

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas
Opera Connessa Nord

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICHE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A351113511 settore a-b-c</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA</p> <p>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><i>Ing. Paolo Orsini</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>(Mandante)</p> <p>IRD ENGINEERING</p> <p>SAIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>(Mandante)</p> <p>HYpro srl</p>
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>

OPERE D'ARTE MAGGIORI
SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 8+336,00
SEZIONI TRASVERSALI

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. ANNO	P00GA01STRRE01_A			
DPCA0150	D 23	CODICE ELAB.	P00GA01STRRE01	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione	Giugno '23	Oliveti	Signorelli	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	4
2. <u>DESCRIZIONE OPERA</u>	6
3. <u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u>	8
4. <u>MATERIALI</u>	9
5. <u>CRITERIO DI CALCOLO E VERIFICA</u>	12
6. <u>AZIONI DI CALCOLO</u>	14
6.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1)	14
6.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2).....	14
6.3. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1)	15
6.4. AZIONI DI FRENAMENTO (Q3)	17
6.5. URTO DEI VEICOLI IN SVIO.....	17
6.6. CARICHI SU SPALLE (MURI DI IMBOCCO).....	18
6.6.1. <i>Carichi da traffico a tergo delle spalle (muti di imbocco)</i>	18
6.6.2. <i>Spinta di Wood</i>	18
6.7. AZIONE SISMICA.....	19
6.7.1. <i>Spettri di risposta</i>	20
6.8. EFFETTI REOLOGICI (ε2).....	21
6.9. VARIAZIONI TERMICHE (ε3)	21
7. <u>COMBINAZIONE DELLE AZIONI</u>	23
8. <u>ANALISI STRUTTURALE</u>	26
8.1. SOFTWARE DI CALCOLO	26
8.2. METODOLOGIA DI ANALISI	27
8.2.1. <i>Analisi in condizioni Non-Sismiche</i>	27
8.2.2. <i>Analisi Sismica</i>	30
8.3. GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO	31
8.3.1. <i>Vincoli interni</i>	32
9. <u>RISULTATI DELL'ANALISI MODALE</u>	35
10. <u>VERIFICHE TRAVI IN ESERCIZIO E ALLO SLU</u>	39
10.1. FASI DI CALCOLO IMPALCATO	39
10.2. DATI DIMENSIONALI PER VERIFICHE ALLO SLU	39
10.3. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI.....	39
10.4. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI.....	43
10.5. CADUTE DI TENSIONE	44

PROGETTAZIONE ATI:

10.6.	PRINCIPALI DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI	45
10.7.	VERIFICHE IN ESERCIZIO.....	47
10.7.1.	Verifica trave Tinf33	48
10.7.2.	Verifica Trave Tsup31	55
10.7.3.	Verifica Trave Tinf47.....	62
10.7.4.	Verifica Trave Tsup22	69
10.7.5.	Verifica Trave Tinf67.....	76
10.7.6.	Verifica Trave Tsup14.....	83
10.8.	VERIFICHE ALLO SLU PER SFORZO NORMALE E FLESSIONE.....	90
10.8.1.	Verifiche a flessione per momento positivo e negativo trave Tinf33.....	93
10.8.2.	Verifiche a flessione per momento positivo e negativo trave Tinf47.....	96
10.8.3.	Verifiche a flessione per momento positivo e negativo trave Tinf67.....	99
10.9.	VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI	102
10.9.1.	Verifica a taglio trave Tinf21	104
11.	<u>VERIFICA STRUTTURE IN ELEVAZIONE.....</u>	108
11.1.	VERIFICHE ALLO SLU – SLV PARETI SPESSE 140CM.....	115
11.1.1.	Verifiche a flessione per azione sismica dir. Y.....	115
11.1.2.	Verifiche a flessione per azione sismica dir. X.....	126
11.1.3.	Verifica a flessione per azioni non sismiche	136
11.1.4.	Verifica a taglio per azione sismica dir. Y.....	147
11.1.5.	Verifica della piattabanda (in corrispondenza dell' apertura).....	153
11.2.	VERIFICHE ALLO SLU – SLU PARETI SPESSE 100CM	156
11.2.1.	Verifiche a flessione per azione sismica dir. Y.....	156
11.2.2.	Verifiche a flessione per azione sismica dir. X.....	160
11.2.3.	Verifiche a flessione per azioni non sismiche	163
11.2.4.	Verifiche a taglio per azione sismica	166
11.3.	VERIFICHE ALLO SLE PARETI SPESSE 140CM	167
11.3.1.	Verifiche tensionali – combinazione rara	168
11.3.2.	Verifiche tensionali – combinazione quasi permanente	170
11.3.3.	Verifiche fessurazione.....	171
11.4.	VERIFICHE ALLO SLE PARETI SPESSE 100CM	174
11.4.1.	Verifiche tensionali – combinazione rara	174
11.4.2.	Verifiche tensionali – combinazione quasi permanente	175
11.4.3.	Verifiche fessurazione.....	177
12.	<u>VERIFICA DEL SOLETTONE.....</u>	179

PROGETTAZIONE ATI:

13. VERIFICA DELLA SOLETTA	184
13.1. GEOMETRIA DELLA SOLETTA.....	184
13.2. VERIFICA DELLE LASTRE IN FASE DI GETTO	185
13.3. VERIFICA ALLO SLU PER FASI SUCCESSIVE	187
13.3.1. <i>Verifica a flessione</i>	188
13.3.2. <i>Verifica a taglio per i due campi analizzati</i>	191
13.3.3. <i>Rapporti capacità/domanda per le sezioni in esame</i>	192
13.4. VERIFICA ALLO SLE	193
13.4.1. <i>Sollecitazioni in combinazione di esercizio</i>	193
13.4.2. <i>Verifiche tensionali – combinazione rara</i>	195
13.4.3. <i>Verifiche tensionali – combinazione quasi permanente</i>	197
13.4.4. <i>Verifica fessurazione</i>	200
14. VERIFICA DEL CORDOLO	204
14.1. VERIFICA URTO DEL VEICOLO IN SVIO	204
15. APPOGGI	206
16. CONCLUSIONI.....	207

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione dell'opera denominata GA01 Scavalco Fascia Tubiera al km 8+366, ubicata nel comune di Assemini (CA) ricadente nell'ambito dei lavori per la realizzazione della SS195 "Sulcitana" tratto Cagliari - Pula.

Nelle figure successive è riportata l'ubicazione planimetrica dell' opera. Si rimanda agli specifici elaborati per maggiori dettagli.



Figura 1.1: Vista Google Earth ubicazione opera

PROGETTAZIONE ATI:

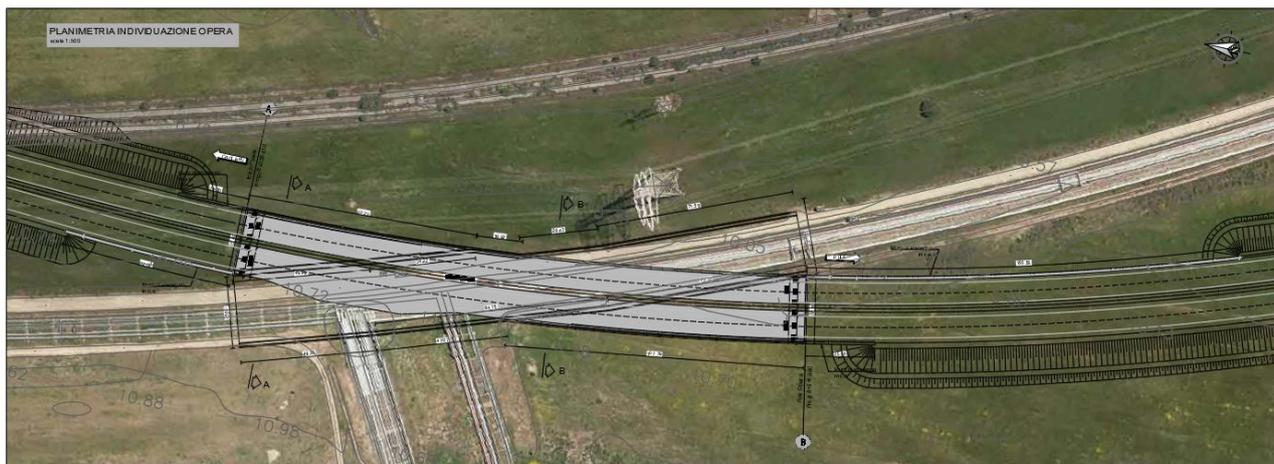


Figura 1.2: Planimetria individuazione opera

PROGETTAZIONE ATI:

2. DESCRIZIONE OPERA

Sebbene l'opera si configuri continua nello sviluppo planimetrico si può di fatto distinguere in due diverse parti principali che lungo l'asse del tracciato si intrecciano tra di loro. Nella fattispecie si individua una parte destinata alla viabilità superiore della SS195 ed una parte a copertura del fascio tubiero in quota terreno.

La larghezza dell'opera è variabile. In corrispondenza degli imbocchi si ha la massima larghezza della struttura pari a circa 50m su due campate, mentre nella zona centrale ove le precedenti definite parti si uniscono la larghezza è pari a circa 26m.

L'opera si compone, oltre alle fondazioni (per le quali si rimanda allo specifico elaborato per i dettagli costruttivi) di pareti in elevazione in c.a. di spessore 140cm ed un impalcato di copertura realizzato per la quasi totalità con travi in c.a.p. di altezza pari a 140cm con soletta superiore gettata in opera di spessore 25cm e porzioni di solettone alleggerito di spessore pari a 165cm. Con riferimento alla porzione carrabile, l'impalcato oggetto di studio presenta una larghezza di 23.18m e due cordoli da 0.75m per una larghezza complessiva di 24.68m. Per evitare la presenza di giunti in copertura e ottimizzarne il comportamento strutturale, l'impalcato è reso continuo alle pareti mediante un getto continuità in opera

La sezione longitudinale della carreggiata è riportata nella seguente Figura 2.1.

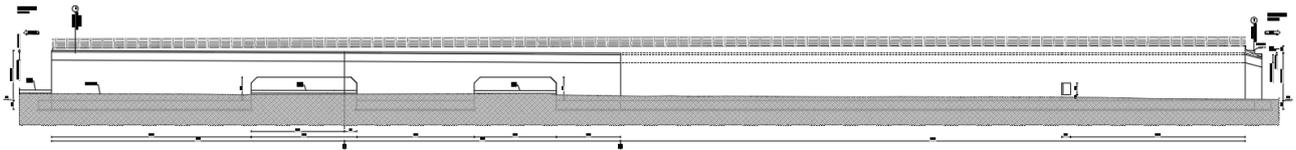


Figura 2.1: Vista longitudinale E – E

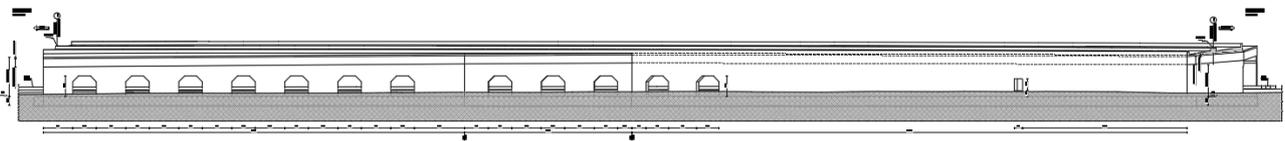


Figura 2.2: Vista longitudinale F – F

La soluzione strutturale adottata prevede, per l'impalcato, l'impiego di 115 travi a cassoncino in calcestruzzo armato precompresso con pre-tensione, di altezza pari a 1.40 m collegate tra loro mediante soletta collaborante e traversi gettati in opera. Le travi prefabbricate hanno interasse trasversale medio pari a 2.50 m e lunghezza variabile.

La soletta, di spessore complessivo pari a 25cm, è gettata in opera su predalles da 5cm.

Come già riportato in precedenza, in corrispondenza delle testate delle travi in c.a.p. è presente un getto di continuazione strutturale tra travi e pareti, sia su muri interni che di estremità, che si estende per un tratto di 1.5m all'interno della trave.

La geometria della sezione trasversale dell'impalcato è riportata nelle immagini seguenti:

SEZIONE A-A
scala 1:100

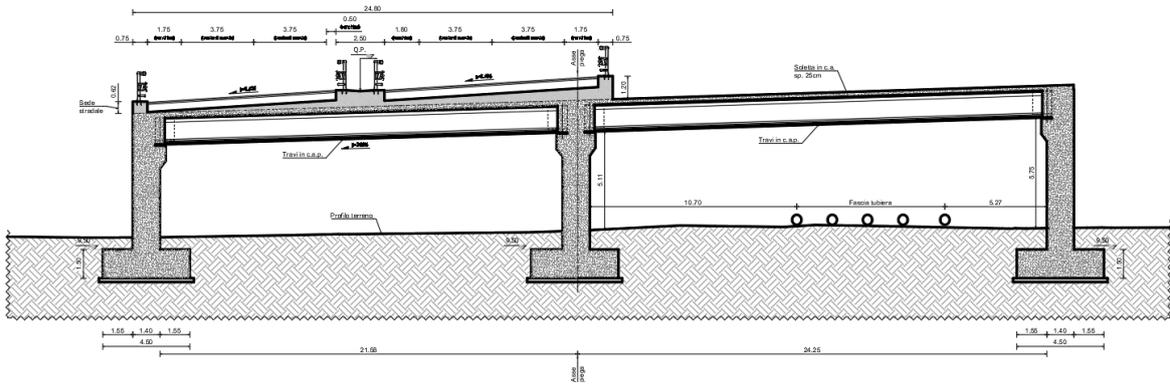


Figura 2.3: Sezione A-A trasversale opera

SEZIONE B-B
scala 1:100

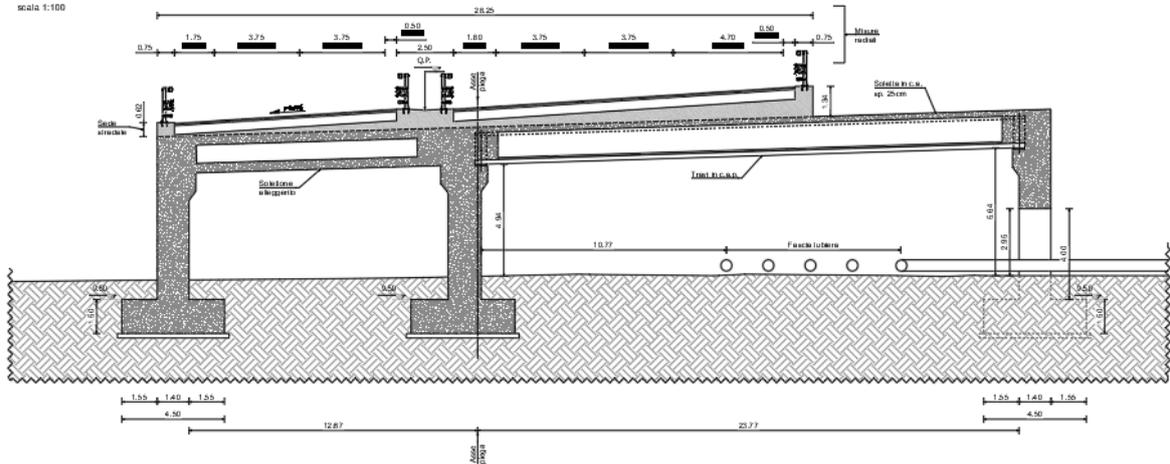


Figura 2.4: Sezione B-B trasversale opera

SEZIONE C-C
scala 1:100

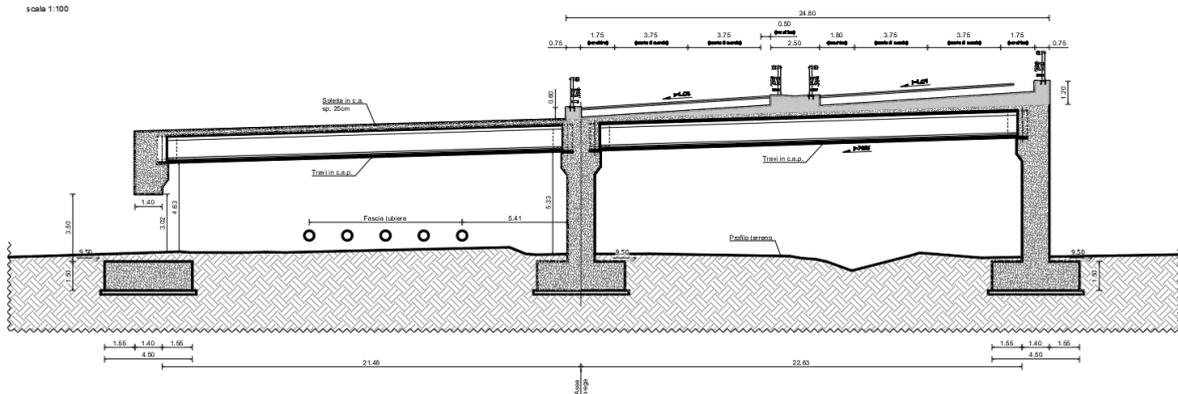


Figura 2.5: Sezione C-C trasversale opera

Le travi in c.a.p. poggiano su apparecchi d'appoggio in neoprene situati al di sotto delle travi. Le caratteristiche dei dispositivi sono riportate allo specifico paragrafo e nello specifico elaborato.

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il principale riferimento normativo da considerare per lo studio e l'analisi di strutture esistenti è il D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" che fornisce i criteri generali che regolano il processo di conoscenza e valutazione della sicurezza.

Per la definizione del numero di prove e rilievi, anche per scopi diversi dalla verifica sismica, si possono prendere in considerazione i criteri forniti da:

- Circolare n° 7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 17/01/2018.
- UNI EN 1991-1-4:2005 - EUROCODICE 1 Parte 1-4 - "Azioni in generale - Azioni del vento" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-1-5:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-5 - "Azioni in generale - Azioni termiche" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EUROCODICE 2 Parte 1-1 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1992-2:2006. EUROCODICE 2. Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1998-1:2005. EUROCODICE 8. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2:2009. EUROCODICE 8. Parte 2: Ponti

PROGETTAZIONE ATI:

4. MATERIALI

Al fine delle verifiche strutturali verranno utilizzati i parametri relativi ai materiali di seguito indicati:

Calcestruzzo Travi in c.a.p.

$R_{ck} \geq 55$ MPa; (C45/55)

$f_{ck} = 0.83 \times 55 = 45.65$ MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 45.65 / 1.50 = 25.868$ MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 53.65$ MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.83$ MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.68$ MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.60$ MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.79$ MPa

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416.11$ MPa

$\gamma_{cls} = 25.0$ kN/m³

S4

XC4 – XS1

16 mm

0.5

340 kg/m³

35 mm

45 mm

resistenza cilindrica caratteristica
resistenza di calcolo
resistenza media cilindrica
resistenza media a trazione assiale
resistenza a trazione
resistenza media a trazione per flessione
resistenza a trazione di calcolo
modulo elastico istantaneo
Peso per unità di volume
Classe di consistenza Slump
Classe di esposizione
Dimensione Max aggregati
Rapporto Max A/C
Contenuto Min. cemento
Copriferro Min. acciaio ordinario
Copriferro Min. precompressione

Calcestruzzo soletta e trasversi

Si prevede l'uso di additivo antiritiro per limitare gli effetti del ritiro almeno del 50%.

$R_{ck} \geq 45$ MPa; (C35/45)

$f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35$ MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17$ MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35$ MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35$ MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35$ MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02$ MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56$ MPa

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49$ MPa

S4

XC4 – XS1

16 mm

0.5

340 kg/m³

40 mm

resistenza cilindrica caratteristica
resistenza di calcolo
resistenza media cilindrica
resistenza media a trazione assiale
resistenza a trazione
resistenza media a trazione per flessione
resistenza a trazione di calcolo
modulo elastico istantaneo
Classe di consistenza Slump
Classe di esposizione
Dimensione Max aggregati
Rapporto Max A/C
Contenuto Min. cemento
Copriferro Min.

Calcestruzzo lastre prefabbricate

$R_{ck} \geq 45$ MPa; (C35/45)

$f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35$ MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17$ MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35$ MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35$ MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35$ MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02$ MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56$ MPa

resistenza cilindrica caratteristica
resistenza di calcolo
resistenza media cilindrica
resistenza media a trazione assiale
resistenza a trazione
resistenza media a trazione per flessione
resistenza a trazione di calcolo

PROGETTAZIONE ATI:

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49 \text{ MPa}$
S4
XC4 – XS1
16 mm
0.5
340 kg/m³
35 mm

modulo elastico istantaneo
Classe di consistenza Slump
Classe di esposizione
Dimensione Max aggregati
Rapporto Max A/C
Contenuto Min. cemento
Copriferro Min.

Calcestruzzo elevazione sottostrutture

$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}; (C35/45)$
 $f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17 \text{ MPa}$
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02 \text{ MPa}$
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49 \text{ MPa}$
S4
XC4 – XS1
32 mm
0.5
340 kg/m³
45 mm

resistenza cilindrica caratteristica
resistenza di calcolo
resistenza media cilindrica
resistenza media a trazione assiale
resistenza a trazione
resistenza media a trazione per flessione
resistenza a trazione di calcolo
modulo elastico istantaneo
Classe di consistenza Slump
Classe di esposizione
Dimensione Max aggregati
Rapporto Max A/C
Contenuto Min. cemento
Copriferro Min.

Calcestruzzo fondazioni e pali

$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}; (C35/45)$
 $f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17 \text{ MPa}$
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02 \text{ MPa}$
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49 \text{ MPa}$
S4
XC2 – XS2
32 mm
0.45
360 kg/m³
45 + 10(toll.) = 55 mm (70mm per i pali)

resistenza cilindrica caratteristica
resistenza di calcolo
resistenza media cilindrica
resistenza media a trazione assiale
resistenza a trazione
resistenza media a trazione per flessione
resistenza a trazione di calcolo
modulo elastico istantaneo
Classe di consistenza Slump
Classe di esposizione
Dimensione Max aggregati
Rapporto Max A/C
Contenuto Min. cemento
Copriferro Min.

Acciaio di precompressione

Trefoli $\phi 0.6''$ (super A=150mm²) in acciaio armonico stabilizzato a basso rilassamento (proprietà meccaniche secondo UNI EN 10270-1/2021).

$f_{ptk} = 1860 \text{ MPa}$
 $f_{p(1)k} = 1670 \text{ MPa}$
 $A_p = 1.50 \text{ cm}^2$

tensione caratteristica di rottura
tensione caratteristica all'1% di deformazione sotto carico
sezione utile nominale

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento, con marcatura CE ovvero conforme a DM 17/01/2018 CAP. 11, pertanto nei calcoli statici saranno assunti i seguenti parametri:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 1.863 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 7.5 \%$$

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \times \epsilon_{uk} = 6.75 \%$$

$$\gamma_s = 78.5 \text{ kN/mc}$$

tensione caratteristica di snervamento

tensione caratteristica di rottura

tensione di calcolo

modulo elastico

deformazione di snervamento ultima

deformazione uniforme caratteristica

deformazione uniforme ultima

peso per unità di volume

PROGETTAZIONE ATI:

5. CRITERIO DI CALCOLO E VERIFICA

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato considerando le azioni sui ponti stradali secondo quanto indicato al paragrafo 5.1.3. del D.M. 17/01/2018.

Le verifiche delle sezioni in c.a. sono state condotte sulla base delle prescrizioni contenute nel D.M. 17/01/2018.

Stato Limite Ultimo

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.1.1 delle NTC):

$$f_{cd} = \gamma_{cc} * f_{ck} / \gamma_C$$

$\gamma_{cc} = 0,85$ Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata

$\gamma_C = 1,5$ Coefficiente parziale di sicurezza relative al calcestruzzo

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.1.2 delle NTC):

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$$

$$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm}$$

Tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio (punto 4.1.2.1.1.4 delle NTC):

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$$

con $\gamma_S = 1,15$ Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio

Stato Limite di esercizio

Tensione max di compressione - Comb. rara

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$$

Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$$

Tensione massima di trazione dell'acciaio

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk}$$

Stati limite di fessurazione

Le classi di esposizione dei vari calcestruzzi è indicata nelle tabelle materiali inserite sugli elaborati grafici.

In base a tali classi le condizioni ambientali rientrano in una delle seguenti tre categorie:

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

Lo stato limite di fessurazione viene determinato attraverso la seguente tabella:

PROGETTAZIONE ATI:

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

Con:

$$W_1 = 0.2\text{mm}$$

$$W_2 = 0.3\text{mm}$$

$$W_3 = 0.4\text{mm}$$

La verifica a fessurazione è soddisfatta se $w_d = 1,7 w_m = 1,7 (\epsilon_{sm} \Delta_{sm}) < (W_1, W_2, W_3)$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura; a tal scopo si veda C4.1.2.2.4.6., Tab C4.1.II e Tab C4.1.III.

6. AZIONI DI CALCOLO

Nel presente paragrafo si illustrano i carichi considerati nel progetto dell'opera, calcolata come ponte di prima categoria in base alla vigente normativa sui ponti stradali.

6.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1)

Il peso proprio delle travi in c.a.p. G_{1Travi} e del solettone $G_{1Solettone}$ viene considerato in maniera automatica del software di calcolo utilizzato avendone definito la sezione trasversale. Il peso proprio della soletta G_{1Sol} (comprensivo di predalle) è stato applicato alle travi come carico uniformemente ripartito in funzione dell'area di influenza di ogni trave che risulta essere mediamente pari a 2.5m:

$$G_{1Sol-frame} = s \cdot i \cdot \gamma_{cls} = 0.25m \cdot 2.50m \cdot 25.00 \frac{kN}{m^3} = 15.62 \frac{kN}{m}$$

$$G_{1Sol-shell} = s \cdot \gamma_{cls} = 0.25m \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 6.25 \frac{kN}{m^2}$$

Il peso proprio del getto di continuità tra le travi G_{1getto_cont} è stato considerato come carico uniformemente ripartito applicato alle travi calcolato come segue:

$$G_{1getto_cont} = s \cdot \gamma_{cls} = 1.00m \cdot 25.00 \frac{kN}{m^3} = 25.00 \frac{kN}{m}$$

Applicati a cavallo di 1.00 m all'appoggio della trave (comprensivo di retrotrave)

6.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

Il peso dovuto alla presenza dei cordoli centrali compresi tra le carreggiate $G_{2_cord_centr}$ è stato considerato come carico uniformemente distribuito applicato sui frame fittizi che identificano l'asse di sviluppo reale delle linee di applicazione dei gard rail. Il carico è stato determinato considerando la presenza sia del cordolo che del guard rail:

$$G_{2Cord} = (h \cdot s \cdot \gamma_{cls}) = (0.20m \cdot 1.25m \cdot 25.00 \frac{kN}{m^3}) = 6.25 \frac{kN}{m}$$

$$G_{Guard_rail} = 2 \cdot 1.50 \frac{kN}{m} = 3.00 \frac{kN}{m}$$

Quindi:

$$G_{2Cord_centr} = G_{Cord} + 2 \cdot G_{Guard_rail} = 6.25 \frac{kN}{m} + 2 \cdot 1.50 \frac{kN}{m} = 9.25 \frac{kN}{m}$$

La presenza dei cordoli di bordo dell'impalcato $G_{2_cord_bordo}$ è stata considerata come carico uniformemente distribuito sui frame fittizi che identificano l'asse di sviluppo reale delle linee di applicazione dei gard rail. In questo caso l'altezza del cordolo in c.a. è variabile tra due valori di Max e Min, quindi per eseguire una corretta valutazione del carico presente sono stati calcolati entrambi e valori, per poi farne una media.

Il valore inserito all'interno del software di calcolo tiene conto sia la presenza del cordolo in c.a. che del guard rail:

$$G_{2Cord_Max} = (h \cdot s \cdot \gamma_{cls}) = (0.83m \cdot 0.75m \cdot 25.00 \frac{kN}{m^3}) = 15.56 \frac{kN}{m}$$

$$G_{2Cord_Min} = (h \cdot s \cdot \gamma_{cls}) = (0.20m \cdot 0.75m \cdot 25.00 \frac{kN}{m^3}) = 3.75 \frac{kN}{m}$$

$$G_{2Cord} = \frac{G_{Cord_Max} + G_{Cord_Min}}{2} = \frac{15.56 \text{ kN/m} + 3.75 \text{ kN/m}}{2} = 9.655 \text{ kN/m}$$

$$G_{2Guard_rail} = 1.50 \text{ kN/m}$$

Quindi:

$$G_{2Cord_bordo} = G_{2Cord} + G_{2Guard_rail} = 9.655 \text{ kN/m} + 1.50 \text{ kN/m} \approx 11.50 \text{ kN/m}$$

La pavimentazione è stata considerata come carico uniformemente distribuito applicato sia sulle travi che sul solettone, nello specifico:

$$G_{2Pav_frame} = s \cdot i \cdot \gamma_{pav} = 0.11 \text{ m} \cdot 2.50 \text{ m} \cdot 24.00 \text{ kN/m}^3 = 6.60 \text{ kN/m}$$

$$G_{2Pav_shell} = s \cdot \gamma_{pav} = 0.11 \text{ m} \cdot 24.00 \text{ kN/m}^3 = 2.64 \text{ kN/m}^2$$

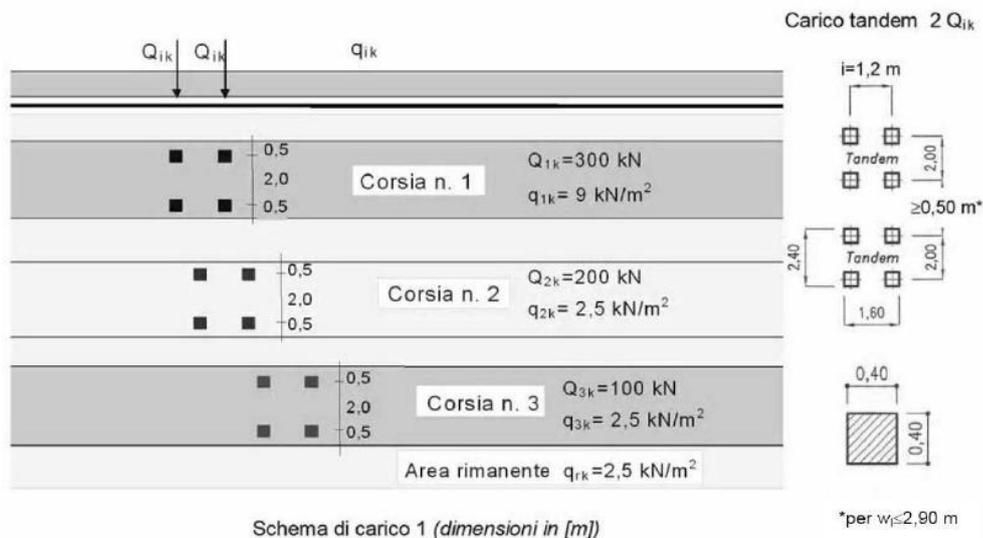
Il massetto in cls G_{2_mass} è stato anch'esso considerato come carico uniformemente distribuito lungo le travi e sul solettone. Di seguito ne viene riportato il calcolo effettuato considerando uno spessore medio di ricoprimento pari a 70cm

$$G_{2Mass_frame} = s \cdot i \cdot \gamma_{mass} = 0.70 \text{ m} \cdot 2.50 \text{ m} \cdot 20.00 \text{ kN/m}^3 = 35.00 \text{ kN/m}$$

$$G_{2Mass_shell} = s \cdot \gamma_{mass} = 0.70 \text{ m} \cdot 20.00 \text{ kN/m}^3 = 14.00 \text{ kN/m}^2$$

6.3. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1)

I carichi mobili agenti sull'impalcato sono definiti al § 5.1.3.3 del D.M. 17/01/18 e vanno posizionati in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini della verifica delle nervature. Si fa riferimento allo Schema di Carico 1 per la verifiche globali.



La larghezza della carreggiata ($w = 23.18\text{m}$) è tale da dover considerare 7 corsie principali da 3.00 m e 1 rimanete da 2.18 m, in base a quanto indicato nella Tabella 5.1.I del D.M. 17/01/18.

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40\text{ m}$	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0\text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0\text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Per i ponti di 1^a Categoria si considerano le seguenti intensità dei carichi:

Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Corsia n.1:

$$Q_{1distr} = q_{1k} \times w_1 = 9.00 \times 3.00 = 27.0 \text{ kN/m}$$

$$Q_{1tan} = 2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 = 600 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito

2 file di carico tandem

Corsia n.2:

$$Q_{2distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

$$Q_{2tan} = 2 \times Q_{2k} = 2 \times 200 = 400 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito

2 file di carico tandem

Corsia n.3:

$$Q_{3distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

$$Q_{3tan} = 2 \times Q_{2k} = 2 \times 100 = 200 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito

2 file di carico tandem

Corsia n.4:

$$Q_{distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

Corsia n.5:

$$Q_{distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

Corsia n.6:

$$Q_{distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

Corsia n.7:

$$Q_{distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

Corsia rimanente:

$$Q_{distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 2.18 = 5.45 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

PROGETTAZIONE ATI:

SCHEMA 2: utilizzato per le sole verifiche locali. Esso è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare (di larghezza 0.60m e lunghezza 0.35m) e con asse longitudinale posto nella posizione più gravosa.

La disposizione delle corsie nella carreggiata è scelta in modo da ottenere la situazione più gravosa. Gli schemi di carico sono applicati longitudinalmente come suggerito dalle linee di influenza in modo da ottenere l'effetto più sfavorevole nelle sezioni di verifica considerate.

