

## AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA  
AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

### PROGETTO DEFINITIVO

#### AUTOSTRADA A14 / TANGENZIALE

#### GALLERIA ARTIFICIALE FONICA - SAN DONNINO


#### DISEGNI STRUTTURALI DI INSIEME

SCALA 1

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										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
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	0140	0	SCALA -

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

	VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	---	---

## Sommario

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
1.1	GENERALITÀ	4
1.1.1	Contestualizzazione dell'opera	5
1.1.2	Caratterizzazione geografica/sismica	8
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
1.3	MATERIALI IMPIEGATI	10
1.3.1	conglomerati cementizi	10
1.3.2	acciaio per cemento armato	11
1.3.3	Copriferri	11
1.4	SOFTWARE DI CALCOLO	12
1.4.1	Elementi finiti	12
1.4.2	Verifiche sezionali	12
1.4.3	Elaborazione dati	12
1.4.4	Validazione dei programmi di calcolo	12
<b>2</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI AGENTI</b>	<b>13</b>
2.1	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARE	13
2.1.1	Pesi propri e permanenti (g1k e g2k)	13
2.1.2	Carichi accidentali	14
2.1.3	Forze di inerzia	15
<b>3</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE</b>	<b>16</b>
3.1	GENERALITÀ	16
3.2	ANALISI STATICA	16
3.3	ANALISI SISMICA	16
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO E RELATIVE VERIFICHE	17
3.4.1	Combinazioni di carico	17
3.4.2	Verifiche strutturali	18
3.5	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	22
3.5.1	Parete centrale	23
3.5.2	Muro laterale	28
3.5.3	Rampe a sbalzo	34
3.5.4	Rampe incastrate	40
3.5.5	Pareti trasversali	46
<b>4</b>	<b>VERIFICHE</b>	<b>51</b>
4.1	VERIFICHE FLESSIONALI E TAGLIANTI	51
4.1.1	Parete centrale	51
4.1.2	Parete laterale	61
4.1.3	Rampe a sbalzo	71
4.1.4	Rampe incastrate	81
4.1.5	Pareti trasversali	91
4.2	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	101
4.2.1	Verifica di deformabilità della mensola a sbalzo	101
4.2.2	Verifica di deformabilità del giunto	102
<b>5</b>	<b>VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO</b>	<b>103</b>

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1-1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (1) .....	4
FIGURA 1-2. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL'OPERA (2) .....	4
FIGURA 1-3 SEZIONE IN PIANTA (1) .....	5
FIGURA 1-4 SEZIONE IN PIANTA (2) .....	5
FIGURA 1-5 SEZIONE LONGITUDINALE-PARETE ESTERNA.....	5
FIGURA 1-6 SEZIONE LONGITUDINALE-PARETE INTERNA.....	6
FIGURA 1-7 SEZIONE TRASVERSALE (1) .....	6
FIGURA 1-8 SEZIONE TRASVERSALE (2) .....	7
FIGURA 1-9 SEZIONE TRASVERSALE (3) .....	7
FIGURA 1-10 PARAMETRI DIPENDENTI E INDIPENDENTI PER LO STATO LIMITE SLV.....	8
FIGURA 1-11 PARAMETRI DIPENDENTI E INDIPENDENTI PER LO STATO LIMITE SLC.....	8
FIGURA 1-12 SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV .....	8
FIGURA 1-13 SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLC .....	9
FIGURA 2-1 PESO PERMANENTE PORTATO SULLE RAMPE.....	13
FIGURA 2-2 CARICO ACCIDENTALE SULLE RAMPE .....	14
FIGURA 2-3 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE X.....	15
FIGURA 2-4 FORZE DI INERZIA IN DIREZIONE Y.....	15
FIGURA 3-1 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	16
FIGURA 3-2 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	23
FIGURA 3-3 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	23
FIGURA 3-4 SX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	24
FIGURA 3-5 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	24
FIGURA 3-6 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	25
FIGURA 3-7 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	25
FIGURA 3-8 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	26
FIGURA 3-9 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	26
FIGURA 3-10 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	26
FIGURA 3-11 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	27
FIGURA 3-12 MY IN COMBINAZIONE SLU/LSV .....	28
FIGURA 3-13 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	28
FIGURA 3-14 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	29
FIGURA 3-15 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	29
FIGURA 3-16 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	30
FIGURA 3-17 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	30
FIGURA 3-18 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	31
FIGURA 3-19 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	31
FIGURA 3-20 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	32
FIGURA 3-21 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	32
FIGURA 3-22 ORIENTAMENTO ASSI DELLE RAMPE.....	34
FIGURA 3-23 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	34
FIGURA 3-24 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	35
FIGURA 3-25 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	35
FIGURA 3-26 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	36
FIGURA 3-27 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	36
FIGURA 3-28 MX IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	37
FIGURA 3-29 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	37
FIGURA 3-30 MX IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	38
FIGURA 3-31 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	38
FIGURA 3-32 MX IN COMBINAZIONE SLE QP .....	39
FIGURA 3-33 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	40
FIGURA 3-34 MX IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	40
FIGURA 3-35 SY IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	41

FIGURA 3-36 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	41
FIGURA 3-37 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	42
FIGURA 3-38 Mx IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	42
FIGURA 3-39 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	43
FIGURA 3-40 Mx IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	43
FIGURA 3-41 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	44
FIGURA 3-42 Mx IN COMBINAZIONE SLE QP .....	44
FIGURA 3-43 MY IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	46
FIGURA 3-44 Mx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	46
FIGURA 3-45 Sy IN COMBINAZIONE SLU/SLV.....	47
FIGURA 3-46 Sx IN COMBINAZIONE SLU/SLV .....	47
FIGURA 3-47 MY IN COMBINAZIONE SLE RARA.....	47
FIGURA 3-48 Mx IN COMBINAZIONE SLE RARA .....	48
FIGURA 3-49 MY IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE.....	48
FIGURA 3-50 Mx IN COMBINAZIONE SLE FREQUENTE .....	49
FIGURA 3-51 MY IN COMBINAZIONE SLE QP .....	49
FIGURA 3-52 Mx IN COMBINAZIONE SLE QP .....	50
FIGURA 5-1 MY DA ANALISI AD ELEMENTI FINITI .....	103

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 GENERALITÀ

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

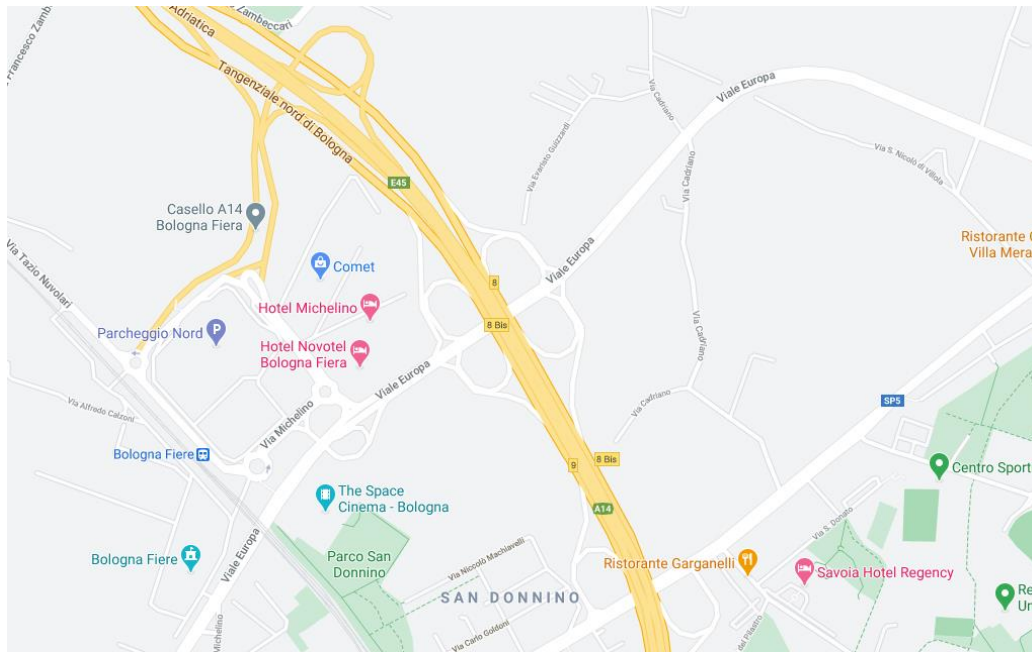


Figura 1-1. Localizzazione geografica dell'opera (1)

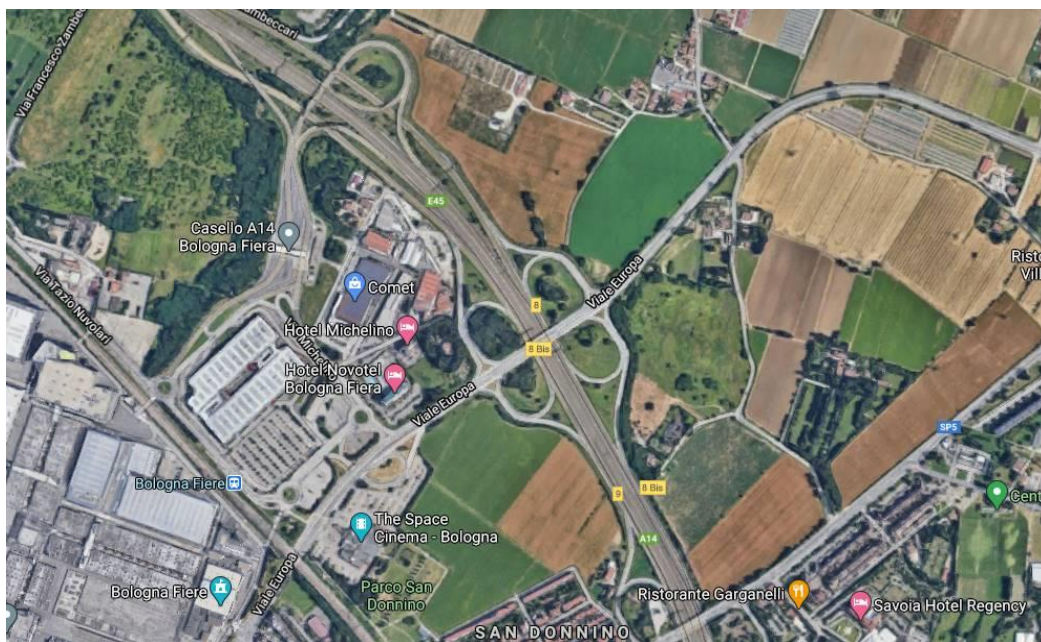


Figura 1-2. Localizzazione geografica dell'opera (2)

### 1.1.1 CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA

La struttura oggetto di analisi è costituita da sistema di due rampe in calcestruzzo armato che corrono parallele alle spalle della galleria Fonica consentendone l'accesso. La prima rampa dal lato della galleria, che presenta una larghezza massima dello sbalzo pari a 2.75m, risulta incastrata ad una parete longitudinale di altezza variabile (da 6.83m fino a 4.14m) che corre parallelamente alla spalla della galleria per circa 104m e che presenta uno spessore di 30cm. La seconda rampa risulta invece incastrata tra la parete longitudinale di cui sopra ed una seconda parete longitudinale parallela alla prima. Tutte le pareti verticali sono spesse 30cm mentre le rampe ed i pianerottoli relativi sono spessi 20cm. La struttura risulta scollegata rispetto alla spalla della galleria fonica mediante un giunto longitudinale largo 10cm ed è sorretta da un sistema fondazionale superficiale costituito da un plinto di 1m di spessore sopraelevato rispetto alla fondazione della spalla della San Donnino.

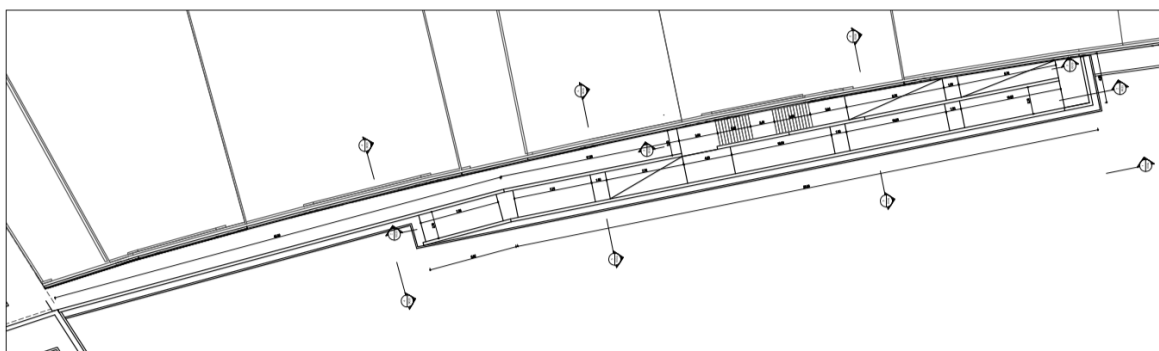


Figura 1-3 sezione in pianta (1)

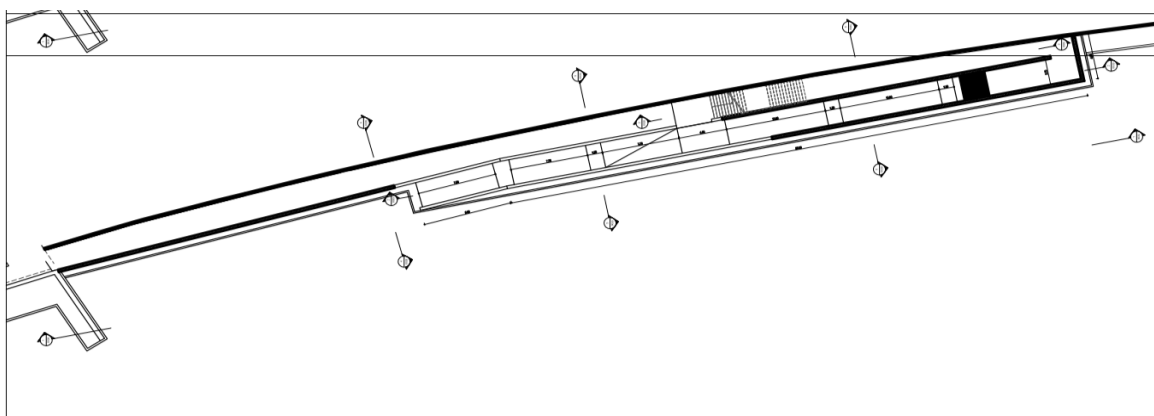


Figura 1-4 sezione in pianta (2)

Prospetto Scala 1  
 1:100

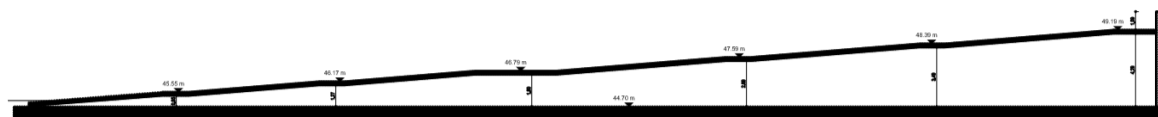


Figura 1-5 sezione longitudinale-parete esterna

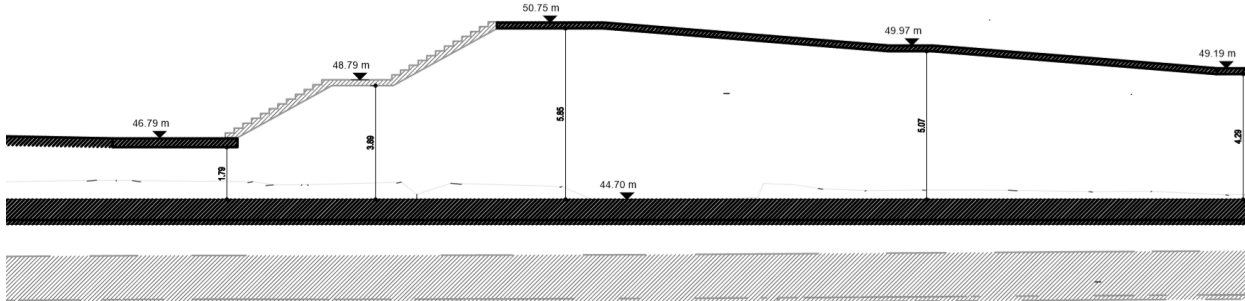


Figura 1-6 sezione longitudinale-parete interna

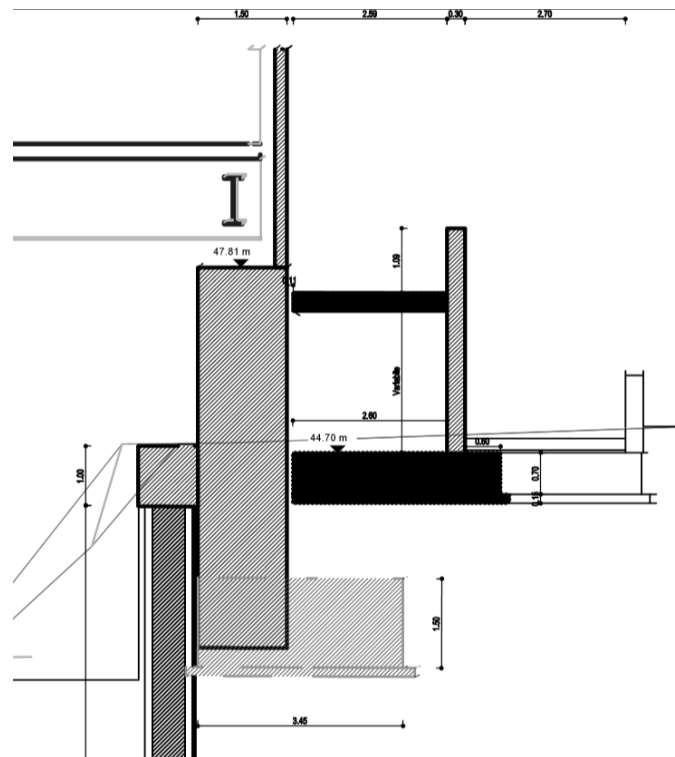


Figura 1-7 sezione trasversale (1)

