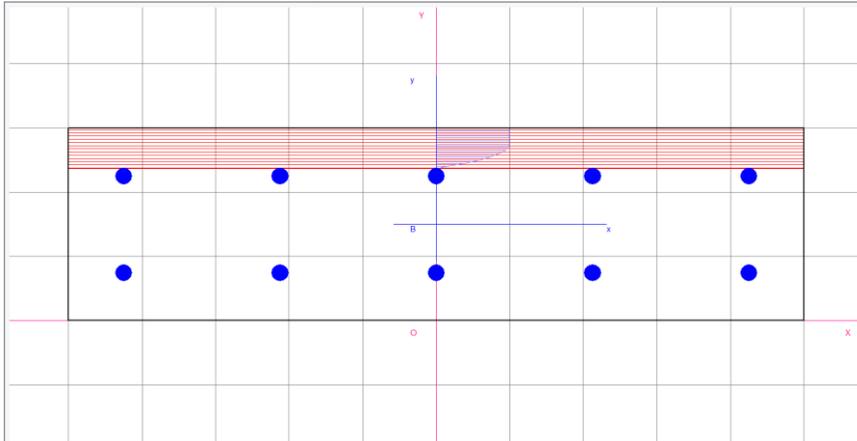
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	41.7	-41.7	0.0	0.125	0.5	0.000590	242	0.242
2	S	40.0	-40.0	0.0	0.125	0.5	0.000545	242	0.224

### 4.3.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta superiore 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 <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	99.15 daN/cm <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	32.10 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0

Combinazioni Rare in Esercizio

Sc Limite :	210.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio

Sc Limite :	210.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio

Sc Limite :	157.50 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>

Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 30.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø22 (19.0 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø22 (19.0 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 7.5 cm  
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 7.5 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	9093	10	0
2	0	-5155	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	6762
2	0	-3838

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	6734
2	0	-3822

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	6116
2	0	-3817

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.6 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)= 19.0 cm<sup>2</sup>  
Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 19.0 cm<sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	9093	12	16076	1.768	23.7	0.28	0.79
2	S	0	-5155	12	-16076	3.119	6.3	0.28	0.79

**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	-0.00368	30.0	-0.00069	22.5	-0.00906	7.5
2	0.00350	-0.00368	0.0	-0.00069	7.5	-0.00906	22.5

**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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>)  
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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] 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	75.6	30.0	0.0	30.0	-1844	22.5	22.9	2290	19.0	21.3
2	S	42.9	0.0	0.0	0.0	-1047	7.5	22.9	2290	19.0	21.3

**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<sup>2</sup>)  
ScI\_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [(daN/cm<sup>2</sup>)  
Sc\_Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [(daN/cm<sup>2</sup>)  
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	39.5	-39.5	0.0	0.125	1.0	0.000369	303	0.190
2	S	22.4	-22.4	0.0	0.125	1.0	0.000209	303	0.108

**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	75.3	30.0	0.0	30.0	-1837	22.5	22.9	2290	19.0	21.3
2	S	42.7	0.0	0.0	0.0	-1042	7.5	22.9	2290	19.0	21.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	39.3	-39.3	0.0	0.125	0.5	0.000612	303	0.315
2	S	22.3	-22.3	0.0	0.125	0.5	0.000208	303	0.107

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	68.4	30.0	0.0	30.0	-1668	22.5	22.9	2290	19.0	21.3			
2	S	42.7	0.0	0.0	0.0	-1041	7.5	22.9	2290	19.0	21.3			

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	35.7	-35.7	0.0	0.125	0.5	0.000497	303	0.256
2	S	22.3	-22.3	0.0	0.125	0.5	0.000208	303	0.107

### 4.3.3 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 1.5 [-]

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  300 [mm]  
 Altezza utile  $d$  248 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  223.2 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  300000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  2261.95 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00912 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  1.9 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

#### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  148.1 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  148.1 [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

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

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

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	148.1	179.19

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.3.4 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 1.5 [-]