6.4. AZIONI DI FRENAMENTO (Q3)

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1^a categoria è uguale a:

$$180kN \leq Q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900kN$$

$$Q_3 = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.10 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 204.42 = 911.93kN \rightarrow 900kN$$

6.5. URTO DEI VEICOLI IN SVIO

In base a quanto indicato dalle NTC2018 si tiene conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa viene considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1,0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo. Questa forza viene applicata su una linea lunga 0,5 m.

Per la verifica si considera una combinazione di carico eccezionale nella quale al carico orizzontale applicato al sicurvia si associa un carico verticale isolato pari ad una ruota del secondo schema di carico (200 kN su un'impronta 0.35 x 0.60 m).

Inoltre, in base a quanto riportato nel quaderno Tecnico ANAS N.4 "Interventi di ripristino delle condizioni di sicurezza di cordoli e barriere bordo ponte" nel progetto strutturale si dovrà tener conto delle forze causate da collisioni sugli elementi di sicurezza attraverso il sistema di forze equivalenti rappresentato nella figura successiva.

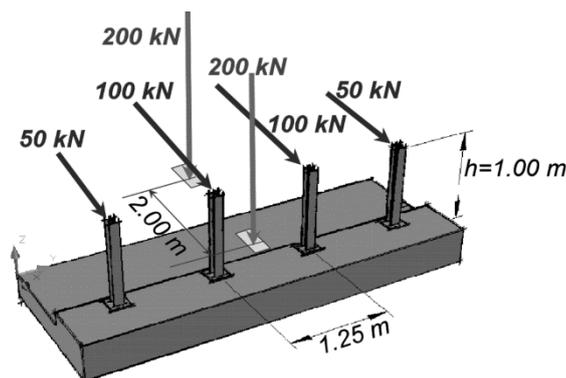


Figura 6.1: Sistema di forze equivalenti per condizioni di progetto ordinarie.

Esso risulta idoneo a rappresentare le azioni equivalenti alle forze di collisione, riferite a condizioni ordinarie della strada e delle barriere, con particolare riferimento alle connessioni tra queste e la struttura.

PROGETTAZIONE ATI:

6.6. CARICHI SU SPALLE (MURI DI IMBOCCO)

Sono presi in considerazione i carichi previsti dalle normative vigenti. Tutte le spinte statiche vengono calcolate come spinte a riposo mentre quelle sismiche tramite il metodo di Wood. Si riportano in tabella i dati necessari al calcolo delle spinte statiche

γ_{terreno}	ϑ	K_0
[KN/m ³]	[°]	-
19	35	0.4264

La spinta del rilevato sulla spalla di forma triangolare è calcolata sulla base dei dati riportati.

6.6.1. CARICHI DA TRAFFICO A TERGO DELLE SPALLE (MURI DI IMBOCCO)

Viene preso in considerazione quanto riportato dalla circolare al par C5.1.3.3.5.1. In base a ciò ed alle geometrie dell'opera si tiene in considerazione un carico di 40kN/mq, cautelativo rispetto a quanto richiesto. Sulla base di tale carico viene calcolata la spinta sui muri della spalla tramite il coefficiente di spinta a riposo

carico	K_0	spinta
[KN/m ²]	-	[KN/m ²]
40	0.4264	17.0569

6.6.2. SPINTA DI WOOD

Secondo l'ipotesi di Wood si calcola il $\Delta\sigma_{\text{sismico}}$ da assegnare alla struttura sottoforma di spinta statica rettangolare.

a_g	0.06	-
S	1.2	-
$a_g \times S$	0.7	m/s ²
H	8.00	m
γ_{terreno}	19	KN/m ³
$\Delta\sigma_{\text{sisma}}$	10.9	KN/m /m

6.7. AZIONE SISMICA

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale V_N pari a 50 anni e considerando una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico") ai sensi del D.M. 2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 2.0$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e per lo Stato Limite del Collasso (SLC). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) - è di 949 anni per SLV e 1950 anni per SLC.

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

attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$

in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

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

a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

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

Latitudine: 39° 11' 55" N;

Longitudine 9° 00' 06" E

Parametri per la definizione dell'azione sismica								
Stato limite	V_N [anni]	C_U [-]	V_R [anni]	T_R [anni]	A_g/g [-]	T_c^* [g]	F_0 [-]	F_v [-]
SLO	50	2	100	60	0.025	0.299	2.67	0.57
SLD	50	2	100	101	0.031	0.307	2.73	0.65
SLV	50	2	100	949	0.06	0.371	2.88	0.95
SLC	50	2	100	1950	0.071	0.393	2.98	1.07

Tabella 6.2: Parametri per la definizione dell'azione sismica

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

PROGETTAZIONE ATI:

amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_C^* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

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

Stato limite	Suolo	s_s	S_T	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLO	B	1.2	1	1.2	1.40	0.14	0.42	1.700
SLD	B	1.2	1	1.2	1.39	0.14	0.43	1.724
SLV	B	1.2	1	1.2	1.34	0.17	0.50	1.840
SLC	B	1.2	1	1.2	1.33	0.17	0.52	1.884

Tabella 6.3: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale

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

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

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

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

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

6.7.1. SPETTRI DI RISPOSTA

Per la presente opera è stata effettuata un'analisi sismica mediante spettri di Normativa allo SLD, SLO, SLV, SLC e Verticale.

A seguire, in Figura 6.4 si riportano tutti i grafici degli spettri precedentemente elencati:

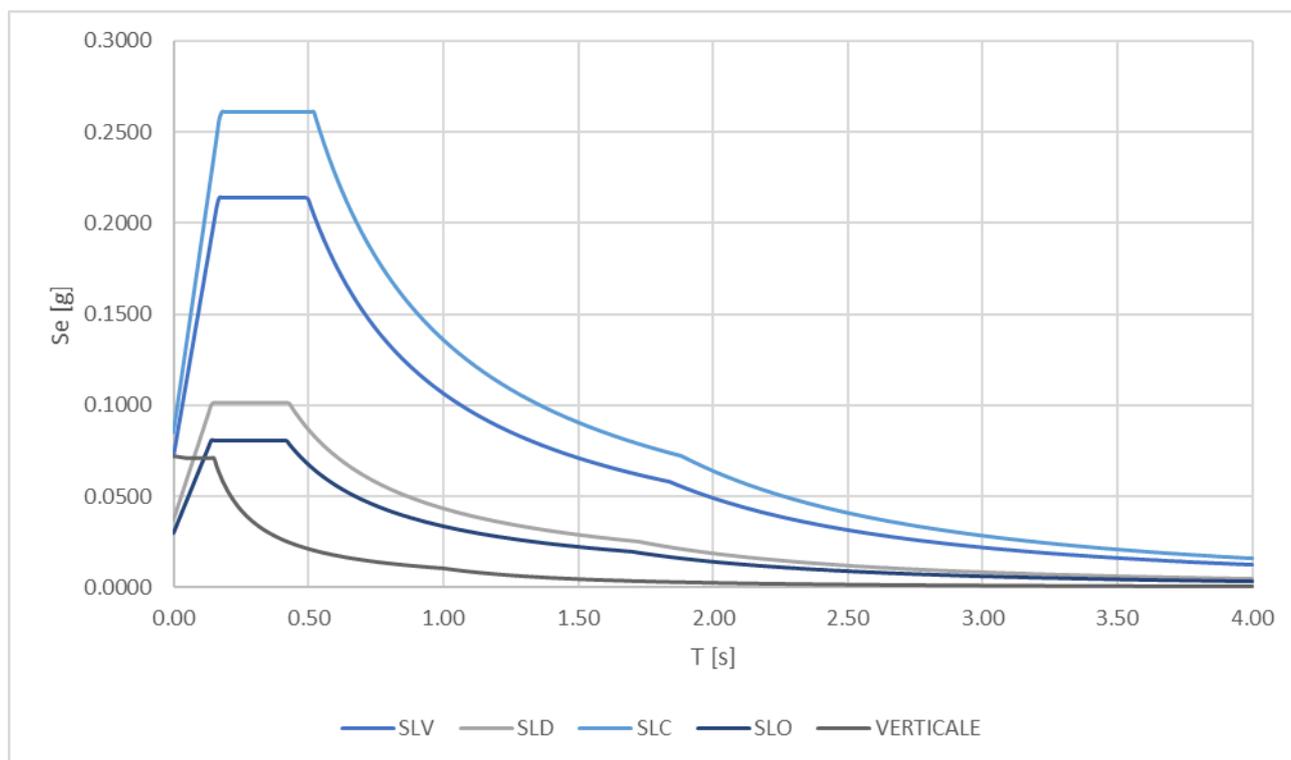


Figura 6.4: Spettri Elastici in accelerazione di Normativa

6.8. EFFETTI REOLOGICI (E2)

Gli effetti reologici, considerando il livello di progettazione per tale fase, sono stati considerati riducendo del 25% gli effetti della precompressione.

6.9. VARIAZIONI TERMICHE (E3)

L'azione della temperatura è stata considerata applicando alla struttura due variazioni termica uniformi, positiva e negativa, del valore rispettivamente 29°C e -17°C.

PROGETTAZIONE ATI:

Regione: Sardegna
Zona: II
Altitudine di Riferimento (a_s): 13 m s.l.m.

Temperature dell'aria all'ombra

$T_{min} = -8.1 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $T_{max} = 42.0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Gruppo impalcati da ponte: 3

Temperatura effettiva dell'opera

$T_{e,min} =$	-2	$^\circ\text{C}$
$T_{e,max} =$	44	$^\circ\text{C}$

$T_0 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Valori caratteristici della variazione termica uniforme

$\Delta T_{con} = -17 \text{ } ^\circ\text{C}$ contrazione
 $\Delta T_{exp} = 29 \text{ } ^\circ\text{C}$ espansione

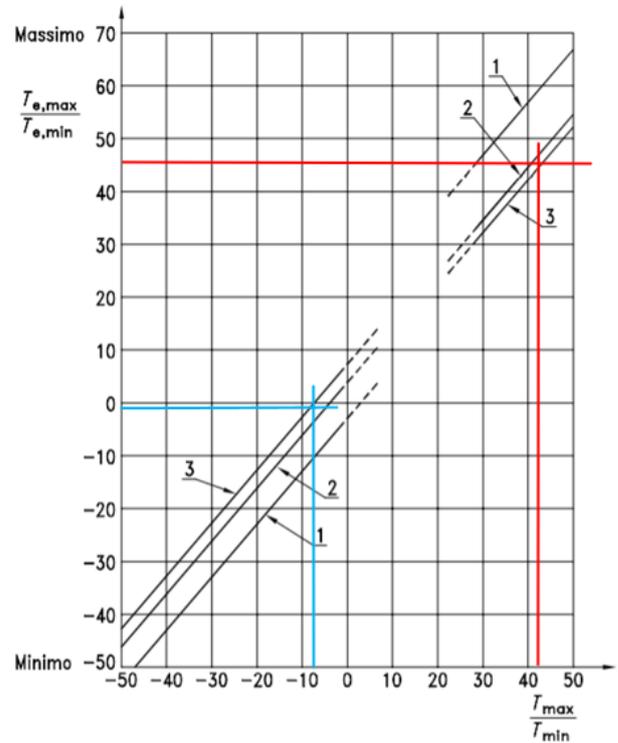


Figura 6.5: Calcolo azione termica

7. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si sono considerate le seguenti combinazioni delle azioni (si veda D.M. 17.01.2018 §2.5.3):

Combinazione fondamentale per gli SLU

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

Combinazione caratteristica (rara) per gli SLE irreversibili

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

Combinazione frequente per gli SLE reversibili

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

Combinazione quasi permanente per gli SLE a lungo termine

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

Combinazione sismica

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

La combinazione direzionale dell'azione sismica è stata effettuata sulla base delle seguenti formule:

$$E = E_x \pm 0.3 E_y \pm 0.3 E_z \quad \text{combinazione "SISMA TRASVERSALE"}$$

$$E = E_y \pm 0.3 E_x \pm 0.3 E_z \quad \text{combinazione "SISMA LONGITUDINALE"}$$

G_1 = peso proprio di tutti gli elementi strutturali

G_2 = peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

P = eventuale pretensione o precompressione

Q_{kj} = azioni variabili

γ_j = coefficienti parziali di sicurezza

ψ_{ij} = coefficiente di combinazione delle azioni variabili

I coefficienti parziali di sicurezza γ_j da utilizzare sono riportati nella tabella seguente (Estratto tabella 5.1.V) nella colonna "A1 STR".

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Figura 7.1: Coefficienti γ di sicurezza SLU

I coefficienti di combinazione Ψ_0 sono riportati nella tabella seguente (Estratto tabella 5.1.VI).

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Figura 7.2: Coefficienti Ψ di sicurezza

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
COMB1_G2	Linear Add	No	Linear Static	G2_cordoli	1
COMB1_G2	Linear Add	No	Linear Static	G2_cordoli centrali	1

PROGETTAZIONE ATI:

COMB1_G2	Linear Add	No	Linear Static	G2_mass	1
COMB1_G2	Linear Add	No	Linear Static	G2_pav	1
SLU Tpos	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_SLU	1
SLU Tpos	Linear Add	No	Moving Load	Distr	1.35
SLU Tpos	Linear Add	No	Moving Load	Tan	1.35
SLU Tpos	Linear Add	No	Linear Static	T+	0.9
Traff slu	Linear Add	No	Moving Load	Distr	1.35
Traff slu	Linear Add	No	Moving Load	Tan	1.35
SLU_Tneg	Linear Add	No	Moving Load	Distr	1.35
SLU_Tneg	Linear Add	No	Moving Load	Tan	1.35
SLU_Tneg	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_SLU	1
SLU_Tneg	Linear Add	No	Linear Static	T-	0.9
ENV_slu	Envelope	No	Response Combo	SLU Tpos	1
ENV_slu	Envelope	No	Response Combo	SLU_Tneg	1
SLV_Ex+0.3Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_Rara	1
SLV_Ex+0.3Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	Ex_SLV	1
SLV_Ex+0.3Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	EY_SLV	0.3
SLV_Ex+0.3Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	Ez_SLV	0.3
SLV_0.3Ex+Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_Rara	1
SLV_0.3Ex+Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	Ex_SLV	0.3
SLV_0.3Ex+Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	EY_SLV	1
SLV_0.3Ex+Ey+0.3Ez	Linear Add	No	Linear Static	Ez_SLV	0.3
Traff_rara	Linear Add	No	Moving Load	Distr	1
Traff_rara	Linear Add	No	Moving Load	Tan	1
ENV_T	Envelope	No	Linear Static	T+	0.6
ENV_T	Envelope	No	Linear Static	T-	0.6
ENV_Rara_final	Linear Add	No	Moving Load	Distr	1
ENV_Rara_final	Linear Add	No	Moving Load	Tan	1
ENV_Rara_final	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_Rara_final	1
ENV_Rara_final	Linear Add	No	Response Combo	ENV_T	0.6
ENV_SLU_final	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_SLU_final	1
ENV_SLU_final	Linear Add	No	Response Combo	Traff slu	1
ENV_SLU_final	Linear Add	No	Response Combo	ENV_T	1
ENV_QP_final	Linear Add	No	Moving Load	Distr	0
ENV_QP_final	Linear Add	No	Moving Load	Tan	0
ENV_QP_final	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_Rara_final	1
ENV_QP_final	Linear Add	No	Response Combo	ENV_T	0.6
ENV_Frequente_final	Linear Add	No	Moving Load	Distr	0.4
ENV_Frequente_final	Linear Add	No	Moving Load	Tan	0.75
ENV_Frequente_final	Linear Add	No	Staged Const	Staged G1+G2_Rara_final	1
ENV_Frequente_final	Linear Add	No	Response Combo	ENV_T	0.6

Figura 7.3: Tabella delle combinazioni delle azioni

8. ANALISI STRUTTURALE

Per tener conto dei vari processi costruttivi, nel modello sono state definite varie fasi che seguono la reale fasistica di realizzazione dell'opera:

- Fase 01: analizza la struttura solo con la presenza delle pareti ancorate alle fondazioni, le quali sono soggette al solo peso proprio;
- Fase 02: viene considerata anche la presenza dell'impalcato con le travi in schema di semplice appoggio su elementi in neoprene, seggette solo al peso proprio e agli effetti della precompressione;
- Fase 03: si considera anche la presenza del getto della soletta, del solettone e del nodo di continuità (solo peso – non collaboranti);
- Fase 04: con la maturazione del cls, la struttura risulta continuizzata sugli appoggi di estremità e gli appoggi intermedi assumendo così uno schema statico di trave/telaio scatolare continuo;
- Fase 05: vengono applicati i sovraccarichi permanenti (G2);
- Fase 06: si considerano i carichi da traffico e le azioni termiche (Q1 e T).

Il calcolo delle sollecitazioni derivanti dall'impalcato e agenti sulle sottostrutture è stato effettuato con il programma agli elementi finiti SAP2000 ver 24.1.0.

8.1. SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi della struttura è stata eseguita impiegando il software di calcolo automatico Sap2000 della Computers and Structures, Inc.

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali del codice di calcolo utilizzato, nonché i dati generali sul modello realizzato comprensivi di numerazione di nodi ed aste.

Le unità di misura, ove non espressamente indicate, sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- coppie: kN-m
- temperature: °C
- tempo: sec

Una descrizione completa ed esauriente del programma, con il campo di applicazione, le informazioni sui fondamenti teorici e sui metodi di calcolo numerico usati possono essere consultati nella guida in linea del codice di calcolo.

In sintesi, si riportano gli elementi di valutazione del codice forniti dal distributore del programma, necessari alla formulazione del grado di affidabilità del codice richiesto al progettista utilizzatore, secondo quanto prescritto dalla CNR-10024/'86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo"

I modelli numerici fanno riferimento ad un comportamento generale spaziale o piano a seconda dei gradi di libertà imposti ai nodi della struttura.

Ogni modello è riferito ad uno spazio fisso individuato da un sistema di riferimento globale nel quale sono da leggersi le coordinate di tutti i nodi della struttura.

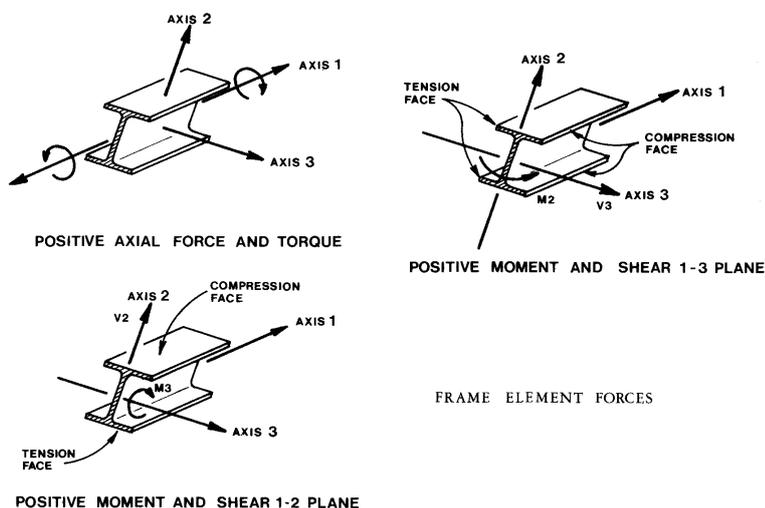
Per ogni singola asta è poi considerato un sistema di riferimento locale, che assume l'asse "1" dell'asta orientato dal "primo nodo" (nodo I) al "secondo nodo" (nodo J) (essendo tali i nodi di definizione dell'asta. L'asse "3" viene definito (per direzione e verso) per ogni asta nella dichiarazione dei nodi della stessa e il suo significato fisico rispetto alla terna locale è indicato in

PROGETTAZIONE ATI:

figura. L'asse "2" (con il verso opportuno) completa la terna locale definita secondo la "regola della mano destra"

Il programma SAP presenta i chiari capitoli d'ingresso dati che vengono di seguito indicati:

- JOINTS: Specifica le coordinate dei nodi del modello. È da precisare come sia possibile fare uso di subroutines di generazione automatica.
- RESTRAINTS: Specifica i gradi di libertà inattivi dei nodi del modello (0 = attivo, 1 = inattivo).
- SPRINGS: Specifica le caratteristiche di elasticità dei supporti se non considerati vincoli rigidi.
- FRAME: Specifica le caratteristiche meccaniche di ogni asta ed i carichi ripartiti o concentrati lungo le stesse. Specifica inoltre le aste che costituiscono la struttura, assegnando ad ognuna il nodo di inizio (start) e di fine (end) nonché gli altri dati necessari ai fini della individuazione del sistema di riferimento locale. È da precisare come sia possibile fare uso di subroutines di generazione automatica.
- LOADS: Specifica i carichi concentrati nei nodi della struttura.



I dati significativi di input e output dei modelli sono riportati in appendice.

8.2. METODOLOGIA DI ANALISI

8.2.1. ANALISI IN CONDIZIONI NON-SISMICHE

Le analisi svolte in condizioni non sismiche sono tutte di tipo statico lineare. Come precedentemente anticipato, per tener conto delle fasi costruttive che comportano la variazione del sistema di vincolo è stata definita la "staged construction" relativa alle fasi 1-5 precedentemente definite.

Load Case Name: Staged G1+G2_SLU_final Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Staged Construction Design...

Initial Conditions:
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	0.	Yes		
4	0.	Yes		
5	0.	Yes		

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters:
 None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Data For Stage 1 (0. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	Pareti_s_1.00	0.			
Add Structure	Group	Pareti_s_1.00	0.			
Add Structure	Group	Pareti_s_1.40	0.			
Load Objects If Added	Group	Pareti_s_1.00		Load Pattern	DEAD	1.35
Load Objects If Added	Group	Pareti_s_1.40		Load Pattern	DEAD	1.35

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 5 Add Modify Delete

Other Parameters:
 Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show...
 Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...
 Material Properties Are Time Dependent

OK Cancel

Load Case Name: Staged G1+G2_SLU_final Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Staged Construction Design...

Initial Conditions:
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition:

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
2	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	0.	Yes		
4	0.	Yes		
5	0.	Yes		

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters:
 None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Data For Stage 2 (0. days; Output: No Label):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	Travi_CAP	1.			
Add Structure	Group	Travi_CAP	1.			
Add Structure	Group	vincoli interni	1.			
Add Structure	Group	Ripartizione	1.			
Load Objects If Added	Group	Travi_CAP		Load Pattern	DEAD	1.35

Expand Stage Data Stage: << < 2 > >> of 5 Add Modify Delete

Other Parameters:
 Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show...
 Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...
 Material Properties Are Time Dependent

OK Cancel

Load Case Name: Staged G1+G2_SLU_final Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Staged Construction Design...

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
3	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	0.	Yes		
4	0.	Yes		
5	0.	Yes		

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters

None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Data For Stage 3 (0. days; Output: No Label;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Load Objects	Group	Travi_CAP		Load Pattern	G1_getto cont	1.35
Load Objects	Group	Travi_CAP		Load Pattern	G1_getto cont	1.35
Load Objects	Group	Travi_CAP		Load Pattern	G1_sol	1.35
Add Structure	Group	Solettone	3.	Load Pattern	DEAD	1.35
Load Objects If Added	Group	Solettone		Load Pattern	DEAD	1.35

Expand Stage Data Stage: << < 3 > >> of 5 Add Modify Delete

Other Parameters

Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show... OK

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show... Cancel

Material Properties Are Time Dependent

Load Case Name: Staged G1+G2_SLU_final Set Def Name Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Staged Construction Design...

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
4	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	0.	Yes		
4	0.	Yes		
5	0.	Yes		

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters

None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Data For Stage 4 (0. days; Output: No Label;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	Soletta	2.			
Add Structure	Group	Soletta	2.			
Add Structure	Group	Lane_tutte	2.			
Add Structure	Group	lock	2.			
Add Structure	Group	lock inf	2.			

Expand Stage Data Stage: << < 4 > >> of 5 Add Modify Delete

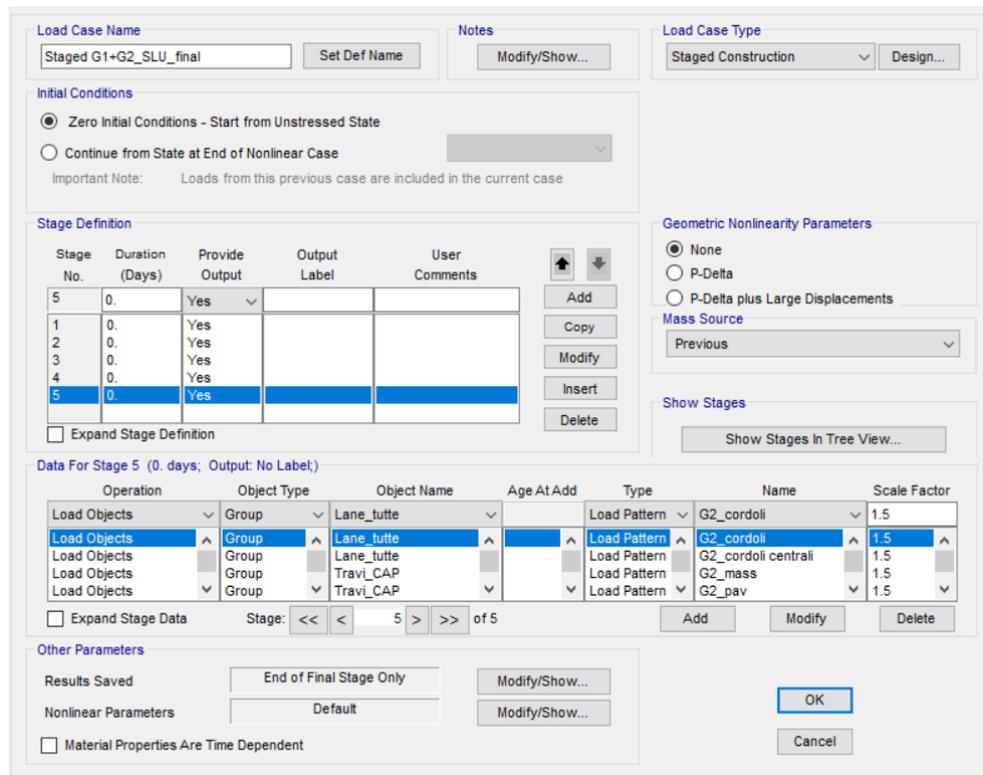
Other Parameters

Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show... OK

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show... Cancel

Material Properties Are Time Dependent

PROGETTAZIONE ATI:



Load Case Name
Staged G1+G2_SLU_final

Initial Conditions
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
5	0.	Yes		
1	0.	Yes		
2	0.	Yes		
3	0.	Yes		
4	0.	Yes		
5	0.	Yes		

Data for Stage 5 (0. days; Output: No Label;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Load Objects	Group	Lane_tutte		Load Pattern	G2_cordoli	1.5
Load Objects	Group	Lane_tutte		Load Pattern	G2_cordoli centrali	1.5
Load Objects	Group	Travi_CAP		Load Pattern	G2_mass	1.5
Load Objects	Group	Travi_CAP		Load Pattern	G2_pav	1.5

Figura 8.1: Definizione della staged construction

L'analisi per carichi mobili è stata svolta in automatico dal software impiegando la teoria delle linee di influenza e ricavando l'involuppo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali. I risultati delle analisi in termini di distribuzioni delle sollecitazioni sono riportati nei paragrafi di verifica dei singoli elementi strutturali.

8.2.2. ANALISI SISMICA

L'analisi dinamica lineare con spettro di risposta è la metodologia di analisi adottata per valutare il comportamento strutturale sia in termini di sollecitazioni sia in termini di spostamenti.

Nella fattispecie l'analisi dinamica con spettro consiste nelle seguenti fasi:

- Determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- Calcolo degli effetti dell'azione sismica mediante lo spettro di risposta di progetto considerando modi di vibrare individuati;
- Combinazione degli effetti dei modi di vibrare mediante una combinazione di tipo CQC (quadratica completa).

In accordo con le NTC2018 per l'analisi sismica si considera uno spettro di risposta di progetto con $q=1.5$

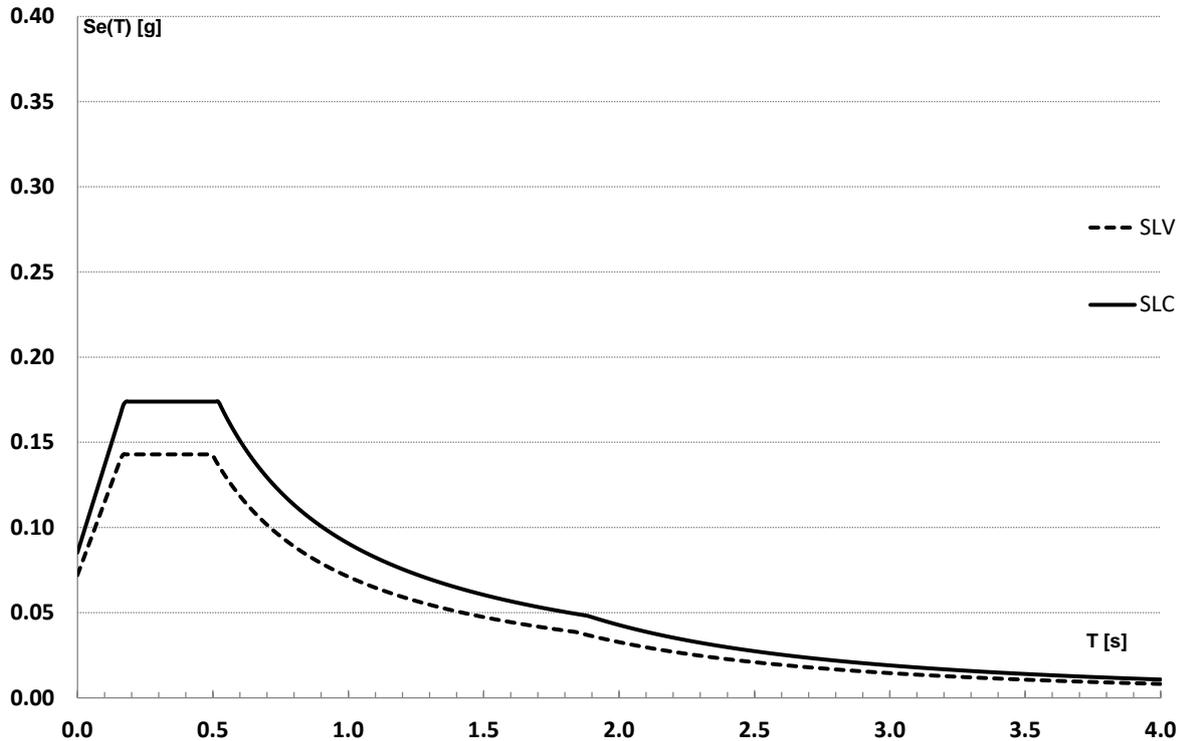


Figura 8.2: Spettro di progetto

8.3. GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo è stato realizzato impiegando elementi frame e shell per la modellazione delle varie parti strutturali (travi, traversi, soletta, solettone e pareti).

La struttura dell'impalcato in particolare è stata modellata a graticcio tenendo conto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi che contribuiscono alla ripartizione trasversale dei carichi tra le travi di impalcato.

Le connessioni tra le travi e i muri sono state modellate mediante link rigidi e link elastici.

Le pareti laterali e centrali hanno spessore 1,4m, il solettone superiore gettato in opera ha spessore di 165cm con alleggerimento.

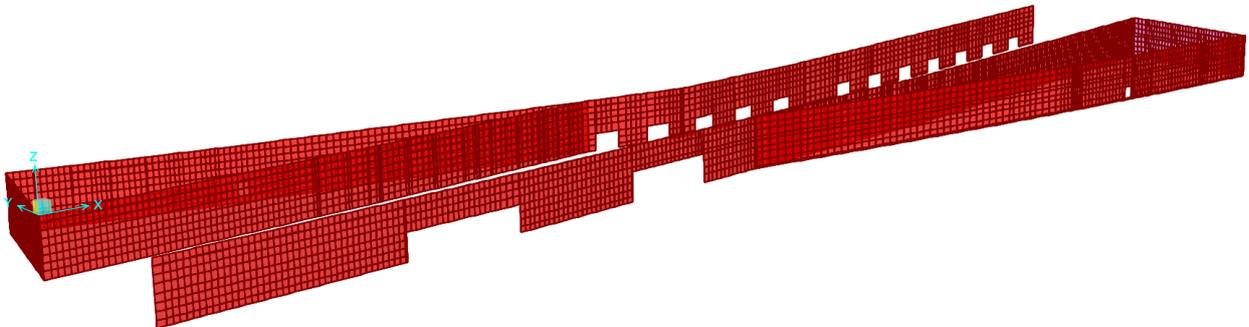


Figura 8.3: Vista prospettica modello fase 1

PROGETTAZIONE ATI:

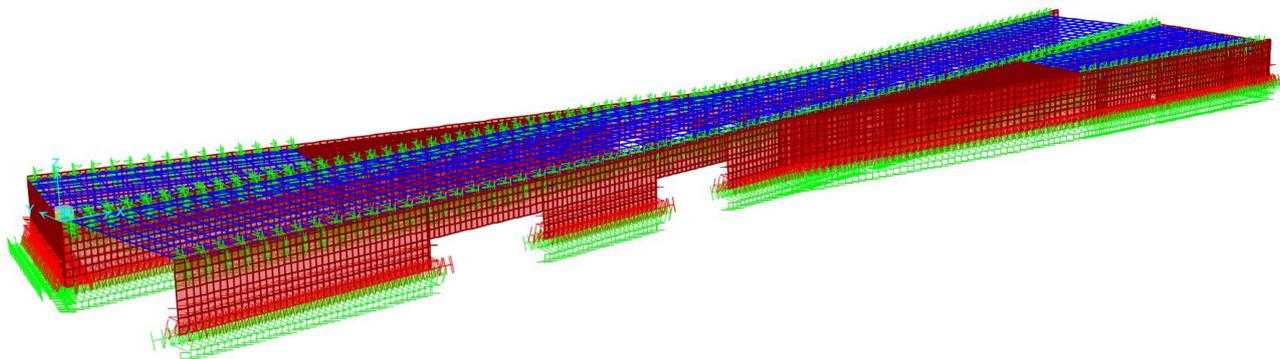


Figura 8.4: Vista prospettica modello di calcolo fasi successive

In virtù della tipologia di fondazione le pareti sono considerate incastrate alla base. L'incastro è realizzato mediante applicazione di molle line spring dotate di elevata rigidità rotazionale e traslazionale.