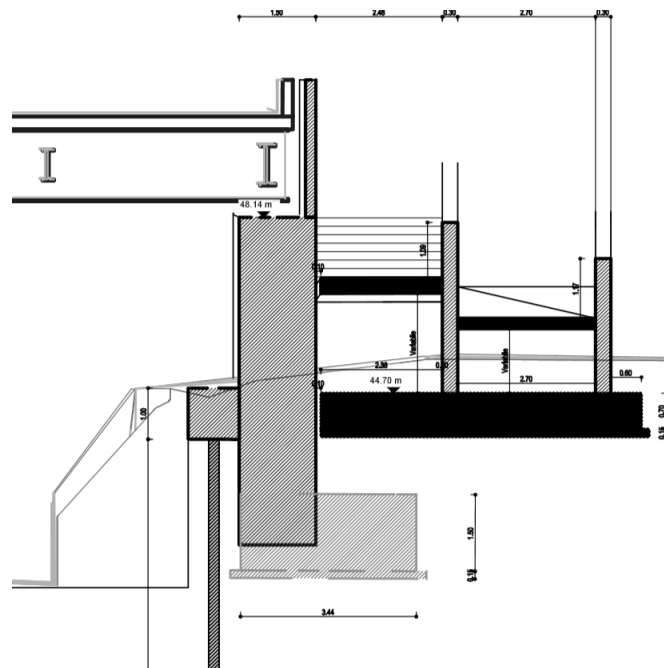


Figura 1-8 sezione trasversale (2)

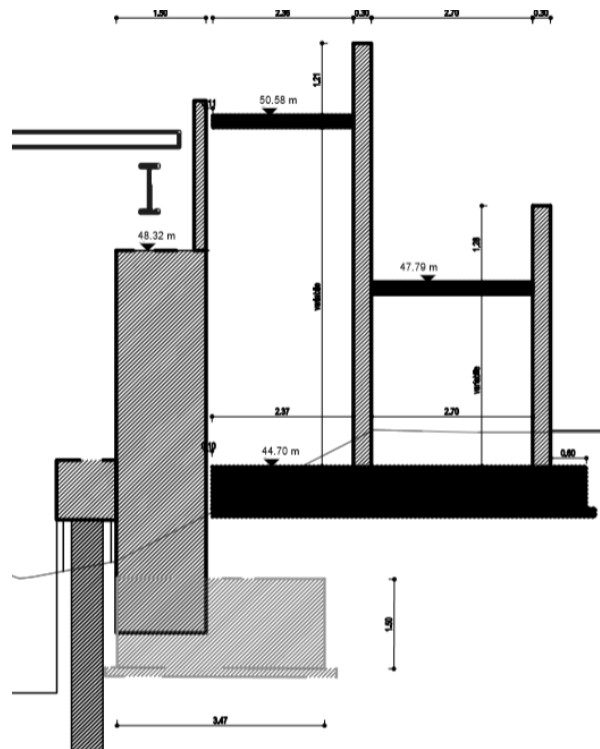


Figura 1-9 sezione trasversale (3)



## 1.1.2 CARATTERIZZAZIONE GEOGRAFICA/SISMICA

### 1.1.2.1 Parametri sismici

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

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

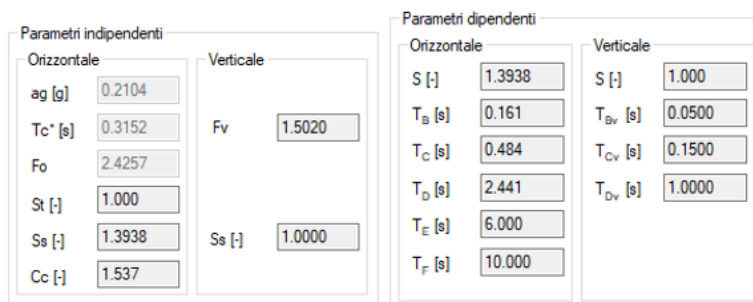


Figura 1-10 parametri dipendenti e indipendenti per lo stato limite SLV

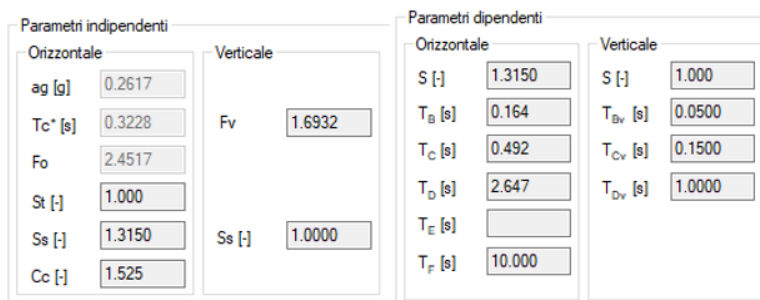


Figura 1-11 parametri dipendenti e indipendenti per lo stato limite SLC

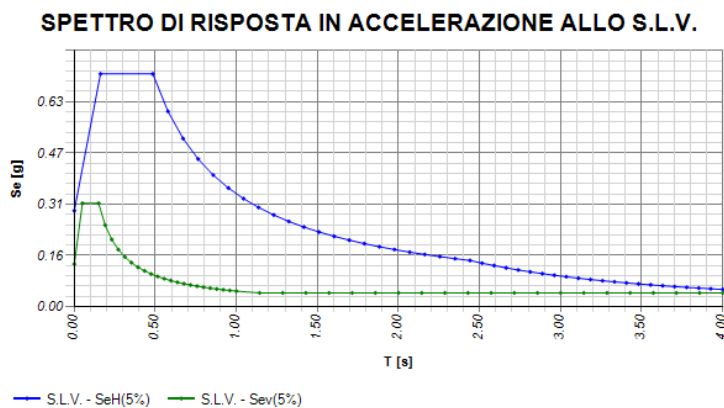


Figura 1-12 spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

**SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE ALLO S.L.C.**

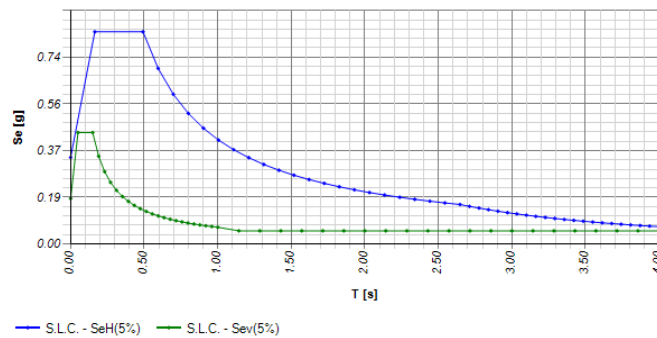


Figura 1-13 spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC

Pertanto l'accelerazione massima all'SLV 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	$\gamma_{terr} =$	20	[kN/m <sup>3</sup> ]
Peso efficace del terreno	$\gamma'_{terr} =$	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

### 1.3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Tutte le armature metalliche delle opere in cemento armato saranno realizzate in acciaio ordinario **B450C**, le cui caratteristiche chimico-meccaniche, nonché tutte le prove di accettazione, devono essere conformi alle pertinenti prescrizioni riportate nel DM 2018 per le costruzioni. Di seguito si elencano le principali caratteristiche meccaniche del materiale:

#### Per verifiche agli S.L.U.

Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	[-]
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	450	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	540	[MPa]
Tensione limite di progetto	$f_{yd} =$	391	[MPa]
Modulo elastico o di Young	$E_s =$	210 000	[MPa]

**NOTA.** Le armature da porre in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato; dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto.

### 1.3.3 COPRIFERRI

Di seguito si indicano i copriferri assunti per gli elementi strutturali dello scatolare:

	$C_{netto}$
Per fondazioni: superfici casserate	40 [mm]
superfici a contatto con magro di fondazione	40 [mm]
superfici gettate controterra	40 [mm]
Per elevazioni:	40 [mm]
Per solette:	40 [mm]

## 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> ]
Carico gravante sulle rampe di scale*	$pp_{scale}$	=	5.74	[kN/m <sup>2</sup> ]
Carico gravante sulle rampe (senza gradini) **	$pp_{rampe}$	=	1.98	[kN/m <sup>2</sup> ]

(\*): la rampa di scale di spessore pari a 20cm è soggetta al peso dei seguenti carichi:

- peso dei gradini: è stimato conservativamente pari  $0.15m \cdot \gamma_{cls} = 3.75 \text{ kN/m}^2$ ;
- peso delle lastre in CLS spesse 25mm:  $0.625 \text{ kN/m}^2$ ;
- peso dell'adesivo premiscelato per finitura in lastre di cemento prefabbricato spesso 10mm:  $0.01m \cdot \gamma_{adesivo} = 0.01m \cdot 11 \text{ kN/m}^3 = 0.11 \text{ kN/m}^2$ ;
- peso del massetto strutturale spesso 50mm:  $0.05m \cdot \gamma_{cls} = 1.25 \text{ kN/m}^2$ ;

(\*\*): la rampa viene caricata con il solo peso del ricoprimento senza il peso dei gradini;

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

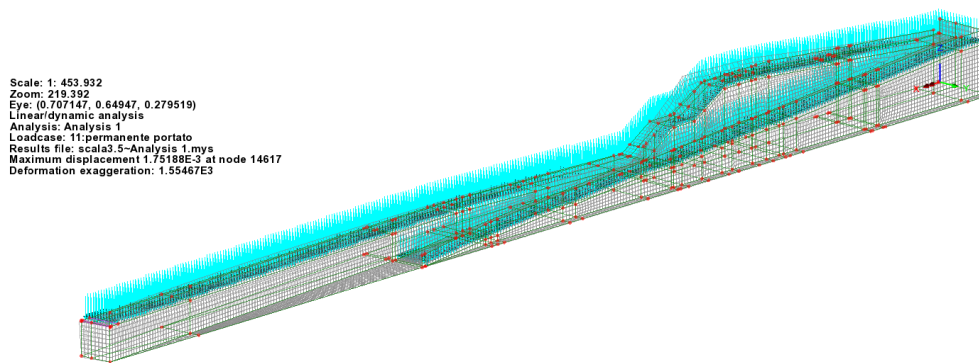


Figura 2-1 peso permanente portato sulle rampe

### 2.1.2 CARICHI ACCIDENTALI

Coerentemente con le prescrizioni da NTC2018, il carico verticale uniformemente distribuito da applicare alle rampe è assunto pari 4 kN/m<sup>2</sup>, valore caratteristico delle scale comuni di ambienti suscettibili di affollamento:

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

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

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 219.392  
 Eye: (0.707147, 0.64947, 0.279519)  
 Linear/dynamic analysis  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 12:accidentale  
 Results file: scala3.5-Analysis 1.mys  
 Maximum displacement 3.25081E-3 at node 11523  
 Deformation exaggeration: 837.82

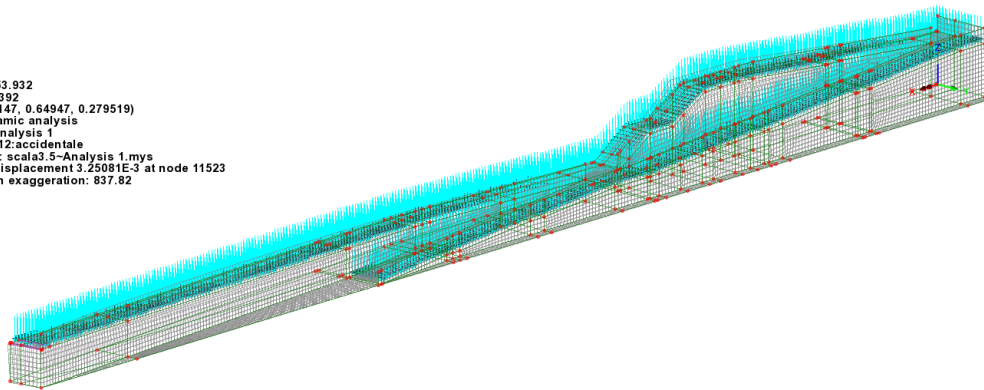


Figura 2-2 carico accidentale sulle rampe

### 2.1.3 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:

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 141.046  
 Eye: (0.192394, -0.967433, 0.164493)  
 Linear/dynamic analysis  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 3:inerzia\_x  
 Results file: scala3.5-Analysis 1.mys

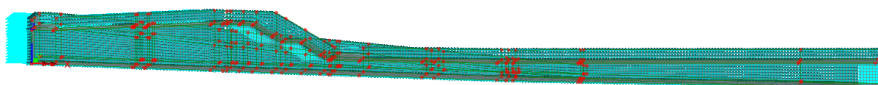


Figura 2-3 forze di inerzia in direzione x

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 378.625  
 Eye: (-0.963819, -0.246084, 0.102447)  
 Linear/dynamic analysis  
 Analysis: Analysis 1  
 Loadcase: 4:inerzia\_y  
 Results file: scala3.5-Analysis 1.mys

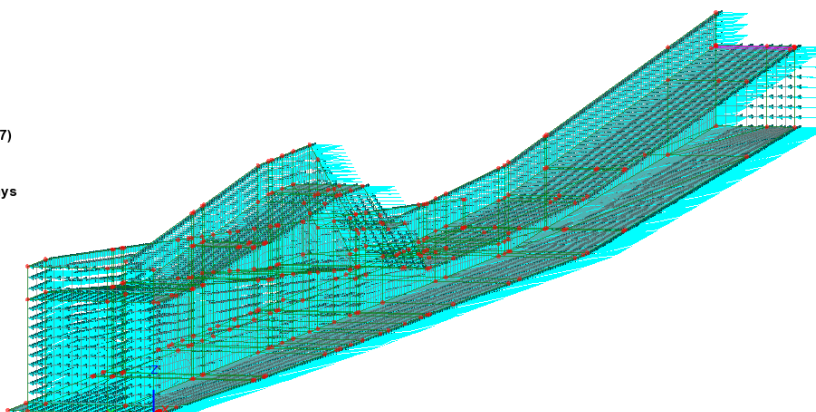


Figura 2-4 forze di inerzia in direzione y



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

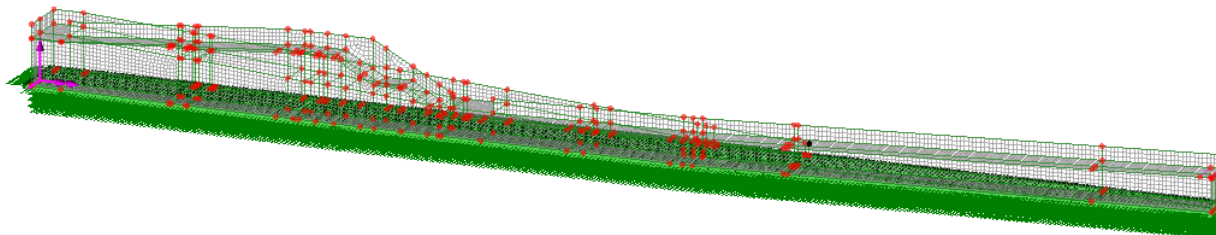


Figura 3-1 modellazione della struttura

### 3.2 ANALISI STATICA

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

### 3.3 ANALISI SISMICA

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

### 3.4 COMBINAZIONI DI CARICO E RELATIVE VERIFICHE

#### 3.4.1 COMBINAZIONI DI CARICO

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

- Combinazione SLE Caratteristica (Rara):

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

- Combinazione SLE Frequente:

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

- Combinazione SLE Quasi Permanente:

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

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

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

- Combinazione Sismica (SLU-SISMA):

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

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

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma$  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:

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

dove:

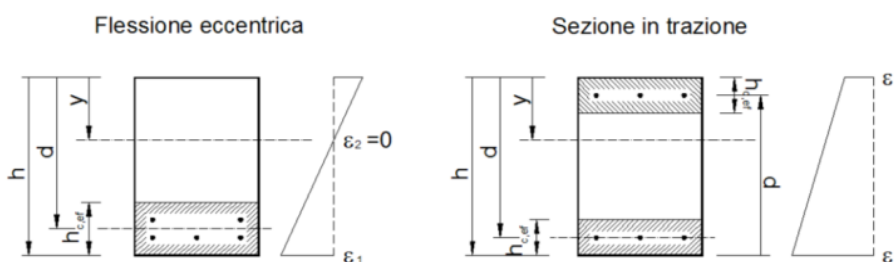
$\sigma_s$  = tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata.

$\alpha_e$  = 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.



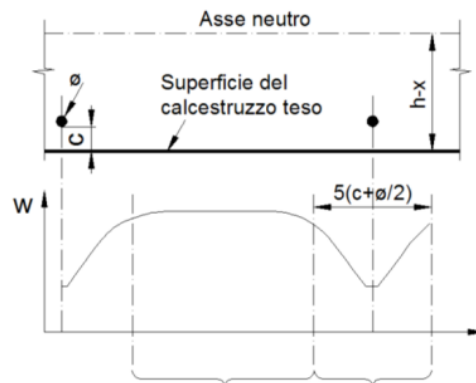
La distanza fra le fessure  $\Delta_{smax}$  può essere calcolata con l'espressione:

- 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 deformabilità

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

### 3.4.2.4 Verifica di resistenza a pressoflessione

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

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

dove:

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

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

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

### 3.4.2.5 Verifica di resistenza a taglio

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

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

dove:

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

$V_{Rd}$  = azione tagliante resistente.