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  300 [mm]  
 Altezza utile  $d$  225 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  202.5 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  300000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{sl}$  1900.66 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00845 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  1.94 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  124.5 [kN]  
 Controttaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  124.5 [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

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

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

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]
0.56	124.5	162.2

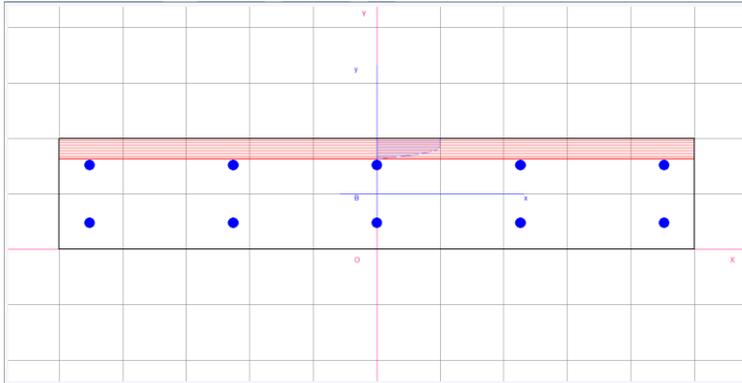
Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

#### 4.4 PARETI CAMINO DI VENTILAZIONE

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	MRd/SRd	c.s.
<u>Pareti camini di ventilazione</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	13.66kNm		Ø12/20	39.18kNm	2.869
			Min	-8.16kNm		Ø12/20	- 39.18kNm	4.802
		My [kNm/m]	Max	43.22kNm		φ16/20	60.31kNm	1.395
			Min	-9.01kNm		φ16/20	- 60.31kNm	6.694
		Sx [kNm/m]	Max	112.02kN	49.75kN		80.82kN	1.62
		Sy [kNm/m]	Max	326.5kN	68.34kN		103.97kN	1.52
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	10.16kNm				
			Min	-5.99kNm				
		My [kNm/m]	Max	32.16kNm				
			Min	-6.83kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	10.12kNm				
			Min	-5.97kNm				
		My [kNm/m]	Max	32.03kNm				
			Min	-6.81kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	10.10kNm				
			Min	-5.96kNm				
		My [kNm/m]	Max	31.98kNm	27.89kNm			
			Min	-6.81kNm				

### 4.4.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: camino 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/cm<sup>2</sup>  
 Resis. compr. ridotta  $f_{cd}'$  : 99.15 daN/cm<sup>2</sup>  
 Def.unit. max resistenza  $ec2$  : 0.0020  
 Def.unit. ultima  $ecu$  : 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale  $E_c$  : 340771 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. di Poisson : 0.20  
 Resis. media a trazione  $f_{ctm}$  : 32.10 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0  
 Combinazioni Rare in Esercizio  
     Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : Non prevista  
 Combinazioni Frequenti in Esercizio  
     Sc Limite : 210.00 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.400 mm  
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio  
     Sc Limite : 157.50 daN/cm<sup>2</sup>  
     Apert.Fess.Limite : 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam.  $f_{yk}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. caratt. rottura  $f_{tk}$  : 4500.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. snerv. di calcolo  $f_{yd}$  : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Resist. ultima di calcolo  $f_{td}$  : 3913.0 daN/cm<sup>2</sup>  
 Deform. ultima di calcolo  $E_{pu}$  : 0.068  
 Modulo Elastico  $E_f$  : 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza ist.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Coeff. Aderenza diff.  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50 daN/cm<sup>2</sup>  
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm<sup>2</sup>

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm  
 Altezza: 20.0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø16 (10.1 cm<sup>2</sup>)  
 Coprifermo barre inf.(dal baric. barre) : 4.8 cm  
 Coprifermo 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	4322	10	0
2	0	-901	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	3216
2	0	-683

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	3203
2	0	-681

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	2789
2	0	-681

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 $\geq 1.000$								
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)= 10.1 cm <sup>2</sup> Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 10.1 cm <sup>2</sup>								
N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.