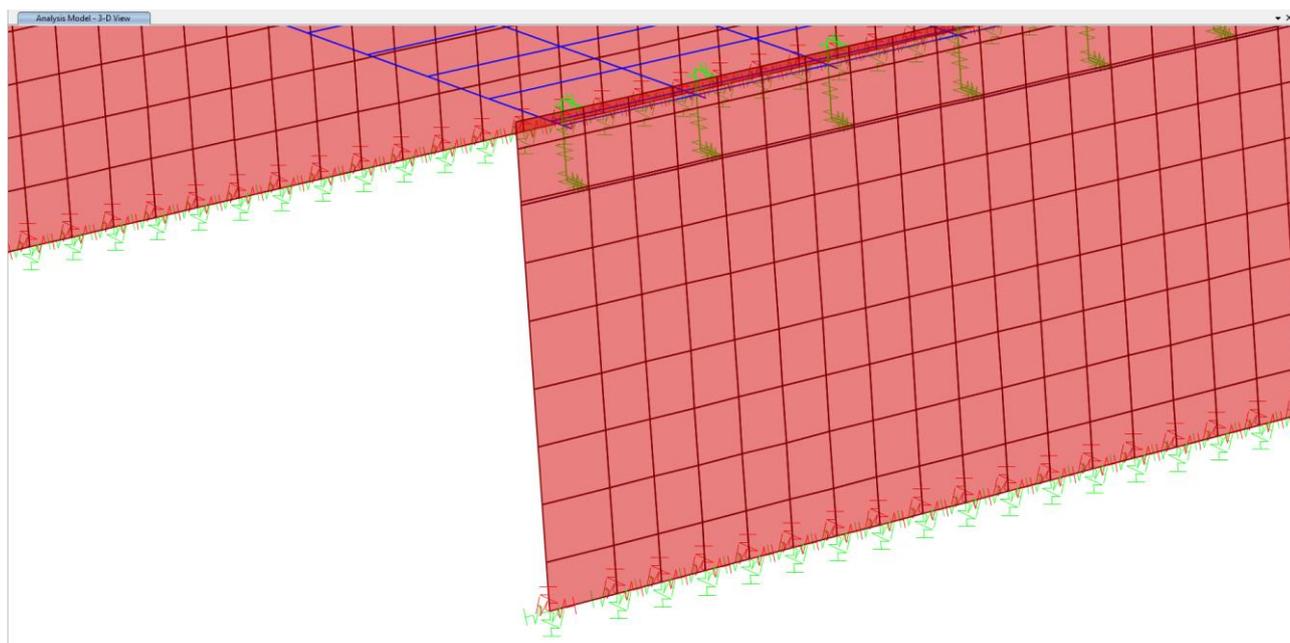


Figura 8.5: Modellazione sistema vincolo

8.3.1. VINCOLI INTERNI

I dispositivi di appoggio (cuscinetti in neoprene) sono stati modellati secondo quanto riportato di seguito.

- I dispositivi d'appoggio sono modellati mediante impiego di elementi link del tipo "linear". Al singolo dispositivo sono stati assegnati i seguenti valori di rigidità verticale ed orizzontale

PROGETTAZIONE ATI:

Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Name

Directional Control

Direction	Fixed
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>

Shear Distance from End J

U2: 0.

U3: 0.

Units: KN, m, C

Stiffness Values Used For All Load Cases

Stiffness Is Uncoupled Stiffness Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
1000000.	5000.	5000.	100.	100.	100.

Damping Values Used For All Load Cases

Damping Is Uncoupled Damping Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
0.	0.	0.	0.	0.	0.

Figura 8.6: Modellazione dispositivi di appoggio

- Elementi rigidi di continuità strutturale: sono modellati mediante impiego di elementi link del tipo "linear" ai quali sono stati assegnati i seguenti valori di rigidezza verticale ed orizzontale

Linear Link/Support Directional Properties

Link/Support Name

Directional Control

Direction	Fixed
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>

Shear Distance from End J

U2: 0.

U3: 0.

Units: KN, m, C

Stiffness Values Used For All Load Cases

Stiffness Is Uncoupled Stiffness Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
1.000E+08	1.000E+08	1.000E+08	1.000E+08	1.000E+08	1.000E+08

Damping Values Used For All Load Cases

Damping Is Uncoupled Damping Is Coupled

U1	U2	U3	R1	R2	R3
0.	0.	0.	0.	0.	0.

OK Cancel

Figura 8.7: Modellazione elementi rigidi di continuità

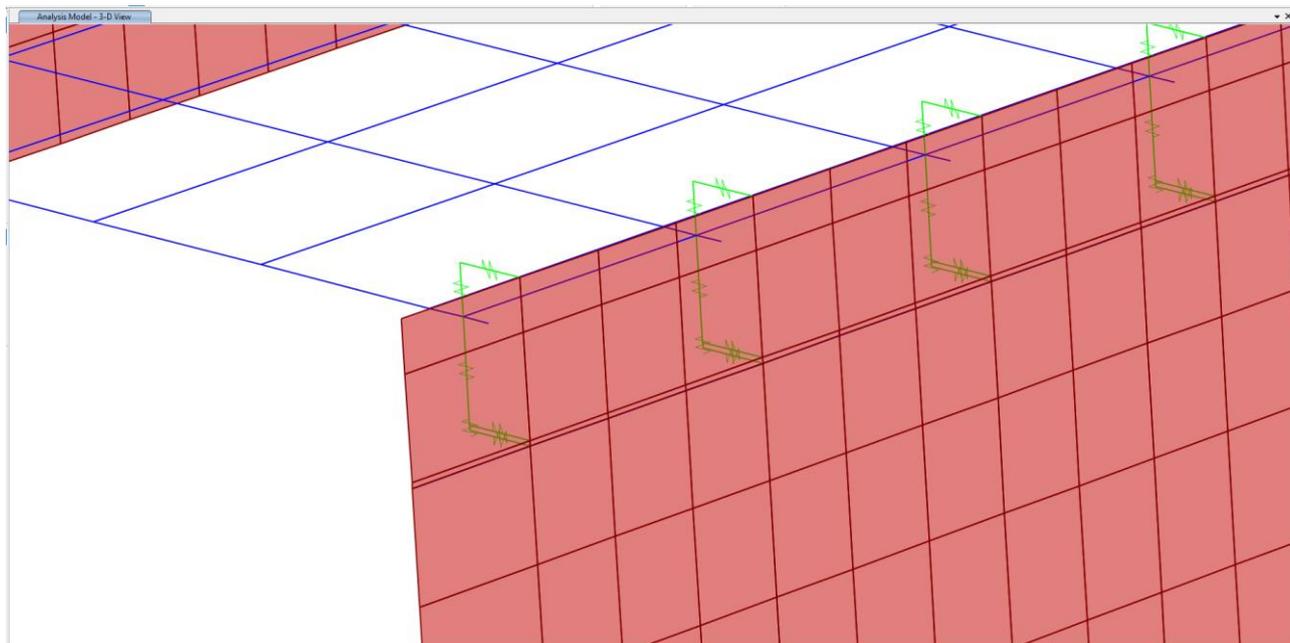


Figura 8.8: Modellazione vincolo di continuità

PROGETTAZIONE ATI:

9. RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

Si riportano di seguito i principali modi di vibrare della struttura, rimandando agli specifici paragrafi i diagrammi delle sollecitazioni sugli elementi strutturali

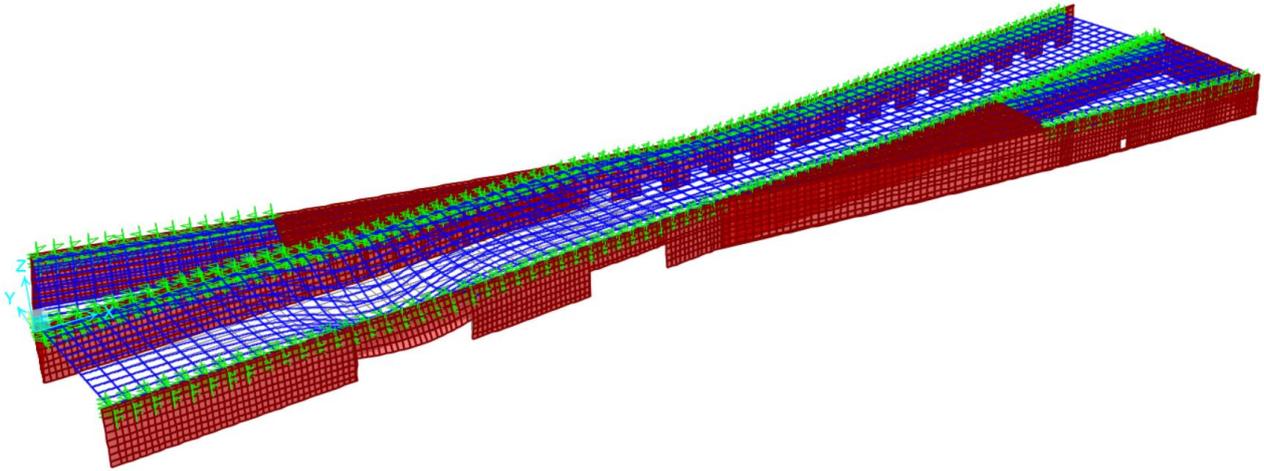


Figura 9.1: Modo di vibrare 1 T: = 0.18s

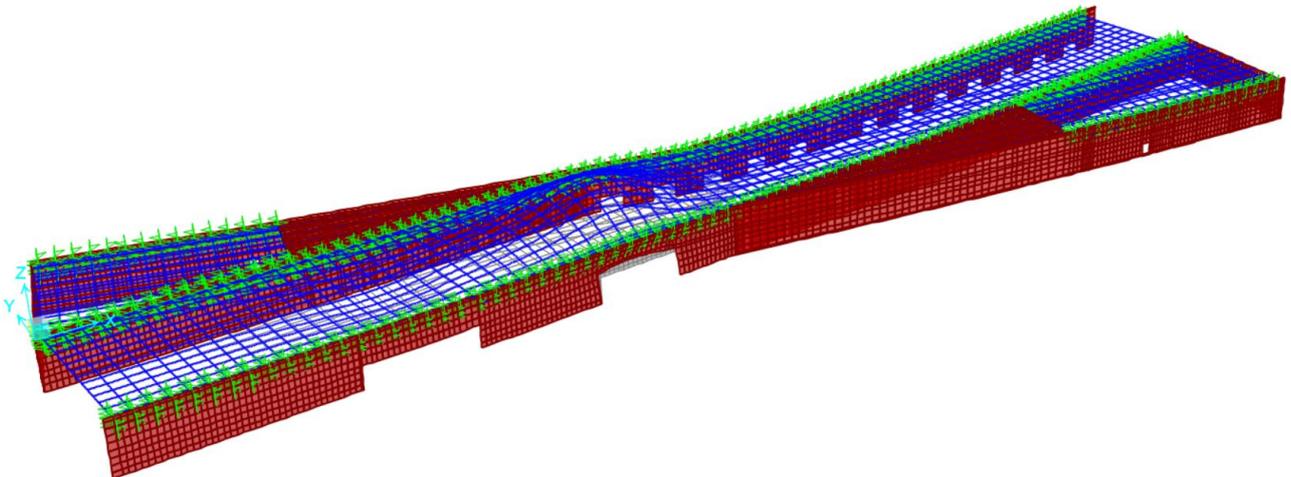


Figura 9.2: Modo di vibrare 2 T: = 0.17s

PROGETTAZIONE ATI:

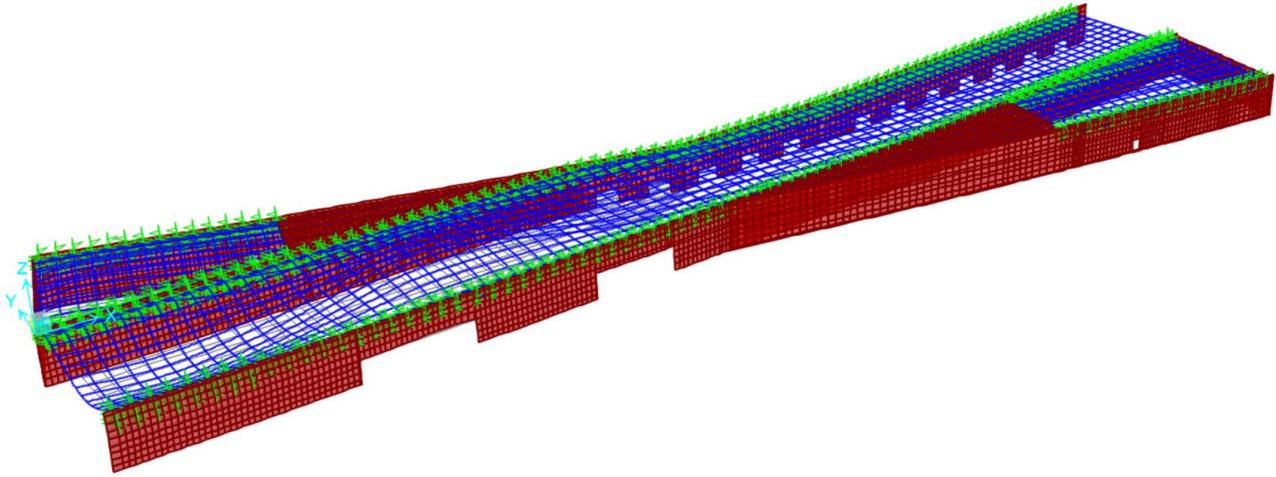


Figura 9.3: Modo di vibrare 3 T: = 0.16s

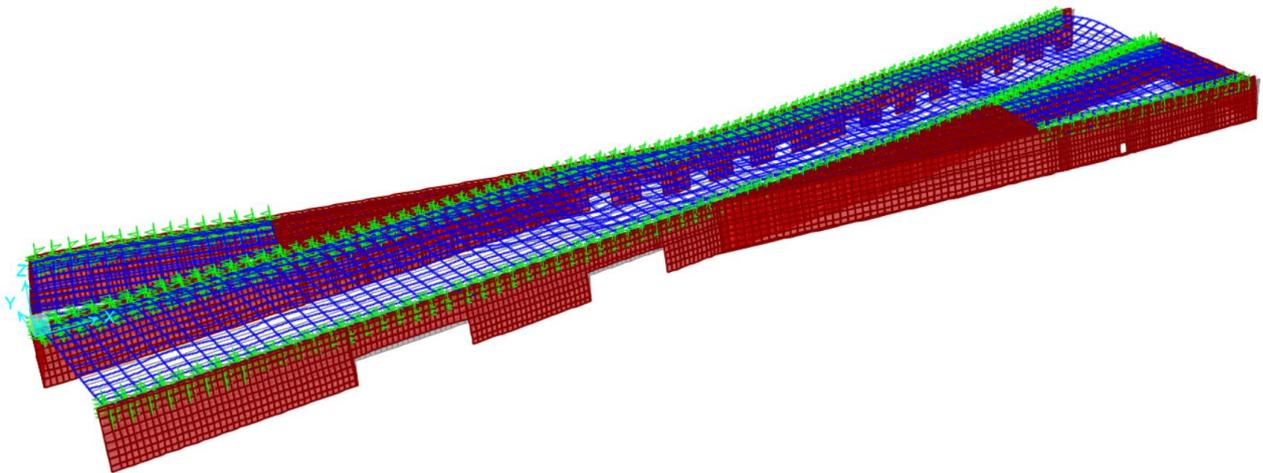


Figura 9.4: Modo di vibrare 24 T: = 0.10s (Principale lungo y)

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.18	0.00%	0.01%	6.06%	0.00%	0.01%	6.06%
MODAL	Mode	2	0.17	0.00%	0.00%	3.26%	0.00%	0.01%	9.32%
MODAL	Mode	3	0.16	0.00%	0.03%	1.86%	0.00%	0.04%	11.18%
MODAL	Mode	4	0.16	0.00%	0.03%	0.32%	0.00%	0.07%	11.50%
MODAL	Mode	5	0.15	0.00%	0.03%	0.02%	0.00%	0.09%	11.52%
MODAL	Mode	6	0.15	0.00%	0.09%	0.05%	0.00%	0.18%	11.57%
MODAL	Mode	7	0.15	0.00%	0.02%	0.58%	0.00%	0.21%	12.15%
MODAL	Mode	8	0.14	0.00%	0.01%	0.67%	0.00%	0.21%	12.82%
MODAL	Mode	9	0.13	0.00%	0.00%	0.19%	0.00%	0.21%	13.01%
MODAL	Mode	10	0.13	0.00%	0.23%	2.20%	0.00%	0.45%	15.21%
MODAL	Mode	11	0.13	0.00%	0.00%	0.74%	0.00%	0.45%	15.95%
MODAL	Mode	12	0.13	0.00%	0.09%	4.94%	0.00%	0.54%	20.89%
MODAL	Mode	13	0.12	0.00%	0.02%	0.01%	0.00%	0.55%	20.90%

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – FASCIO TUBIERO ALLA PROG. 8+336,00 – RELAZIONE DI CALCOLO

MODAL	Mode	14	0.12	0.00%	0.01%	0.32%	0.00%	0.56%	21.22%
MODAL	Mode	15	0.12	0.00%	0.09%	0.01%	0.00%	0.65%	21.23%
MODAL	Mode	16	0.12	0.00%	0.01%	0.19%	0.00%	0.65%	21.42%
MODAL	Mode	17	0.12	0.00%	0.01%	0.37%	0.00%	0.67%	21.79%
MODAL	Mode	18	0.11	0.00%	0.01%	0.64%	0.00%	0.67%	22.42%
MODAL	Mode	19	0.11	0.00%	0.03%	0.67%	0.00%	0.71%	23.09%
MODAL	Mode	20	0.11	0.00%	0.02%	0.70%	0.00%	0.72%	23.79%
MODAL	Mode	21	0.11	0.00%	0.12%	0.29%	0.00%	0.85%	24.08%
MODAL	Mode	22	0.11	0.00%	0.33%	0.39%	0.00%	1.18%	24.47%
MODAL	Mode	23	0.11	0.00%	0.62%	0.26%	0.00%	1.80%	24.73%
MODAL	Mode	24	0.10	0.01%	82.10%	0.00%	0.01%	83.90%	24.74%
MODAL	Mode	25	0.10	0.00%	0.08%	0.61%	0.01%	83.98%	25.34%
MODAL	Mode	26	0.10	0.00%	0.41%	0.02%	0.01%	84.38%	25.37%
MODAL	Mode	27	0.10	0.00%	0.02%	2.96%	0.01%	84.40%	28.33%
MODAL	Mode	28	0.10	0.00%	0.08%	0.02%	0.01%	84.48%	28.34%
MODAL	Mode	29	0.10	0.00%	0.03%	0.44%	0.01%	84.51%	28.78%
MODAL	Mode	30	0.10	0.00%	0.01%	0.13%	0.01%	84.52%	28.92%
MODAL	Mode	31	0.09	0.00%	0.01%	0.42%	0.01%	84.53%	29.33%
MODAL	Mode	32	0.09	0.00%	0.00%	0.17%	0.01%	84.53%	29.50%
MODAL	Mode	33	0.09	0.00%	0.01%	0.22%	0.01%	84.54%	29.72%
MODAL	Mode	34	0.09	0.00%	0.00%	0.07%	0.01%	84.54%	29.79%
MODAL	Mode	35	0.09	0.00%	0.00%	0.13%	0.01%	84.54%	29.92%
MODAL	Mode	36	0.09	0.00%	0.00%	0.22%	0.01%	84.54%	30.14%
MODAL	Mode	37	0.09	0.00%	0.01%	0.37%	0.01%	84.55%	30.51%
MODAL	Mode	38	0.08	0.00%	0.00%	0.11%	0.01%	84.55%	30.62%
MODAL	Mode	39	0.08	0.00%	0.00%	0.54%	0.01%	84.55%	31.16%
MODAL	Mode	40	0.08	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%	84.55%	31.18%
MODAL	Mode	41	0.08	0.00%	0.00%	0.06%	0.01%	84.55%	31.24%
MODAL	Mode	42	0.08	0.00%	0.00%	0.03%	0.01%	84.55%	31.28%
MODAL	Mode	43	0.08	0.00%	0.00%	0.31%	0.01%	84.55%	31.58%
MODAL	Mode	44	0.08	0.00%	0.00%	0.18%	0.01%	84.55%	31.76%
MODAL	Mode	45	0.08	0.00%	0.00%	0.05%	0.01%	84.55%	31.82%
MODAL	Mode	46	0.07	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	84.55%	31.82%
MODAL	Mode	47	0.07	0.00%	0.02%	0.87%	0.01%	84.57%	32.68%
MODAL	Mode	48	0.07	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	84.57%	32.69%
MODAL	Mode	49	0.07	0.00%	0.00%	0.17%	0.01%	84.57%	32.86%
MODAL	Mode	50	0.07	0.00%	0.00%	0.40%	0.01%	84.57%	33.26%
MODAL	Mode	51	0.07	0.00%	0.00%	0.03%	0.01%	84.57%	33.28%
MODAL	Mode	52	0.07	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	84.58%	33.30%
MODAL	Mode	53	0.07	0.28%	2.02%	0.01%	0.29%	86.60%	33.31%
MODAL	Mode	54	0.07	0.01%	0.01%	0.40%	0.30%	86.61%	33.71%
MODAL	Mode	55	0.07	0.00%	0.00%	0.03%	0.30%	86.61%	33.74%
MODAL	Mode	56	0.07	0.00%	0.00%	1.14%	0.30%	86.61%	34.88%
MODAL	Mode	57	0.07	0.00%	0.00%	0.13%	0.30%	86.61%	35.00%
MODAL	Mode	58	0.07	0.00%	0.02%	0.01%	0.30%	86.63%	35.02%
MODAL	Mode	59	0.07	0.00%	0.00%	0.16%	0.30%	86.63%	35.18%
MODAL	Mode	60	0.07	0.00%	0.17%	0.00%	0.30%	86.80%	35.18%
MODAL	Mode	61	0.06	0.00%	0.00%	1.20%	0.30%	86.80%	36.38%
MODAL	Mode	62	0.06	0.00%	0.00%	0.06%	0.30%	86.80%	36.44%
MODAL	Mode	63	0.06	0.00%	0.00%	0.01%	0.30%	86.80%	36.45%
MODAL	Mode	64	0.06	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	86.80%	36.45%
MODAL	Mode	65	0.06	0.00%	0.01%	0.04%	0.30%	86.80%	36.49%
MODAL	Mode	66	0.06	0.00%	0.00%	0.06%	0.30%	86.80%	36.56%

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – FASCIO TUBIERO ALLA PROG. 8+336,00 – RELAZIONE DI CALCOLO

MODAL	Mode	67	0.06	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	86.80%	36.56%
MODAL	Mode	68	0.06	0.00%	0.03%	0.05%	0.30%	86.84%	36.61%
MODAL	Mode	69	0.06	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	86.84%	36.61%
MODAL	Mode	70	0.06	0.01%	0.25%	0.18%	0.31%	87.09%	36.79%
MODAL	Mode	71	0.06	0.00%	0.00%	0.02%	0.31%	87.09%	36.81%
MODAL	Mode	72	0.06	0.01%	0.00%	0.09%	0.32%	87.09%	36.90%
MODAL	Mode	73	0.06	0.00%	0.00%	0.00%	0.32%	87.09%	36.90%
MODAL	Mode	74	0.06	0.00%	0.00%	0.01%	0.32%	87.09%	36.91%
MODAL	Mode	75	0.06	0.00%	0.09%	0.03%	0.32%	87.18%	36.94%
MODAL	Mode	76	0.06	0.00%	0.00%	0.00%	0.32%	87.18%	36.94%
MODAL	Mode	77	0.06	0.00%	0.01%	0.53%	0.32%	87.19%	37.46%
MODAL	Mode	78	0.06	0.00%	0.00%	0.01%	0.32%	87.19%	37.48%
MODAL	Mode	79	0.06	0.00%	0.04%	0.31%	0.32%	87.23%	37.79%
MODAL	Mode	80	0.06	0.00%	0.00%	0.01%	0.32%	87.23%	37.80%

PROGETTAZIONE ATI:

10. VERIFICHE TRAVI IN ESERCIZIO E ALLO SLU

10.1. FASI DI CALCOLO IMPALCATO

In base a quanto riportato al §8 le fasi di realizzazione dell'impalcato dell'opera possono essere così descritte:

Fase 0: trave soggetta al peso proprio e all'azione della precompressione. In questa fase sono state varate le travi che poggiano sui dispositivi di appoggio in neoprene e contribuiscono solo con il loro peso proprio.;

Fase1: sulla struttura semplicemente appoggiata viene considerato il getto della soletta (e predalla) e del nodo di continuità, i quali contribuiscono con il loro peso proprio;

Fase2: Alla struttura vengono applicati i carichi d'esercizio G2; i carichi da traffico e azioni termiche.

10.2. DATI DIMENSIONALI PER VERIFICHE ALLO SLU

La geometria della trave è raffigurata in Figura 10.1.

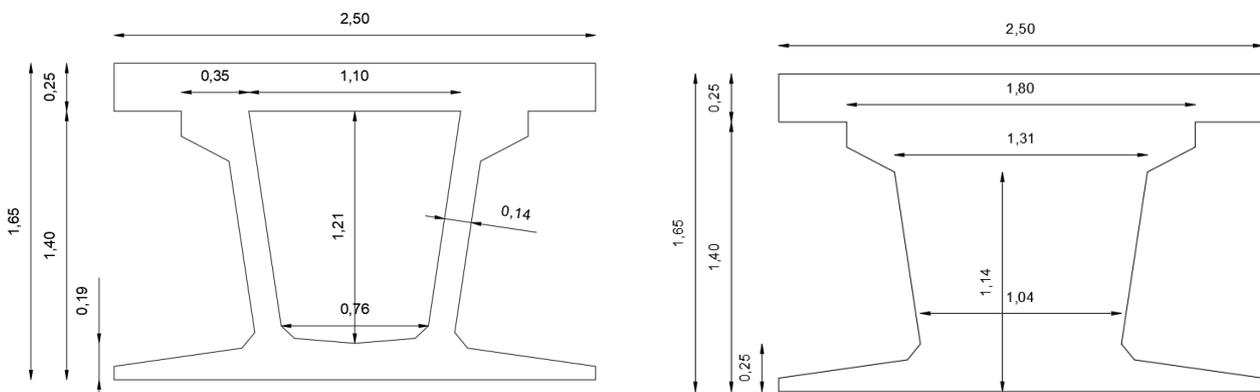


Figura 10.1: Sezione trasversale trave in c.a.p. sezione corrente ed in appoggio

10.3. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI

L'armatura da precompressione è stata determinata in funzione della luce variabile delle travi, nello specifico, si sono definiti 3 diversi gruppi di travi.

La definizione di questi gruppi si è resa necessaria per 2 motivazioni:

- Limitare la verifica ad un numero ristretto di travi sebbene rappresentativo;
- Definire i quantitativi di precompressione nel bulbo inferiore, salvo restando che per le anime e per i martelli superiori si è definito un numero standard di trefoli.

Di seguito viene riportata la tabella riepilogativa dei quantitativi di trefoli scelti nel bulbo inferiore per le travi di ogni gruppo:

	Tipo	Numero trefoli 1° e 2° registro ala inferiore			
		L/2 (mezz.)	L/3	L/6	App
Tinf_33	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_29	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_32	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_34	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_30	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_31	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_35	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_25	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_26	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_28	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_27	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_36	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_24	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_23	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_38	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_37	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_22	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_21	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_20	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_39	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_33	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_40	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_19	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_41	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_18	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_34	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_17	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_44	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_31	1	20+20	16+16	10+10	10+10

PROGETTAZIONE ATI:

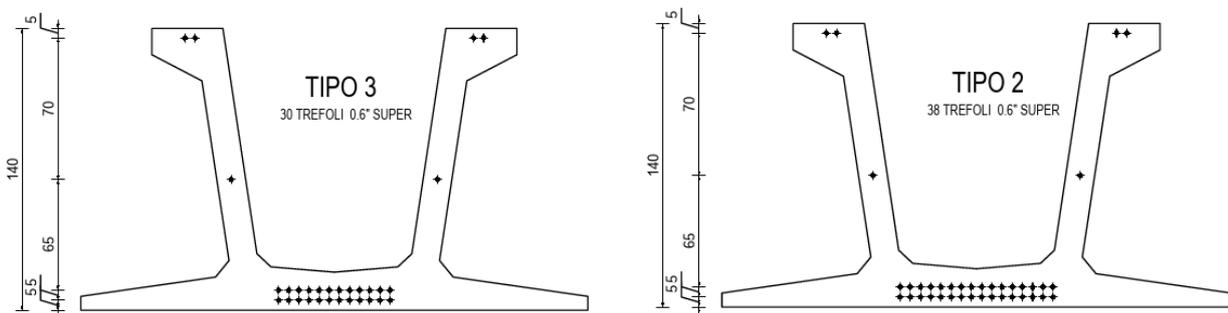
Tinf_43	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_47	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_16	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_42	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_55	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_45	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_46	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_50	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_49	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_48	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_59	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_32	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_15	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_56	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_52	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_53	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_54	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_58	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_51	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_14	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_57	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_28	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_60	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_13	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_12	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_11	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_10	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_29	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_9	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_8	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_61	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_7	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_3	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_6	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_1	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_5	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_2	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_4	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_3	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_62	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_30	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_25	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_63	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_26	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_16	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_2	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_5	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_64	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_27	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_65	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_4	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_6	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_66	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_22	2	16+16	16+16	10+10	10+10

PROGETTAZIONE ATI:

Tinf_67	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_68	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_23	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_24	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_69	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_70	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_15	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_71	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_72	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_7	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_73	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_74	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_9	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_75	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_76	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_8	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_77	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_78	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_81	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_80	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_79	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_19	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_21	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_20	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_12	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_10	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_1	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_11	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_17	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_18	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_13	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_14	3	12+12	12+12	10+10	6+6

Figura 10.2: Quantitativi trefoli nel bulbo inferiore

Si riportano di seguito le caratteristiche generali dell'armatura di precompressione.



PROGETTAZIONE ATI:

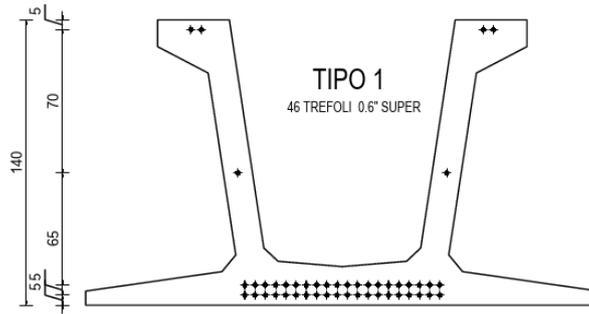


Figura 10.3: Posizionamento armatura da precompressione

10.4. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI

Si riportano le caratteristiche delle sezioni della trave maggiormente sollecitata a momento flettente T_{inf29} :

Trave isolata:

Sezione solo trave		
h	[cm]	140.00
A	[cm ²]	8264
$Y_{g, lembo inf}$	[cm]	50.79
I_x	[cm ⁴]	19580000.00
W_{sup}	[cm ³]	219482.12
W_{inf}	[cm ³]	-385508.96
k_s	[cm]	26.56
k_i	[cm]	-46.65
As	[cm ²]	1.50
$f_{ykTrefolo}$	[Mpa]	1670.00
$I_{trefoli}$	[cm ⁴]	123900.00

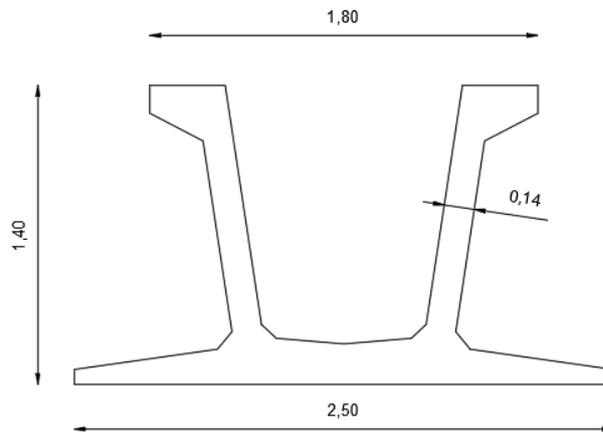
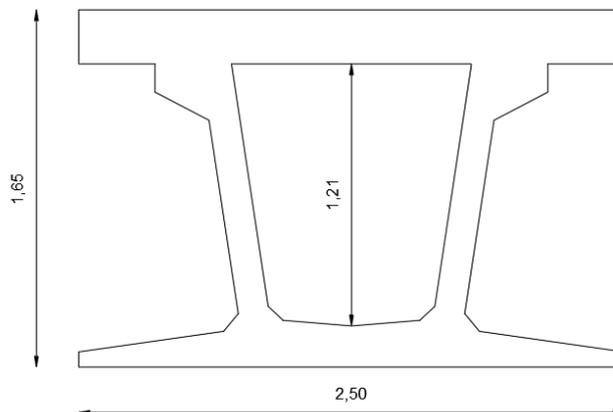


Figura 10.4: Caratteristiche sezione Trave isolata

Trave +Soletta:

Sezione trave+soletta		
h	[cm]	140.00
s	[cm]	25.00
H	[cm]	165.00
A_{tot}	[cm ²]	14514
Y_g	[cm]	94.59
I_x	[cm ⁴]	55390000
W_{sup}	[cm ³]	1219775.38
W_{inf}	[cm ³]	-585579.87
W_{sup}'	[cm ³]	786678.03



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 10.5: Caratteristiche sezione Trave + Soletta

Trave sezione di appoggio:

Sezione trave+soletta piena		
h	[cm]	140.00
s	[cm]	25.00
H	[cm]	165.00
A _{tot}	[cm ²]	25475
Y _g	[cm]	90.18
I _x	[cm ⁴]	70160000
W _{sup}	[cm ³]	1408269.77
W _{inf}	[cm ³]	-777999.56
W _{sup} '	[cm ³]	937717.19

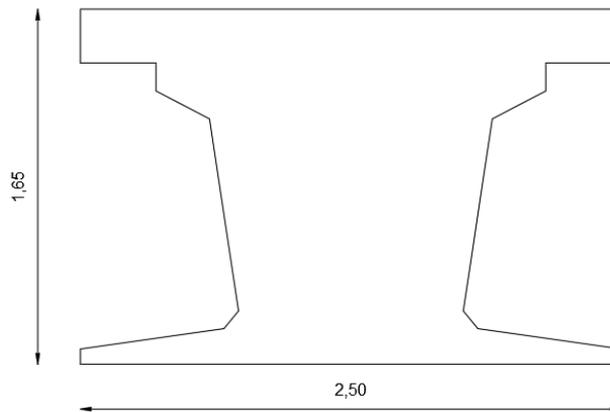


Figura 10.6: Caratteristiche sezione Trave in appoggio

10.5. CADUTE DI TENSIONE

Le cadute di tensione dovute alla precompressione e gli effetti reologici del cls (ritiro del cls per essiccamento, ritiro del cls autogeno, cadute per viscosità, cadute per effetto termico, cadute per rilassamento dell'acciaio e cadute totali) vengono considerati in maniera speditiva pari al 25%.