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

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

con:

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

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

dove

$A_c$  = area della sezione in calcestruzzo (in 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

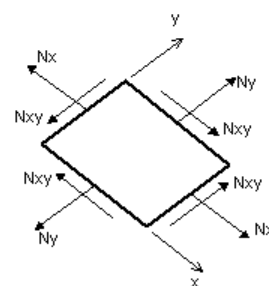
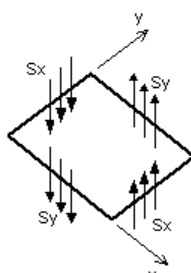
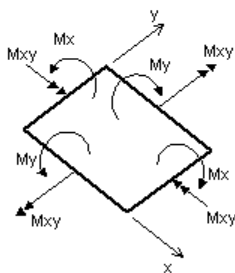
Si riportano di seguito i diagrammi delle principali sollecitazioni relative alle varie combinazioni di verifica considerate. La convenzione adottata dal software di calcolo per le sollecitazioni interne è di seguito esplicitata:

#### Stress Resultant

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

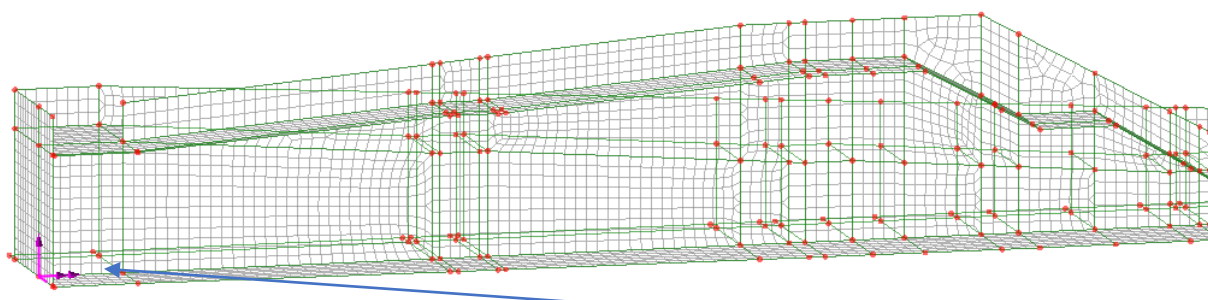
(+ve) In-plane shear into xy quadrant  
 (-ve) In-plane shear into xy quadrant

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



#### Legenda:

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



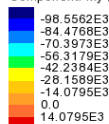
Sistema di riferimento locale “LCrd2-Muro pareti” utilizzato per la lettura delle sollecitazioni interne nelle pareti // alle spalle

Per le pareti longitudinali, laddove gli assi delle superfici tracciate sono diversamente orientati, si adotta il sistema di riferimento locale “LCrd2-Muro pareti” per la lettura delle sollecitazioni interne.

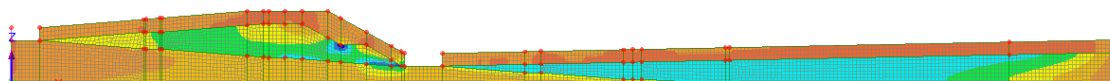
### 3.5.1 PARETE CENTRALE

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

Combining on: My  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 16.7559E3 at node 13830  
 Minimum -109.959E3 at node 13823

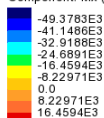


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 104.676  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 ENV SLU e SLV (Min)

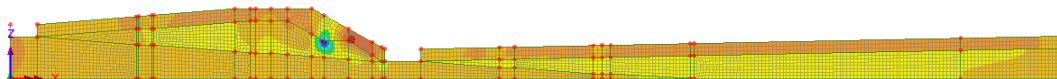
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 14.0795E3  
 Contour maximum 16.7559E3 at node 13830  
 Contour minimum -109.959E3 at node 13823  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 16.7559E3 at node 13830  
 Peak/value minimum -109.959E3 at node 13823

Figura 3-2 My in combinazione SLU/SLV

Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 21.8555E3 at node 13830  
 Minimum -52.2119E3 at node 13823



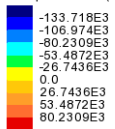
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 104.676  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 8.22971E3  
 Contour maximum 21.8555E3 at node 13830  
 Contour minimum -52.2119E3 at node 13823  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 21.8555E3 at node 13830  
 Peak/value minimum -52.2119E3 at node 13823

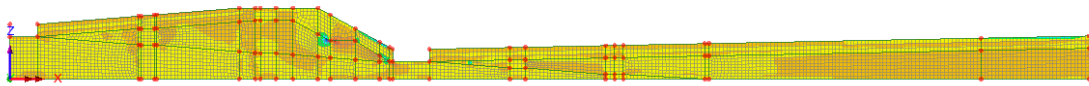
Figura 3-3 Mx in combinazione SLU/SLV



Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Sx (Units: N/m)



Maximum 102.138E3 at node 13824  
 Minimum -138.554E3 at node 14036

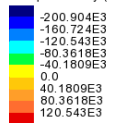


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 99.9507  
 Eye: (0, 0, -1, 0, 0, 0)  
 Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV (Min)

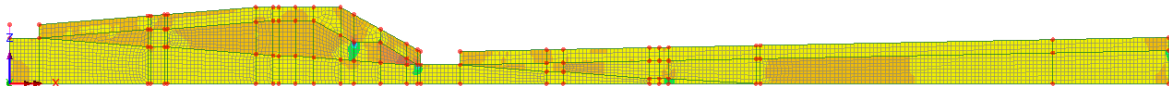
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 26.7436E3  
 Contour maximum 102.138E3 at node 13824  
 Contour minimum -138.554E3 at node 14036  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sx (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 102.138E3 at node 13824  
 Peak/value minimum -138.554E3 at node 14036

Figura 3-4 Sx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Sy (Units: N/m)



Maximum 142.921E3 at node 13823  
 Minimum -218.707E3 at node 13823



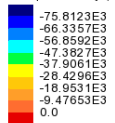
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 112.344  
 Eye: (0, 0, -1, 0, 0, 0)  
 Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sy (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 40.1809E3  
 Contour maximum 142.921E3 at node 13823  
 Contour minimum -218.707E3 at node 13823  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 142.921E3 at node 13823  
 Peak/value minimum -218.707E3 at node 13823

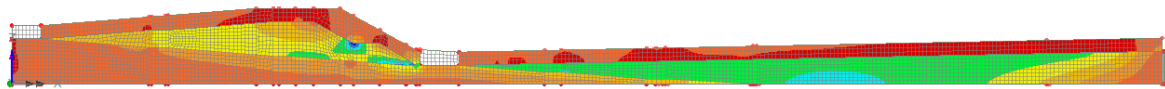
Figura 3-5 Sy in combinazione SLU/SLV

### 3.5.1.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

Combining on: My  
 SLE rara(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 7.85177E3 at node 13830  
 Minimum -77.437E3 at node 13823

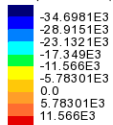


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE rara (Min)

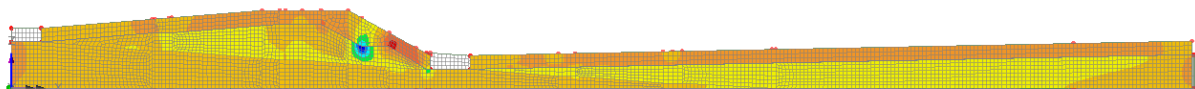
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 9.47653E3  
 Contour maximum 7.85177E3 at node 13830  
 Contour minimum -77.437E3 at node 13823

Figura 3-6 My in combinazione SLE Rara

Combining on: Mx  
 SLE rara(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 15.3119E3 at node 13830  
 Minimum -36.7352E3 at node 13823



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 5.78301E3  
 Contour maximum 15.3119E3 at node 13830  
 Contour minimum -36.7352E3 at node 13823

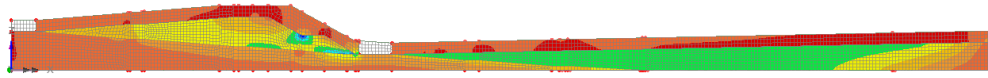
Figura 3-7 Mx in combinazione SLE Rara

### 3.5.1.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

Combining on: My  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)

-69.8965E3  
 -61.1594E3  
 -52.4224E3  
 -43.6853E3  
 -34.9483E3  
 -26.2112E3  
 -17.4741E3  
 -8.73706E3  
 0.0

Maximum 7.54548E3 at node 13830  
 Minimum -71.0881E3 at node 13823



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE frequente (Min)

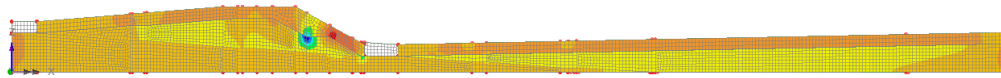
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 8.73706E3  
 Contour maximum 7.54548E3 at node 13830  
 Contour minimum -71.0881E3 at node 13823

Figura 3-8 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)

-32.0768E3  
 -26.7307E3  
 -21.3846E3  
 -16.0384E3  
 -10.6923E3  
 -5.34614E3  
 0.0  
 5.34614E3  
 10.6923E3

Maximum 14.2797E3 at node 13830  
 Minimum -33.8355E3 at node 13823



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 5.34614E3  
 Contour maximum 14.2797E3 at node 13830  
 Contour minimum -33.8355E3 at node 13823

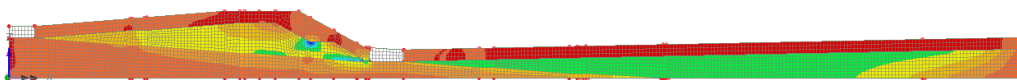
Figura 3-9 Mx in combinazione SLE frequente

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

Combining on: My  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)

-67.9246E3  
 -59.434E3  
 -50.9434E3  
 -42.4529E3  
 -33.9623E3  
 -25.4717E3  
 -16.9811E3  
 -8.49057E3  
 0.0

Maximum 7.44338E3 at node 13830  
 Minimum -68.9718E3 at node 13823

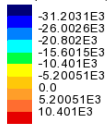


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

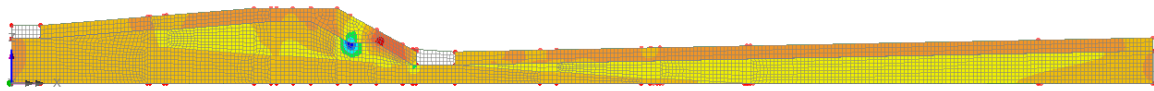
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 8.49057E3  
 Contour maximum 7.44338E3 at node 13830  
 Contour minimum -68.9718E3 at node 13823

Figura 3-10 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 13.9356E3 at node 13830  
 Minimum -32.869E3 at node 13823



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.481  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 5.20051E3  
 Contour maximum 13.9356E3 at node 13830  
 Contour minimum -32.869E3 at node 13823

Figura 3-11 Mx in combinazione SLE QP

3.5.1.5 Riepilogo azioni interne

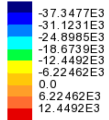
	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
Muro centrale	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	21.86kNm	
			Min	-52.22kNm	-35.22kNm
		My [kNm/m]	Max	16.76kNm	
			Min	-109.96kNm	-91kNm
	Sx [kNm/m]	Max	138.55kN	82.32kN	
	Sy [kNm/m]	Max	218.7kN	108.96kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	15.32kNm	
			Min	-36.74kNm	
		My [kNm/m]	Max	7.85kNm	
			Min	-77.44kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	14.28kNm	
			Min	-33.84kNm	
		My [kNm/m]	Max	7.56kNm	
			Min	-71.09kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	13.94kNm	
			Min	-32.87kNm	
My [kNm/m]		Max	7.44kNm		
		Min	-68.97kNm		

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.

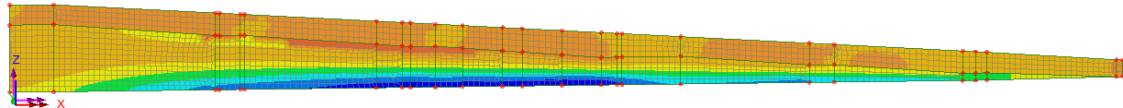
### 3.5.2 MURO LATERALE

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

Combining on: My  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)



Maximum 18.1913E3 at node 4677  
 Minimum -37.8303E3 at node 4708

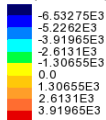


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 168.792  
 Eye: (-0.0754683, -0.984107, 0.160741)  
 Combining on: My  
 ENV SLU e SLV (Min)

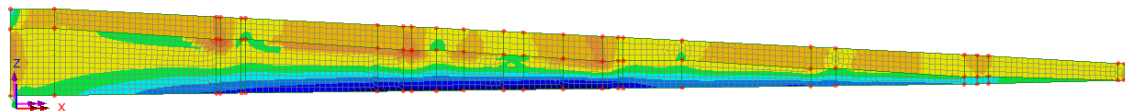
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 6.22462E3  
 Contour maximum 18.1913E3 at node 4677  
 Contour minimum -37.8303E3 at node 4708

Figura 3-12 My in combinazione SLU/LSV

Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 4.22126E3 at node 11377  
 Minimum -7.53768E3 at node 4709

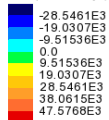


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 168.792  
 Eye: (-0.0754683, -0.984107, 0.160741)  
 Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV (Min)

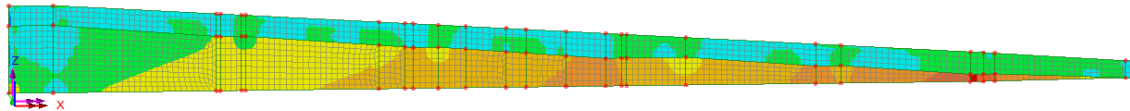
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 1.30655E3  
 Contour maximum 4.22126E3 at node 11377  
 Contour minimum -7.53768E3 at node 4709

Figura 3-13 Mx in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Sy (Units: N/m)



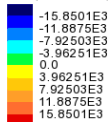
Maximum 53.4141E3 at node 4778  
 Minimum -32.2241E3 at node 4613



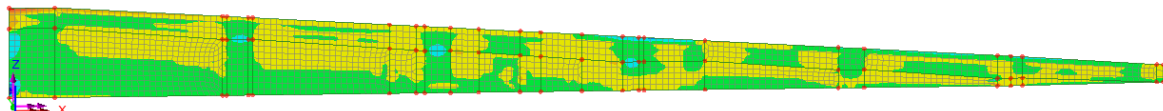
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 168.792  
 Eye: (-0.0754683, -0.984107, 0.160741)  
 Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV (Min)  
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sy (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 9.51536E3  
 Contour maximum 53.4141E3 at node 4778  
 Contour minimum -32.2241E3 at node 4613

Figura 3-14 Sy in combinazione SLU/SLV

Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Sx (Units: N/m)



Maximum 17.5823E3 at node 15356  
 Minimum -18.0803E3 at node 6139

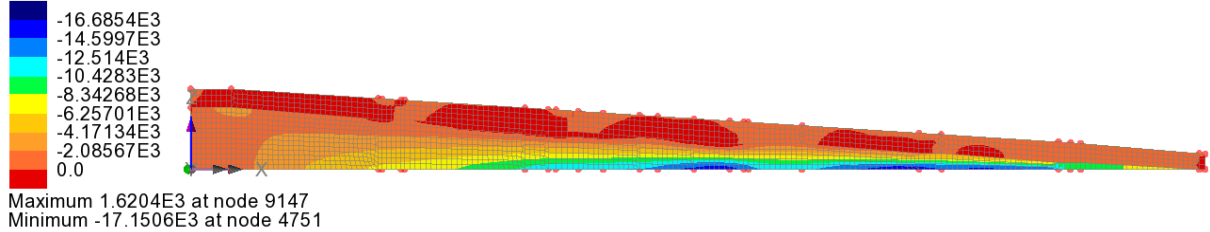


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 168.792  
 Eye: (-0.0754683, -0.984107, 0.160741)  
 Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV (Min)  
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 3.96251E3  
 Contour maximum 17.5823E3 at node 15356  
 Contour minimum -18.0803E3 at node 6139

Figura 3-15 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  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)

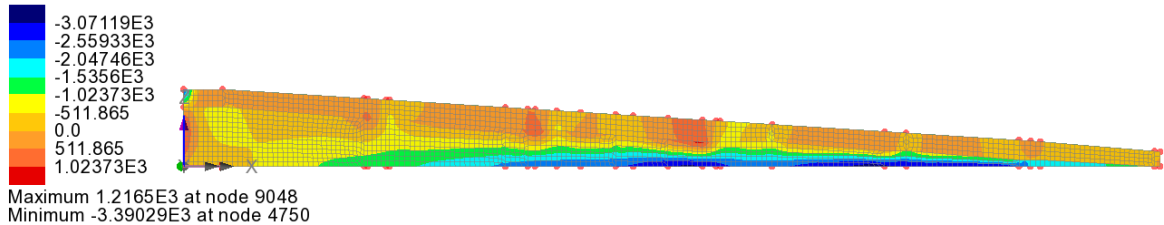


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 2.08567E3  
 Contour maximum 1.6204E3 at node 9147  
 Contour minimum -17.1506E3 at node 4751

Figura 3-16 My in combinazione SLE rara

Combining on: Mx  
 SLE rara(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



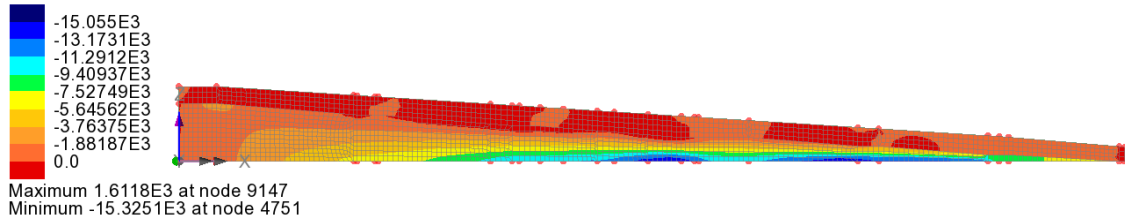
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 511.865  
 Contour maximum 1.2165E3 at node 9048  
 Contour minimum -3.39029E3 at node 4750