1	S	0	4322	6	6031	1.395	16.3	0.25	0.75
2	S	0	-901	6	-6031	6.694	3.7	0.25	0.75

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	-0.00455	20.0	-0.00101	15.2	-0.01077	4.8
2	0.00350	-0.00455	0.0	-0.00101	4.8	-0.01077	15.2

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 <sup>2</sup> ])
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 <sup>2</sup> ])
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 <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
Af eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] 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	86.4	20.0	0.0	20.0	-2411	15.2	16.0	1600	10.1	22.4
2	S	18.5	0.0	0.0	0.0	-512	4.8	16.0	1600	10.1	22.4

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 <sup>2</sup> ]
ScI_min	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <sup>2</sup> ]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm <sup>2</sup> ]
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	43.0	-43.0	0.0	0.125	1.0	0.000533	252	0.228
2	S	9.1	-9.1	0.0	0.125	1.0	0.000102	252	0.044

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	86.1	20.0	0.0	20.0	-2401	15.2	16.0	1600	10.1	22.4
2	S	18.4	0.0	0.0	0.0	-510	4.8	16.0	1600	10.1	22.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	42.8	-42.8	0.0	0.125	0.5	0.000863	252	0.370
2	S	9.1	-9.1	0.0	0.125	0.5	0.000102	252	0.044

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	75.0	20.0	0.0	20.0	-2091	15.2	16.0	1600	10.1	22.4

2    S    18.4    0.0    0.0    0.0    -510    4.8    16.0    1600    10.1    22.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	37.3	-37.3	0.0	0.125	0.5	0.000658	252	0.282
2	S	9.1	-9.1	0.0	0.125	0.5	0.000102	252	0.044

#### 4.4.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: camino 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'inertza  
 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 <sup>2</sup>
Resis. compr. ridotta fcd' :	99.15 daN/cm <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
Coeff. di Poisson :	0.20
Resis. media a trazione fctm :	32.10 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0

Combinazioni Rare in Esercizio

Sc Limite :	210.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	Non prevista

Combinazioni Frequenti in Esercizio

Sc Limite :	210.00 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.400 mm

Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio

Sc Limite :	157.50 daN/cm <sup>2</sup>
Apert.Fess.Limite :	0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C

Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm <sup>2</sup>
Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
Coeff. Aderenza ist. β1*β2 :	1.00 daN/cm <sup>2</sup>
Coeff. Aderenza diff. β1*β2 :	0.50 daN/cm <sup>2</sup>
Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm <sup>2</sup>

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm		
Altezza:	20.0 cm		
Barre inferiori	:	5Ø12 (5.7 cm <sup>2</sup> )	
Barre superiori	:	5Ø12 (5.7 cm <sup>2</sup> )	
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	1366	10	0
2	0	-816	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	1016
2	0	-599

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	1012
2	0	-597

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	1010
2	0	-596

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.6 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.4 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 cm<sup>2</sup>  
 Area efficace barre sup. (per presenza di torsione)= 5.7 cm<sup>2</sup>

N.Comb.	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yneutro	x/d	C.Rid.
1	S	0	1366	13	3918	2.869	17.2	0.20	0.70
2	S	0	-816	13	-3918	4.802	2.8	0.20	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	-0.00730	20.0	-0.00431	13.8	-0.01388	6.2
2	0.00350	-0.00730	0.0	-0.00431	6.2	-0.01388	13.8

**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/cm<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>)  
 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<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 Af eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] 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	14.7	20.0	-14.7	20.0	-84	13.8	0.0	0	10.1	0.0
2	S	8.7	0.0	-8.7	0.0	-49	6.2	0.0	0	10.1	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<sup>2</sup>)  
 ScI\_min Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm<sup>2</sup>)  
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore efficace nello STATO I [daN/cm<sup>2</sup>)  
 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	14.6	20.0	-14.6	20.0	-83	13.8	0.0	0	10.1	0.0
2	S	8.6	0.0	-8.6	0.0	-49	6.2	0.0	0	10.1	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	14.6	20.0	-14.6	20.0	-83	13.8	0.0	0	10.1	0.0
2	S	8.6	0.0	-8.6	0.0	-49	6.2	0.0	0	10.1	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