PROGETTAZIONE ATI:

10.6. PRINCIPALI DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni allo SLE per la combinazione rara nelle varie fasi in termini di momento flettente M e taglio V relative alla trave maggiormente sollecitata Tinf_33:

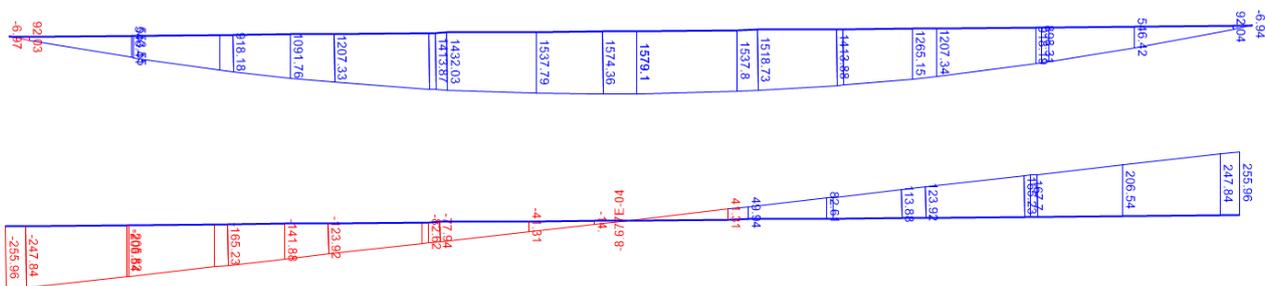


Figura 10.7: Momento flettente e taglio peso proprio Fase 0

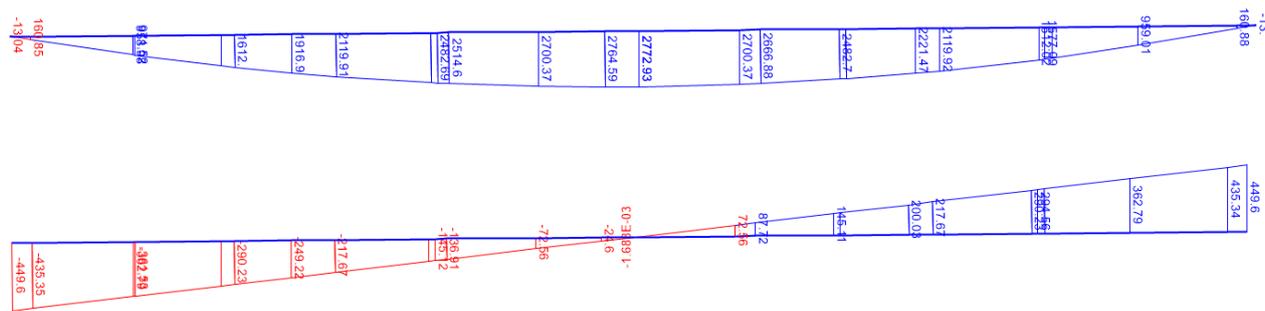


Figura 10.8: Momento flettente e taglio getto soletta e solettone Fase 1

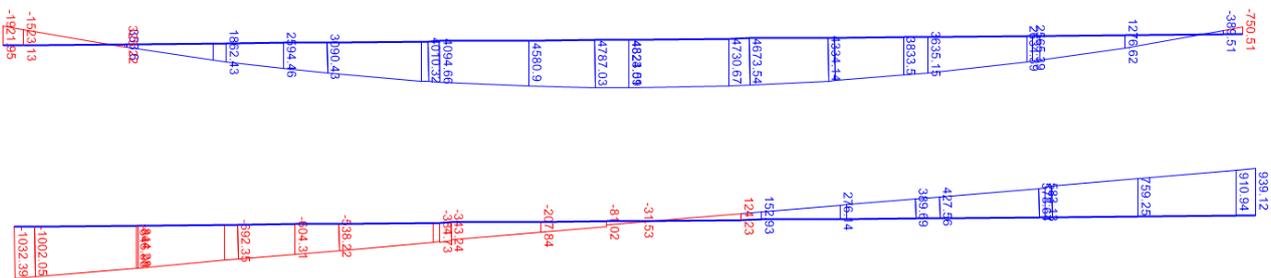


Figura 10.9: Momento flettente e taglio G2 Fase 2

PROGETTAZIONE ATI:

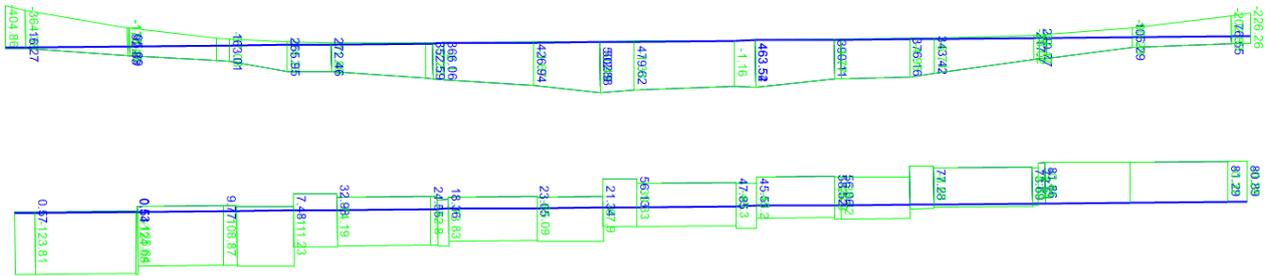


Figura 10.10 Momento flettente e taglio azioni da traffico carico distribuito Fase2

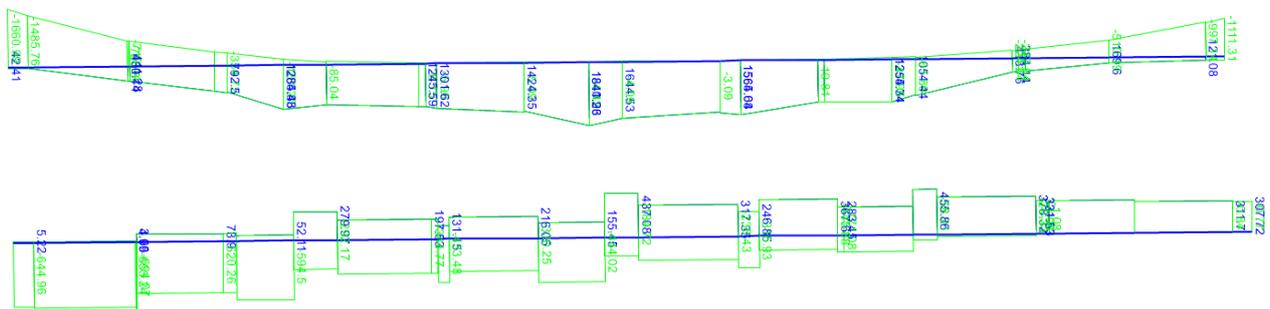


Figura 10.11: Momento flettente e taglio azioni da traffico carico tandem Fase2

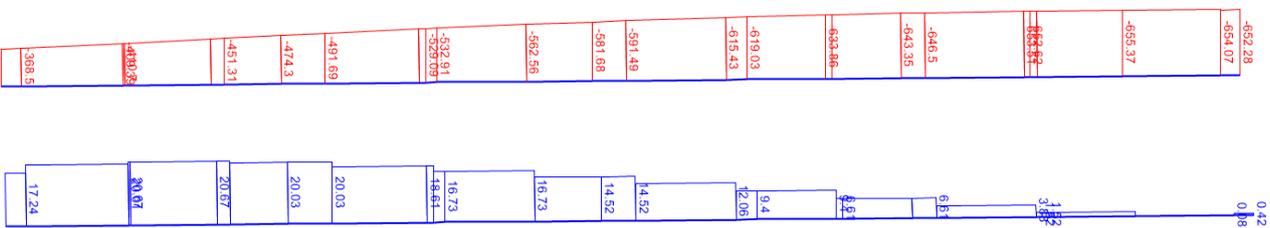


Figura 10.12: Momento flettente e taglio azione della temperatura positiva

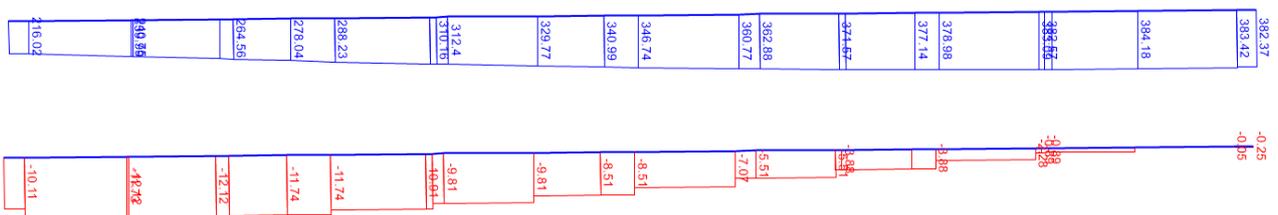


Figura 10.13: Momento flettente e taglio azione della temperatura negativa

PROGETTAZIONE ATI:

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni di involucro allo SLU in termini di momento flettente M e taglio V relative alla trave maggiormente sollecitata Tinf_33:

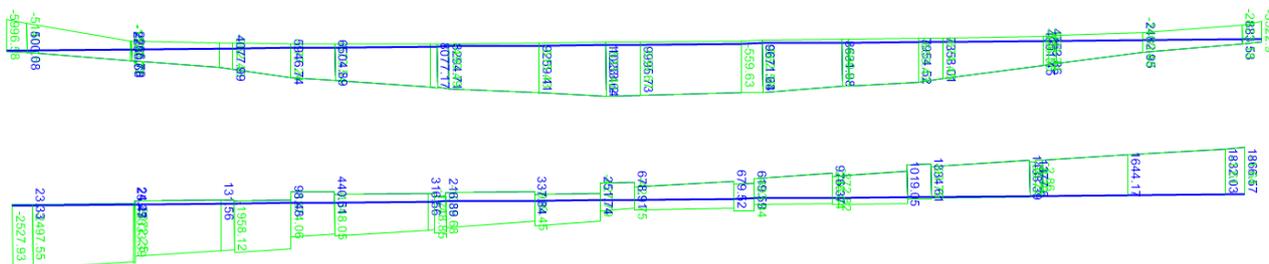


Figura 10.14: Momento flettente e taglio involucro SLU

10.7. VERIFICHE IN ESERCIZIO

Le verifiche in esercizio sono svolte per ogni gruppo di travi, nello specifico, se ne analizzano 2 per ogni gruppo, ovvero quelle che presentano il valore di momento flettente minore e maggiore:

- Tipo1: Tinf_33, Tsup_31;
- Tipo2: Tinf_47, Tsup_22;
- Tipo3: Tinf_67, Tsup_14.

Le cadute di tensione dovute alla precompressione e gli effetti reologici del cls (ritiro del cls per essiccamento, ritiro del cls autogeno, cadute per viscosità, cadute per effetto termico, cadute per rilassamento dell'acciaio e cadute totali) vengono considerati in maniera speditiva pari al 25%.

La verifica viene svolta in forma tabellare per 7 sezioni per ogni trave.

Per ogni sezione vengono analizzate le tensioni inferiori e superiori nelle diverse fasi realizzative. Per le verifiche all'atto del rilascio si considerano i valori di sforzo normale e momento flettente dovuti alla precompressione su trave isolata. Per la sezione di appoggio viene considerata la sezione con riempimento.

Per le verifiche nella Fase1 si considera la presenza del getto soletta su trave isolata.

Per le verifiche nella Fase2 viene considerata la presenza dei carichi permanenti e accidentali agenti sulla sezione Trave + Soletta.

Nella fase conclusiva si considerano applicate le cadute di tensione, pari al 25% della precompressione.

Per il soddisfacimento della verifica delle tensioni, si fa riferimento alla combinazione Rara, per la quale sono necessarie le seguenti condizioni sia in presenza di trave isolata che in presenza di trave + soletta:

- $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$;
- $\sigma_{t, \text{trave}} < f_{ctm}/1.2$;
- $\sigma_{t, \text{sol}} < f_{ctm}/1.2$

Tali condizioni risultano verificate in ogni sezione in esame.

Nei paragrafi che seguono sono calcolate la precompressione iniziale, le cadute di tensione e le tensioni nelle diverse fasi di calcolo considerate.

PROGETTAZIONE ATI:

10.7.1. VERIFICA TRAVE TINF33

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-6.97	5460.00	-1058.10	9.35	1.79	-6.07	0.02	-0.03	9.37	1.76

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1731.26	2.23	-1.23	-1.85	11.59	0.53	-1.85

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-4199.52	5.40	-2.98	-4.48	14.77	-1.22	-4.48

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
9.95	0.60	-1.46	13.12	-1.15	-4.10

Figura 10.15: Verifica SLE Trave Tinf33 – Sezione di appoggio

S2 - X = 4.13

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
874.18	5460.00	-176.95	7.07	5.80	660.53	-1.71	3.01	5.35	8.81

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1188.08	-2.03	0.97	1.51	3.32	9.78	1.51

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-600.57	1.03	-0.49	-0.76	6.38	8.32	-0.76

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
0.91	9.55	1.66	3.97	8.08	-0.61

Figura 10.16: Verifica SLE Trave T_{inf33} – Sezione L/6

S3 - X = 8.26

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1402.87	7980.00	-739.17	11.57	6.29	1060.50	-2.75	4.83	8.82	11.12

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3251.28	-5.55	2.67	4.13	3.27	13.79	4.13

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1149.05	-1.96	0.94	1.46	6.86	12.06	1.46

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-0.51	13.57	4.55	3.08	11.84	1.88

Figura 10.17: Verifica SLE Trave T_{inf}33 – Sezione L/3

S4 - X = 12.39

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	46	21.09	-29.70	1400.00	150.00
2	10	20					
1	5	20					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	$M_{(PP+Prec)}$	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1579.10	9660.00	-1290.21	15.04	5.81	1193.82	-3.10	5.44	11.94	11.25

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
4360.42	-7.45	3.57	5.54	4.49	14.82	5.54

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1668.83	-2.85	1.37	2.12	9.09	12.62	2.12

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-2415.00	1775.10	-4.70	-0.21	0.59

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-0.20	14.62	6.14	4.39	12.41	2.71

Figura 10.18: Verifica SLE Trave T_{inf33} – Sezione L/2

PROGETTAZIONE ATI:

S5 - X = 16.52

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1402.88	7980.00	-739.17	11.57	6.29	1060.51	-2.75	4.83	8.82	11.12

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3641.71	-6.22	2.99	4.63	2.60	14.11	4.63

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1404.99	-2.40	1.15	1.79	6.42	12.27	1.79

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1.18	13.89	5.05	2.64	12.05	2.20

Figura 10.19: Verifica SLE Trave T_{inf}33 – Sezione 2*L/3

S6 - X = 20.65

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
874.19	5460.00	-176.94	7.07	5.80	660.55	-1.71	3.01	5.35	8.81

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1709.40	-2.92	1.40	2.17	2.43	10.21	2.17

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
236.70	-0.40	0.19	0.30	4.95	9.00	0.30

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
0.02	9.98	2.33	2.54	8.77	0.45

Figura 10.20: Verifica SLE Trave T_{inf33} – Sezione 5*L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S7 - X = 24.79

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-6.94	5460.00	-1058.08	9.35	1.79	-6.05	0.02	-0.03	9.37	1.76

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-360.64	0.46	-0.26	-0.38	9.83	1.50	-0.38

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2508.43	3.22	-1.78	-2.68	12.59	-0.02	-2.68

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
8.19	1.58	0.00	10.95	0.05	-2.29

Figura 10.21: Verifica SLE Trave T_{inf33} – Sezione L

PROGETTAZIONE ATI:

10.7.2. VERIFICA TRAVE TSUP31

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemba_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
3	15	0					
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3.73	5460.00	-1054.86	9.34	1.80	-3.97	0.01	-0.02	9.35	1.78

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2227.45	2.86	-1.58	-2.38	12.22	0.20	-2.38

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3625.37	4.66	-2.57	-3.87	14.01	-0.79	-3.87

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
10.57	0.28	-1.99	12.37	-0.72	-3.48

Figura 10.22: Verifica SLE Trave T_{sup31} – Sezione di appoggio

S2 - X = 3.55

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
647.62	5460.00	-403.51	7.65	4.77	488.79	-1.27	2.23	6.39	7.00

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
407.44	-0.70	0.33	0.52	5.69	7.33	0.52

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-701.84	1.20	-0.58	-0.89	7.58	6.42	-0.89

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3.28	7.09	0.67	5.17	6.19	-0.74

Figura 10.23: Verifica SLE Trave T_{sup31} – Sezione L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S3 - X = 7.10

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1038.44	7980.00	-1103.61	12.52	4.63	784.45	-2.03	3.57	10.48	8.20

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2425.71	-4.14	1.99	3.08	6.34	10.19	3.08

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
519.23	-0.89	0.43	0.66	9.60	8.63	0.66

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2.56	9.97	3.50	5.82	8.41	1.08

Figura 10.24: Verifica SLE Trave T_{sup31} – Sezione L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S4 - X = 10.66

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	46	21.09	-29.70	1400.00	150.00
2	10	20					
1	5	20					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	$M_{(PP+Prec)}$	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1168.71	9660.00	-1700.60	16.10	3.94	883.01	-2.29	4.02	13.81	7.96

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3386.29	-5.78	2.78	4.30	8.03	10.74	4.30

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
786.49	-1.34	0.64	1.00	12.47	8.61	1.00

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-2415.00	1775.10	-4.70	-0.21	0.59

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3.33	10.53	4.90	7.77	8.40	1.59

Figura 10.25: Verifica SLE Trave T_{sup31} – Sezione L/2

S5 - X = 14.21

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1038.44	7980.00	-1103.60	12.52	4.63	784.46	-2.03	3.57	10.48	8.20

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3153.67	-5.39	2.59	4.01	5.10	10.79	4.01

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
334.89	-0.57	0.27	0.43	9.91	8.48	0.43

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.32	10.57	4.43	6.13	8.26	0.84

Figura 10.26: Verifica SLE Trave T_{sup}31 – Sezione 2*L/3

S6 - X = 17.76

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
647.63	5460.00	-403.50	7.65	4.77	488.80	-1.27	2.23	6.39	7.00

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1951.79	-3.33	1.60	2.48	3.05	8.60	2.48

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1059.32	1.81	-0.87	-1.35	8.19	6.13	-1.35

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
0.64	8.36	2.63	5.78	5.89	-1.19

Figura 10.27: Verifica SLE Trave T_{sup}31 – Sezione 5*L/6

S7 - X = 21.31

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3.72	5460.00	-1054.85	9.34	1.80	-3.96	0.01	-0.02	9.35	1.78

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3.11	0.00	0.00	0.00	9.36	1.78	0.00

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-4172.46	5.36	-2.96	-4.45	14.72	-1.18	-4.45

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
7.72	1.86	0.38	13.07	-1.10	-4.07

Figura 10.28: Verifica SLE Trave T_{sup31} – Sezione L

10.7.3. VERIFICA TRAVE TINF47

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
3	15	0					
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-5.09	5460.00	-1056.23	9.35	1.79	-4.51	0.01	-0.02	9.36	1.77

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-772.83	0.99	-0.55	-0.82	10.35	1.23	-0.82

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3040.48	3.91	-2.16	-3.24	13.27	-0.38	-3.24

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
8.71	1.30	-0.44	11.62	-0.31	-2.86

Figura 10.29: Verifica SLE Trave T_{inf}47 – Sezione di appoggio

S2 - X = 3.46

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
614.70	5460.00	-436.43	7.74	4.62	464.37	-1.20	2.12	6.53	6.73

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1199.36	-2.05	0.98	1.52	4.49	7.72	1.52

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-378.18	0.65	-0.31	-0.48	7.18	6.42	-0.48

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2.08	7.48	1.68	4.77	6.19	-0.33

Figura 10.30: Verifica SLE Trave T_{inf47} – Sezione L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S3 - X = 6.93

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemba_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
986.58	7980.00	-1155.46	12.65	4.39	745.71	-1.93	3.40	10.72	7.79

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3126.36	-5.34	2.56	3.97	5.38	10.35	3.97

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
638.89	-1.09	0.52	0.81	9.63	8.31	0.81

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.60	10.13	4.39	5.85	8.09	1.23

Figura 10.31: Verifica SLE Trave T_{inf47} – Sezione L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S4 - X = 10.39

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	$M_{\text{(PP+Prec)}}$	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1110.54	7980.00	-1031.51	12.33	4.96	839.48	-2.18	3.82	10.15	8.78

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3351.20	-5.72	2.75	4.26	4.43	11.53	4.26

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
872.04	-1.49	0.71	1.11	8.67	9.50	1.11

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
0.65	11.31	4.68	4.88	9.28	1.53

Figura 10.32: Verifica SLE Trave T_{inf47} – Sezione L/2

S5 - X = 13.86

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
986.58	7980.00	-1155.47	12.65	4.39	745.70	-1.93	3.40	10.72	7.79

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2994.50	-5.11	2.45	3.81	5.61	10.24	3.81

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
539.75	-0.92	0.44	0.69	9.80	8.23	0.69

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.82	10.03	4.22	6.02	8.01	1.10

Figura 10.33: Verifica SLE Trave T_{inf47} – Sezione 2*L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S6 - X = 17.32

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
614.70	5460.00	-436.43	7.74	4.62	464.37	-1.20	2.12	6.53	6.73

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1496.88	-2.56	1.23	1.90	3.98	7.96	1.90

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-736.35	1.26	-0.60	-0.94	7.79	6.13	-0.94

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.57	7.73	2.06	5.38	5.90	-0.78

Figura 10.34: Verifica SLE Trave T_{inf}47 – Sezione 5*L/6

S7 - X = 20.79

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-5.10	5460.00	-1056.23	9.35	1.79	-4.52	0.01	-0.02	9.36	1.77

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-620.91	0.80	-0.44	-0.66	10.16	1.33	-0.66

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup', M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3616.69	4.65	-2.57	-3.86	14.01	-0.79	-3.86

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
8.51	1.41	-0.28	12.37	-0.72	-3.47

Figura 10.35: Verifica SLE Trave T_{inf47} – Sezione L

10.7.4. VERIFICA TRAVE TSUP22

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
3	15	0					
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2.51	5460.00	-1053.65	9.34	1.81	-3.06	0.01	-0.01	9.35	1.79

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf,M2}}$	$\sigma_{\text{sup,M2}}$	$\sigma_{\text{sup',M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1898.50	2.44	-1.35	-2.02	11.79	0.44	-2.02

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf,M2}}$	$\sigma_{\text{sup,M2}}$	$\sigma_{\text{sup',M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2585.01	3.32	-1.84	-2.76	12.67	-0.04	-2.76

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
10.15	0.52	-1.64	11.03	0.03	-2.37

Figura 10.36: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione di appoggio

S2 - X = 2.73

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
382.70	5460.00	-668.43	8.34	3.56	288.36	-0.75	1.31	7.59	4.88

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-21.36	0.04	-0.02	-0.03	7.63	4.86	-0.03

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-724.88	1.24	-0.59	-0.92	8.83	4.28	-0.92

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
5.22	4.62	0.13	6.42	4.05	-0.77

Figura 10.37: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione L/6

S3 - X = 5.46

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
613.83	7980.00	-1528.21	13.62	2.69	463.22	-1.20	2.11	12.42	4.80

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1457.89	-2.49	1.20	1.85	9.93	6.00	1.85

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
18.81	-0.03	0.02	0.02	12.39	4.82	0.02

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
6.15	5.78	2.27	8.61	4.60	0.44

Figura 10.38: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S4 - X = 8.19

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	$M_{\text{(PP+Prec)}}$	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
690.87	7980.00	-1451.17	13.42	3.04	521.51	-1.35	2.38	12.07	5.42

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2451.66	-4.19	2.01	3.12	7.88	7.43	3.12

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
143.61	-0.25	0.12	0.18	11.82	5.54	0.18

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
4.10	7.21	3.53	8.04	5.32	0.60

Figura 10.39: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione L/2

PROGETTAZIONE ATI:

S5 - X = 10.93

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	38	23.95	-26.84	1400.00	150.00
2	10	16					
1	5	16					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
613.83	7980.00	-1528.21	13.62	2.69	463.22	-1.20	2.11	12.42	4.80

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2465.18	-4.21	2.02	3.13	8.21	6.83	3.13

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-116.67	0.20	-0.10	-0.15	12.62	4.71	-0.15

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1995.00	1409.32	-3.78	-0.22	0.42

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
4.43	6.61	3.55	8.84	4.49	0.27

Figura 10.40: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione 2*L/3

S6 - X = 13.66

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
382.71	5460.00	-668.42	8.34	3.56	288.37	-0.75	1.31	7.59	4.88

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1716.89	-2.93	1.41	2.18	4.66	6.28	2.18

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1059.56	1.81	-0.87	-1.35	9.40	4.01	-1.35

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2.25	6.05	2.34	6.99	3.77	-1.19

Figura 10.41: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione 5*L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S7 - X = 16.39

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2.50	5460.00	-1053.63	9.34	1.81	-3.04	0.01	-0.01	9.35	1.79

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
573.94	-0.74	0.41	0.61	8.61	2.20	0.61

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-3313.38	4.26	-2.35	-3.53	13.61	-0.56	-3.53

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-1.64	0.08	0.38

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
6.97	2.28	0.99	11.96	-0.48	-3.15

Figura 10.42: Verifica SLE Trave T_{sup22} – Sezione L

10.7.5. VERIFICA TRAVE TINF67

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2	18	42.22	-8.57	1400.00	150.00
3	15	0					
2	10	6					
1	5	6					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-4.65	3780.00	-328.51	5.43	3.08	-4.73	0.01	-0.02	5.44	3.06

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-79.25	0.10	-0.06	-0.08	5.54	3.00	-0.08

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2335.12	3.00	-1.66	-2.49	8.44	1.40	-2.49

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-945.00	494.88	-1.01	-0.02	0.16

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
4.53	2.98	0.07	7.43	1.38	-2.33

Figura 10.43: Verifica SLE Trave Tinf67 – Sezione di appoggio

S2 - X = 3.46

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
615.04	5460.00	-436.09	7.74	4.62	464.08	-1.20	2.11	6.53	6.73

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
865.91	-1.48	0.71	1.10	5.06	7.44	1.10

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-767.08	1.31	-0.63	-0.98	7.84	6.11	-0.98

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2.65	7.21	1.25	5.43	5.87	-0.82

Figura 10.44: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S3 - X = 6.93

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemba_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
986.85	6300.00	-427.92	8.73	5.67	745.37	-1.93	3.40	6.80	9.07

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1419.17	-2.42	1.16	1.80	4.38	10.23	1.80

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
264.62	-0.45	0.22	0.34	6.35	9.29	0.34

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.51	10.00	2.05	3.48	9.06	0.58

Figura 10.45: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S4 - X = 10.39

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	$M_{(PP+Prec)}$	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1110.79	6300.00	-303.98	8.41	6.24	839.13	-2.18	3.82	6.24	10.06

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf,M2}}$	$\sigma_{\text{sup,M2}}$	$\sigma_{\text{sup',M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1577.59	-2.69	1.29	2.01	3.54	11.36	2.01

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf,M2}}$	$\sigma_{\text{sup,M2}}$	$\sigma_{\text{sup',M2}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup' } 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
651.06	-1.11	0.53	0.83	5.12	10.60	0.83

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup' } 0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
0.67	11.13	2.25	2.26	10.37	1.07

Figura 10.46: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione L/2

PROGETTAZIONE ATI:

S5 - X = 13.86

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
986.85	6300.00	-427.92	8.73	5.67	745.36	-1.93	3.40	6.80	9.07

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1601.67	-2.74	1.31	2.04	4.06	10.38	2.04

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
474.59	-0.81	0.39	0.60	5.99	9.46	0.60

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1.20	10.15	2.28	3.12	9.23	0.84

Figura 10.47: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione 2*L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S6 - X = 17.32

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
615.03	5460.00	-436.10	7.74	4.62	464.07	-1.20	2.11	6.53	6.73

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
333.90	-0.57	0.27	0.42	5.96	7.01	0.42

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-326.59	0.56	-0.27	-0.42	7.09	6.47	-0.42

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3.55	6.77	0.58	4.68	6.23	-0.26

Figura 10.48: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione 5*L/6

S7 - X = 20.79

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	18	42.22	-8.57	1400.00	150.00
2	10	6					
1	5	6					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-4.67	3780.00	-328.53	5.43	3.08	-4.74	0.01	-0.02	5.44	3.06

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1922.67	2.47	-1.37	-2.05	7.91	1.69	-2.05

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2949.39	3.79	-2.09	-3.15	9.23	0.96	-3.15

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-945.00	494.88	-1.01	-0.02	0.16

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
6.90	1.67	-1.89	8.22	0.94	-2.99

Figura 10.49: Verifica SLE Trave T_{inf67} – Sezione L

10.7.6. VERIFICA TRAVE TSUP14

S1 - X = 0.00

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT_{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2	18	42.22	-8.57	1400.00	150.00
3	15	0					
2	10	6					
1	5	6					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1.33	3780.00	-325.19	5.42	3.09	-2.22	0.01	-0.01	5.42	3.08

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1150.31	-1.48	0.82	1.23	3.94	3.90	1.23

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1692.33	2.18	-1.20	-1.80	7.60	1.88	-1.80

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-945.00	494.88	-1.01	-0.02	0.16

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
2.94	3.88	1.38	6.59	1.86	-1.65

Figura 10.50: Verifica SLE Trave T_{sup14} – Sezione di appoggio

S2 - X = 2.10

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
225.96	5460.00	-825.17	8.75	2.85	169.72	-0.44	0.77	8.31	3.62

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1438.72	-2.46	1.18	1.83	5.85	4.80	1.83

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-653.84	1.12	-0.54	-0.83	9.42	3.08	-0.83

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3.44	4.57	1.98	7.01	2.85	-0.68

Figura 10.51: Verifica SLE Trave T_{sup14} – Sezione L/6

PROGETTAZIONE ATI:

S3 - X = 4.20

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
362.33	6300.00	-1052.44	10.35	2.83	272.89	-0.71	1.24	9.65	4.07

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1653.20	-2.82	1.36	2.10	6.82	5.43	2.10

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma \sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma \sigma_{\text{sup}' 0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-293.92	0.50	-0.24	-0.37	10.15	3.83	-0.37

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' 0,1,2, M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
3.96	5.20	2.34	7.28	3.60	-0.13

Figura 10.52: Verifica SLE Trave T_{sup14} – Sezione L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S4 - X = 6.29

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
M_0 (F(x))	N_{trefoli}	$M_{\text{(PP+Prec)}}$	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	M_1 (getto)	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
407.78	6300.00	-1006.99	10.24	3.04	307.28	-0.80	1.40	9.44	4.44

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
1350.92	-2.31	1.11	1.72	7.13	5.54	1.72

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-377.97	0.65	-0.31	-0.48	10.08	4.13	-0.48

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
4.26	5.31	1.96	7.22	3.90	-0.24

Figura 10.53: Verifica SLE Trave T_{sup14} – Sezione L/2

PROGETTAZIONE ATI:

S5 - X = 8.39

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	30	28.33	-22.46	1400.00	150.00
2	10	12					
1	5	12					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
362.32	6300.00	-1052.45	10.35	2.83	272.88	-0.71	1.24	9.65	4.07

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
518.75	-0.89	0.43	0.66	8.76	4.50	0.66

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-665.81	1.14	-0.55	-0.85	10.78	3.53	-0.85

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1575.00	1043.54	-2.87	-0.23	0.24

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
5.89	4.27	0.90	7.92	3.30	-0.60

Figura 10.54: Verifica SLE Trave T_{sup}14 – Sezione 2*L/3

PROGETTAZIONE ATI:

S6 - X = 10.49

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lembo_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	26	31.54	-19.25	1400.00	150.00
2	10	10					
1	5	10					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf, tiro}}$	$\sigma_{\text{sup, tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf, getto}}$	$\sigma_{\text{sup, getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
225.95	5460.00	-825.19	8.75	2.85	169.71	-0.44	0.77	8.31	3.62

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-657.58	1.12	-0.54	-0.84	9.43	3.08	-0.84

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf, M2}}$	$\sigma_{\text{sup, M2}}$	$\sigma_{\text{sup}', M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup } 0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1242.22	2.12	-1.02	-1.58	10.43	2.60	-1.58

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup, } \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', } \Delta p$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-1365.00	860.65	-2.41	-0.23	0.15

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$	$\sigma_{\text{inf } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup } 0,1,2, M2}$	$\sigma_{\text{sup}' } 0,1,2, M2$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
7.02	2.85	-0.68	8.02	2.37	-1.43

Figura 10.55: Verifica SLE Trave T_{sup}14 – Sezione 5*L/6

S7 - X = 12.59

Geometria Trefoli			Caratteristiche della precompressione				
Strato	$Y_{\text{trefoli_lemb_inf}}$	n_{trefoli}	TOT _{TREFOLI}	Y_{spi}	Y_p	σ_{trefolo}	$A_{1_trefolo}$
[-]	[cm]	[-]	[-]	[cm]	[cm]	[Mpa]	[mm ²]
6	135	4					
5	0	0					
4	65	2					
3	15	0	18	42.22	-8.57	1400.00	150.00
2	10	6					
1	5	6					

Fase0 (Peso Proprio + Precompressione)					Fase1 (Getti su trave isolata)				
$M_0 (F(x))$	N_{trefoli}	M_{prec}	$\sigma_{\text{inf,tiro}}$	$\sigma_{\text{sup,tiro}}$	$M_1 (\text{getto})$	$\sigma_{\text{inf,getto}}$	$\sigma_{\text{sup,getto}}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1}$
[kNm]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1.35	3780.00	-325.21	5.42	3.09	-2.24	0.01	-0.01	5.42	3.08

Fase2 (Permanenti + Accidentali positivi)						
M_{g+q^+}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-1926.17	2.48	-1.37	-2.05	7.90	1.71	-2.05

Fase2 (Permanenti + Accidentali negativi)						
M_{g+q^-}	$\sigma_{\text{inf},M2}$	$\sigma_{\text{sup},M2}$	$\sigma_{\text{sup}',M2}$	$\Sigma\sigma_{\text{inf}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}0,1,2}$	$\Sigma\sigma_{\text{sup}'0,1,2}$
[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
-2488.85	3.20	-1.77	-2.65	8.62	1.31	-2.65

Cadute di tensione			Tensioni dovute alle cadute		
Cadute	$\Delta N_{\text{trefoli}}$	$\Delta M_{\text{trefoli}}$	$\sigma_{\text{inf}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}, \Delta p}$	$\sigma_{\text{sup}', \Delta p}$
[-]	[kN]	[kNm]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
25.00%	-945.00	494.88	-1.01	-0.02	0.16

Verifica Tensioni per M+			Verifica Tensioni per M-		
$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{inf}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}0,1,2,M2}$	$\sigma_{\text{sup}'0,1,2,M2}$
[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]
6.89	1.69	-1.90	7.62	1.30	-2.50

Figura 10.56: Verifica SLE Trave T_{sup14} – Sezione L

10.8. VERIFICHE ALLO SLU PER SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Si riporta la tabella riepilogativa delle sollecitazioni flettenti e taglianti agenti in combinazione SLU per ogni trave della copertura.