Figura 3-17 Mx in combinazione SLE rara

### 3.5.2.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

Combining on: My  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)

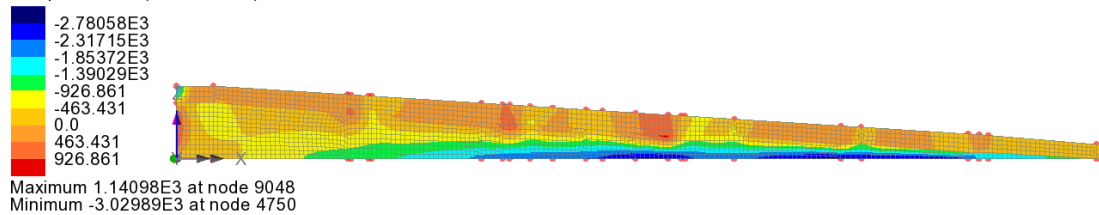


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 1.88187E3  
 Contour maximum 1.6118E3 at node 9147  
 Contour minimum -15.3251E3 at node 4751

Figura 3-18 My in combinazione SLE frequente

Combining on: Mx  
 SLE frequente(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE frequente (Min)

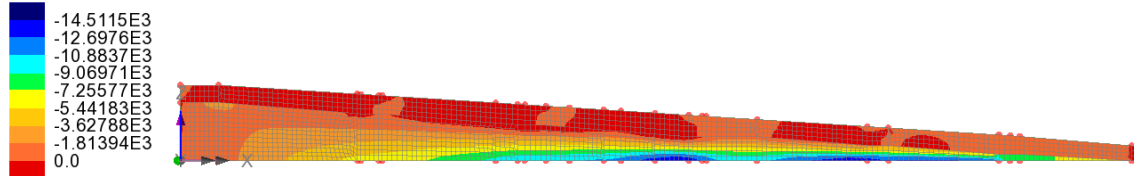
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 463.431  
 Contour maximum 1.14098E3 at node 9048  
 Contour minimum -3.02989E3 at node 4750

Figura 3-19 Mx in combinazione SLE frequente



3.5.2.4 Azioni interne per la combinazione SLE Quasi Permanente

Combining on: My  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: My (Units: N.m/m)



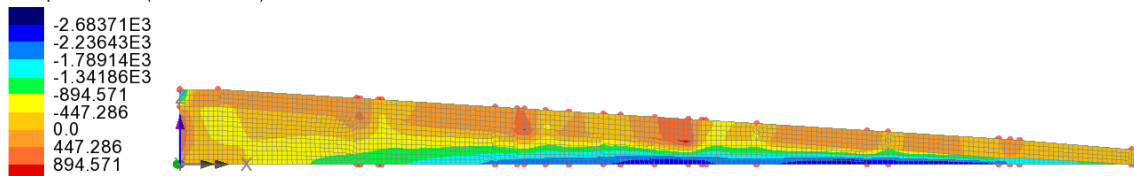
Maximum 1.60893E3 at node 9147  
 Minimum -14.7165E3 at node 4751

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 1.81394E3  
 Contour maximum 1.60893E3 at node 9147  
 Contour minimum -14.7165E3 at node 4751

Figura 3-20 My in combinazione SLE QP

Combining on: Mx  
 SLE QP(Extreme)  
 Entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Component: Mx (Units: N.m/m)



Maximum 1.11581E3 at node 9048  
 Minimum -2.90976E3 at node 4750

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 97.5113  
 Eye: (0.0, -1.0, 0.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Transformation: Local Coords "LCrd2-pareti"  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 447.286  
 Contour maximum 1.11581E3 at node 9048  
 Contour minimum -2.90976E3 at node 4750

Figura 3-21 Mx in combinazione SLE QP

3.5.2.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
Muro laterale	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	4.22kNm	
			Min	-7.54kNm	
		My [kNm/m]	Max	18.19kNm	
			Min	-37.83kNm	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	1.22kNm	
			Min	-3.40kNm	
		My [kNm/m]	Max	1.62kNm	
			Min	-17.15kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	1.14kNm	
			Min	-3.03kNm	
		My [kNm/m]	Max	1.62kNm	
			Min	-15.33kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	1.12kNm	
			Min	-2.91kNm	
		My [kNm/m]	Max	1.61kNm	
			Min	-14.72kNm	

### 3.5.3 RAMPE A SBALZO

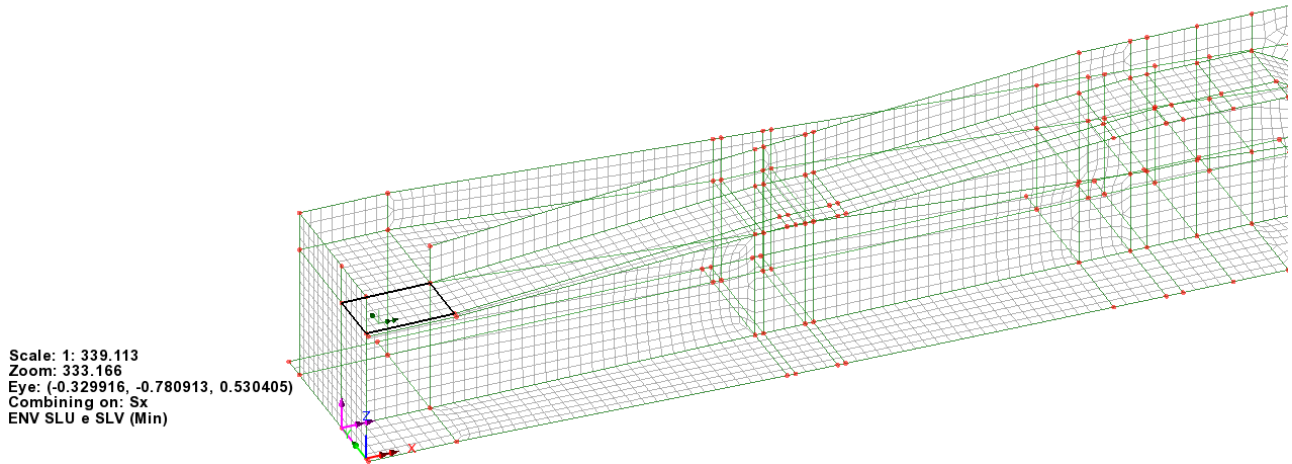


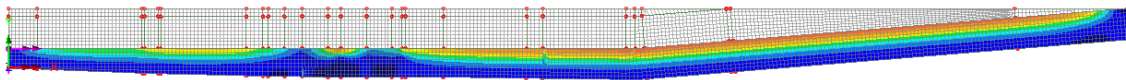
Figura 3-22 orientamento assi delle rampe

#### 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)

0.0
7.55841E3
15.1168E3
22.6752E3
30.2337E3
37.7921E3
45.3505E3
52.9089E3
60.4673E3

Maximum 62.2254E3 at node 10108  
 Minimum -5.80033E3 at node 12705

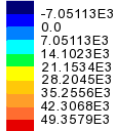


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 108.516  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: My  
 ENV SLU e SLV (Min)

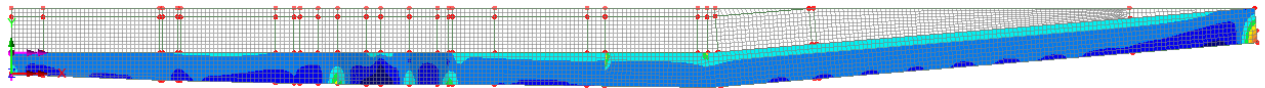
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 7.55841E3  
 Contour maximum 62.2254E3 at node 10108  
 Contour minimum -5.80033E3 at node 12705

Figura 3-23 My in combinazione SLU/SLV

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



Maximum 53.1377E3 at node 12697  
 Minimum -10.3225E3 at node 14186



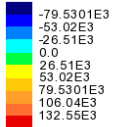
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 108.516

Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Mx  
 ENV SLU e SLV (Min)

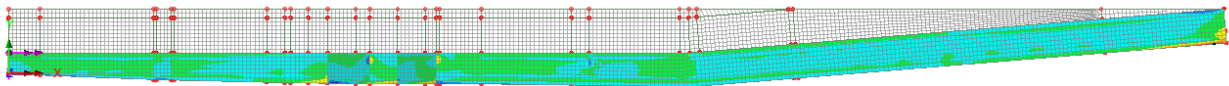
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 7.05113E3  
 Contour maximum 53.1377E3 at node 12697  
 Contour minimum -10.3225E3 at node 14186

Figura 3-24 Mx in combinazione SLU/SLV

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



Maximum 147.978E3 at node 12644  
 Minimum -90.6122E3 at node 14250



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 111.051

Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV (Min)

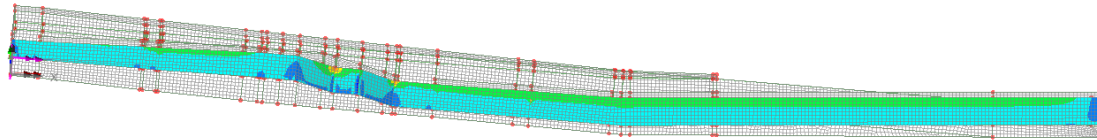
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 26.51E3  
 Contour maximum 147.978E3 at node 12644  
 Contour minimum -90.6122E3 at node 14250

Figura 3-25 Sx in combinazione SLU/SLV

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

-59.707E3  
 -29.8535E3  
 0.0  
 29.8535E3  
 59.707E3  
 89.5605E3  
 119.414E3  
 149.268E3  
 179.121E3

Maximum 197.589E3 at node 13823  
 Minimum -71.0923E3 at node 12705



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 110.482  
 Eye: (0.0374367, -0.418382, 0.907499)  
 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: 29.8535E3  
 Contour maximum 197.589E3 at node 13823  
 Contour minimum -71.0923E3 at node 12705  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 197.589E3 at node 13823  
 Peak/value minimum -71.0923E3 at node 12705

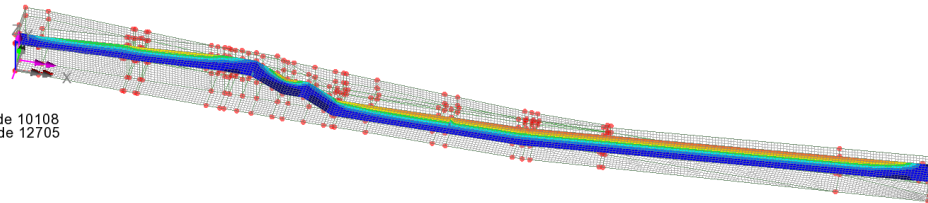
Figura 3-26 Sy in combinazione SLU/SLV

### 3.5.3.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

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

0.0  
 5.3694E3  
 10.7388E3  
 16.1082E3  
 21.4776E3  
 26.847E3  
 32.2164E3  
 37.5858E3  
 42.9552E3

Maximum 44.1946E3 at node 10108  
 Minimum -4.13001E3 at node 12705



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 76.8431  
 Eye: (0.175689, -0.724189, 0.666846)  
 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: 5.3694E3  
 Contour maximum 44.1946E3 at node 10108  
 Contour minimum -4.13001E3 at node 12705