### 4.4.3 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 1.5 [-]

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  200 [mm]  
 Altezza utile  $d$  152 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  136.8 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  200000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  1005.31 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00661 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  2 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

#### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  68.34 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  68.34 [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:

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

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]
0.59	68.34	103.97

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.4.4 Azioni taglianti 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]  
 $\alpha_{cc}$ : 0.85 [-]  
 $\gamma_c$ : 1.5 [-]

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  200 [mm]  
 Altezza utile  $d$  138 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  124.2 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  200000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{sl}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_1$  0.0041 [-]  
 $C_{Rd,c}$  0.12 [-]  
 $k$  2 [-]  
 $k_1$  0.15 [-]

### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

$N_{Ed,cp}$  0 [kN]  
 $\sigma_{cp}$  0 [MPa]

### S.L.U. - AZIONE TAGLIANTE DI PROGETTO

Taglio di progetto  $V_{tEd}$  49.75 [kN]  
 Controttaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  49.75 [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);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  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	49.75	80.82

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO

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

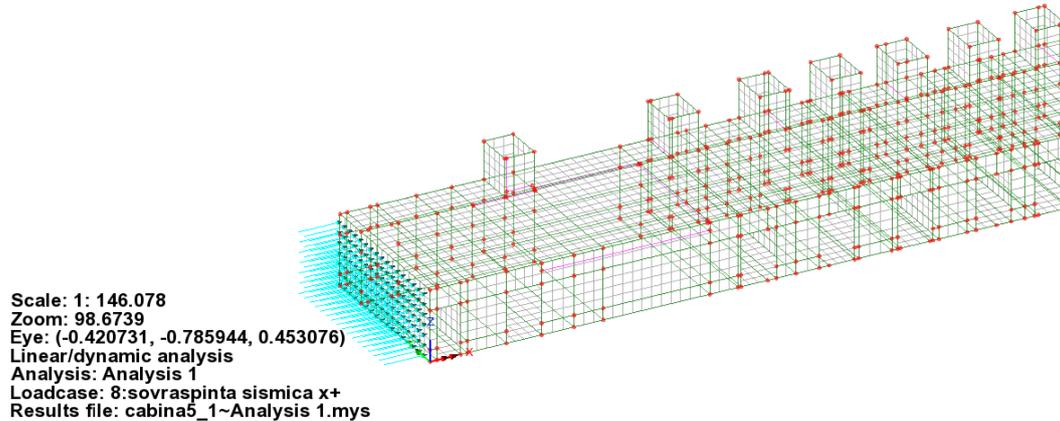


Figura 5-1 sovraspinta sismica nella direzione x+ sulla parete esterna

-  $q = 7.8 \text{ kN/m}^2$ : sovraspinta sismica sulla parete trasversale

-  $a = 3.65\text{m}$  altezza della parete trasversale;

-  $b = 8.6\text{m}$  larghezza della parete trasversale;

-  $b/a = 8.6/3.65 = 2.36$

La parete è modellata come “incastata” in corrispondenza di tutti i quattro lati.