In base agli output sono stati definiti 3 macro gruppi di travi di seguito definiti:

- Tipo 3: $3000 \leq M_{Ed} < 5000 \text{ kNm}$;
- Tipo 2: $5000 \leq M_{Ed} < 7500 \text{ kNm}$;
- Tipo 1: $M_{Ed} \geq 7500 \text{ kNm}$.

	Max_M+ [kNm]	Min_M- [kNm]	Max_V+ [kN]	Min_V- [kN]	Tipo	Numero trefoli 1° e 2° registro ala inferiore			
						L/2 (mezz.)	L/3	L/6	App
Tinf_33	9995	-5997	1867	-2528	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_29	9842	-5197	1906	-2272	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_32	9708	-5936	1776	-2568	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_34	9702	-5680	2061	-2387	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_30	9675	-5801	1790	-2898	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_31	9644	-5502	1836	-2536	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_35	9634	-6420	2109	-2762	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_25	9488	-5892	1803	-2738	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_26	9373	-5970	1834	-2695	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_28	9318	-5454	1866	-2542	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_27	9126	-5753	1848	-2633	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_36	9051	-5594	2161	-2680	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_24	9024	-5697	1771	-2495	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_23	8817	-5599	1750	-2592	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_38	8804	-6092	2262	-2370	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_37	8667	-5939	2265	-2575	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_22	8547	-5177	1716	-2502	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_21	8341	-5713	1642	-2961	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_20	8308	-5521	1550	-2564	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_39	8246	-6269	2307	-2782	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_33	8210	-6636	2629	-3163	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_40	8068	-5782	2327	-2414	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_19	8029	-5472	1448	-2609	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_41	7845	-5030	2136	-2138	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_18	7832	-5921	1400	-2723	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_34	7823	-6302	2227	-1844	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_17	7671	-5562	1398	-2710	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_44	7583	-4728	2263	-2046	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_31	7552	-6430	2532	-2850	1	20+20	16+16	10+10	10+10

Tinf_43	7493	-5278	2532	-2350	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_47	7430	-5129	2378	-2026	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_16	7362	-5357	1402	-2832	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_42	7362	-5285	2071	-2512	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_55	7343	-4464	2607	-1652	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_45	7337	-4733	2082	-2359	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_46	7290	-4830	2297	-2108	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_50	7285	-4933	2281	-2061	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_49	7272	-4919	2596	-1909	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_48	7271	-4568	2266	-2098	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_59	7182	-4271	2161	-1472	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_32	7156	-5694	2185	-2565	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_15	7145	-6999	1458	-2623	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_56	7137	-4659	2182	-1657	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_52	7133	-5032	2449	-1741	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_53	7125	-4391	2209	-1718	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_54	7051	-4067	2294	-1616	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_58	6998	-4694	2454	-1497	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_51	6979	-4540	2127	-1649	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_14	6950	-5979	1509	-2475	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_57	6905	-4193	2144	-1543	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_28	6807	-6056	2446	-2717	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_60	6744	-4049	2427	-1447	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_13	6736	-5797	1531	-2476	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_12	6615	-5751	1520	-2824	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_11	6533	-5574	1507	-2269	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_10	6457	-5447	1493	-2360	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_29	6403	-5415	2078	-2279	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_9	6396	-5143	1484	-2307	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_8	6346	-4823	1472	-2290	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_61	6323	-3835	2182	-1418	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_7	6306	-4289	1467	-1229	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_3	6302	-5942	2655	-2387	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_6	6279	-4943	1464	-1670	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_1	6269	-4584	1480	-1551	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_5	6259	-4902	1464	-1664	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_2	6253	-4705	1475	-1577	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_4	6244	-4844	1467	-1707	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_3	6241	-4906	1473	-1607	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_62	6216	-4361	2194	-1397	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_30	6145	-5180	1934	-2114	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_25	6115	-5588	2305	-2347	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_63	5780	-3931	2221	-1365	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_26	5744	-5108	1983	-2378	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_16	5699	-6887	2636	-2771	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_2	5565	-4944	2117	-2042	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_5	5456	-5435	2125	-2124	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_64	5453	-5300	2544	-1345	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_27	5428	-4629	1740	-2194	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_65	5421	-5422	2717	-1329	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_4	5418	-5196	2115	-2140	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_6	5385	-5839	2429	-2350	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_66	5082	-4870	2137	-1300	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_22	5077	-5184	2144	-2493	2	16+16	16+16	10+10	10+10

PROGETTAZIONE ATI:

Tinf_67	4963	-5305	2352	-1291	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_68	4900	-4707	2255	-1301	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_23	4887	-4751	1860	-2151	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_24	4821	-4681	1660	-2035	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_69	4786	-4400	2235	-1277	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_70	4740	-4596	2512	-1259	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_15	4724	-6803	2641	-1774	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_71	4693	-4308	1925	-1267	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_72	4620	-4163	1907	-1257	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_7	4571	-4826	2145	-2033	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_73	4561	-4304	2077	-1241	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_74	4524	-4078	2054	-1239	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_9	4500	-5458	2572	-2215	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_75	4477	-3975	1879	-1242	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_76	4425	-3189	1181	-1239	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_8	4423	-5057	2252	-1991	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_77	4391	-4244	1411	-1297	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_78	4360	-4279	1406	-1099	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_81	4356	-5296	1517	-1212	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_80	4346	-4673	1437	-1169	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_79	4343	-4678	1464	-1145	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_19	4217	-5029	2017	-2212	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_21	4081	-4511	1686	-2051	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_20	4053	-4655	1760	-2528	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_12	3930	-5279	2554	-2060	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_10	3740	-4629	1934	-1802	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_1	3723	-3294	1900	-1266	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_11	3612	-4685	2060	-1837	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_17	3587	-4491	1657	-2112	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_18	3371	-4467	1507	-2118	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_13	3323	-4615	1966	-1658	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_14	3212	-4701	1869	-1660	3	12+12	12+12	10+10	6+6

Figura 10.57: Tabella riassuntiva sollecitazioni flettenti Travi

Di seguito vengono svolte le verifiche a flessione per momento positivo e negativo per le sole travi maggiormente sollecitate di ogni gruppo analizzato, in quanto, le rimanenti, soddisfano a pieno la verifica.

10.8.1. VERIFICHE A FLESSIONE PER MOMENTO POSITIVO E NEGATIVO TRAVE Tinf33

Per la trave in esame si riporta la tabella riassuntiva delle sollecitazioni agenti per ogni sezione:

Sezione	DEAD [kNm]	G1_sol [kNm]	G2 [kNm]	Termica + [kNm]	Termica - [kNm]	Dist+ [kNm]	Dist- [kNm]	Tan+ [kNm]	Tan- [kNm]	yg1 [-]	yg2 [-]	yter [-]	yq [-]	M+ [kNm]	M- [kNm]
0.00	-7	-6	-1917	-362	212	16	-405	42	-1661	1.35	1.5	0.9	1.35	-2623	-6007
4.13	874	661	132	-446	261	154	-72	746	-392	1.35	1.5	0.9	1.35	3719	1241
8.26	1403	1060	1479	-527	309	347	-3	1240	-11	1.35	1.5	0.9	1.35	7964	5051
12.39	1579	1194	2029	-591	347	480	-1	1644	-4	1.35	1.5	0.9	1.35	9966	6248
16.52	1403	1061	1807	-634	372	389	-2	1223	-20	1.35	1.5	0.9	1.35	8546	5436
20.65	874	661	909	-653	383	203	-32	368	-248	1.35	1.5	0.9	1.35	4550	2469
24.79	-7	-6	-779	-652	382	73	-226	116	-1111	1.35	1.5	0.9	1.35	-587	-3580

Figura 10.58: Sollecitazioni Flettenti Tinf33

Per la sezione a distanza L/2 dall'appoggio, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20$ cm. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Figura 10.59: Trave Tinf33 - Verifica a rottura sezione di mezzeria

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 9995 \text{ kNm} < 13554 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per la sezione di appoggio, a momento negativo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 22/20\text{cm}$. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

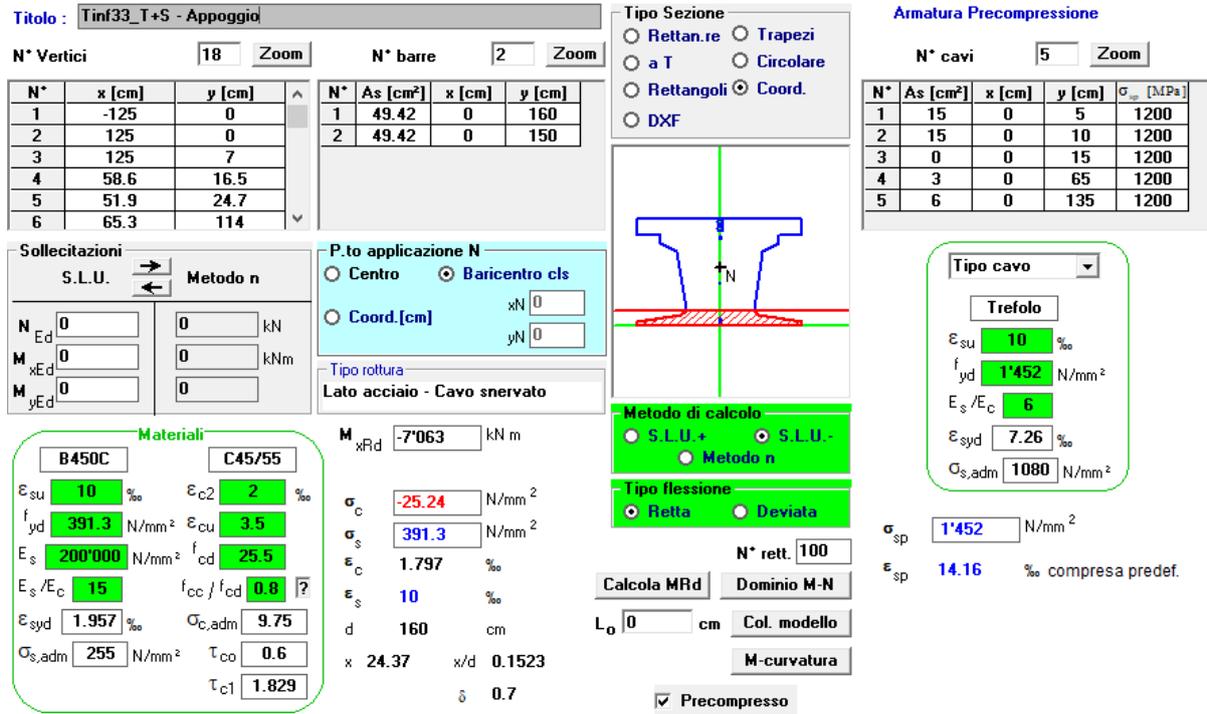


Figura 10.60: Trave Tinf33 - Verifica a rottura sezione di appoggio

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 5997 \text{ kNm} < 7063 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per le sezioni distanti $L/6$ e $0.83*L$ dall'appoggio iniziale della trave, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20\text{cm}$. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m , il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

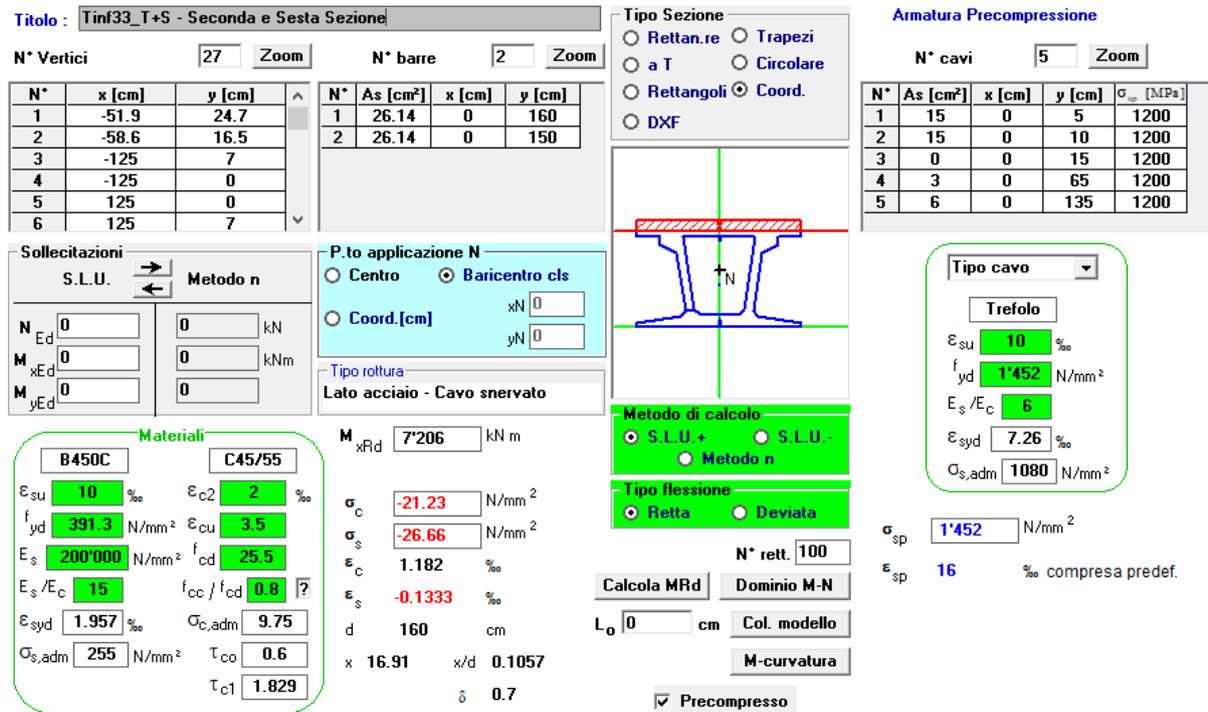


Figura 10.61: Tinf33 - Verifica a rottura sezioni $L/6$ e $0.83*L$ dall'appoggio

Il momento agente M_{sd} nelle due sezioni è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 3719 \text{ kNm} < 7206 \text{ kNm}$; $4550 \text{ kNm} < 7206 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

10.8.2. VERIFICHE A FLESSIONE PER MOMENTO POSITIVO E NEGATIVO TRAVE Tinf47

Per la trave in esame si riporta la tabella riassuntiva delle sollecitazioni agenti per ogni sezione:

Sezione	DEAD [kNm]	G1_sol [kNm]	G2 [kNm]	Termica + [kNm]	Termica - [kNm]	Dist+ [kNm]	Dist- [kNm]	Tan+ [kNm]	Tan- [kNm]	yg1 [-]	yg2 [-]	yter [-]	yq [-]	M+ [kNm]	M- [kNm]
0.00	-5	-5	-1045	-426	250	26	-298	96	-1442	1.35	1.5	0.9	1.35	-1191	-4313
3.46	615	464	322	-554	325	131	-51	551	-317	1.35	1.5	0.9	1.35	3153	945
6.93	987	746	1091	-682	400	345	-6	1451	-37	1.35	1.5	0.9	1.35	6759	3303
10.39	1111	839	1362	-796	466	349	-4	1360	-9	1.35	1.5	0.9	1.35	7403	3942
13.86	987	746	1111	-894	524	298	-7	1271	-27	1.35	1.5	0.9	1.35	6595	3153
17.32	615	464	274	-980	575	168	-62	711	-360	1.35	1.5	0.9	1.35	3570	415
20.79	-5	-5	-1103	-1060	621	30	-311	79	-1567	1.35	1.5	0.9	1.35	-961	-5156

Figura 10.62: Sollecitazioni Taglianti Tinf47

Per la sezione a distanza L/2 dall'appoggio, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20$ cm. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Titolo: STinf47_T+S - Mezzeria

N° Vertici: 27 **Zoom** **N° barre:** 2 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-51.9	24.7
2	-58.6	16.5
3	-125	7
4	-125	0
5	125	0
6	125	7

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	26.14	0	160
2	26.14	0	150

Armatura Precompressione

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{pe} [MPa]
1	24	0	5	1200
2	24	0	10	1200
3	0	0	15	1200
4	3	0	65	1200
5	6	0	135	1200

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

Materiali

B450C **C45/55**

ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Cavo snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

M_{xRd} 11'036 kN m
 σ_c -23.83 N/mm²
 σ_s -82.29 N/mm²
 ϵ_c 1.489 ‰
 ϵ_s -0.4115 ‰
d 160 cm
x 20.73 x/d 0.1296
 δ 0.7

Tipo cavo

Trefolo
 ϵ_{cu} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 16 ‰ compressa pref.

Calcola MRd **Dominio M-N**
Col. modello **M-curvatura**

Precompresso

Figura 10.63: Trave Tinf47 - Verifica a rottura sezione di mezzeria

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 7430 \text{ kNm} < 11036 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per la sezione di appoggio, a momento negativo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 22/20\text{cm}$. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Titolo: Tinf47_T+5 - Appoggio

N° Vertici: 18 **Zoom** **N° barre:** 2 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-125	0
2	125	0
3	125	7
4	58.6	16.5
5	51.9	24.7
6	65.3	114

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	49.42	0	160
2	49.42	0	150

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Armatura Precompressione
N° cavi: 5 **Zoom**

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	15	0	5	1200
2	15	0	10	1200
3	0	0	15	1200
4	3	0	65	1200
5	6	0	135	1200

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

Materiali:
B450C **C45/55**
 ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

Calcoli:
 M_{xRd} -7'063 kNm
 σ_c -25.24 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 1.797 ‰
 ϵ_s 10 ‰
 d 160 cm
 x 24.37 x/d 0.1523
 δ 0.7

Armatura Precompressione (Trefolo):
Tipo cavo: Trefolo
 ϵ_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²
 σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 14.16 ‰ compresa predef.

Controlli:

 Precompresso

Figura 10.64: Trave T_{inf47} - Verifica a rottura sezione di appoggio

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 5129 \text{ kNm} < 7063 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per le sezioni distanti $L/6$ e $0.83 \cdot L$ dall'appoggio iniziale della trave, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20\text{cm}$. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m , il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Titolo: Tinf47_T+S - Seconda e Sesta Sezione

N° Vertici: 27 Zoom N° barre: 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-51.9	24.7
2	-58.6	16.5
3	-125	7
4	-125	0
5	125	0
6	125	7

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	26.14	0	160
2	26.14	0	150

Armatura Precompressione

N° cavi: 5 Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	15	0	5	1200
2	15	0	10	1200
3	0	0	15	1200
4	3	0	65	1200
5	6	0	135	1200

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali

B450C C45/55

ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
M-curvatura

Precompresso

Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd} 7'206 kN m

σ_c -21.23 N/mm²
 σ_s -26.66 N/mm²
 ϵ_c 1.182 ‰
 ϵ_s -0.1333 ‰
d 160 cm
x 16.91 x/d 0.1057
 δ 0.7

Tipo cavo

Trefolo

ϵ_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 16 ‰ compresa predef.

Figura 10.65: T_{inf}47 - Verifica a rottura sezioni $L/6$ e $0.83 \cdot L$ dall'appoggio

Il momento agente M_{sd} nelle due sezioni è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 3153 \text{ kNm} < 7206 \text{ kNm}$; $3570 \text{ kNm} < 7206 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

10.8.3. VERIFICHE A FLESSIONE PER MOMENTO POSITIVO E NEGATIVO TRAVE Tinf67

Per la trave in esame si riporta la tabella riassuntiva delle sollecitazioni agenti per ogni sezione:

Sezione	DEAD [kNm]	G1_sol [kNm]	G2 [kNm]	Termica + [kNm]	Termica - [kNm]	Dist+ [kNm]	Dist- [kNm]	Tan+ [kNm]	Tan- [kNm]	yg1 [-]	yg2 [-]	yter [-]	yq [-]	M+ [kNm]	M- [kNm]
0.00	-5	-5	-823	-1887	1106	22	-82	58	-298	1.35	1.5	0.9	1.35	-144	-3458
3.46	615	464	306	-1446	847	13	-36	39	-169	1.35	1.5	0.9	1.35	2748	337
6.93	987	745	934	-998	585	35	-21	98	-50	1.35	1.5	0.9	1.35	4447	2746
10.39	1111	839	1063	-550	323	85	-31	236	-51	1.35	1.5	0.9	1.35	4951	3621
13.86	987	745	691	-105	61	152	-44	722	-109	1.35	1.5	0.9	1.35	4610	3073
17.32	615	464	-234	338	-198	107	-64	580	-232	1.35	1.5	0.9	1.35	2337	529
20.79	-5	-5	-1708	776	-455	14	-250	43	-1457	1.35	1.5	0.9	1.35	-1798	-5288

Figura 10.66: Sollecitazioni Taglianti Tinf67

Per la sezione a distanza L/2 dall'appoggio, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20$ cm. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Titolo: STinf67_T+S - Mezzeria

N° Vertici: 27 **N° barre:** 2

N°	x [cm]	y [cm]
1	-51.9	24.7
2	-58.6	16.5
3	-125	7
4	-125	0
5	125	0
6	125	7

Armatura Precompressione

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	18	0	5	1200
2	18	0	10	1200
3	0	0	15	1200
4	3	0	65	1200
5	6	0	135	1200

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

Materiali

B450C C45/55

ϵ_{su} 10% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Calcola MRd **Dominio M-N**

M_{xRd} 8'489 kNm
 σ_c -22.25 N/mm²
 σ_s -45.6 N/mm²
 ϵ_c 1.286%
 ϵ_s -0.228%
d 160 cm
x 18.23 w/d 0.114
 δ 0.7

Tipo cavo

Trefolo

ϵ_{su} 10%
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26%
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²

σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 16% compressa predef.

Precompresso

Figura 10.67: Trave Tinf67 - Verifica a rottura sezione di mezzeria

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 4963\text{kNm} < 8489\text{kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per la sezione di appoggio, a momento negativo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 22/20\text{cm}$. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

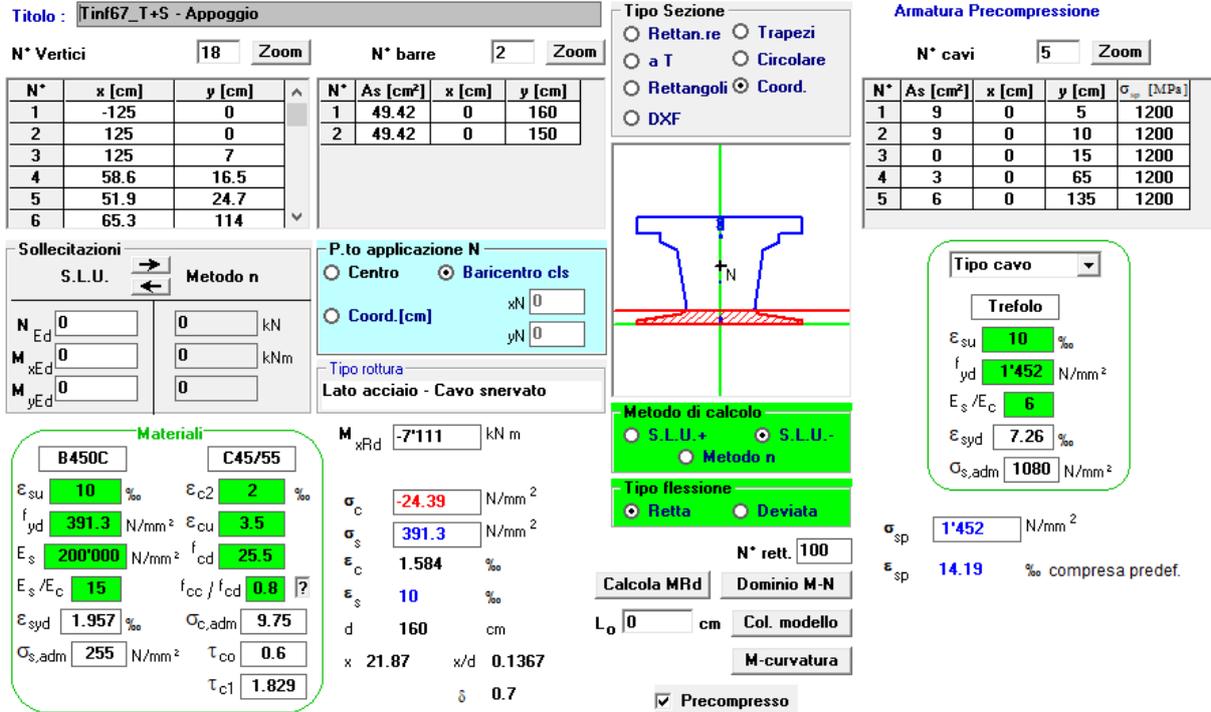


Figura 10.68: Trave Tin67 - Verifica a rottura sezione di appoggio

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 5305 \text{ kNm} < 7111 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Per le sezioni distanti $L/6$ e $0.83*L$ dall'appoggio iniziale della trave, a momento positivo, si considera la presenza di un'armatura in soletta (sup – inf) pari a $\phi 16/20$ cm. Considerando una larghezza della sezione pari a 2.50m, il numero complessivo di ferri nella soletta è pari a 26.

Titolo: Tinf67_T+S - Seconda e Sesta Sezione

N° Vertici: 27 **Zoom** **N° barre:** 2 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-51.9	24.7
2	-58.6	16.5
3	-125	7
4	-125	0
5	125	0
6	125	7

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	26.14	0	160
2	26.14	0	150

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Armatura Precompressione
N° cavi: 5 **Zoom**

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	15	0	5	1200
2	15	0	10	1200
3	0	0	15	1200
4	3	0	65	1200
5	6	0	135	1200

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 **0** kN
M_{xEd} 0 **0** kNm
M_{yEd} 0 **0**

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Cavo snervato

Materiali:
B450C **C45/55**
 ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 7'206 kN m
 σ_c -21.23 N/mm²
 σ_s -26.66 N/mm²
 ϵ_c 1.182 ‰
 ϵ_s -0.1333 ‰
d 160 cm
x 16.91 x/d 0.1057
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Tipo cavo: Trefolo
 ϵ_{su} 10 ‰
 f_{yd} 1'452 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.26 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1080 N/mm²
 σ_{sp} 1'452 N/mm²
 ϵ_{sp} 16 ‰ compressa predef.

Figura 10.69: T_{inf67} - Verifica a rottura sezioni L/6 e 0.83*L dall'appoggio

Il momento agente M_{sd} nelle due sezioni è minore del momento flettente resistente $M_{rd} \rightarrow 2748$ kNm < 7206 kNm; 2337 kNm < 7206 kNm \rightarrow Verifica soddisfatta.

10.9. VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

In questo paragrafo vengono riportate le verifiche a taglio per le travi analizzate. La verifica è eseguita in maniera semplificata considerando 2 possibili configurazioni di armatura trasversale:

- $\phi 14/10\text{cm}$ per la sezione di appoggio fino a 1.50m da esso;
- $\phi 12/20\text{cm}$ per le restanti sezioni.

Le verifiche sono state svolte considerando reagenti solo le anime delle travi, determinando 2 sole possibili configurazioni:

- Sezione in corrispondenza dell'appoggio iniziale avente spessore delle anime pari a 35cm; Cautelativamente si è considerato la larghezza minore della zona con riempimento;
- Sezione corrente e ad 1.50m dall'appoggio iniziale avente spessore delle anime pari a 14cm;

Di seguito sono riportate le tabelle riassuntive delle sollecitazioni taglianti agenti nelle travi:

	Max_M+ [kNm]	Min_M- [kNm]	Max_V+ [kN]	Min_V- [kN]	Tipo	Numero trefoli 1° e 2° registro ala inferiore			
						L/2 (mezz.)	L/3	L/6	App
Tinf_33	9995	-5997	1867	-2528	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_29	9842	-5197	1906	-2272	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_32	9708	-5936	1776	-2568	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_34	9702	-5680	2061	-2387	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_30	9675	-5801	1790	-2898	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_31	9644	-5502	1836	-2536	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_35	9634	-6420	2109	-2762	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_25	9488	-5892	1803	-2738	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_26	9373	-5970	1834	-2695	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_28	9318	-5454	1866	-2542	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_27	9126	-5753	1848	-2633	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_36	9051	-5594	2161	-2680	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_24	9024	-5697	1771	-2495	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_23	8817	-5599	1750	-2592	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_38	8804	-6092	2262	-2370	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_37	8667	-5939	2265	-2575	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_22	8547	-5177	1716	-2502	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_21	8341	-5713	1642	-2961	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_20	8308	-5521	1550	-2564	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_39	8246	-6269	2307	-2782	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_33	8210	-6636	2629	-3163	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_40	8068	-5782	2327	-2414	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_19	8029	-5472	1448	-2609	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_41	7845	-5030	2136	-2138	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_18	7832	-5921	1400	-2723	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_34	7823	-6302	2227	-1844	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_17	7671	-5562	1398	-2710	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tinf_44	7583	-4728	2263	-2046	1	20+20	16+16	10+10	10+10
Tsup_31	7552	-6430	2532	-2850	1	20+20	16+16	10+10	10+10

Tinf_43	7493	-5278	2532	-2350	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_47	7430	-5129	2378	-2026	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_16	7362	-5357	1402	-2832	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_42	7362	-5285	2071	-2512	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_55	7343	-4464	2607	-1652	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_45	7337	-4733	2082	-2359	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_46	7290	-4830	2297	-2108	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_50	7285	-4933	2281	-2061	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_49	7272	-4919	2596	-1909	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_48	7271	-4568	2266	-2098	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_59	7182	-4271	2161	-1472	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_32	7156	-5694	2185	-2565	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_15	7145	-6999	1458	-2623	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_56	7137	-4659	2182	-1657	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_52	7133	-5032	2449	-1741	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_53	7125	-4391	2209	-1718	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_54	7051	-4067	2294	-1616	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_58	6998	-4694	2454	-1497	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_51	6979	-4540	2127	-1649	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_14	6950	-5979	1509	-2475	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_57	6905	-4193	2144	-1543	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_28	6807	-6056	2446	-2717	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_60	6744	-4049	2427	-1447	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_13	6736	-5797	1531	-2476	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_12	6615	-5751	1520	-2824	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_11	6533	-5574	1507	-2269	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_10	6457	-5447	1493	-2360	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_29	6403	-5415	2078	-2279	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_9	6396	-5143	1484	-2307	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_8	6346	-4823	1472	-2290	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_61	6323	-3835	2182	-1418	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_7	6306	-4289	1467	-1229	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_3	6302	-5942	2655	-2387	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_6	6279	-4943	1464	-1670	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_1	6269	-4584	1480	-1551	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_5	6259	-4902	1464	-1664	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_2	6253	-4705	1475	-1577	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_4	6244	-4844	1467	-1707	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_3	6241	-4906	1473	-1607	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_62	6216	-4361	2194	-1397	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_30	6145	-5180	1934	-2114	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_25	6115	-5588	2305	-2347	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_63	5780	-3931	2221	-1365	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_26	5744	-5108	1983	-2378	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_16	5699	-6887	2636	-2771	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_2	5565	-4944	2117	-2042	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_5	5456	-5435	2125	-2124	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_64	5453	-5300	2544	-1345	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_27	5428	-4629	1740	-2194	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_65	5421	-5422	2717	-1329	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_4	5418	-5196	2115	-2140	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_6	5385	-5839	2429	-2350	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tinf_66	5082	-4870	2137	-1300	2	16+16	16+16	10+10	10+10
Tsup_22	5077	-5184	2144	-2493	2	16+16	16+16	10+10	10+10

PROGETTAZIONE ATI:

Tinf_67	4963	-5305	2352	-1291	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_68	4900	-4707	2255	-1301	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_23	4887	-4751	1860	-2151	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_24	4821	-4681	1660	-2035	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_69	4786	-4400	2235	-1277	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_70	4740	-4596	2512	-1259	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_15	4724	-6803	2641	-1774	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_71	4693	-4308	1925	-1267	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_72	4620	-4163	1907	-1257	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_7	4571	-4826	2145	-2033	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_73	4561	-4304	2077	-1241	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_74	4524	-4078	2054	-1239	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_9	4500	-5458	2572	-2215	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_75	4477	-3975	1879	-1242	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_76	4425	-3189	1181	-1239	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_8	4423	-5057	2252	-1991	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_77	4391	-4244	1411	-1297	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_78	4360	-4279	1406	-1099	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_81	4356	-5296	1517	-1212	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_80	4346	-4673	1437	-1169	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tinf_79	4343	-4678	1464	-1145	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_19	4217	-5029	2017	-2212	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_21	4081	-4511	1686	-2051	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_20	4053	-4655	1760	-2528	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_12	3930	-5279	2554	-2060	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_10	3740	-4629	1934	-1802	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_1	3723	-3294	1900	-1266	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_11	3612	-4685	2060	-1837	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_17	3587	-4491	1657	-2112	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_18	3371	-4467	1507	-2118	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_13	3323	-4615	1966	-1658	3	12+12	12+12	10+10	6+6
Tsup_14	3212	-4701	1869	-1660	3	12+12	12+12	10+10	6+6

Figura 10.70: Tabella riassuntiva sollecitazioni taglianti Travi

Nei paragrafi successivi viene riportata la verifica a taglio per la trave maggiormente sollecitata, la quale è stata svolta considerando il contributo di una sola anima, pertanto il valore del taglio resistente, per essere confrontato con quello agente, dovrà essere raddoppiato.