Figura 3-27 My in combinazione SLE Rara

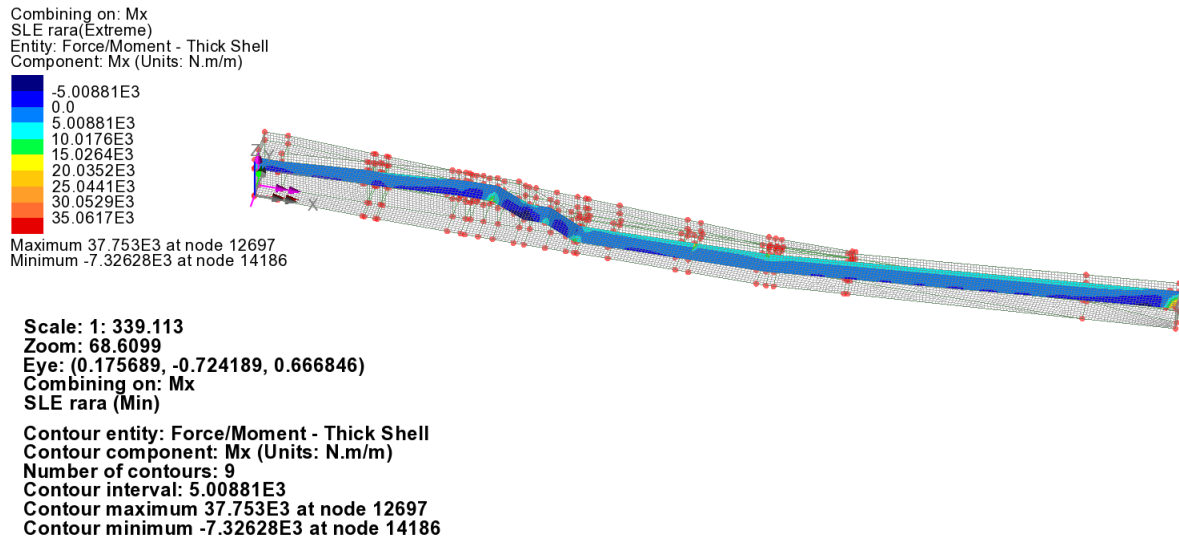


Figura 3-28 Mx in combinazione SLE rara

### 3.5.3.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

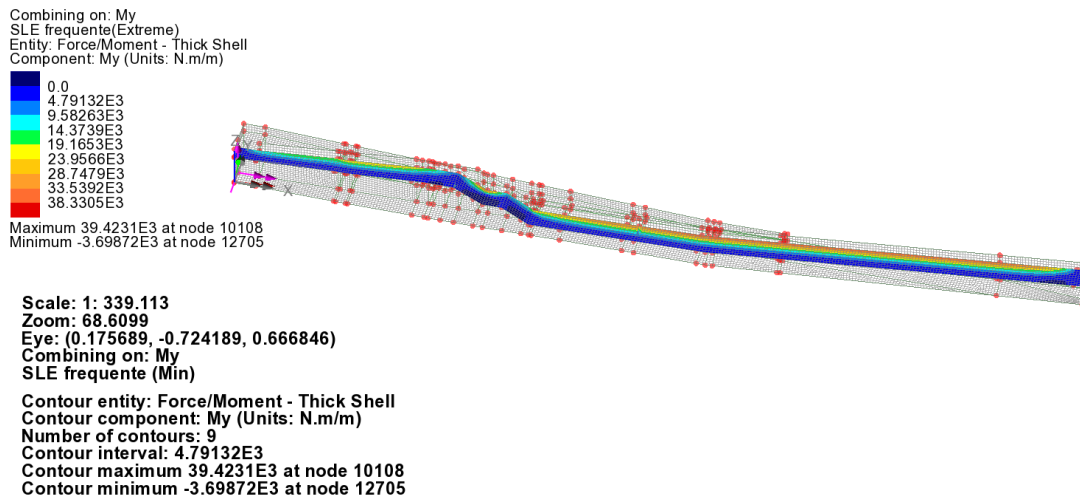


Figura 3-29 My in combinazione SLE frequente

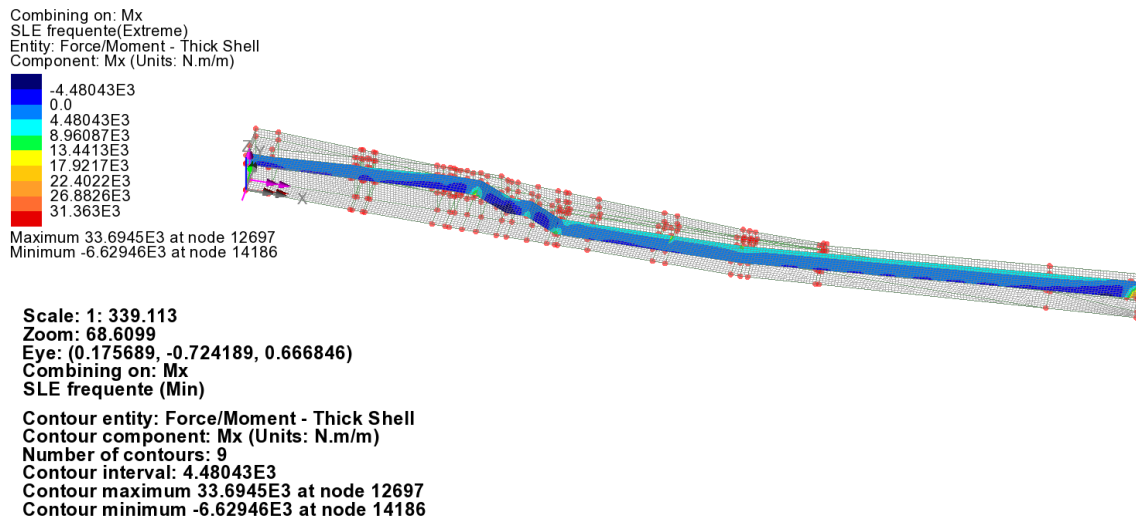


Figura 3-30 Mx in combinazione SLE frequente

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

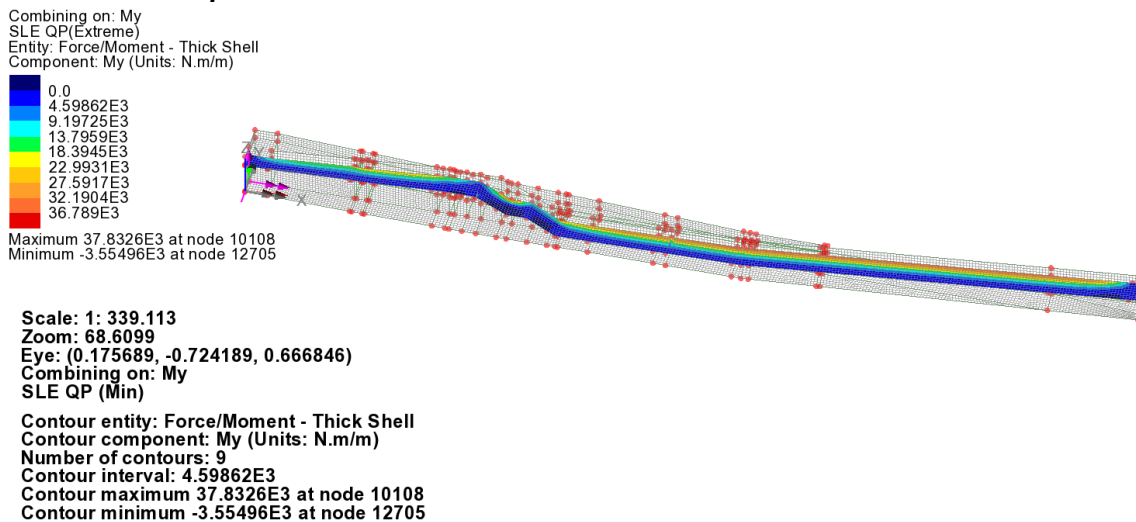


Figura 3-31 My in combinazione SLE QP

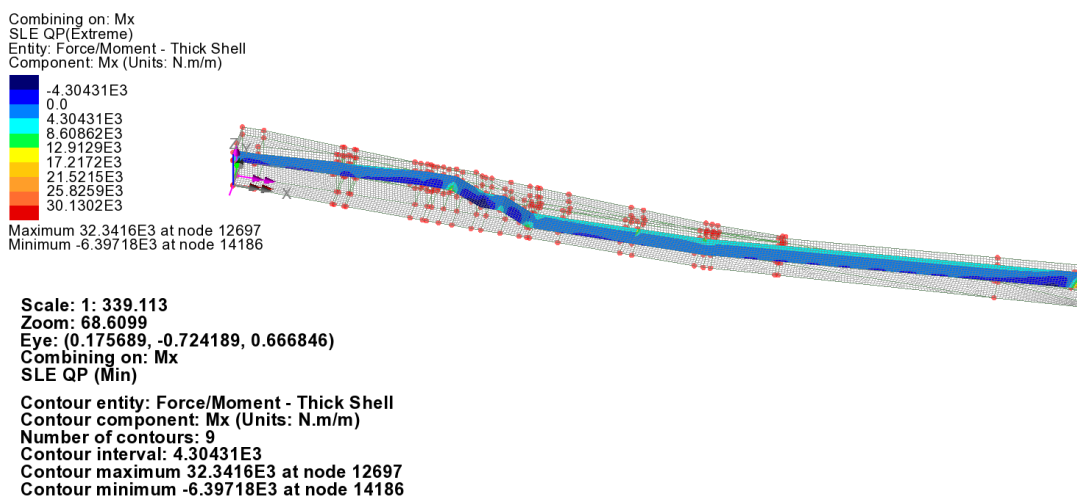


Figura 3-32 Mx in combinazione SLE QP

3.5.3.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
Rampe a sbalzo	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	53.14kNm	43.19kNm
			Min	-10.32kNm	
		My [kNm/m]	Max	62.23kNm	
			Min	-5.80kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	147.98kN	48.88kN	
		Sy [kNm/m]	Max	197.59kN	84.03kN
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	37.75kNm	30.69kNm
			Min	-7.33kNm	
		My [kNm/m]	Max	44.19kNm	
			Min	-4.13kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	33.70kNm	25.35kNm
			Min	-6.63kNm	
		My [kNm/m]	Max	39.42kNm	
			Min	-3.70kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	32.34kNm	22.28kNm
			Min	-6.40kNm	
My [kNm/m]		Max	37.83kNm		
		Min	-3.55kNm		



### 3.5.4 RAMPE INCASTRATE

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

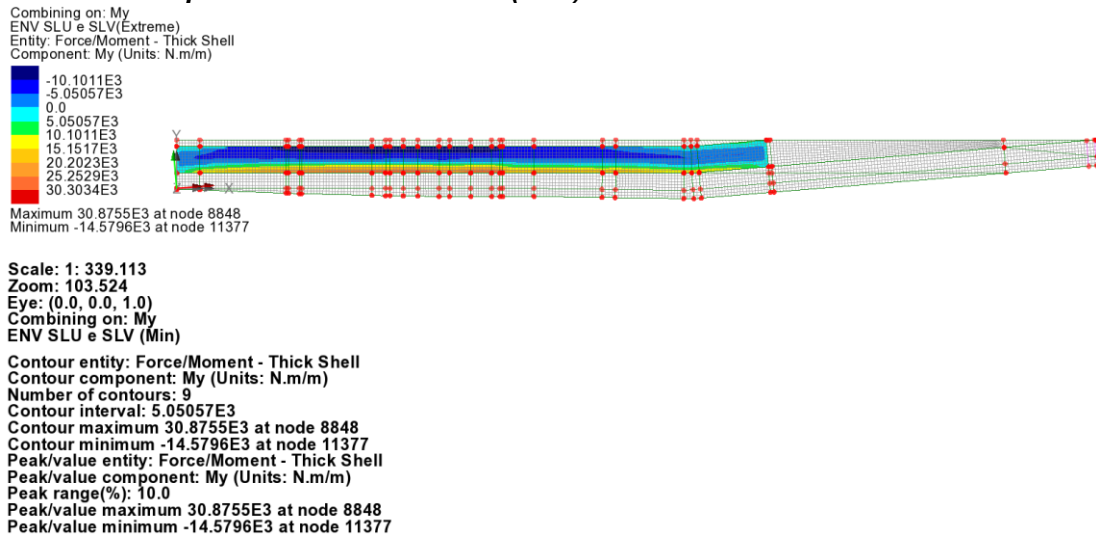


Figura 3-33 My in combinazione SLU/SLV

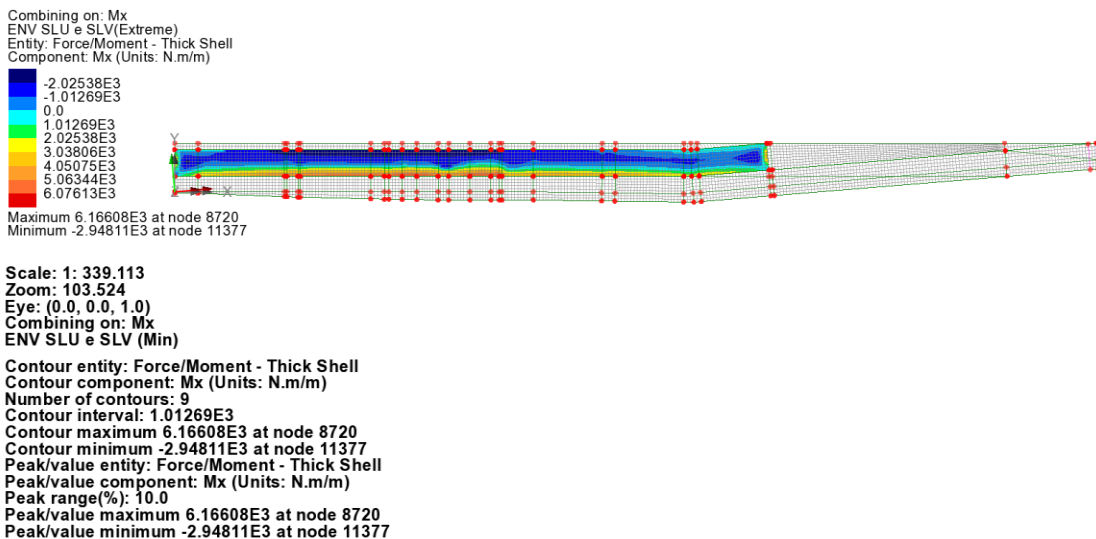
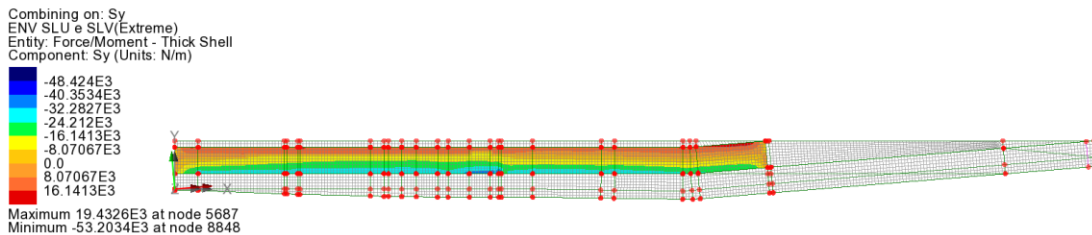
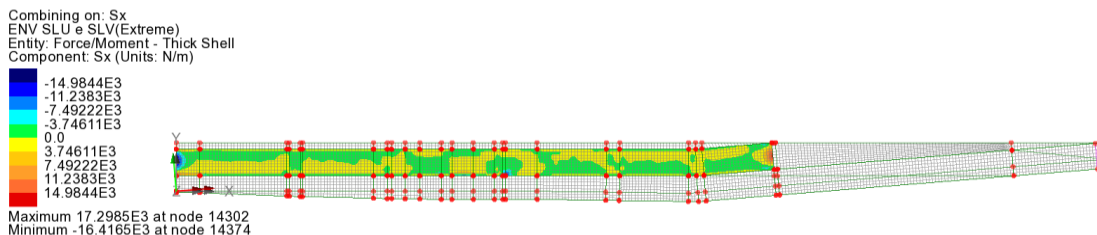


Figura 3-34 Mx in combinazione SLU/SLV



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 103.524  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Sy  
 ENV SLU e SLV (Min)  
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sy (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 8.07067E3  
 Contour maximum 19.4326E3 at node 5687  
 Contour minimum -53.2034E3 at node 8848  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 19.4326E3 at node 5687  
 Peak/value minimum -53.2034E3 at node 8848

Figura 3-35 Sy in combinazione SLU/SLV

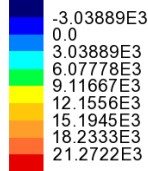


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 103.524  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Sx  
 ENV SLU e SLV (Min)  
 Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Sx (Units: N/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 3.74611E3  
 Contour maximum 17.2985E3 at node 14302  
 Contour minimum -16.4165E3 at node 14374  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sx (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 17.2985E3 at node 14302  
 Peak/value minimum -16.4165E3 at node 14374

Figura 3-36 Sx in combinazione SLU/SLV

### 3.5.4.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

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



Maximum 21.7837E3 at node 8848  
 Minimum -5.5663E3 at node 9300

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: My  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 3.03889E3  
 Contour maximum 21.7837E3 at node 8848  
 Contour minimum -5.5663E3 at node 9300

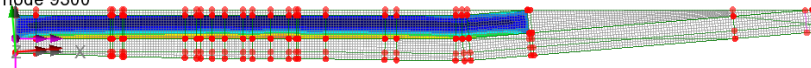
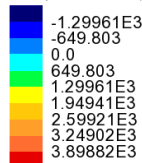


Figura 3-37 My in combinazione SLE Rara

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



Maximum 4.29772E3 at node 8720  
 Minimum -1.55051E3 at node 14378

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE rara (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 649.803  
 Contour maximum 4.29772E3 at node 8720  
 Contour minimum -1.55051E3 at node 14378

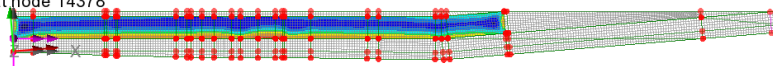
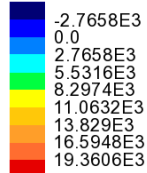


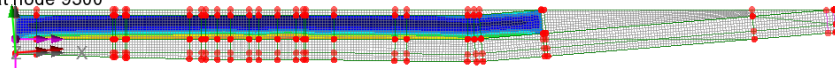
Figura 3-38 Mx in combinazione SLE Rara

3.5.4.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

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



Maximum 19.8408E3 at node 8848  
 Minimum -5.05143E3 at node 9300

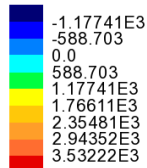


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: My  
 SLE frequente (Min)

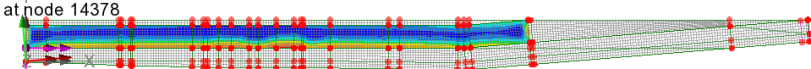
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 2.7658E3  
 Contour maximum 19.8408E3 at node 8848  
 Contour minimum -5.05143E3 at node 9300

Figura 3-39 My in combinazione SLE frequente

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



Maximum 3.91655E3 at node 8720  
 Minimum -1.38178E3 at node 14378



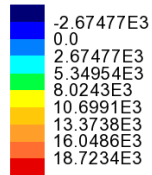
Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE frequente (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 588.703  
 Contour maximum 3.91655E3 at node 8720  
 Contour minimum -1.38178E3 at node 14378

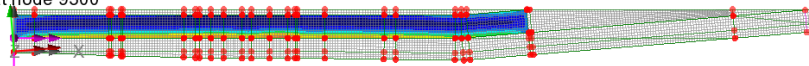
Figura 3-40 Mx in combinazione SLE frequente

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)



Maximum 19.1931E3 at node 8848  
 Minimum -4.87981E3 at node 9300

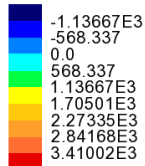


Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: My  
 SLE QP (Min)

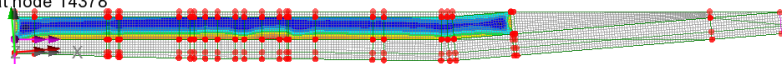
Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: My (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 2.67477E3  
 Contour maximum 19.1931E3 at node 8848  
 Contour minimum -4.87981E3 at node 9300

Figura 3-41 My in combinazione SLE QP

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



Maximum 3.78949E3 at node 8720  
 Minimum -1.32554E3 at node 14378



Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 54.0645  
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)  
 Combining on: Mx  
 SLE QP (Min)

Contour entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Contour component: Mx (Units: N.m/m)  
 Number of contours: 9  
 Contour interval: 568.337  
 Contour maximum 3.78949E3 at node 8720  
 Contour minimum -1.32554E3 at node 14378

Figura 3-42 Mx in combinazione SLE QP

3.5.4.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
<u>Rampe incastrate</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	6.17kNm	
			Min	-2.95kNm	
		My [kNm/m]	Max	30.88kNm	
			Min	-14.58kNm	
	Sx [kNm/m]	Max	17.3kNm		
		Sy [kNm/m]	Max	53.2kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	4.3kNm	
			Min	-1.55kNm	
		My [kNm/m]	Max	21.78kNm	
			Min	-5.57kNm	
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	3.92kNm	
			Min	-1.38kNm	
		My [kNm/m]	Max	19.84kNm	
			Min	-5.05kNm	
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	3.79kNm	
			Min	-1.33kNm	
My [kNm/m]		Max	19.19kNm		
		Min	-4.88kNm		

### 3.5.5 PARETI TRASVERSALI

#### 3.5.5.1 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)

-48.3375E3  
 -38.67E3  
 -29.0025E3  
 -19.335E3  
 -9.6675E3  
 0.0  
 9.6675E3  
 19.335E3  
 29.0025E3

Maximum 32.5077E3 at node 2588  
 Minimum -54.4998E3 at node 12697

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 162.898  
 Eye: (-0.434714, -0.752919, 0.494102)  
 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: 9.6675E3  
 Contour maximum 32.5077E3 at node 2588  
 Contour minimum -54.4998E3 at node 12697  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 32.5077E3 at node 2588  
 Peak/value minimum -54.4998E3 at node 12697

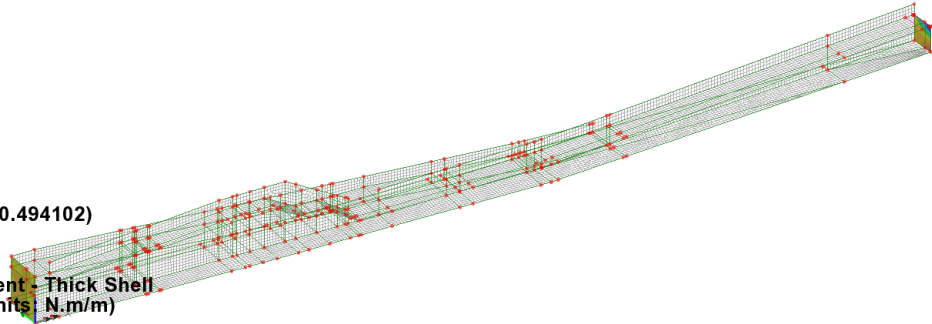


Figura 3-43 My in combinazione SLU/SLV

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

-5.60571E3  
 -3.67047E3  
 -1.83524E3  
 0.0  
 1.83524E3  
 3.67047E3  
 5.60571E3  
 7.34094E3  
 9.17618E3

Maximum 9.47252E3 at node 9518  
 Minimum -7.0446E3 at node 12699

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 162.898  
 Eye: (-0.434714, -0.752919, 0.494102)  
 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: 1.83524E3  
 Contour maximum 9.47252E3 at node 9518  
 Contour minimum -7.0446E3 at node 12699  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 9.47252E3 at node 9518  
 Peak/value minimum -7.0446E3 at node 12699