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

$$\begin{aligned} - m_{0x} &= \frac{qa^2}{\alpha_x}; \\ - m_{0y} &= \frac{qb^2}{\alpha_y}; \end{aligned}$$

con i seguenti coefficienti di Bares validi per rapporti  $b/a > 2$ :

$$\alpha_x = 24.25 \text{ e } \alpha_y = 63.30$$

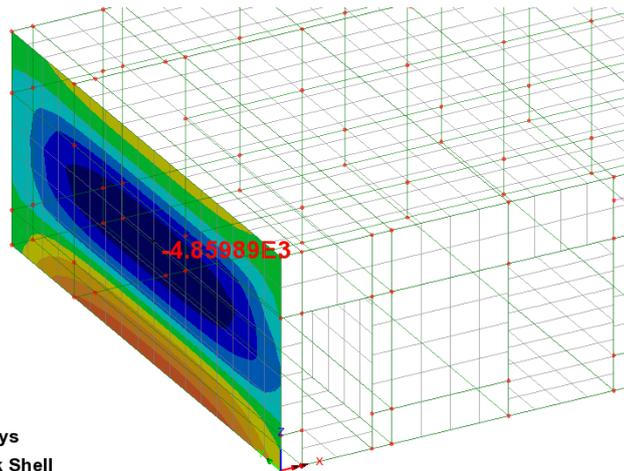
Il valore delle sollecitazioni flessionali da calcolo manuale è quindi:

- $m_{0y} = 4.28 \text{ kNm/m}$  contro il valore  $m_{0y} = 4.86 \text{ kNm/m}$  ottenuto dall'analisi ad elementi finiti;
- $m_{0x} = 1.64 \text{ kNm/m}$  contro il valore  $m_{0x} = 1.74 \text{ kNm/m}$  ottenuto dall'analisi ad elementi finiti;

Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 8:sovraspinta sismica x+  
 Results file: cabina5\_1~Analysis 1.mys  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: My (Units: N.m/m)

Blue	-3.66573E3
Dark Blue	-2.44382E3
Light Blue	-1.22191E3
Green	0.0
Yellow	1.22191E3
Orange	2.44382E3
Red	3.66573E3
Dark Red	4.88764E3
Red	6.10955E3

Maximum 6.13729E3 at node 825  
 Minimum -4.85989E3 at node 3230



Scale: 1: 146.078  
 Zoom: 302.948  
 Eye: (-0.420731, -0.785944, 0.453076)  
 Linear/dynamic analysis  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 8:sovraspinta sismica x+  
 Results file: cabina5\_1~Analysis 1.mys

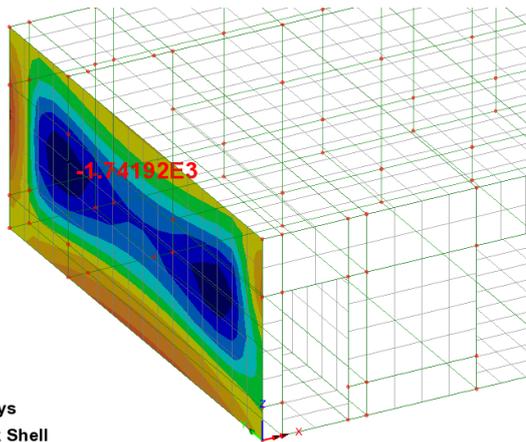
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 1.22191E3  
 Contour maximum 6.13729E3 at node 825  
 Contour minimum -4.85989E3 at node 3230  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)

Figura 5-2 My da analisi agli elementi finiti

Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 8:sovraspinta sismica x+  
 Results file: cabina5\_1~Analysis 1.mys  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Component: Mx (Units: N.m/m)

Blue	-1.48109E3
Dark Blue	-1.11082E3
Light Blue	-740.545
Green	-370.272
Yellow	0.0
Orange	370.272
Red	740.545
Dark Red	1.11082E3
Red	1.48109E3

Maximum 1.59053E3 at node 3372  
 Minimum -1.74192E3 at node 3285



Scale: 1: 146.078  
 Zoom: 302.948  
 Eye: (-0.420731, -0.785944, 0.453076)  
 Linear/dynamic analysis  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 8:sovraspinta sismica x+  
 Results file: cabina5\_1~Analysis 1.mys

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 370.272  
 Contour maximum 1.59053E3 at node 3372  
 Contour minimum -1.74192E3 at node 3285  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)

Figura 5-3 Mx da analisi agli elementi finiti