10.9.1. VERIFICA A TAGLIO TRAVE Tinf21

Per la trave in esame si riporta la tabella riassuntiva delle sollecitazioni agenti per ogni sezione:

Sezione	DEAD [kN]	G1_sol [kN]	G2 [kN]	Termica + [kN]	Termica - [kN]	Dist+ [kN]	Dist- [kN]	Tan+ [kN]	Tan- [kN]	yg1 [-]	yg2 [-]	yter [-]	yq [-]	V+ [kN]	V- [kN]
0.00	-256	-194	-602	76	-45	1	-143	2	-902	1.35	1.50	0.90	1.35	-1438	-2965
4.13	-171	-129	-381	77	-45	17	-89	148	-437	1.35	1.50	0.90	1.35	-684	-1731
8.26	-85	-65	-207	77	-45	39	-48	309	-186	1.35	1.50	0.90	1.35	27	-875
12.39	0	0	-33	79	-46	30	-9	219	-7	1.35	1.50	0.90	1.35	358	-118
16.52	85	65	175	81	-47	40	-2	103	-4	1.35	1.50	0.90	1.35	731	410
20.65	171	129	351	79	-46	42	-2	93	-4	1.35	1.50	0.90	1.35	1184	877
24.79	256	194	525	75	-44	42	-2	92	-4	1.35	1.50	0.90	1.35	1642	1342

Figura 10.71: Sollecitazioni Taglianti Tinf21

- Sezione $x = 0.00m$:

SEZIONE					
b_w	=	35	cm		
h	=	165	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	162	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	55.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	45.65	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	25.87	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
\varnothing_{st}	=	14			
braccia	=	2			
\varnothing_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	10	cm		
(A_{sw} / s)	=	30.788	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		$\cot(\theta) = 1.66$	$(\theta) = 31.06$		
$V_{Rd} = 2916.86$ (KN)		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$			

Figura 10.72: Verifica sezione - Caratteristiche armatura a taglio e Taglio resistente

$V_{Ed} = 2961$ kN $\rightarrow V_{Ed}/2 = 1481$ kN $< V_{Rd} = 2917$ kN \rightarrow Verifica soddisfatta.

- Sezione $x = 1.50m$:

SEZIONE					
b_w	=	14	cm		
h	=	165	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	162	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	55.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	45.65	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	25.87	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
\varnothing_{st}	=	14			
braccia	=	2			
\varnothing_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	10	cm		
(A_{sw} / s)	=	30.788	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		$\cot(\theta) = 1.00$	$(\theta) = 45.00$		
$V_{Rd} = 1320.06 (KN)$		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$			

Figura 10.73: Verifica sezione - Caratteristiche armatura a taglio e Taglio resistente

$V_{Ed} = 2513 \text{ kN} \rightarrow V_{Ed}/2 = 1257 \text{ kN} < V_{Rd} = 1320 \text{ kN}$. Verifica soddisfatta.

- Sezione $x = 4.00m$:

SEZIONE					
b_w	=	14	cm		
h	=	165	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	162	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	55.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	45.65	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	25.87	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
\varnothing_{st}	=	12			
braccia	=	2			
\varnothing_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	20	cm		
(A_{sw} / s)	=	11.310	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		$\cot(\theta) = 1.76$	$(\theta) = 29.63$		
$V_{Rd} = 1134.54 (KN)$		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$			

Figura 10.74: Verifica sezione - Caratteristiche armatura a taglio e Taglio resistente

$V_{Ed} = 1727 \text{ kN} \rightarrow V_{Ed}/2 = 864 \text{ kN} < V_{Rd} = 1135 \text{ kN}$. Verifica soddisfatta.

11. VERIFICA STRUTTURE IN ELEVAZIONE

Si riportano di seguito i principali diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale, taglio e momento flettente nelle vare fasi di calcolo.

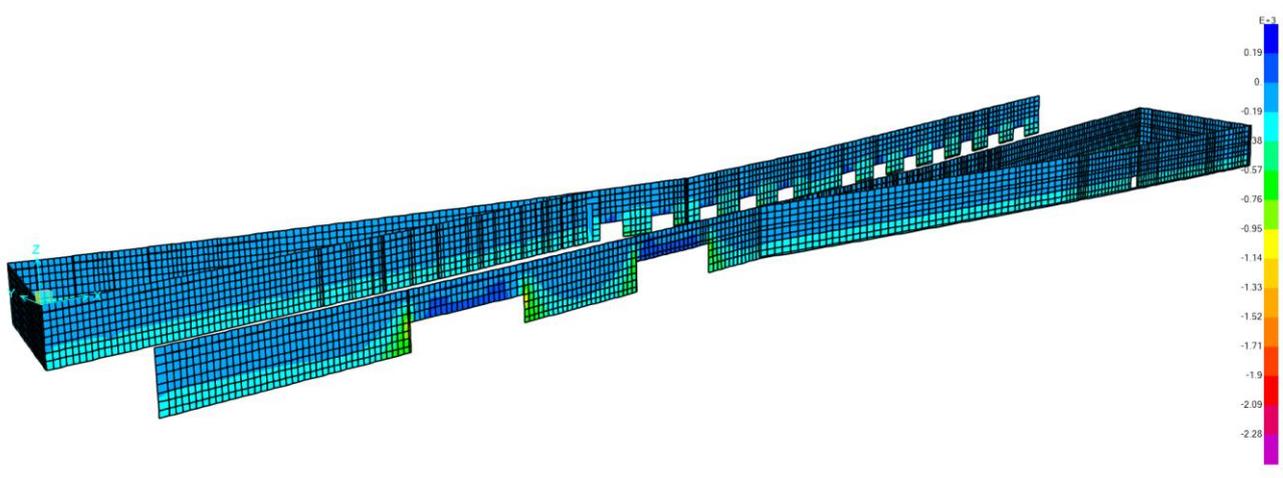


Figura 11.1: Diagramma sforzo normale F_{22} fase 1 (solo elevazioni)

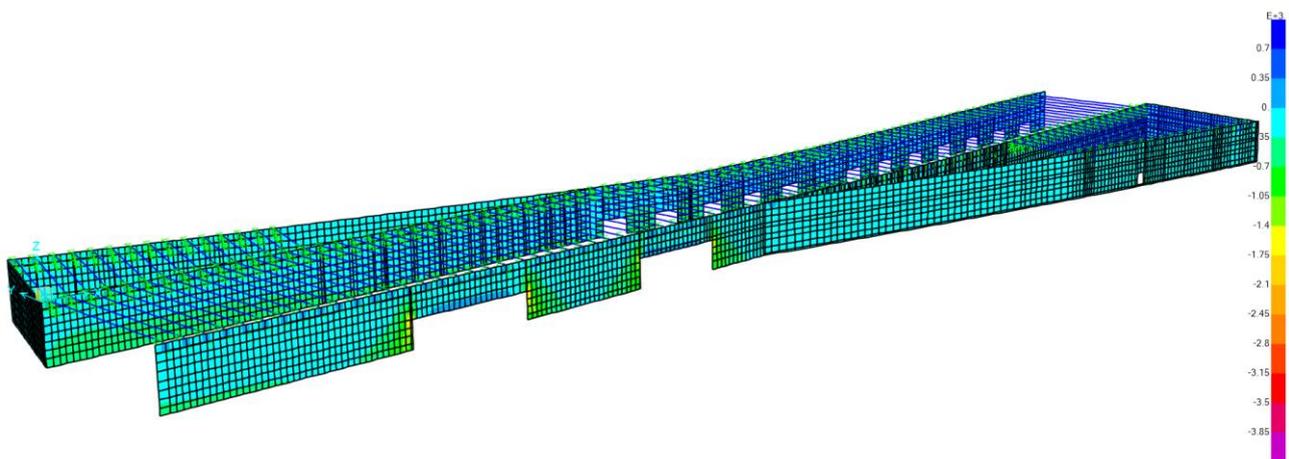


Figura 11.2: Diagramma sforzo normale F_{22} fase 2 (trave c.a.p. con sezione isolata)

PROGETTAZIONE ATI:

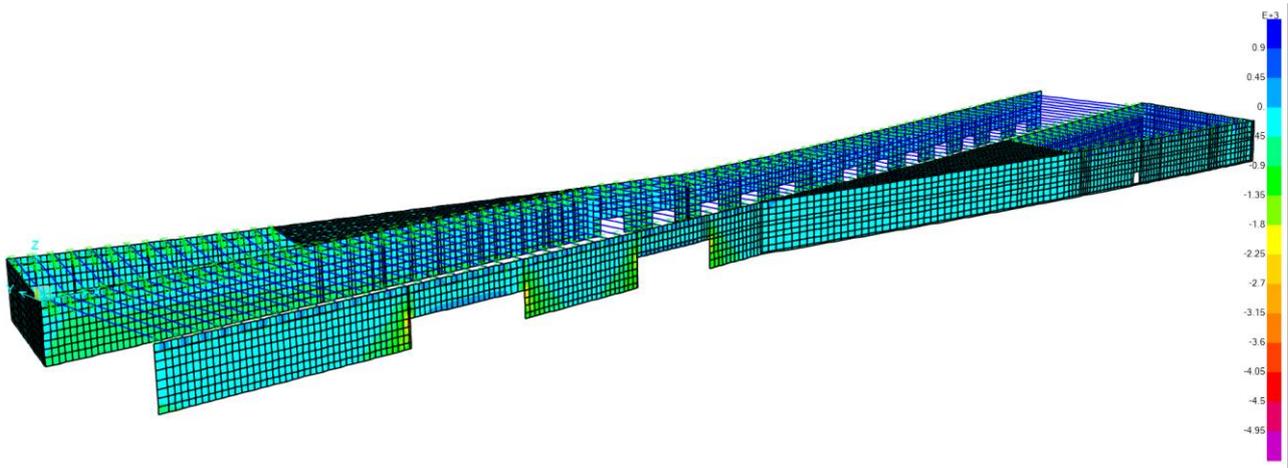


Figura 11.3: Diagramma sforzo normale F_{22} fase 3 (getto soletta)

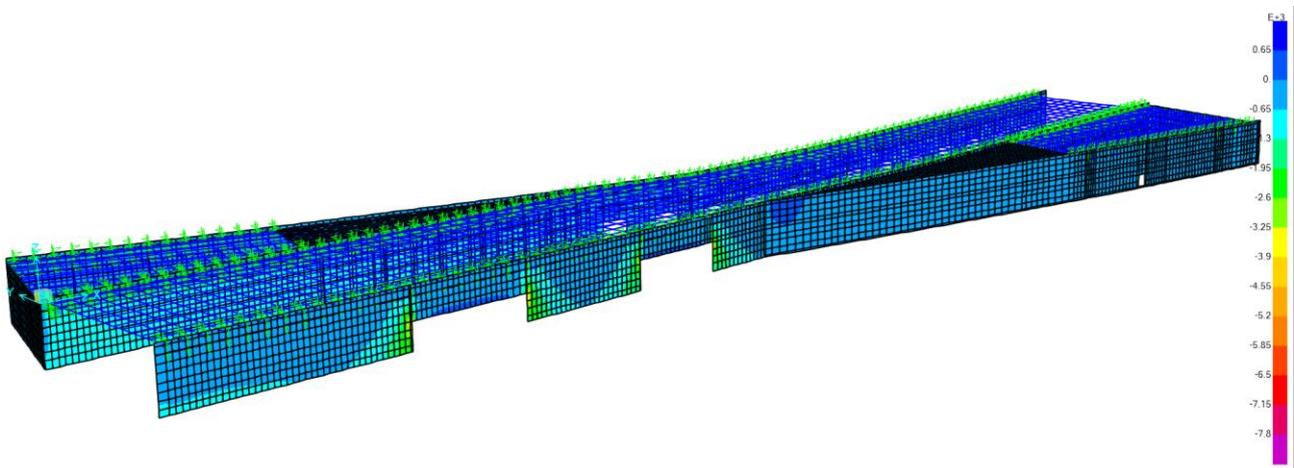


Figura 11.4: Diagramma sforzo normale F_{22} fase 5 (applicazione G2)

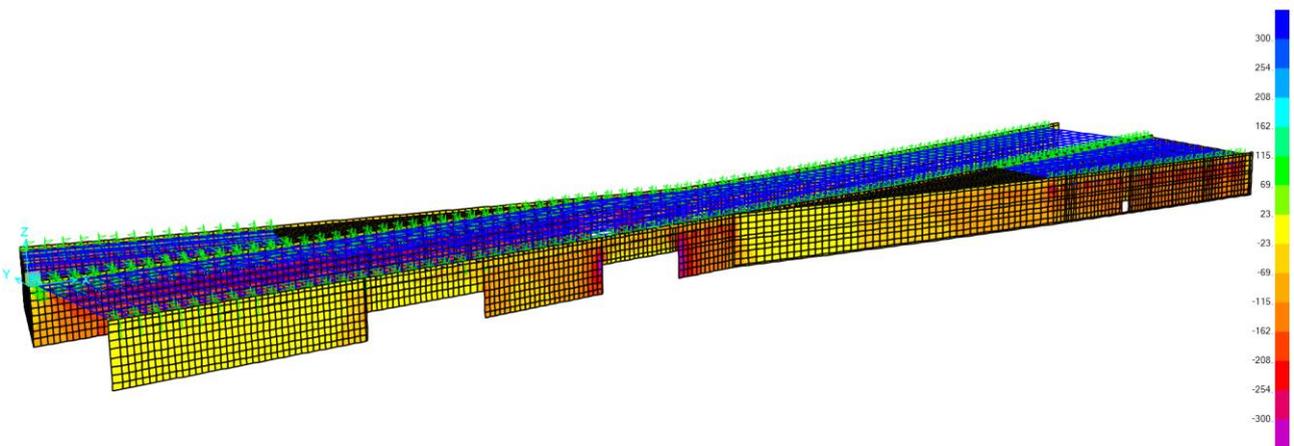


Figura 11.5: Diagramma sforzo normale F_{22} fase 6 (carichi variabili)

PROGETTAZIONE ATI:

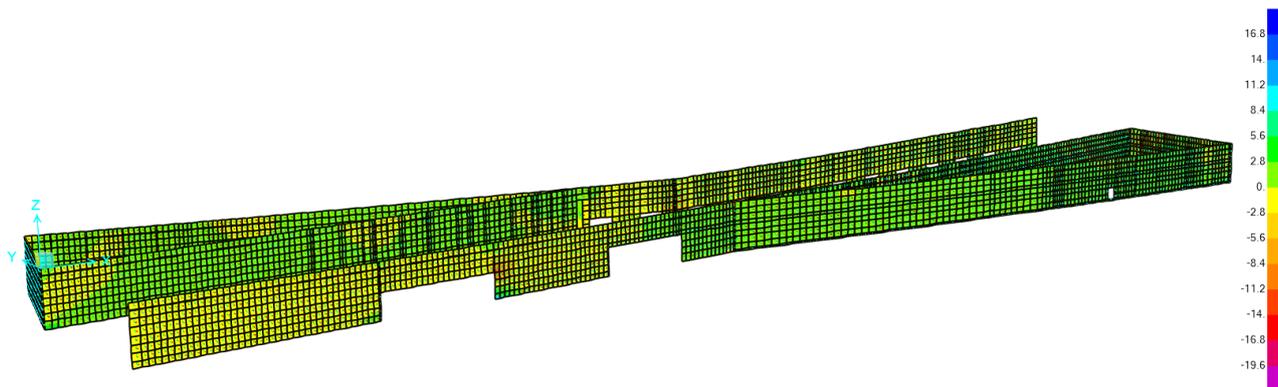


Figura 11.6: Diagramma momento flettente M_{22} fase 1 (solo elevazioni)

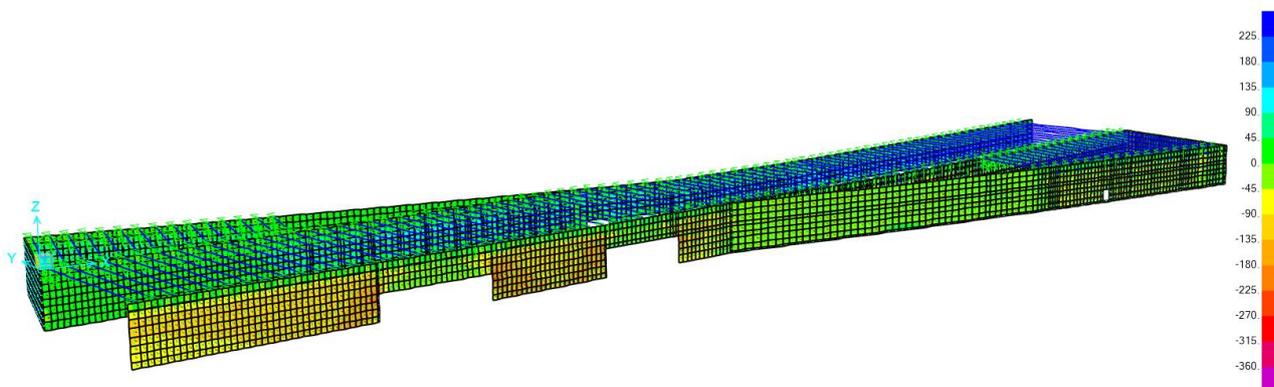


Figura 11.7: Diagramma momento flettente M_{22} fase 2 (trave c.a.p. con sezione isolata)

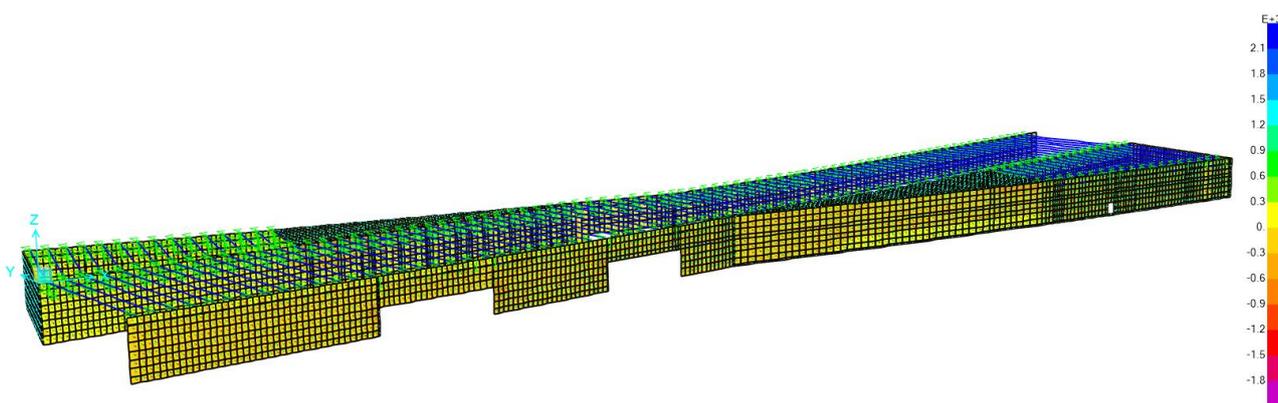


Figura 11.8: Diagramma momento flettente M_{22} fase 3 (getto soletta)

PROGETTAZIONE ATI:

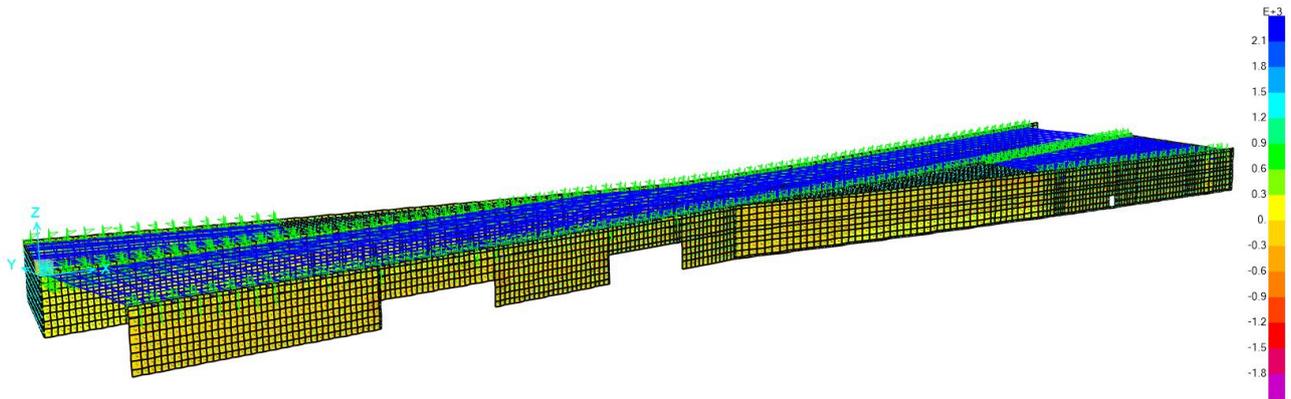


Figura 11.9: Diagramma momento flettente M_{22} fase 5 (applicazione G2)

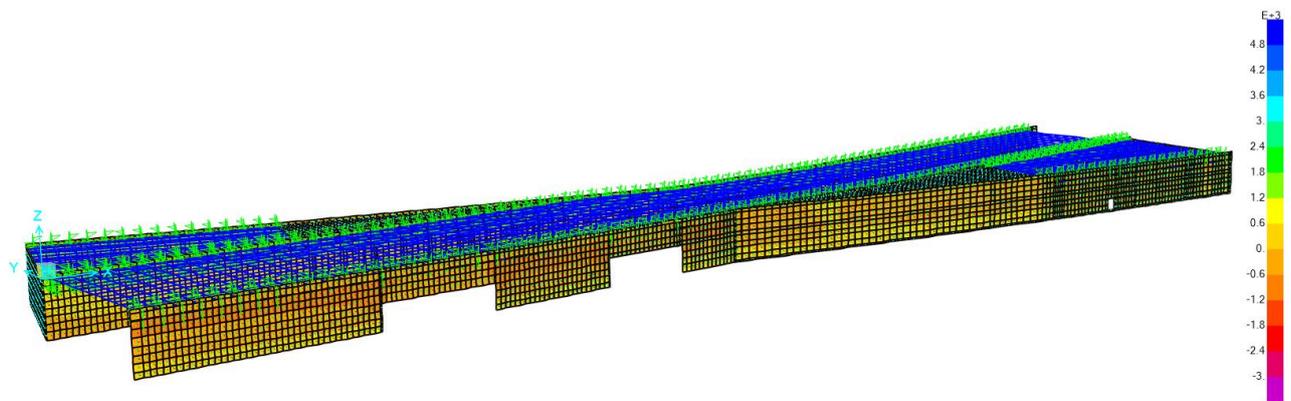


Figura 11.10: Diagramma momento flettente M_{22} fase 6 (carichi variabili)

PROGETTAZIONE ATI:

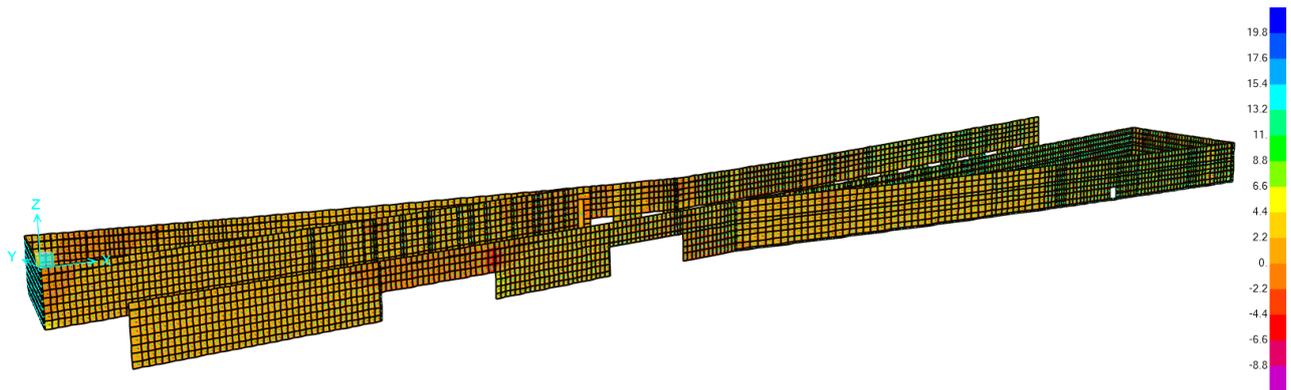


Figura 11.11: Diagramma taglio V_{23} fase 1 (solo elevazioni)

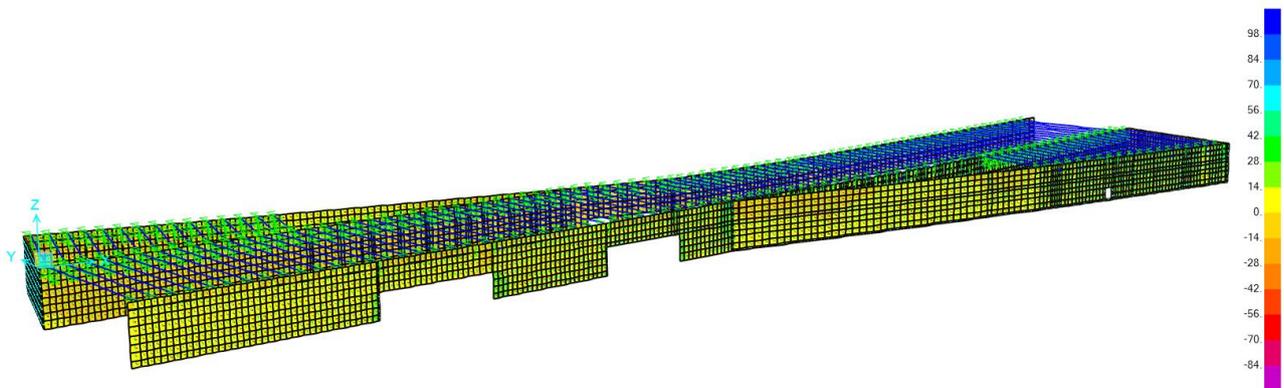


Figura 11.12: Diagramma taglio V_{23} fase 2 (trave c.a.p. con sezione isolata)

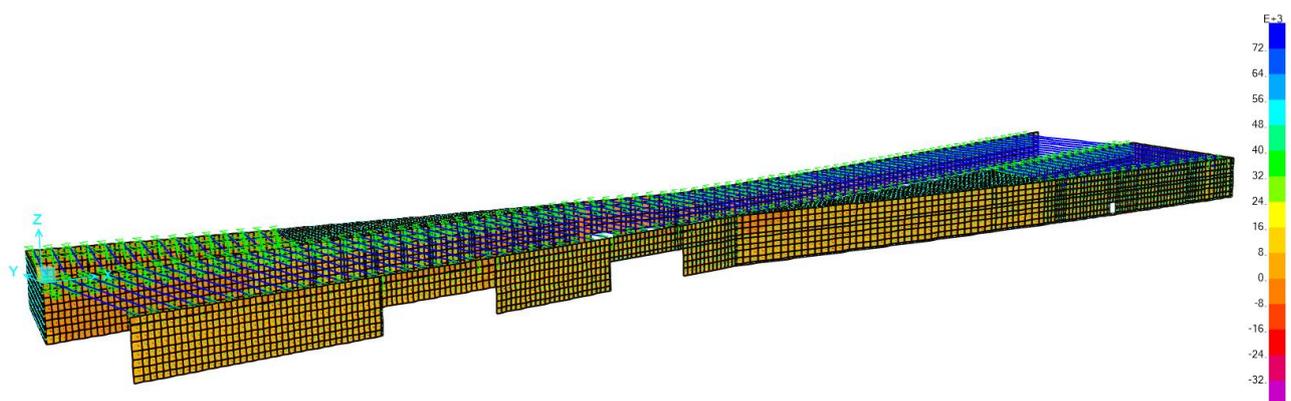


Figura 11.13: Diagramma taglio V_{23} fase 3 (getto soletta)

PROGETTAZIONE ATI:

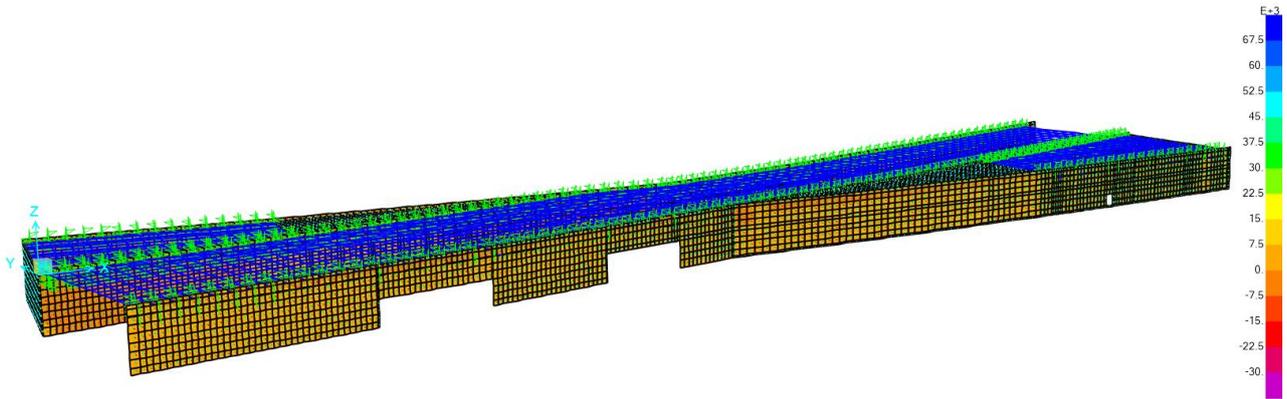


Figura 11.14: Diagramma taglio V_{23} fase 5 (applicazione G2)

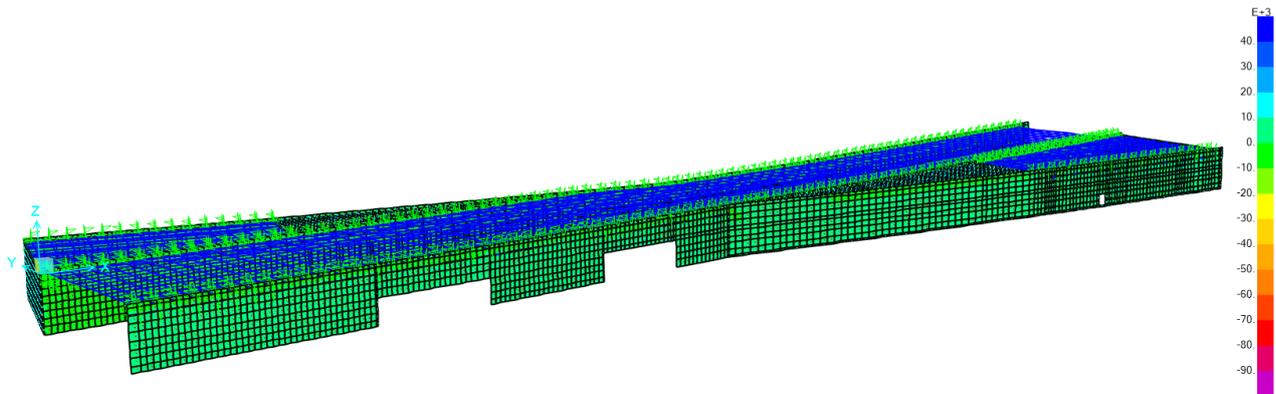


Figura 11.15: Diagramma taglio V_{23} fase 5 (carichi variabili)