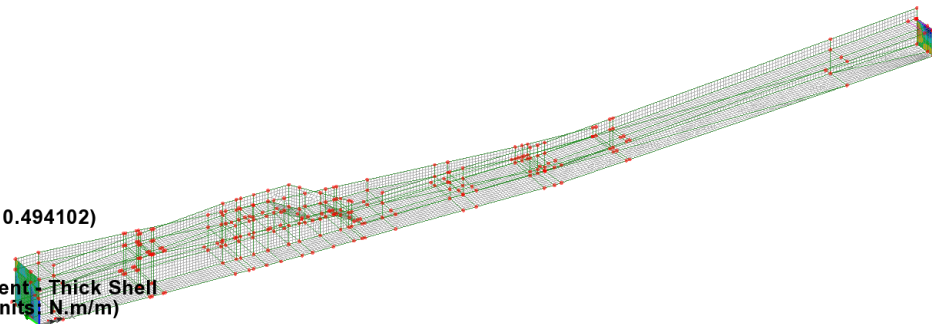


Figura 3-44 Mx in combinazione SLU/SLV

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

-72.7287E3  
 -68.183E3  
 -43.6372E3  
 -29.0915E3  
 -14.5457E3  
 0.0  
 14.5457E3  
 29.0915E3  
 43.6372E3

Maximum 43.692E3 at node 8412  
 Minimum -87.2197E3 at node 7707

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 162.898  
 Eye: (-0.434714, -0.752919, 0.494102)  
 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: 14.5457E3  
 Contour maximum 43.692E3 at node 8412  
 Contour minimum -87.2197E3 at node 7707  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sy (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 43.692E3 at node 8412  
 Peak/value minimum -87.2197E3 at node 7707

Figura 3-45 Sy in combinazione SLU/SLV

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

-23.2882E3  
 -18.5254E3  
 -7.76272E3  
 0.0  
 7.76272E3  
 18.5254E3  
 23.2882E3  
 31.0509E3  
 38.8136E3

Maximum 42.1135E3 at node 12697  
 Minimum -27.7509E3 at node 11694

Scale: 1: 453.932  
 Zoom: 162.898  
 Eye: (-0.434714, -0.752919, 0.494102)  
 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: 7.76272E3  
 Contour maximum 42.1135E3 at node 12697  
 Contour minimum -27.7509E3 at node 11694  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Sx (Units: N/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 42.1135E3 at node 12697  
 Peak/value minimum -27.7509E3 at node 11694

Figura 3-46 Sx in combinazione SLU/SLV

### 3.5.5.2 Azioni interne per la combinazione SLE Rara

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

-34.3656E3  
 -27.4925E3  
 -20.6194E3  
 -13.7462E3  
 -6.87312E3  
 0.0  
 6.87312E3  
 13.7462E3  
 20.6194E3

Maximum 23.1385E3 at node 2588  
 Minimum -38.7195E3 at node 12697

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 112.0  
 Eye: (-0.538172, -0.808779, 0.237165)  
 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: 6.87312E3  
 Contour maximum 23.1385E3 at node 2588  
 Contour minimum -38.7195E3 at node 12697  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: My (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 23.1385E3 at node 2588  
 Peak/value minimum -38.7195E3 at node 12697

Figura 3-47 My in combinazione SLE Rara



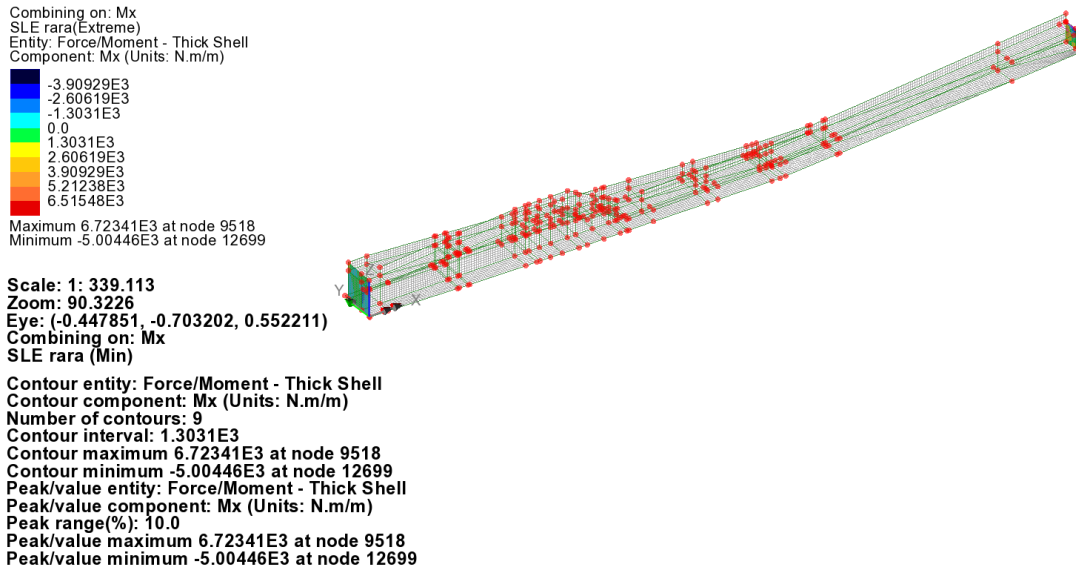


Figura 3-48 Mx in combinazione SLE Rara

### 3.5.5.3 Azioni interne per la combinazione SLE frequente

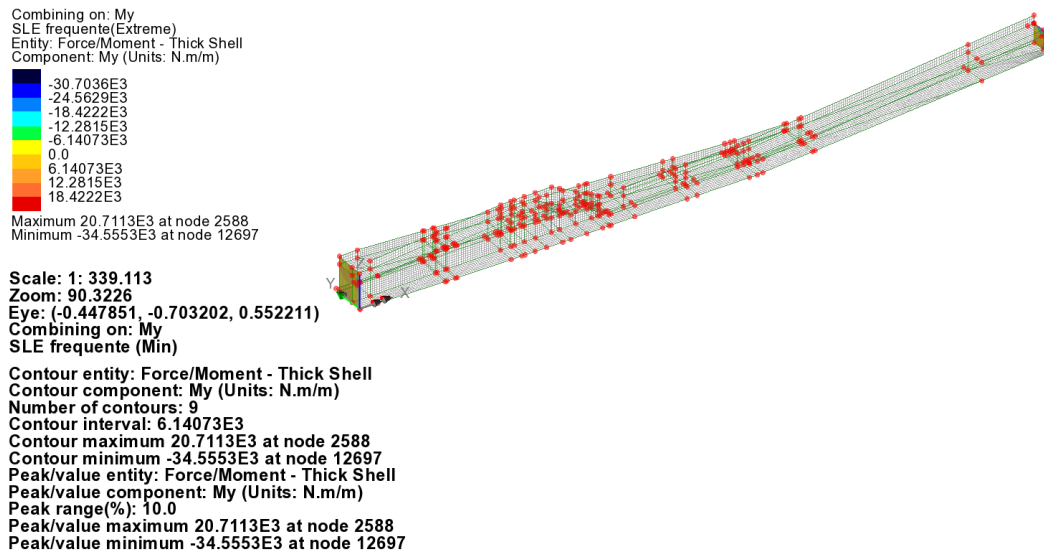


Figura 3-49 My in combinazione SLE frequente

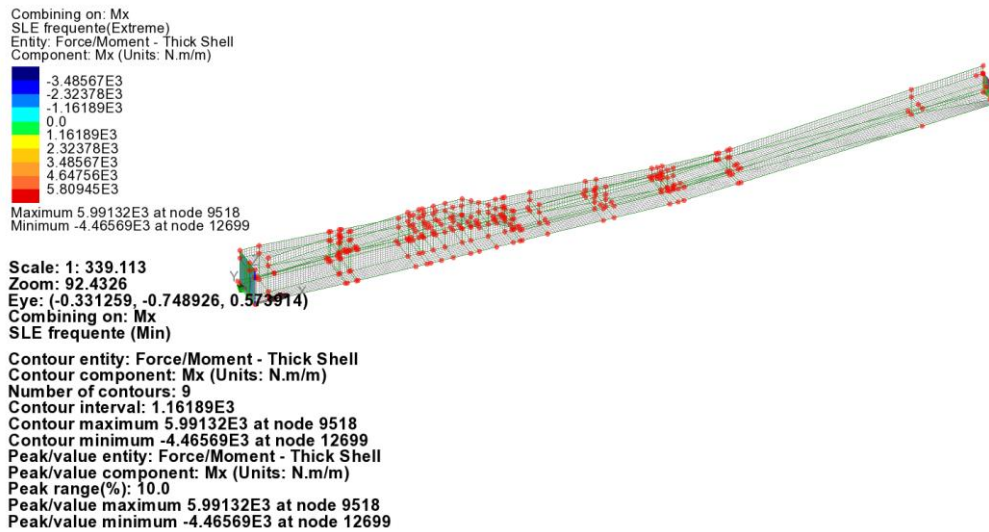


Figura 3-50 Mx in combinazione SLE frequente

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

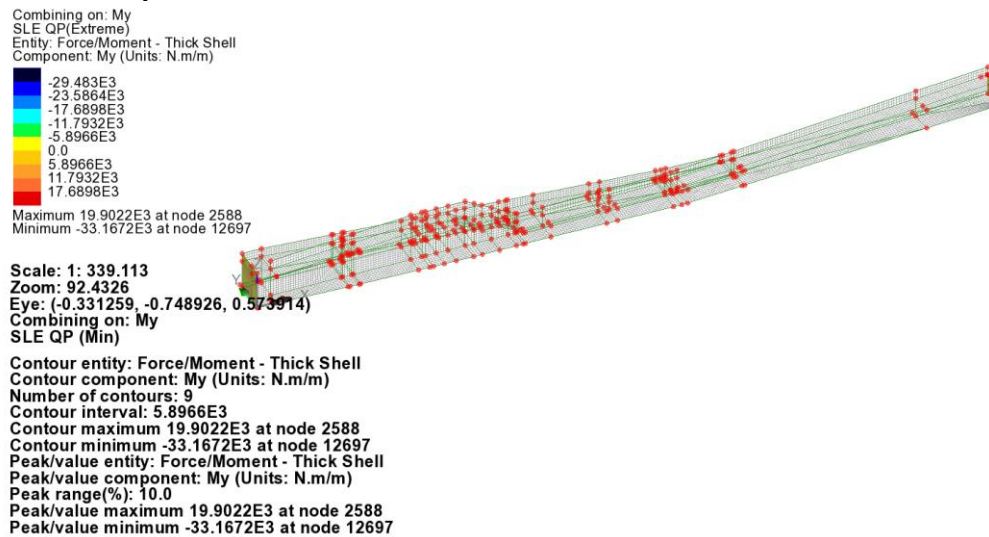
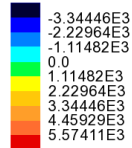


Figura 3-51 My in combinazione SLE QP

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



Maximum 5.74729E3 at node 9518  
 Minimum -4.2861E3 at node 12699

Scale: 1: 339.113  
 Zoom: 92.4326  
 Eye: (-0.331259, -0.748926, 0.573914)  
 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: 1.11482E3  
 Contour maximum 5.74729E3 at node 9518  
 Contour minimum -4.2861E3 at node 12699  
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick Shell  
 Peak/value component: Mx (Units: N.m/m)  
 Peak range(%): 10.0  
 Peak/value maximum 5.74729E3 at node 9518  
 Peak/value minimum -4.2861E3 at node 12699

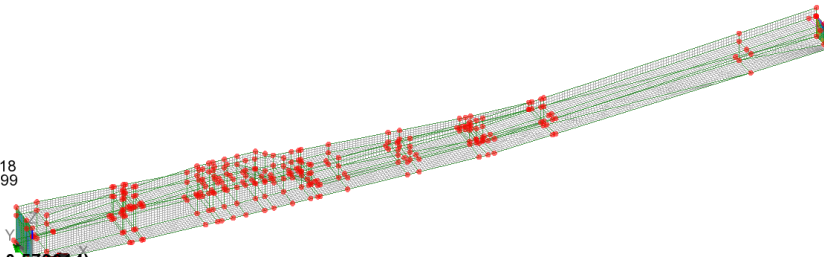


Figura 3-52 Mx in combinazione SLE QP

3.5.5.5 Riepilogo azioni interne

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)
Pareti trasversali	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	9.47kNm	
			Min	-7.04kNm	
		My [kNm/m]	Max	32.51kNm	
			Min	-54.50kNm	-44.07kNm
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	6.72kNm	
			Min	-5.00kNm	
		My [kNm/m]	Max	23.14kNm	
			Min	-38.72kNm	-31.53kNm
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	5.99kNm	
			Min	-4.47kNm	
		My [kNm/m]	Max	20.72kNm	
			Min	-34.56kNm	-28.15kNm
S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	5.75kNm		
		Min	-4.29kNm		
	My [kNm/m]	Max	19.90kNm		
		Min	-33.17kNm	-26.82kNm	

## 4 VERIFICHE

### 4.1 VERIFICHE FLESSIONALI E TAGLIANTI

#### 4.1.1 PARETE CENTRALE

Armature disposte:

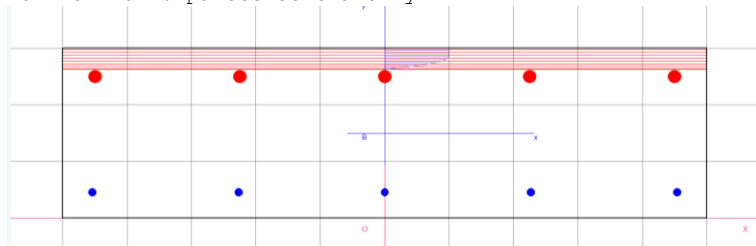
- $\phi 12/20$  disposte orizzontalmente su entrambi i lati;
- $\phi 20/20$  disposti verticalmente dal lato opposto rispetto alla spalla della galleria fonica;
- $\phi 12/20$  disposti verticalmente dal lato rivolto verso la spalla della galleria fonica.

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	$M_{Rd}/S_{Rd}$	c.s.
Muro centrale	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	21.86kNm		$\phi 12/20$	63.09kNm	2.886
			Min	-52.22kNm	-35.22kNm	$\phi 12/20$	-59.50kNm	1.139
		My [kNm/m]	Max	16.76kNm		$\phi 12/20$	65.75kNm	3.923
			Min	-	-109.96kNm	-91kNm	$\phi 20/20$	-
		Sx [kNm/m]	Max	138.55kN	82.32kN	-	129.36kN	
		Sy [kNm/m]	Max	218.7kN	108.96kN	-	136.67kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	15.32kNm				
			Min	-36.74kNm				
		My [kNm/m]	Max	7.85kNm				
			Min	-77.44kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	14.28kNm				
			Min	-33.84kNm				
		My [kNm/m]	Max	7.56kNm				
			Min	-71.09kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	13.94kNm				
			Min	-32.87kNm				
		My [kNm/m]	Max	7.44kNm				
			Min	-68.97kNm				

### 4.1.1.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: parete centrale My



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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

**CONGLOMERATO - Classe: C35/45**  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198.30 daN/cm<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 : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø20 (15.7 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf. (dal baric. barre) : 4.6 cm  
 Copriferro barre sup. (dal baric. barre) : 5.0 cm

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N.Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	1676	10	0
2	0	-10996	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	785
2	0	-7744

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	756
2	0	-7109

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	744
2	0	-6897

RISULTATI DEL CALCOLO

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,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)= 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	1676	12	6575	3.923	26.3	0.15	0.70
2	S	0	-10996	5	-14446	1.314	4.1	0.16	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	-0.00856	30.0	-0.00119	25.0	-0.02033	4.6
2	0.00350	-0.00743	0.0	-0.00041	4.6	-0.01776	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	11.2	30.0	0.0	30.0	-596	25.0	13.0	1300	5.7	16.8
2	S	76.2	0.0	0.0	0.0	-2238	4.6	19.0	1900	15.7	22.7

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	4.4	-4.7	-0.7	0.145	1.0	0.000119	273	0.055
2	S	46.5	-43.8	0.0	0.125	1.0	0.000519	246	0.217

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	10.7	30.0	0.0	30.0	-574	25.0	13.0	1300	5.7	16.8
2	S	69.9	0.0	0.0	0.0	-2054	4.6	19.0	1900	15.7	22.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	4.3	-4.5	-0.7	0.145	0.5	0.000115	273	0.053
2	S	42.7	-40.3	0.0	0.125	0.5	0.000700	246	0.293

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	10.6	30.0	0.0	30.0	-565	25.0	13.0	1300	5.7	16.8
2	S	67.9	0.0	0.0	0.0	-1993	4.6	19.0	1900	15.7	22.7

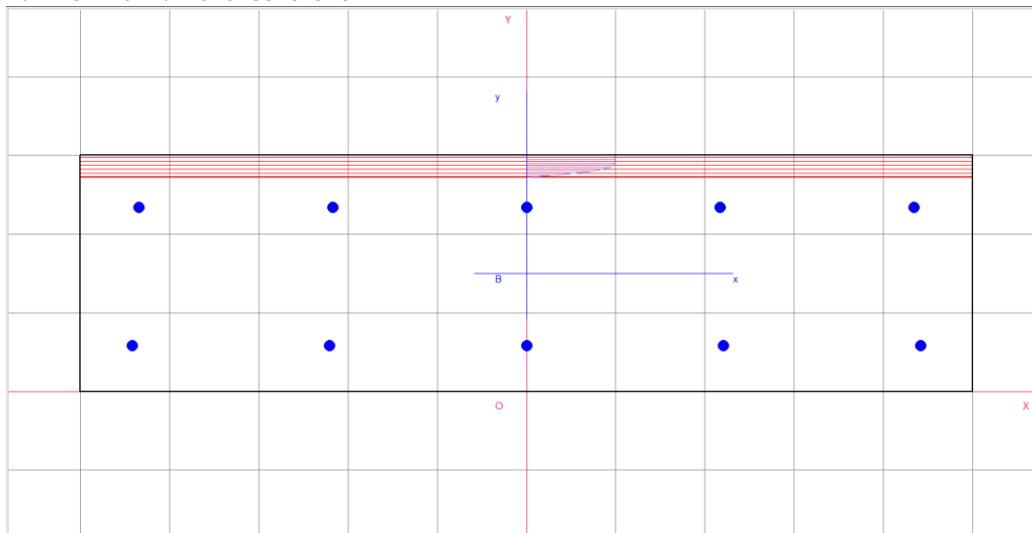
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	4.2	-4.5	-0.7	0.145	0.5	0.000113	273	0.052
2	S	41.4	-39.1	0.0	0.125	0.5	0.000660	246	0.276