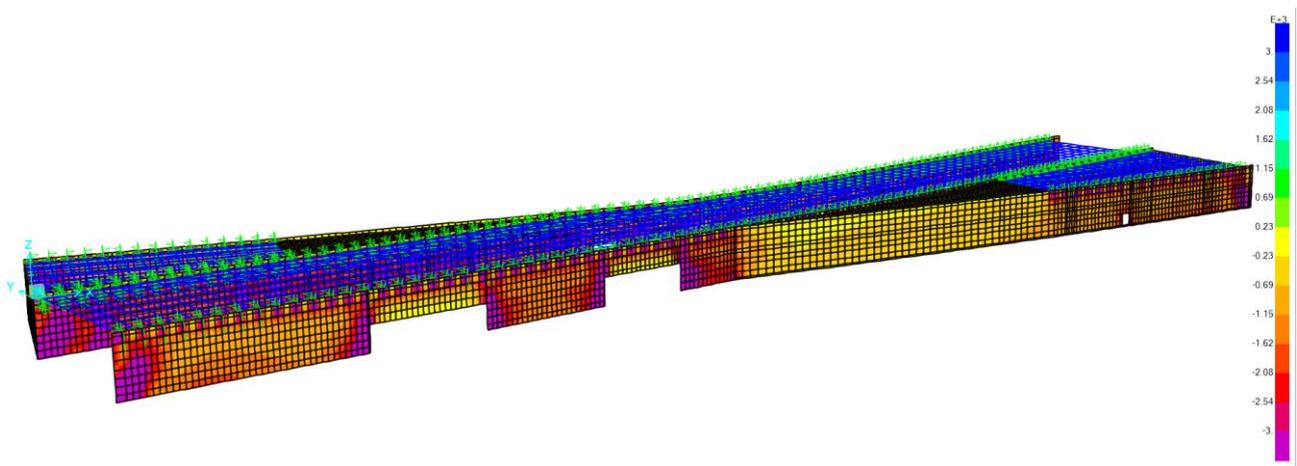


Figura 11.16: Diagramma sforzo normale F_{22} env SLU

PROGETTAZIONE ATI:

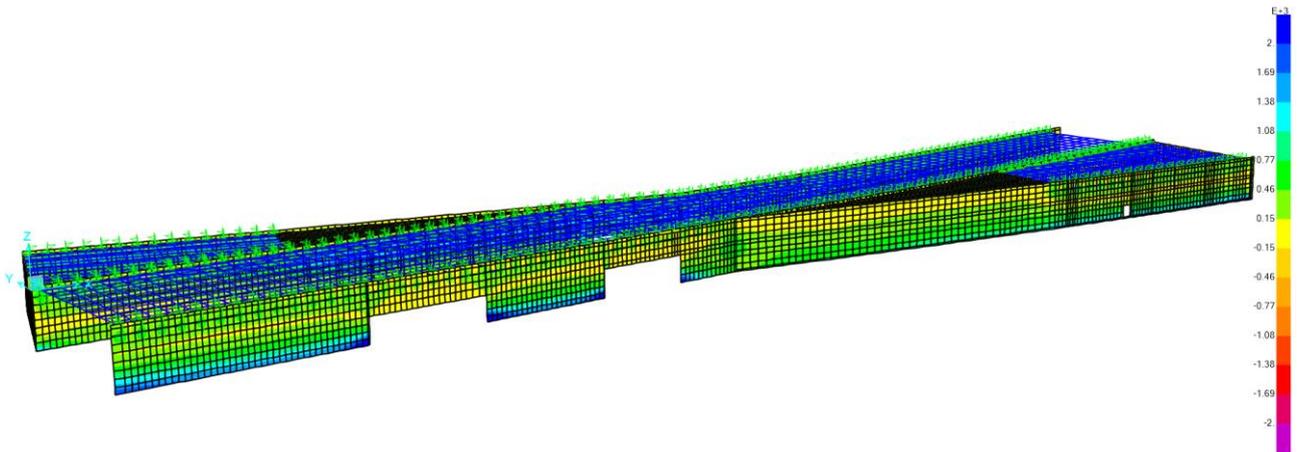


Figura 11.17: Diagramma momento flettente M_{22} max env SLU

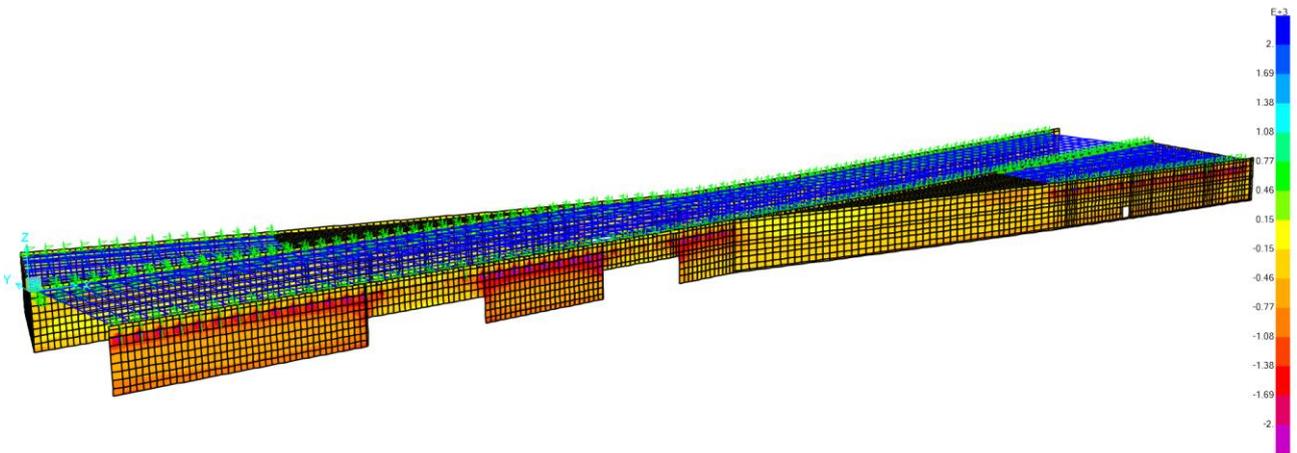


Figura 11.18: Diagramma momento flettente M_{22} min env SLU

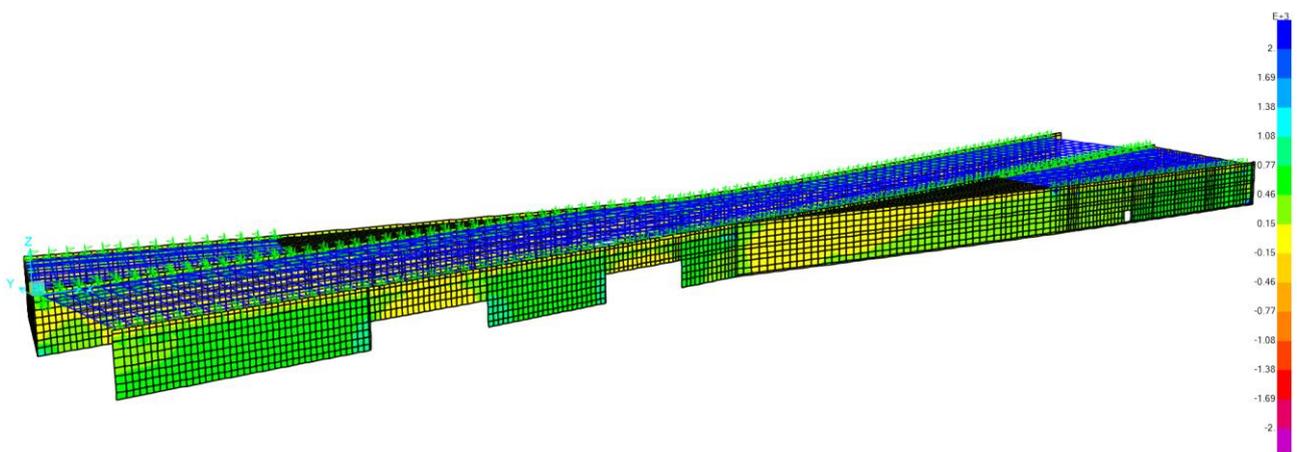


Figura 11.19: Diagramma taglio V_{23} max env SLU

PROGETTAZIONE ATI:

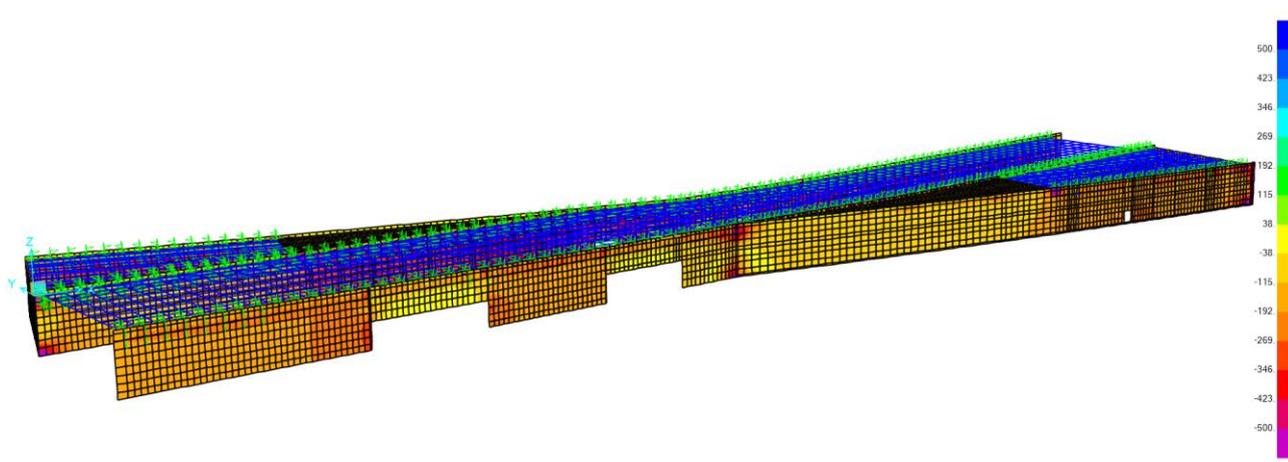


Figura 11.20: Diagramma taglio V_{23} min env SLU

11.1. VERIFICHE ALLO SLU – SLV PARETI SPESSE 140CM

Le verifiche allo SLU e SLV a flessione e a taglio sono riportate nei paragrafi seguenti.
Le verifiche allo SLV sono svolte considerando le seguenti combinazioni sismiche:

- Azione sismica in dir. Y prevalente: $0.3E_x + E_y + 0.3E_z$;
- Azione sismica in dir. X prevalente: $E_x + 0.3E_y + 0.3E_z$;

L'armatura utilizzata per la verifica delle pareti (interne o di estremità) è costituita da $\phi 22/10\text{cm}$ sia alla base che alla testa.

Considerando il §7.4.6.2.4 delle NTC2018, è raccomandabile ottenere un valore del rapporto geometrico di armatura $\rho \geq 0.50$. Nel caso in esame di ha:

$$\rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{A_{20\phi 22}}{b_w \cdot d} = \frac{70.03\text{cm}^2}{100\text{cm} \cdot 134\text{cm}} = 0.52\% \geq 0.50\%$$

La verifica è soddisfatta.

11.1.1. VERIFICHE A FLESSIONE PER AZIONE SISMICA DIR. Y

Le verifiche a flessione per lo SLV delle pareti di spessore 1.40m sono state suddivise in base all'ubicazione planimetrica del muro nella vista globale dell'opera e in base alla sezione analizzata:

- Parete inferiore base;
- Parete inferiore testa;
- Parete centrale base;
- Parete centrale testa;
- Parete superiore base;
- Parete superiore testa.

In base alle sollecitazioni agenti, sono state eseguite verifiche a momento positivo e negativo prendendo in considerazione la massima sollecitazione flettente agente per la parete analizzata e la sollecitazione di sforzo normale cautelativamente assunta come la minore tra l'involuppo massimo e minimo dati dal software.

PROGETTAZIONE ATI:

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano che i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati per le diverse sezioni ($M_{Rd} = 2267 \text{ kNm}$ vd Figura 11.37)

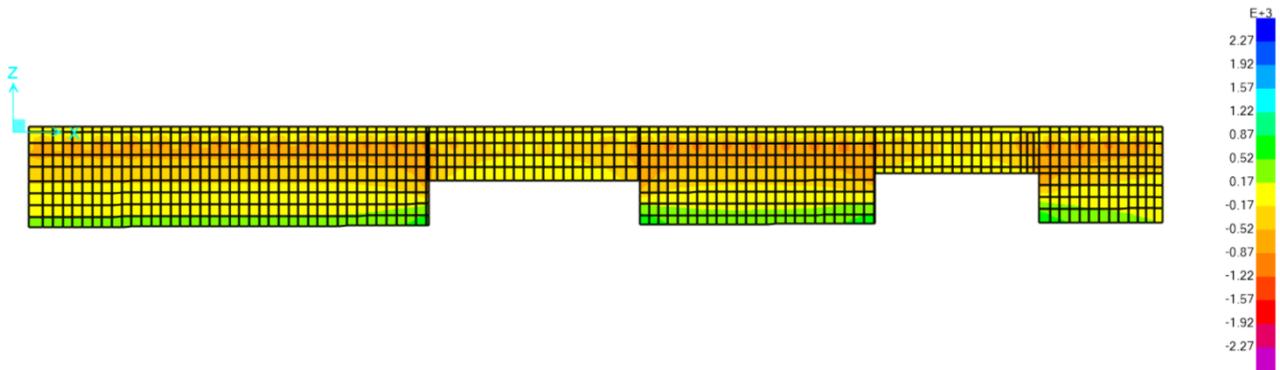


Figura 11.21: M_{22} parete inferiore sx – Min

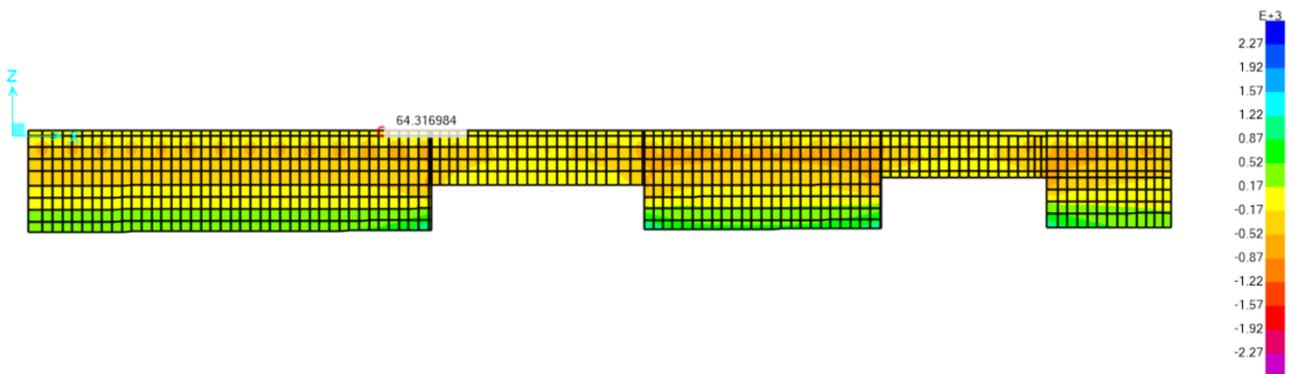


Figura 11.22: M_{22} parete inferiore sx – Max

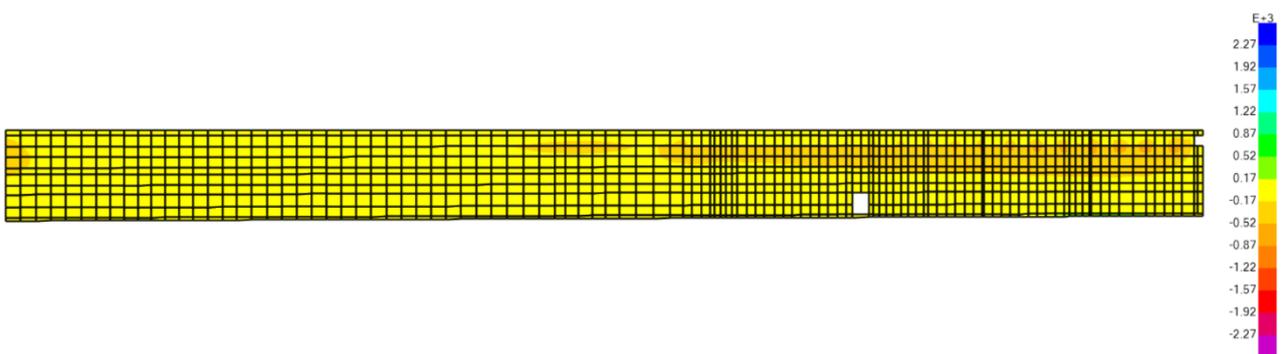


Figura 11.23: M_{22} parete inferiore dx – Min

PROGETTAZIONE ATI:

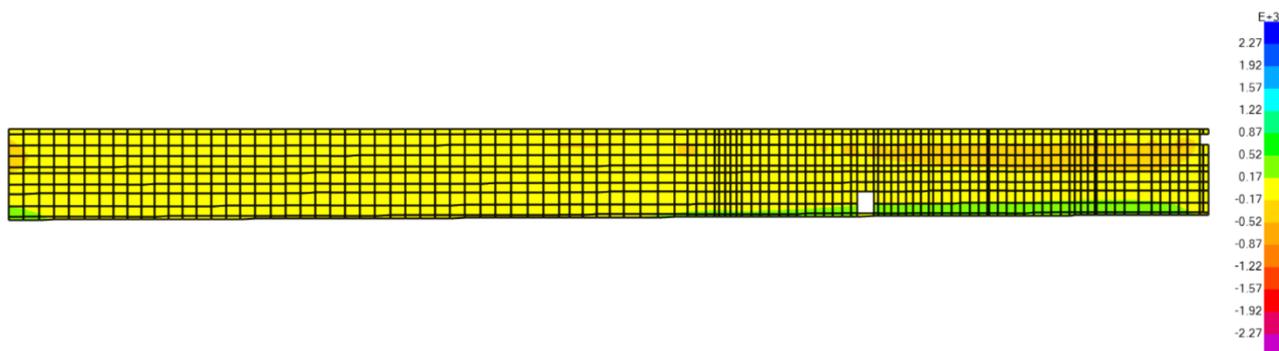


Figura 11.24: M_{22} parete inferiore dx – Max

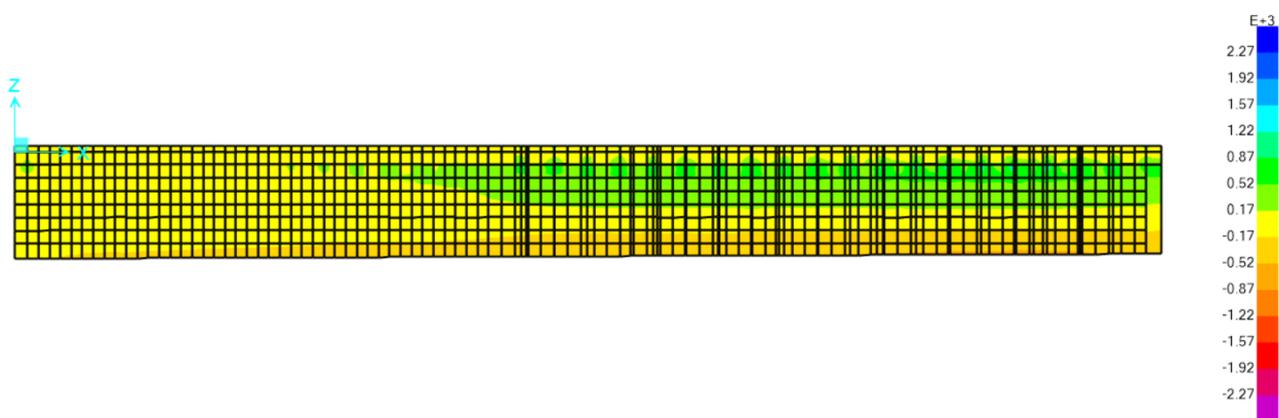


Figura 11.25: M_{22} parete centrale sx – Min

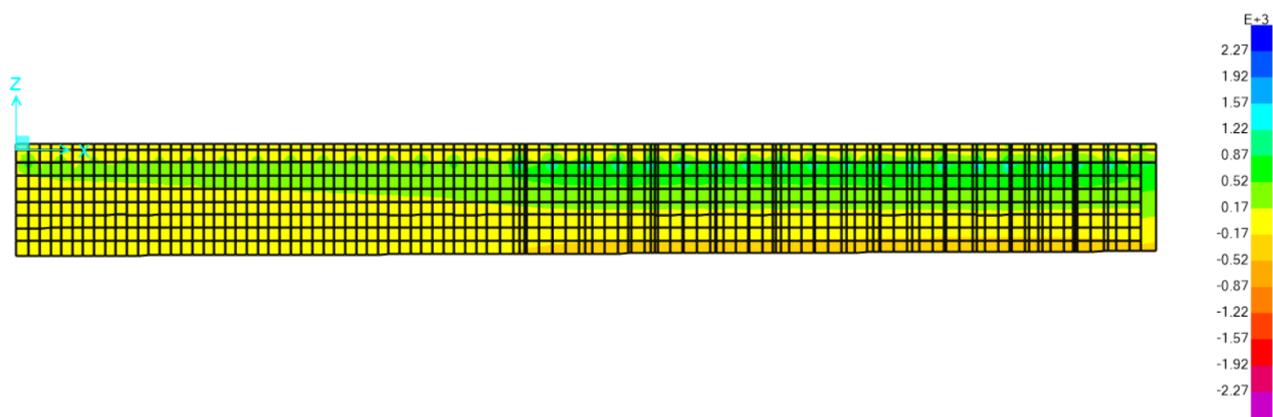


Figura 11.26: M_{22} parete centrale sx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

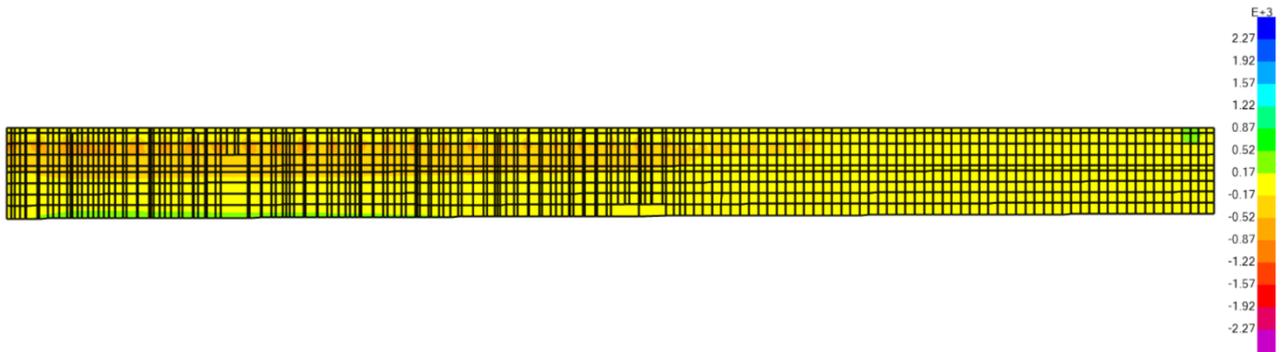


Figura 11.27: M_{22} parete centrale dx – Min

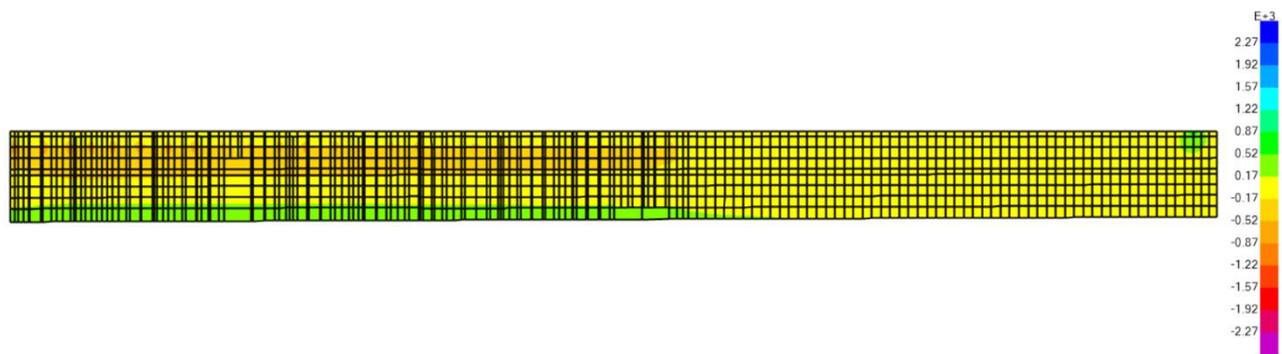


Figura 11.28: M_{22} parete centrale dx – Max

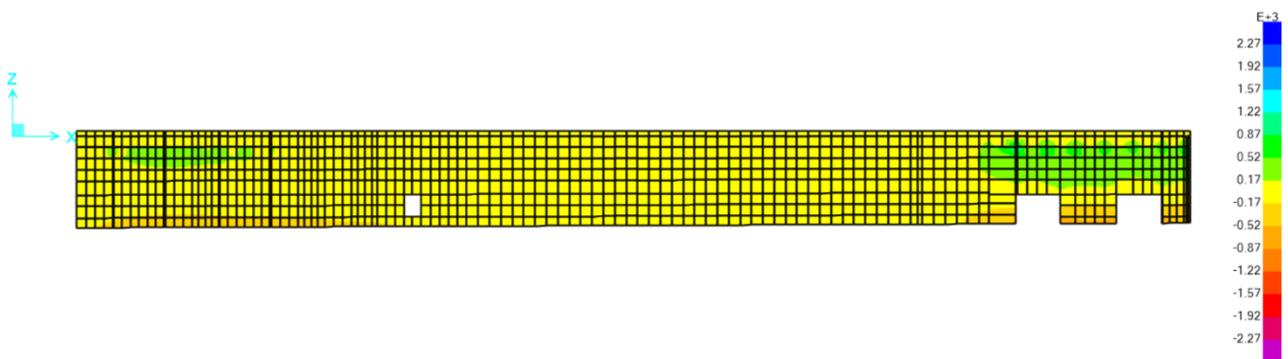


Figura 11.29: M_{22} parete superiore sx – Min

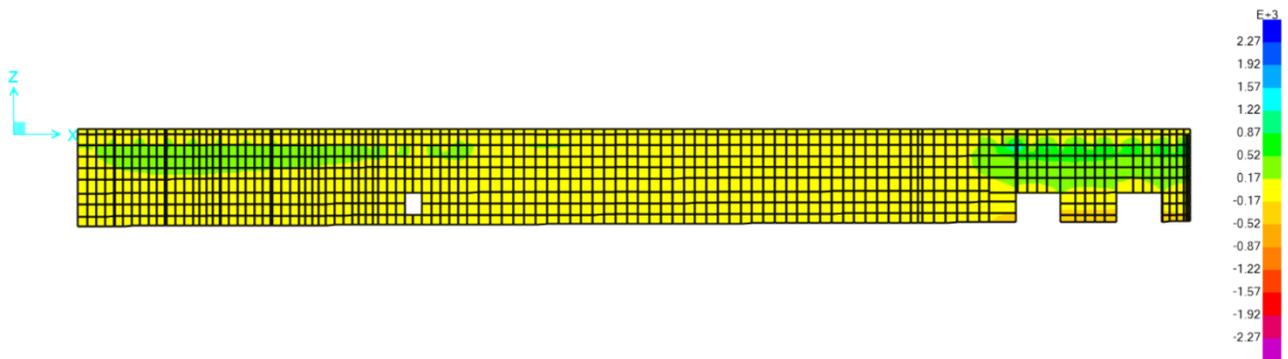


Figura 11.30: M_{22} parete superiore sx – Max

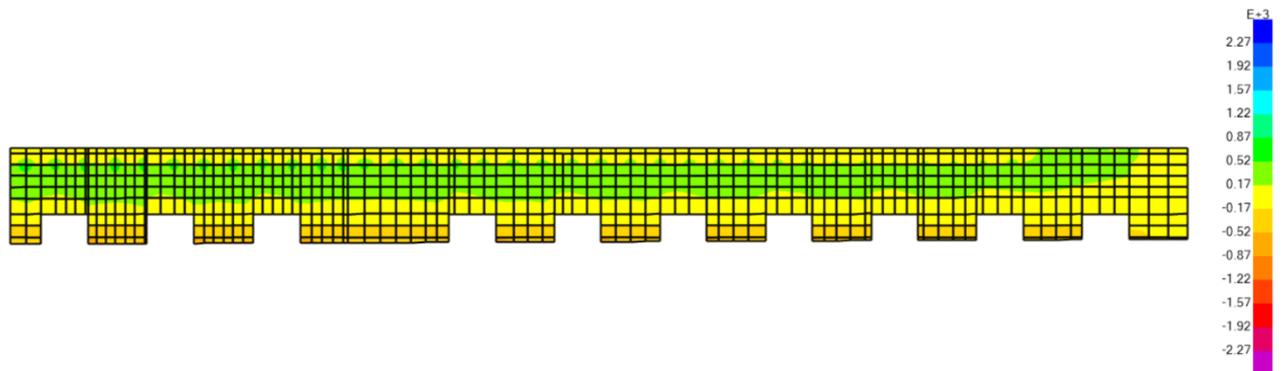


Figura 11.31: M_{22} parete superiore dx – Min

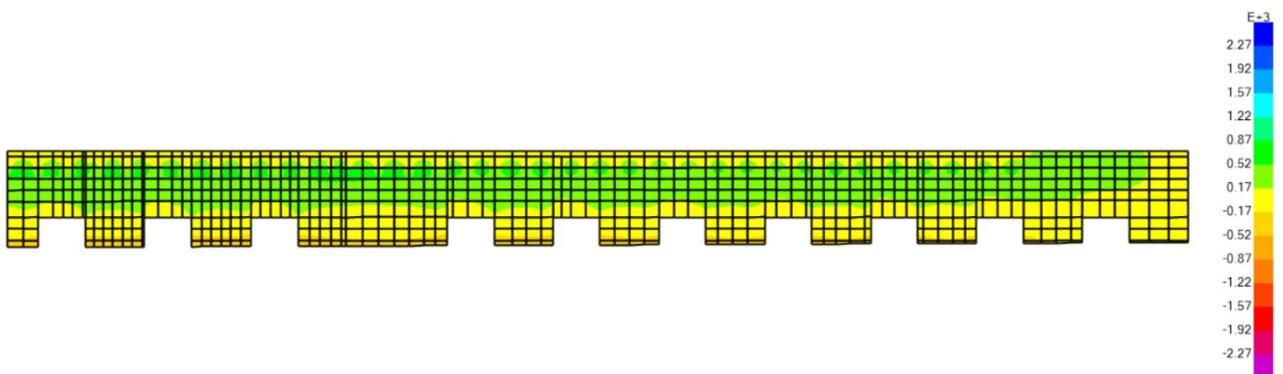


Figura 11.32: M_{22} parete superiore dx – Max

Di seguito sono riportate le verifiche.

PROGETTAZIONE ATI:

11.1.1.1. Sezione di Base

Parete inferiore

$M_{22} = +750 \text{ kNm/m}$

$F_{22} = 1200 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna inferiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 4 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1200 **kN**
M_{xEd} 0 **kNm**
M_{yEd} 0 **kNm**

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali: B450C C35/45

M_{Rd} 2'673 kN m

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd **Dominio M-N**

L₀ 0 cm **Col. modello**

M-curvatura

Precompresso

Figura 11.33: Momento resistente positivo sezione di Base parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 750 \text{ kNm} < 2673 \text{ kNm}$. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

$M_{22} = -400 \text{ kNm/m}$

$M_{22} = +300 \text{ kNm/m}$

$F_{22} = 1100 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -400 \text{ kNm} < -2611 \text{ kNm}$; $300 \text{ kNm} < 2611 \text{ kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete superiore

$M_{22} = 600 \text{ kNm/m}$
 $F_{22} = 900 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 900 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67.5 % ε_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 %
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 13.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

Calcolo
M_{Rd} 2486 kNm
σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 %
ε_s 43.34 %
d 133 cm
x 9.937 x/d 0.07472
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso

Figura 11.36: Momento resistente positivo sezione di Base parete superiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 600 \text{ kNm} < 2486 \text{ kNm}$. La verifica è soddisfatta.

11.1.1.2. Sezione di Testa

Parete inferiore

$M_{22} = -800 \text{ kNm/m}$
 $F_{22} = 550 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna inferiore_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 550 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M_{xRd} -2'267 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 51.01 ‰
 d 140 cm
 x 8.99 x/d 0.06421
 δ 0.7

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.37: Momento resistente negativo sezione di Testa parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente M_{Rd} → -800 kNm < -2267 kNm. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

M₂₂ = -600 kNm/m
 M₂₂ = 600kNm/m
 F₂₂ = 1100 kN/m

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 N° strati barre: 4

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Parametri:
 M_{xRd} -2'611 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 43.04%
 d 140 cm
 x 10.53 x/d 0.07521
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

Precompresso

Figura 11.38: Momento resistente negativo sezione di Testa parete centrale

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 N° strati barre: 4

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Parametri:
 M_{xRd} 2'611 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 40.71%
 d 133 cm
 x 10.53 x/d 0.07917
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

Precompresso

Figura 11.39: Momento resistente positivo sezione di Testa parete centrale

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -600 \text{ kNm} < -2611 \text{ kNm}$; $600 \text{ kNm} < 2611 \text{ kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete superiore

$M_{22} = 700 \text{ kNm/m}$

$F_{22} = 550 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 4 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 550 **0** kN
M_{xEd} 0 **0** kNm
M_{yEd} 0 **0**

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali: B450C C35/45

ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm²	f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.8
	τ_{c1} 2.257

M_{Rd} 2'267 kN m

σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 48.28 ‰
 d 133 cm
 x 8.99 x/d 0.06759
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.40: Momento resistente positivo sezione di Testa parete superiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 700 \text{ kNm} < -2267 \text{ kNm}$. La verifica è soddisfatta.