### 4.1.1.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Muro centrale Mx



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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198,30 daN/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 : 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) : 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	2186	10	0
2	0	-5222	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	1532
2	0	-3674

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	1428
2	0	-3384

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	1394
2	0	-3287

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5,2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 16,4 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4,4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.

x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5,7 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	2186	11	6309	2,886	27,2	0,11	0,70
2	S	0	-5222	-28	-5950	1,139	2,8	0,12	0,70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0,00350	-0,01270	30,0	-0,00481	23,4	-0,02699	5,8
2	0,00350	-0,01271	0,0	-0,00381	5,8	-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	9,7	30,0	-9,6	30,0	-89	23,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	23,1	0,0	-23,2	0,0	-195	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	9,0	30,0	-9,0	30,0	-83	23,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	21,3	0,0	-21,3	0,0	-179	5,8	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	8,8	30,0	-8,8	30,0	-81	23,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	20,7	0,0	-20,7	0,0	-174	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

### 4.1.1.3 Azione tagliante $S_y$

#### 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  $d$  254 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  228.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  300000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho$  0.00223 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  108.96 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  108.96 [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);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  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	108.96	136.37

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.1.1.4 Azione tagliante $S_x$

#### DATI GENERALI

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45  
 Resistenza compress. caratteristica  $f_{ck}$ : 35 [MPa]  
 Resistenza compress. di calcolo  $f_{cd}$ : 19.83 [MPa]  
 $\alpha_{cc}$ : 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  $\rho_l$  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  $V_{tEd}$  82.32 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  82.32 [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]
0.55	82.32	129.36

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

#### 4.1.2 PARETE LATERALE

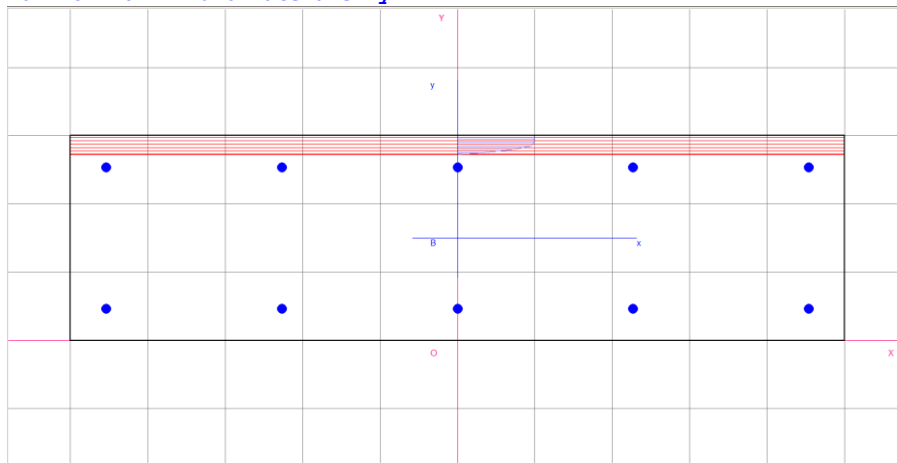
Armature disposte:

- $\phi 12/20$  disposte orizzontalmente e verticalmente su entrambi i lati;

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	$M_{Rd}/S_{Rd}$	c.s.
Parete laterale	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	4.22kNm	61.32kNm	$\phi 12/20$	61.32kNm	14.530
			Min	-7.54kNm	-61.32kNm	$\phi 12/20$	- 61.32kNm	8.132
		My [kNm/m]	Max	18.19kNm	61.32kNm	$\phi 12/20$	61.32kNm	3.371
			Min	-37.83kNm	-61.32kNm	$\phi 12/20$	- 61.32kNm	1.621
		Sx [kNm/m]	Max	18.1kN		-	132.18kN	
	Sy [kNm/m]	Max	53.41kN		-	136.67kN		
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	1.22kNm				
			Min	-3.40kNm				
		My [kNm/m]	Max	1.62kNm				
			Min	-17.15kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	1.14kNm				
			Min	-3.03kNm				
		My [kNm/m]	Max	1.62kNm				
			Min	-15.33kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	1.12kNm				
			Min	-2.91kNm				
My [kNm/m]		Max	1.61kNm					
		Min	-14.72kNm					

#### 4.1.2.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: Muro laterale 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 : 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	1819	0	0
2	0	-3783	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	162
2	0	-1715

**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	162
2	0	-1533

**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	161
2	0	-1472

**RISULTATI DEL CALCOLO**

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

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yneutro	Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,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	1819	11	6132	3,371	27,2	0,11	0,70
2	S	0	-3783	11	-6132	1,621	2,8	0,11	0,70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

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

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm <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	1,0	30,0	-1,0	30,0	-10	25,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	10,6	0,0	-10,6	0,0	-110	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	1,0	30,0	-1,0	30,0	-10	25,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	9,4	0,0	-9,4	0,0	-98	4,6	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	1,0	30,0	-1,0	30,0	-10	25,4	0,0	0	0,0	0,0
2	S	9,1	0,0	-9,1	0,0	-94	4,6	0,0	0	0,0	0,0

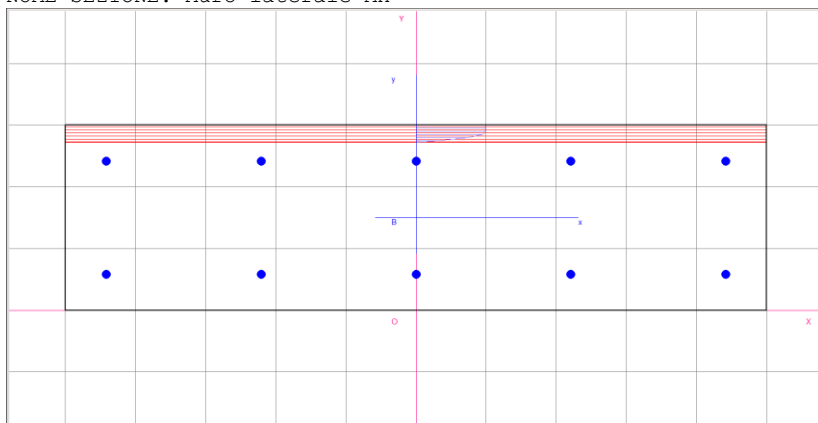
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

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

4.1.2.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Muro laterale 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) : 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	422	10	0
2	0	-754	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	122
2	0	-340

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	114
2	0	-303

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	112
2	0	-291

RISULTATI DEL CALCOLO

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

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 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	422	11	6132	14,530	27,2	0,11	0,70
2	S	0	-754	11	-6132	8,132	2,8	0,11	0,70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

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

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [daN/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	0,8	30,0	-0,8	30,0	-7	24,2	0,0	0	0,0	0,0
2	S	2,1	0,0	-2,1	0,0	-20	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	0,7	30,0	-0,7	30,0	-7	24,2	0,0	0	0,0	0,0
2	S	1,9	0,0	-1,9	0,0	-17	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	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	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	0,7	30,0	-0,7	30,0	-6	24,2	0,0	0	0,0	0,0
2	S	1,8	0,0	-1,8	0,0	-17	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	0,0	0,000000	0	0,000
2	S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000000	0	0,000

#### 4.1.2.3 Azione tagliante Sy

##### DATI GENERALI

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

##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  300 [mm]  
 Altezza utile  $d$  254 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  228.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  300000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho$  0.00223 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  53.41 [kN]  
 Controttaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  53.41 [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

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

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

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	53.41	136.37

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.1.2.4 Azione tagliante $S_x$

#### DATI GENERALI

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

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

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

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

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

Taglio di progetto  $V_{Ed}$  18.1 [kN]  
 Controttaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  18.1 [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:

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

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	18.1	132.18

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.1.3 RAMPE A SBALZO

Armature disposte:

- $\phi 22/20$  disposte all'estradosso nella direzione dello sbalzo;
- $\phi 12/20$  disposte all'intradosso nella direzione dello sbalzo;
  
- $\phi 16/20$  disposte all'estradosso nella direzione perpendicolare allo sbalzo;
- $\phi 12/20$  disposte all'intradosso nella direzione perpendicolare allo sbalzo;

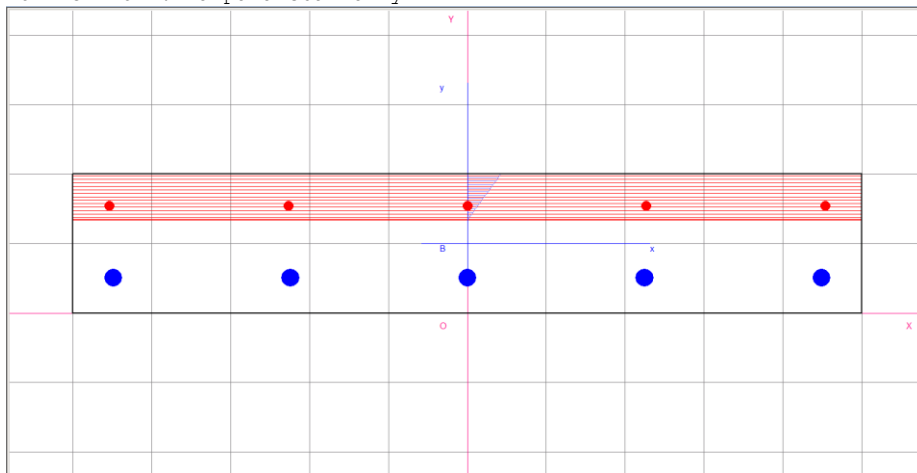
	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	$M_{Rd}/S_{Rd}$	c.s.
<u>Rampe a sbalzo</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	53.14kNm	43.19kNm	$\phi 16/20$	53.92kNm	1.248
			Min	-10.32kNm		$\phi 12/20$	- 49.14kNm	4.761
		My [kNm/m]	Max	62.23kNm		$\phi 22/20$	96.44kNm	1.55
			Min	-5.80kNm		$\phi 12/20$	- 44.57kNm	7.684
		Sx [kNm/m]	Max	147.98kN	48.88kN		83.16	
		Sy [kNm/m]	Max	197.59kN	84.03kN		90.19kN	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	37.75kNm	30.69kNm			
			Min	-7.33kNm				
		My [kNm/m]	Max	44.19kNm				
			Min	-4.13kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	33.70kNm	25.35kNm			
			Min	-6.63kNm				
		My [kNm/m]	Max	39.42kNm				
			Min	-3.70kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	32.34kNm	22.28kNm			
			Min	-6.40kNm				
My [kNm/m]		Max	37.83kNm					
		Min	-3.55kNm					



### 4.1.3.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa a sbalzo 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: 20,0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø22 (19,0 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm<sup>2</sup>)

Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 5,1 cm  
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 4,6 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	6223	10	0
2	0	-580	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	4419
2	0	-413

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	3942
2	0	-370

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	3783
2	0	-355

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4,0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8,6 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 $\geq 1.000$
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)= 19,0 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	6223	-17	9644	1,550	15,4	0,31	0,83
2	S	0	-580	-9	-4457	7,684	3,9	0,25	0,76

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	-0,00299	20,0	0,00001	15,4	-0,00779	5,1
2	0,00350	-0,00418	0,0	-0,00107	5,1	-0,01030	15,4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm <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	98,9	20,0	0,0	20,0	-1857	15,4	20,5	2050	19,0	22,5
2	S	14,5	0,0	0,0	0,0	-506	5,1	13,0	1300	5,7	16,8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm <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	60,8	-56,1	0,0	0,125	1,0	0,000625	244	0,259
2	S	5,2	-5,7	0,0	0,125	1,0	0,000101	252	0,043

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	88,2	20,0	0,0	20,0	-1657	15,4	20,5	2050	19,0	22,5
2	S	13,0	0,0	0,0	0,0	-454	5,1	13,0	1300	5,7	16,8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	54,2	-50,1	0,0	0,125	0,5	0,000658	244	0,272
2	S	4,7	-5,1	0,0	0,125	0,5	0,000091	252	0,039

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	84,7	20,0	0,0	20,0	-1590	15,4	20,5	2050	19,0	22,5
2	S	12,5	0,0	0,0	0,0	-435	5,1	13,0	1300	5,7	16,8

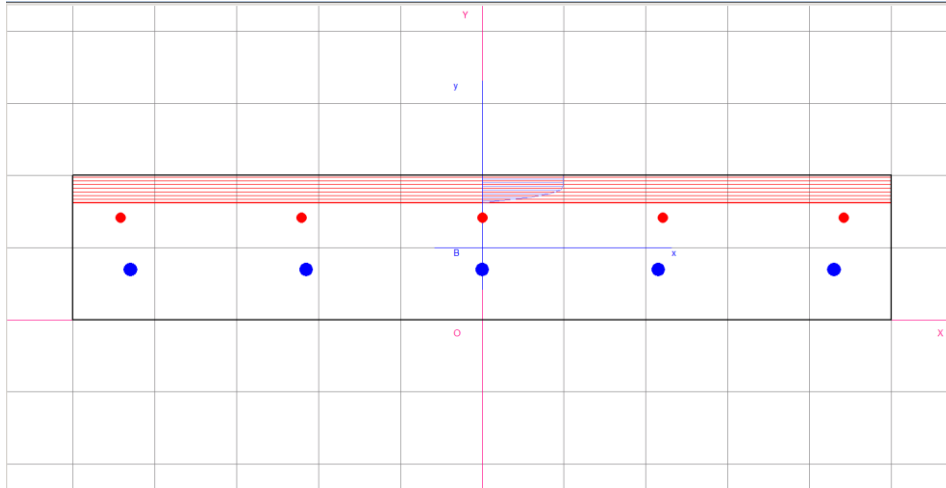
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	52,0	-48,0	0,0	0,125	0,5	0,000617	244	0,256
2	S	4,5	-4,9	0,0	0,125	0,5	0,000087	252	0,037

**4.1.3.2 Momento flettente Mx**

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa a sbalzo 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: 20,0 cm  
 Barre inferiori : 5Ø16 (10,1 cm<sup>2</sup>)  
 Barre superiori : 5Ø12 (5,7 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 7,0 cm  
 Copriferro barre sup.(dal baric. barre) : 5,8 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione			
<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>Vy</u>	<u>MT</u>
1	0	4319	10	0
2	0	-1032	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	3069
2	0	-733

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	2535
2	0	-663

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	2228
2	0	-640

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5,2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 5,8 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)= 10,1 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	4319	9	5392	1,248	16,2	0,29	0,80
2	S	0	-1032	-20	-4914	4,761	3,8	0,27	0,78

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	-0,00443	20,0	-0,00187	14,2	-0,00853	7,0
2	0,00350	-0,00433	0,0	-0,00290	7,0	-0,00947	14,2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/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	111,4	20,0	0,0	20,0	-2644	14,2	18,2	1820	10,1	21,5
2	S	29,3	0,0	0,0	0,0	-871	7,0	14,2	1420	5,7	16,8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/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	44,3	-44,0	0,0	0,125	1,0	0,000617	312	0,327
2	S	10,5	-10,6	0,0	0,125	1,0	0,000174	288	0,085

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	92,0	20,0	0,0	20,0	-2184	14,2	18,2	1820	10,1	21,5

2	S	26,5	0,0	0,0	0,0	-788	7,0	14,2	1420	5,7	16,8
---	---	------	-----	-----	-----	------	-----	------	------	-----	------

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	36,6	-36,3	0,0	0,125	0,5	0,000665	312	0,353
2	S	9,5	-9,6	0,0	0,125	0,5	0,000158	288	0,077

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	80,8	20,0	0,0	20,0	-1920	14,2	18,2	1820	10,1	21,5
2	S	25,6	0,0	0,0	0,0	-760	7,0	14,2	1420	5,7	16,8

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

1	S	32,2	-31,9	0,0	0,125	0,5	0,000474	312	0,251
2	S	9,2	-9,2	0,0	0,125	0,5	0,000152	288	0,075

**4.1.3.3 Azione tagliante Sy**

DATI GENERALI

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  200 [mm]  
 Altezza utile  $d$  154 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  138.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  200000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho$  0.00367 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  84.03 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  84.03 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

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

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

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

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

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

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

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

e dove

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

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

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

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

## RISULTATI DEL CALCOLO

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

$v_{min}$ [MPa]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	84.03	90.19

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.1.3.4 Azione tagliante $S_x$

#### DATI GENERALI

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  200 [mm]  
 Altezza utile  $d$  142 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  127.8 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  200000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{sl}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00398 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  48.88 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  48.88 [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

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

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

e dove

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

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

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

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

## RISULTATI DEL CALCOLO

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

$v_{\min}$ [MPa]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	48.88	83.16

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

#### 4.1.4 RAMPE INCASTRATE

Armature disposte:

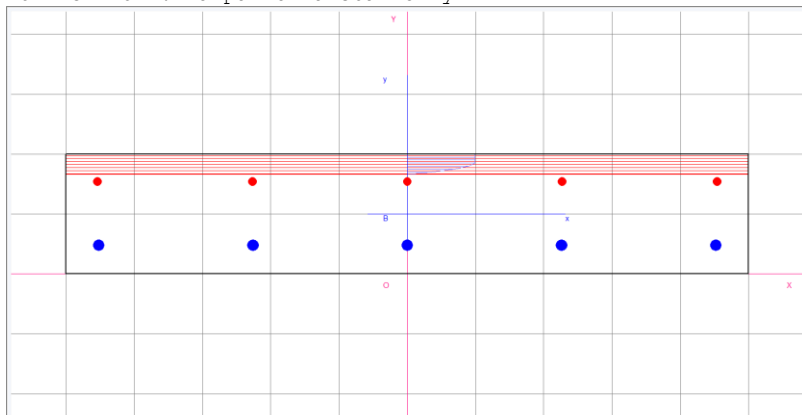
- $\phi 16/20$  disposte all'estradosso in direzione trasversale;
- $\phi 12/20$  disposte all'intradosso in direzione trasversale;
  
- $\phi 12/20$  disposte all'estradosso in direzione longitudinale;
- $\phi 12/20$  disposte all'intradosso in direzione longitudinale;

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
Rampe incastrate	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	6.17kNm		$\phi 12/20$	38.30kNm	6.207
			Min	-2.95kNm		$\phi 12/20$	- 40.06kNm	13.581
		My [kNm/m]	Max	30.88kNm		$\phi 16/20$	58.96kNm	1.909
			Min	-14.58kNm		$\phi 12/20$	- 41.67kNm	2.858
		Sx [kNm/m]	Max	17.3kNm		-	80.82kN	4.67
		Sy [kNm/m]	Max	53.2kN		-	90.19kN	1.69
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	4.3kNm				
			Min	-1.55kNm				
		My [kNm/m]	Max	21.78kNm				
			Min	-5.57kNm				
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	3.92kNm				
			Min	-1.38kNm				
		My [kNm/m]	Max	19.84kNm				
			Min	-5.05kNm				
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	3.79kNm				
			Min	-1.33kNm				
		My [kNm/m]	Max	19.19kNm				
			Min	-4.88kNm				

#### 4.1.4.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa non a sbalzo 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 : 5Ø12 (5.7 cm<sup>2</sup>)  
 Copriferro barre inf.(dal baric. barre) : 4.8 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	3088	10	0
2	0	-1458	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	2178
2	0	-557

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	1984
2	0	-505

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	1919
2	0	-488

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 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 $\geq 1.000$								
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)= 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	3088	15	5896	1.909	16.6	0.22	0.72
2	S	0	-1458	13	-4167	2.858	3.3	0.22	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	-0.00543	20.0	-0.00129	15.4	-0.01233	4.8
2	0.00350	-0.00552	0.0	-0.00155	4.8	-0.01270	15.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm <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	30.2	20.0	-29.3	20.0	-226	15.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	7.5	0.0	-7.7	0.0	-63	4.8	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	27.5	20.0	-26.7	20.0	-206	15.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	6.8	0.0	-7.0	0.0	-57	4.8	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	26.6	20.0	-25.8	20.0	-199	15.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	6.6	0.0	-6.8	0.0	-55	4.8	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

**4.1.4.2 Momento flettente Mx**

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: rampa non a sbalzo 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: 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) : 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	617	10	0
2	0	-295	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	430
2	0	-155

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	392
2	0	-138

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	379
2	0	-133

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
 Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5.7 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	617	13	3830	6.207	17.2	0.20	0.70
2	S	0	-295	4	-4006	13.581	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	-0.00381	14.2	-0.01388	6.2
2	0.00350	-0.00730	0.0	-0.00431	6.2	-0.01439	14.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/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	6.2	20.0	-6.2	20.0	-35	14.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	2.2	0.0	-2.2	0.0	-14	6.2	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	5.6	20.0	-5.7	20.0	-32	14.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	2.0	0.0	-2.0	0.0	-12	6.2	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	5.5	20.0	-5.5	20.0	-31	14.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	1.9	0.0	-1.9	0.0	-12	6.2	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	0.0	0.000000	0	0.000
2	S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0	0.000

**4.1.4.3 Azione tagliante Sy**

DATI GENERALI

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  200 [mm]  
 Altezza utile  $d$  154 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  138.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  200000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00367 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  53.2 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  53.2 [kN]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

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

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

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

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

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

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

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

e dove

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

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

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

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

## RISULTATI DEL CALCOLO

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

$v_{min}$ [MPa]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	53.2	90.19

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

#### 4.1.4.4 Azione tagliante $S_x$

##### DATI GENERALI

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

##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45  
 Resistenza compress. caratteristica  $f_{ck}$ : 35 [MPa]  
 Resistenza compress. di calcolo  $f_{cd}$ : 19.83 [MPa]  
 $\alpha_{cc}$ : 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  $\rho_l$  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  $V_{tEd}$  17.3 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  17.3 [kN]

##### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

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

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

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

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

con

$f_{ck}$  espresso in MPa

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

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

e dove

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

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

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

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

## RISULTATI DEL CALCOLO

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

$v_{\min}$ [MPa]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]
0.59	17.3	80.82

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

#### 4.1.5 PARETI TRASVERSALI

Armature disposte:

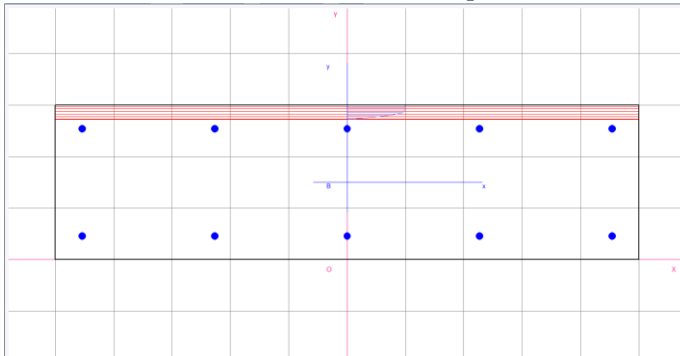
- $\phi 12/20$  disposte in entrambe le direzioni, sia ad estradosso che ad intradosso;

	Combinazione di progetto			Soll. di progetto (Valori di picco)	Soll. di progetto (Valori mediati)	Armature	Mrd/Srd	c.s.
<u>Muri trasversali</u>	S.L.U./S.L.V.	Mx [kNm/m]	Max	9.47kNm		$\phi 12/20$	61.32kNm	6.475
			Min	-7.04kNm		$\phi 12/20$	61.32kNm	8.710
		My [kNm/m]	Max	32.51kNm		$\phi 12/20$	61.22kNm	1.886
			Min	-54.50kNm	-44.07kNm	$\phi 12/20$	-	-
		Sx [kNm/m]	Max	42.11kN			132.18kN	1.56
	Sy [kNm/m]	Max	87.22kN			136.37kN	3.14	
	S.L.E. rara	Mx [kNm/m]	Max	6.72kNm				
			Min	-5.00kNm				
		My [kNm/m]	Max	23.14kNm				
			Min	-38.72kNm	-31.53kNm			
	S.L.E. freq.	Mx [kNm/m]	Max	5.99kNm				
			Min	-4.47kNm				
		My [kNm/m]	Max	20.72kNm				
			Min	-34.56kNm	-28.15kNm			
	S.L.E. Q.P.	Mx [kNm/m]	Max	5.75kNm				
			Min	-4.29kNm				
		My [kNm/m]	Max	19.90kNm				
			Min	-33.17kNm	-26.82kNm			

#### 4.1.5.1 Momento flettente My

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: muri trasversali My



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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C35/45  
 Resis. compr. di calcolo fcd : 198.30 daN/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: 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) : 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	3251	10	0
2	0	-4407	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	2314
2	0	-3153

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	2072
2	0	-2815

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	1990
2	0	-2682

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.6 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,0 sez.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5.7 cm<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	3251	11	6132	1.886	27.2	0.11	0.70
2	S	0	-4407	11	-6132	1.391	2.8	0.11	0.70

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.01270	30.0	-0.00230	25.4	-0.02850	4.6
2	0.00350	-0.01270	0.0	-0.00230	4.6	-0.02850	25.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm <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	14.3	30.0	-14.3	30.0	-148	25.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	19.4	0.0	-19.4	0.0	-202	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	12.8	30.0	-12.8	30.0	-133	25.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	17.4	0.0	-17.4	0.0	-180	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

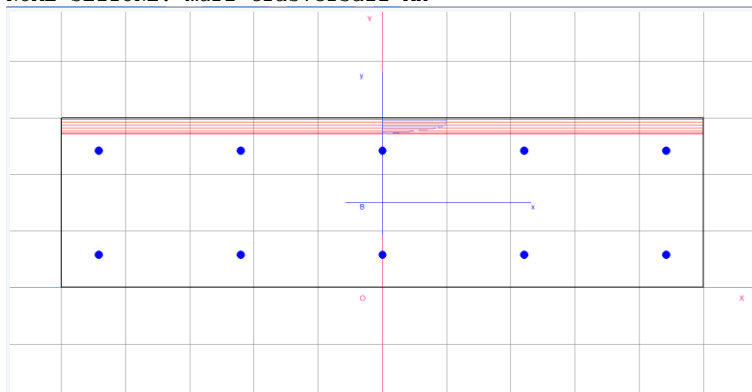
N.Comb.	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Yf min	Dw Eff.	Ac eff.	Af eff.	Dbarre
1	S	12.3	30.0	-12.3	30.0	-128	25.4	0.0	0	0.0	0.0
2	S	16.5	0.0	-16.5	0.0	-172	4.6	0.0	0	0.0	0.0

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

4.1.5.2 Momento flettente Mx

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.  
 NOME SEZIONE: muri trasversali Mx



Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Tipologia sezione: Sezione predefinita  
 Forma della sezione: Rettangolare  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'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 : 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	947	10	0
2	0	-704	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	672
2	0	-500

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	599
2	0	-447

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	575
2	0	-429

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.2 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 4.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

Yneutro Ordinata [in cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità a rottura misurato in presenza di sola flessione (travi)  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue  
Area efficace barre inf. (per presenza di torsione)= 5.7 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	947	11	6132	6.475	27.2	0.11	0.70
2	S	0	-704	11	-6132	8.710	2.8	0.11	0.70

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

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

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Yc max	ef min	Yf min	ef max	Yf max
1	0.00350	-0.01270	30.0	-0.00381	24.2	-0.02699	5.8
2	0.00350	-0.01270	0.0	-0.00381	5.8	-0.02699	24.2

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/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	4.2	30.0	-4.2	30.0	-39	24.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	3.1	0.0	-3.1	0.0	-29	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	3.8	30.0	-3.8	30.0	-35	24.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	2.8	0.0	-2.8	0.0	-26	5.8	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	3.6	30.0	-3.6	30.0	-33	24.2	0.0	0	0.0	0.0
2	S	2.7	0.0	-2.7	0.0	-25	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

### 4.1.5.3 Azione tagliante Sy

#### DATI GENERALI

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base  $b_w$  1000 [mm]  
 Altezza  $H$  300 [mm]  
 Altezza utile  $d$  254 [mm]  
 Braccio della coppia interna  $z$  228.6 [mm]  
 Area di calcestruzzo  $A_c$  300000 [mm<sup>2</sup>]  
 Area tesa longitudinale  $A_{st}$  565.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Rapporto geometrico  $\rho_l$  0.00223 [-]  
 $C_{Rd,c}$  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  $V_{Ed}$  87.22 [kN]  
 Controtaglio di progetto  $V_{ctEd}$  0 [kN]  
 Taglio di verifica  $V_{Ed}$  87.22 [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	87.22	136.37

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

### 4.1.5.4 Azione tagliante $S_x$

#### DATI GENERALI

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi

Normativa di riferimento: N.T.C. 2018

Forma della sezione: Rettangolare

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

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

#### CARATTERISTICHE DI PRECOMPRESSIONE

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

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

Taglio di progetto $V_{Ed}$	42.11	[kN]
Controtaglio di progetto $V_{ctEd}$	0	[kN]
Taglio di verifica $V_{Ed}$	42.11	[kN]

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

La verifica di resistenza (SLU) è soddisfatta se:

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

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

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

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

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]
0.55	42.11	132.18

Verifica soddisfatta. Non è necessario armare a taglio.

## 4.2 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

### 4.2.1 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DELLA MENSOLA A SBALZO

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

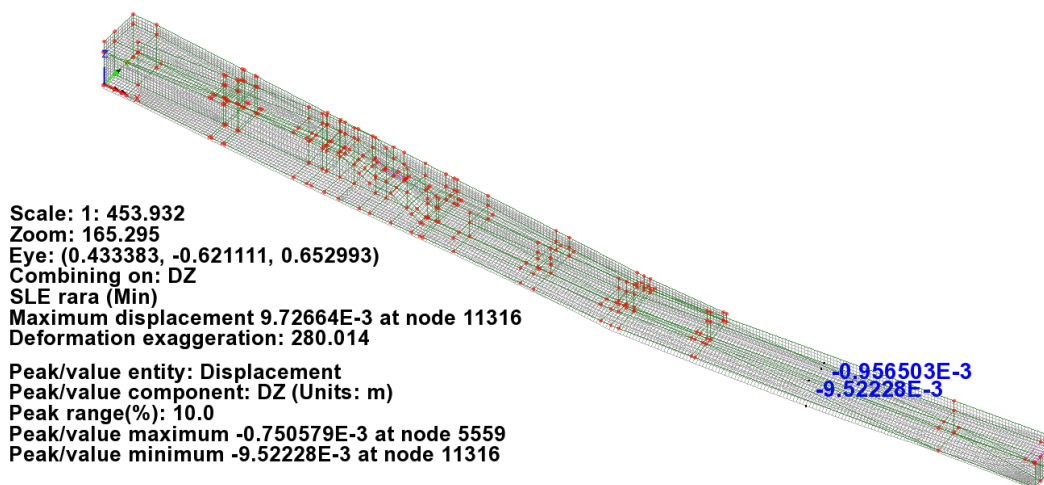
Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_z}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono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

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

Secondo la normativa tecnica, per il caso di mensole, la luce da considerare è pari al doppio dello sbalzo. Nelle verifiche che seguono si considera la luce minima della rampa a sbalzo pari a 1.75m:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{2 \cdot 1.75m}{250} = 1.4cm$$

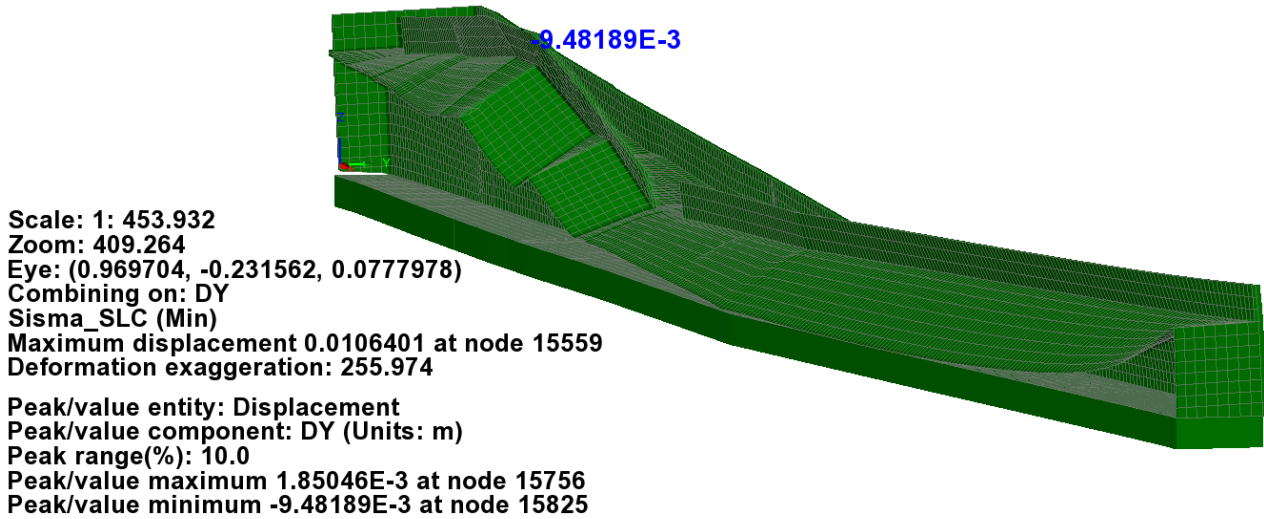
In combinazione SLE rara, il massimo spostamento verticale subito dalla rampa a sbalzo rispetto all'incastro con la parete è pari a  $\delta_{max} = (0.95 - 0.095)cm = 0.86cm$ ;



Essendo  $\delta_{max,SLE Rara} = 0.86cm < \delta_{lim} = 1.4cm$ , la verifica di deformabilità delle rampe a sbalzo risulta soddisfatta.

#### 4.2.2 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL GIUNTO

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



$$\delta_{max,y} = 0.95cm \ll \delta_{lim} = 10cm$$

## 5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DI CALCOLO

Calcolo manuale delle sollecitazioni flessionali nella rampa a sbalzo larga 2.9m soggetta ai carichi permanenti da  $4 \text{ kN/m}^2$ :

$$- M_y = q \cdot \frac{l^2}{2} = 16.82 \text{ kNm/m}$$

Da modello ad elementi finiti si ottiene invece  $M_y = 15.90 \text{ kNm/m}$ :

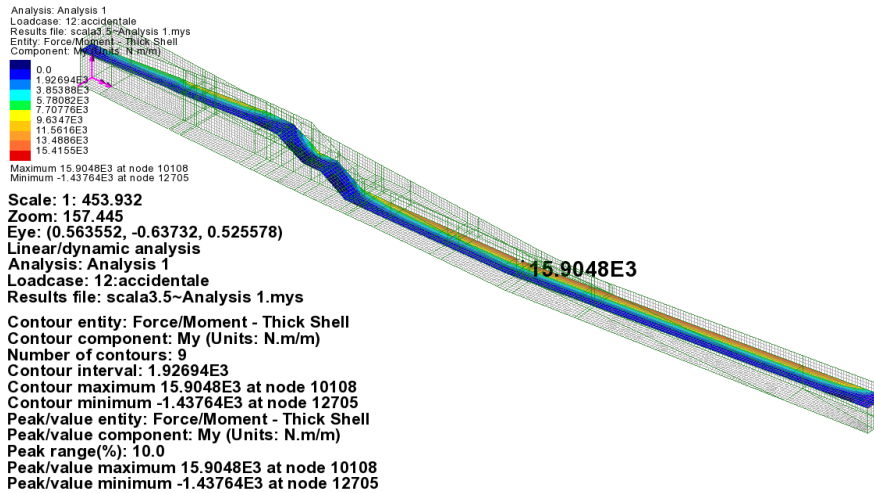


Figura 5-1  $M_y$  da analisi ad elementi finiti