11.1.2. VERIFICHE A FLESSIONE PER AZIONE SISMICA DIR. X

Le verifiche a flessione per lo SLV sono state eseguite considerando le medesime caratteristiche descritte precedentemente, sia in termini di sezioni analizzate che di armatura considerata.

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano come i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati per le sezioni di verifica. ($M_{Rd} = 2173$ kNm figura Figura 11.57)

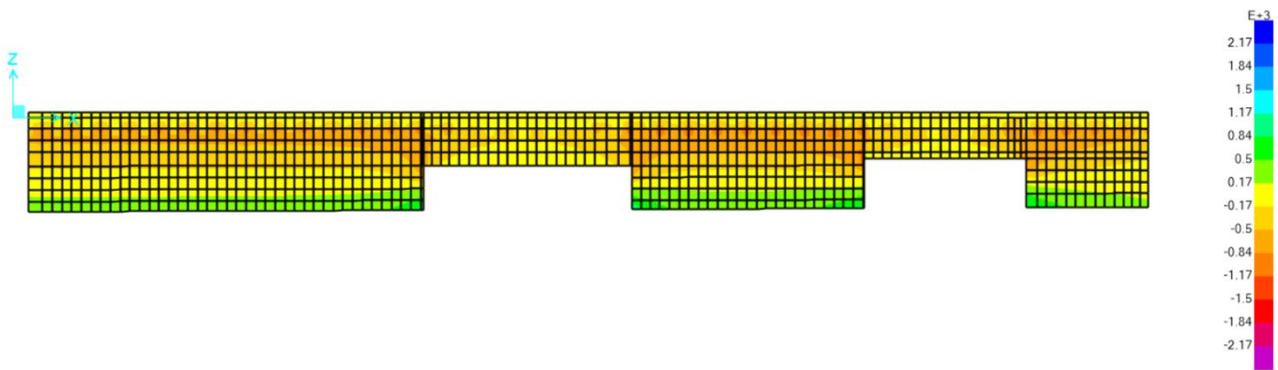


Figura 11.41: M_{22} parete inferiore sx – Min

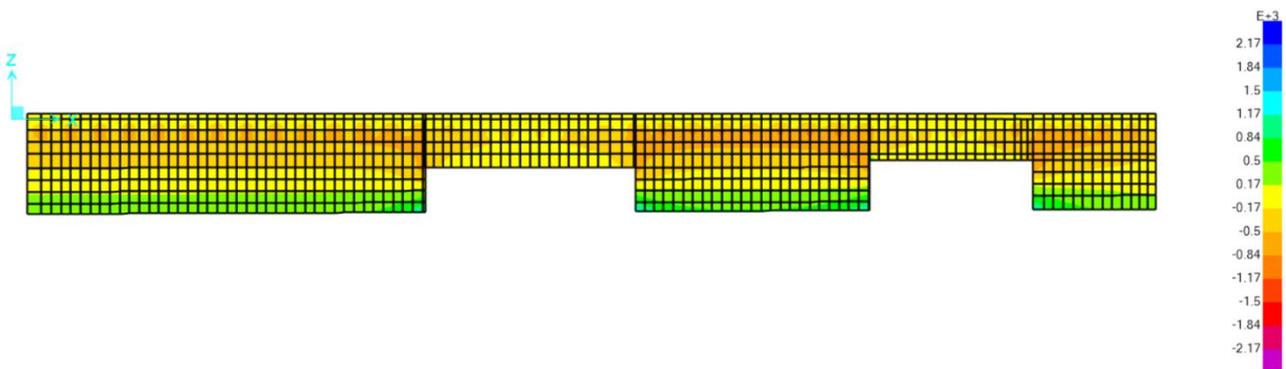


Figura 11.42: M_{22} parete inferiore sx – Max

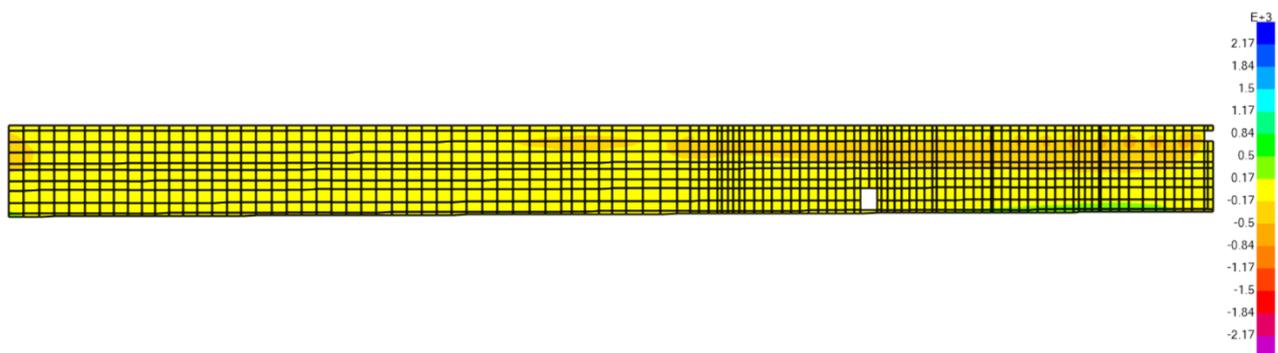


Figura 11.43: M_{22} parete inferiore dx – Min

PROGETTAZIONE ATI:

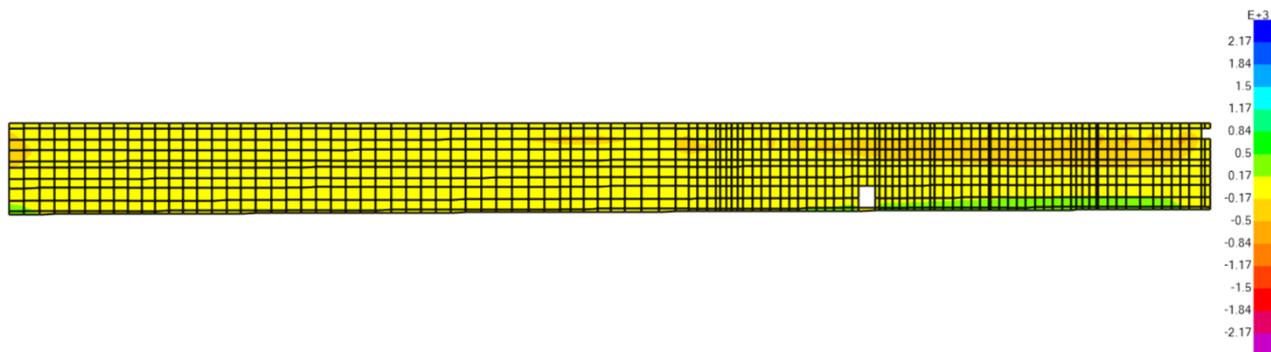


Figura 11.44: M_{22} parete inferiore dx – Max

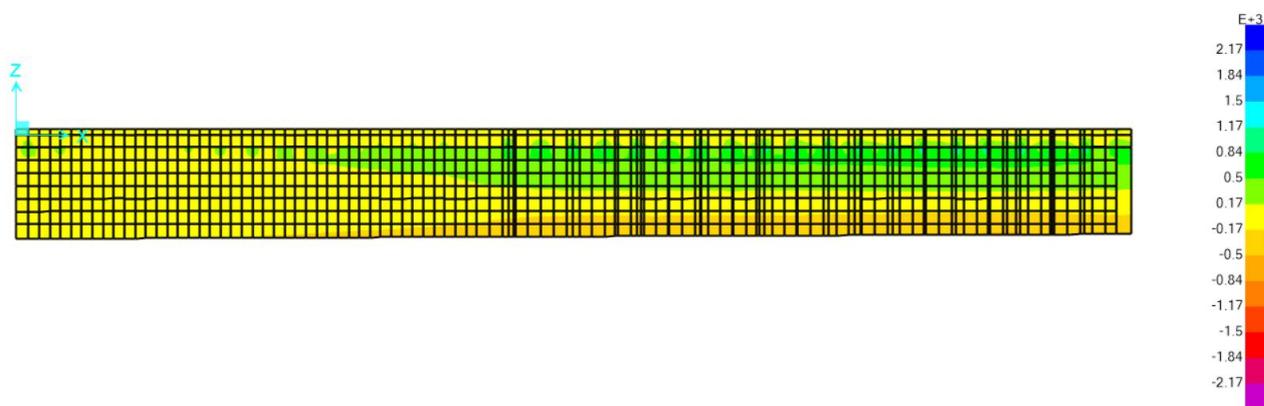


Figura 11.45: M_{22} parete centrale sx – Min

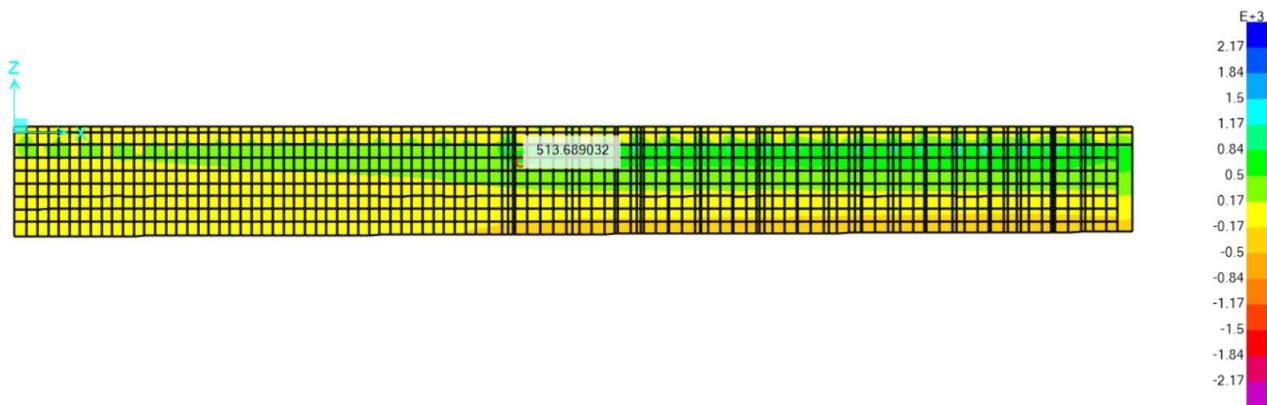


Figura 11.46: M_{22} parete centrale sx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

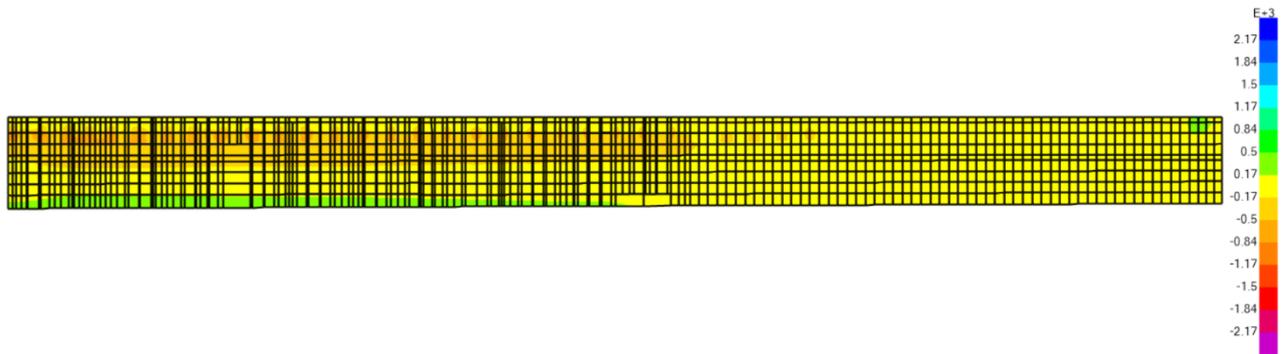


Figura 11.47: M_{22} parete centrale dx – Min

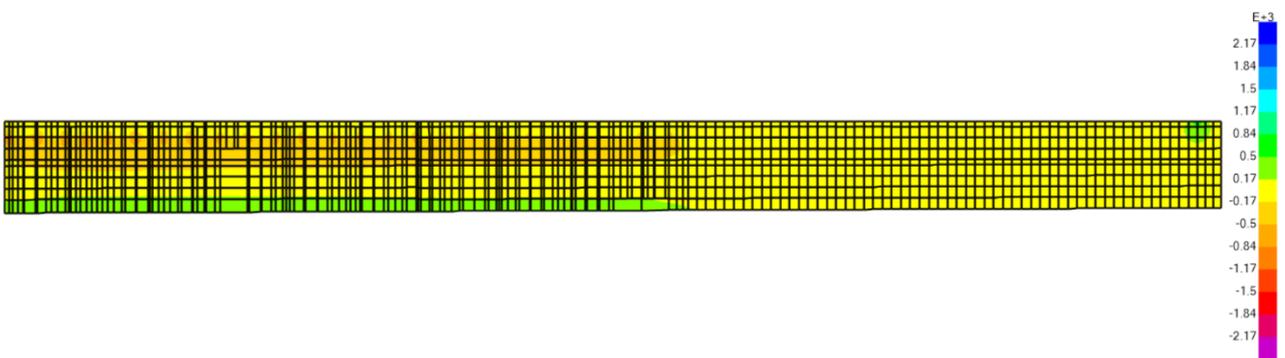


Figura 11.48: M_{22} parete centrale dx – Max

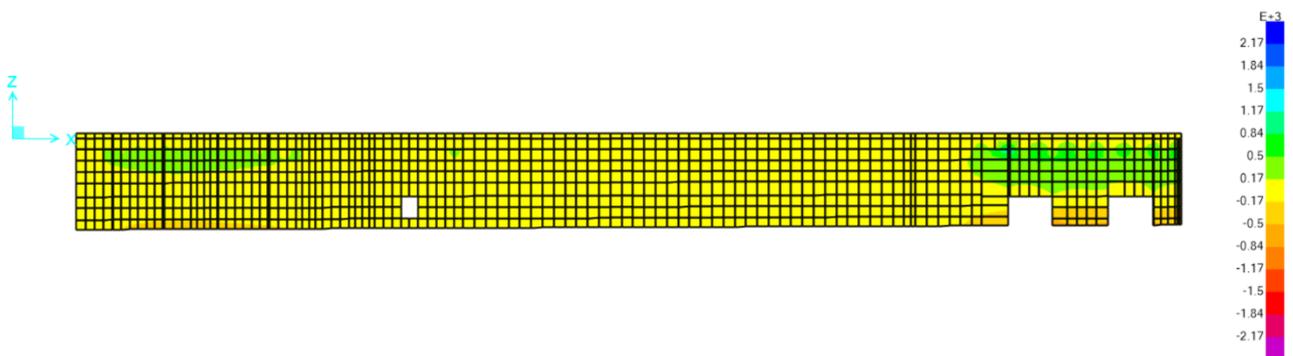


Figura 11.49: M_{22} parete superiore sx – Min

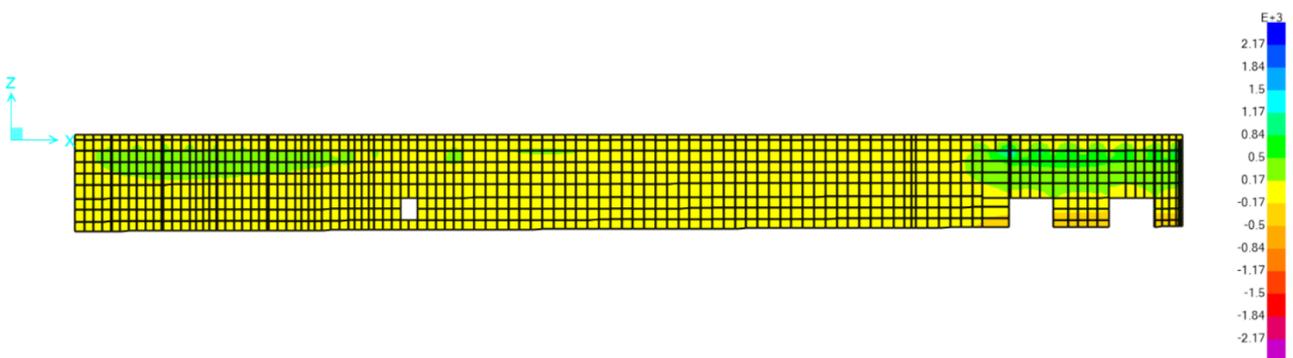


Figura 11.50: M_{22} parete superiore sx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

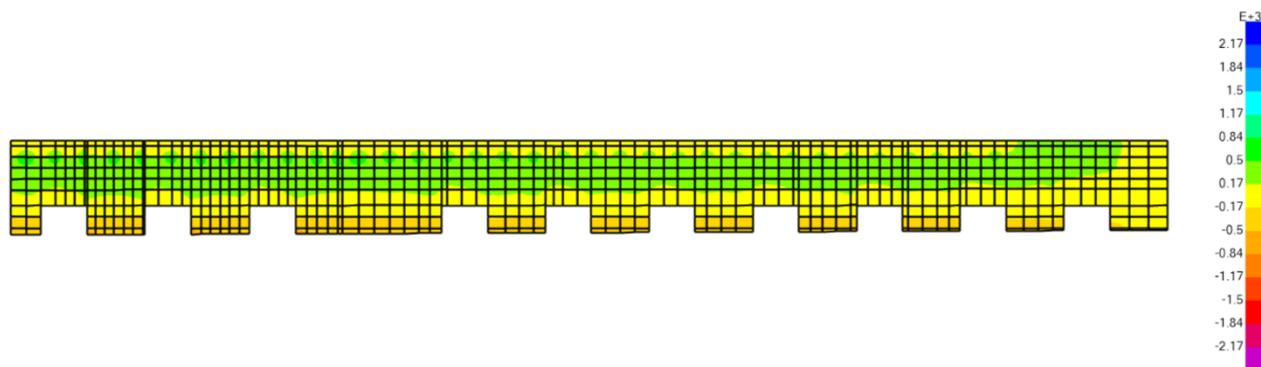


Figura 11.51: M₂₂ parete superiore dx – Min

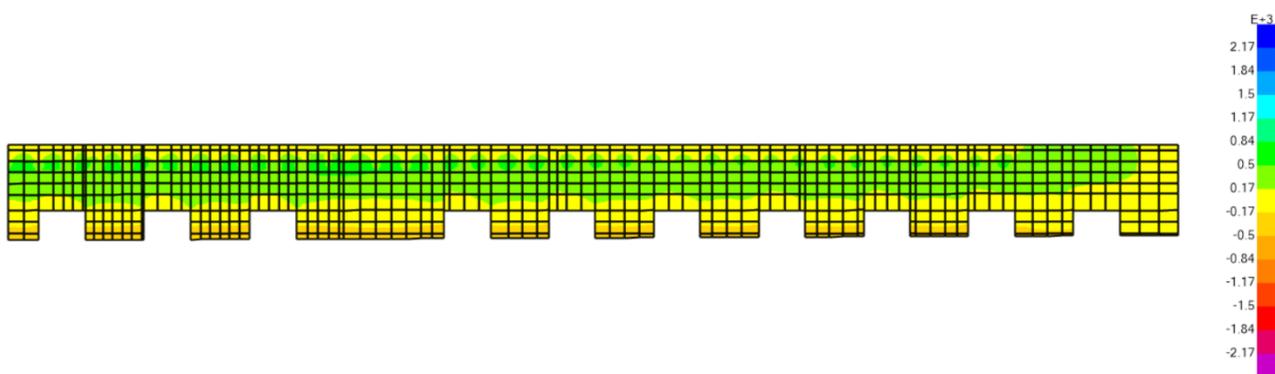


Figura 11.52: M₂₂ parete superiore dx – Max

Di seguito sono riportate le verifiche.

PROGETTAZIONE ATI:

11.1.2.1. Sezione di Base

Parete inferiore

$$M_{22} = +800 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 800 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

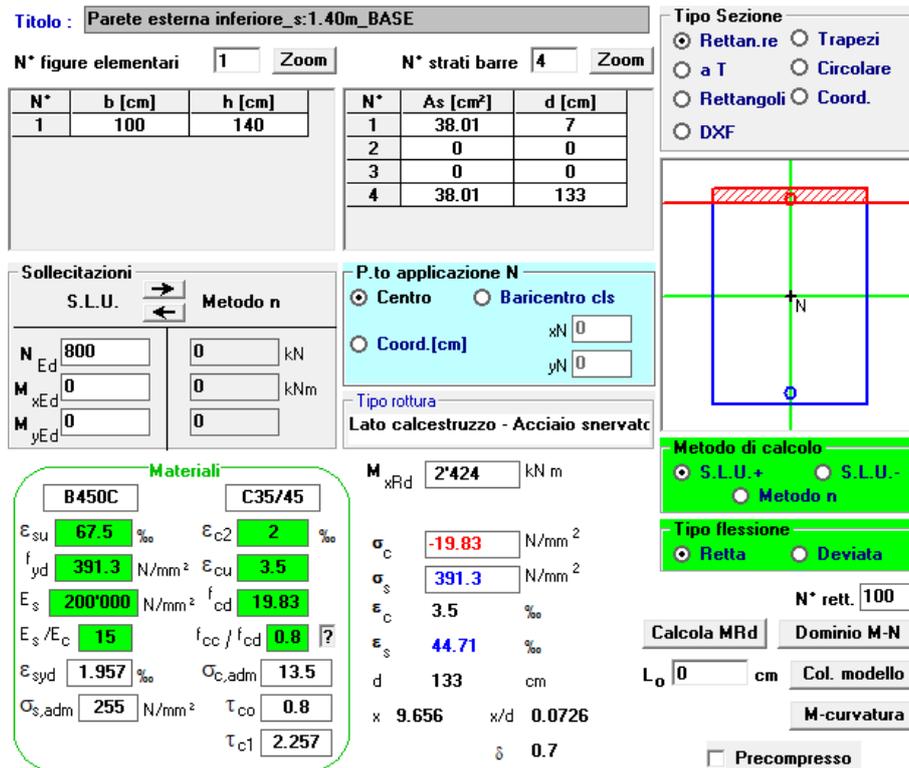


Figura 11.53: Momento resistente positivo sezione di Base parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 800 \text{ kNm} < 2424 \text{ kNm}$. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

$$M_{22} = -400 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 300 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 1100 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 1100 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali:
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Calcoli:
 M_{xRd} -2'611 kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 43.04 ‰
 d 140 cm
 x 10.53 x/d 0.07521
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Figura 11.54: Momento resistente negativo sezione di Base parete centrale

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 1100 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali:
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Calcoli:
 M_{xRd} 2'611 kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 40.71 ‰
 d 133 cm
 x 10.53 x/d 0.07917
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Figura 11.55: Momento resistente positivo sezione di Base parete centrale

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -400 < -2611$ kNm; 300 kNm < 2611 kNm. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete superiore

$$M_{22} = -500 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 1000 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1000 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali: B450C C35/45

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 19.83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{Rd} -2549 kNm

σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 44.4 ‰
d 140 cm
x 10.23 x/d 0.07307
δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L_o 0 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso

Figura 11.56: Momento resistente negativo sezione di Base parete superiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -500$ kNm < 2549 kNm. La verifica è soddisfatta.

11.1.2.2. Sezione di Testa

Parete inferiore

$$M_{22} = -800 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 500 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

Titolo : Parete esterna inferiore_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d δ

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.57: Momento resistente negativo sezione di Testa parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente M_{Rd} → -800 kNm < -2236 kNm. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

M₂₂ = -500 kNm/m
M₂₂ = 700 kNm/m
F₂₂ = 700 kN/m

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 **Zoom** N° strati barre: 4 **Zoom**

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed}: 700 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali:
B450C **C35/45**
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 19.83 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 13.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.8
 τ_{c1} : 2.257

M_{xRd}: -2'361 kN m
 σ_c : -19.83 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 48.72 ‰
d: 140 cm
x: 9.383 x/d: 0.06702
 δ : 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett.: 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀: 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.58: Momento resistente negativo sezione di Testa parete centrale

Titolo: Parete centrale_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari: 1 **Zoom** N° strati barre: 4 **Zoom**

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed}: 700 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Materiali:
B450C **C35/45**
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 19.83 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 13.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.8
 τ_{c1} : 2.257

M_{xRd}: 2'361 kN m
 σ_c : -19.83 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 46.11 ‰
d: 133 cm
x: 9.383 x/d: 0.07055
 δ : 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett.: 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀: 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.59: Momento resistente positivo sezione di Testa parete centrale

11.1.3. VERIFICA A FLESSIONE PER AZIONI NON SISMICHE

Le verifiche a flessione per lo SLU sono state eseguite considerando le medesime caratteristiche descritte precedentemente, sia in termini di sezioni analizzate che di armatura considerata.

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano come i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati ($M_{Rd} = 2267$ kNm figura Figura 11.75).

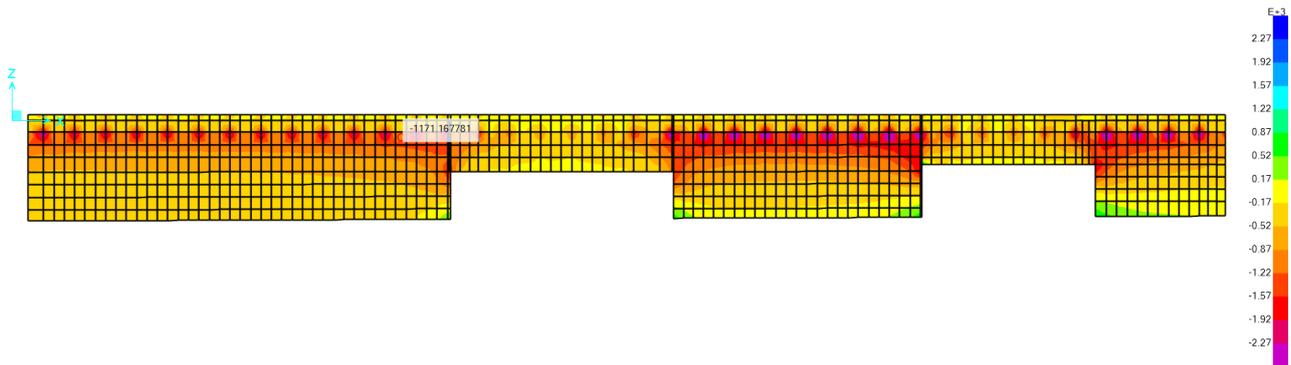


Figura 11.61: M_{22} parete inferiore sx – Min

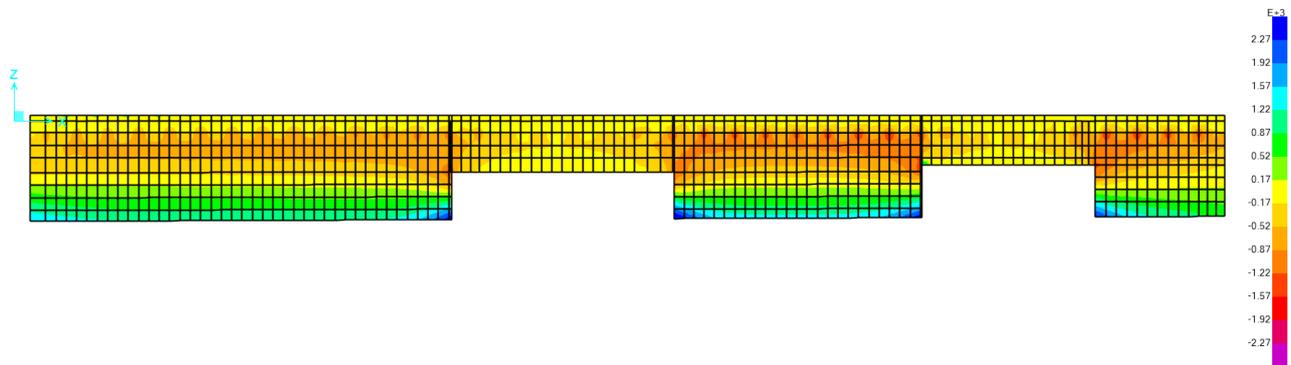


Figura 11.62: M_{22} parete inferiore sx – Max

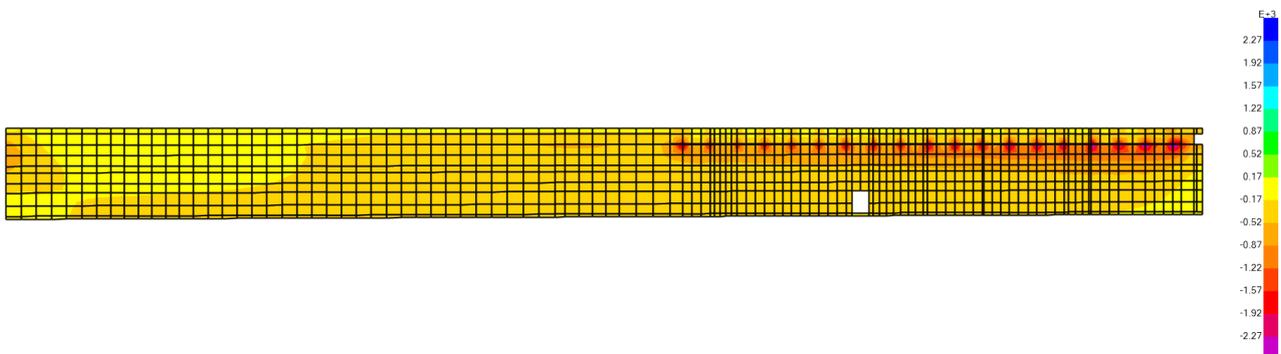


Figura 11.63: M_{22} parete inferiore dx – Min

PROGETTAZIONE ATI:

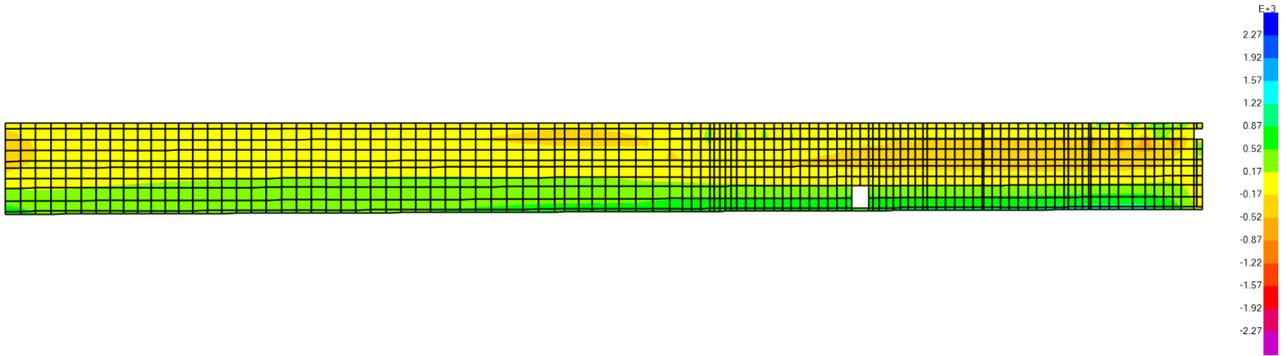


Figura 11.64: M₂₂ parete inferiore dx – Max

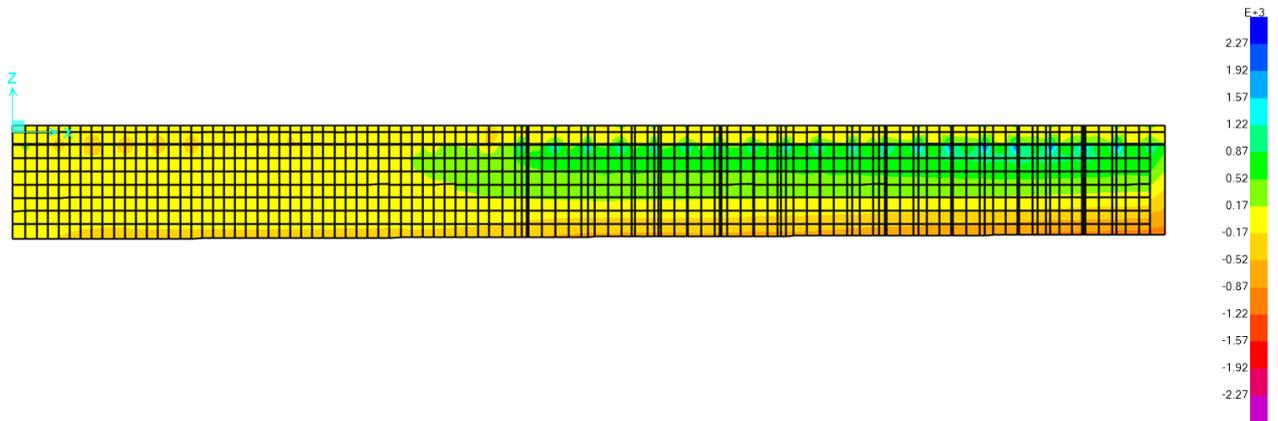


Figura 11.65: M₂₂ parete centrale sx – Min

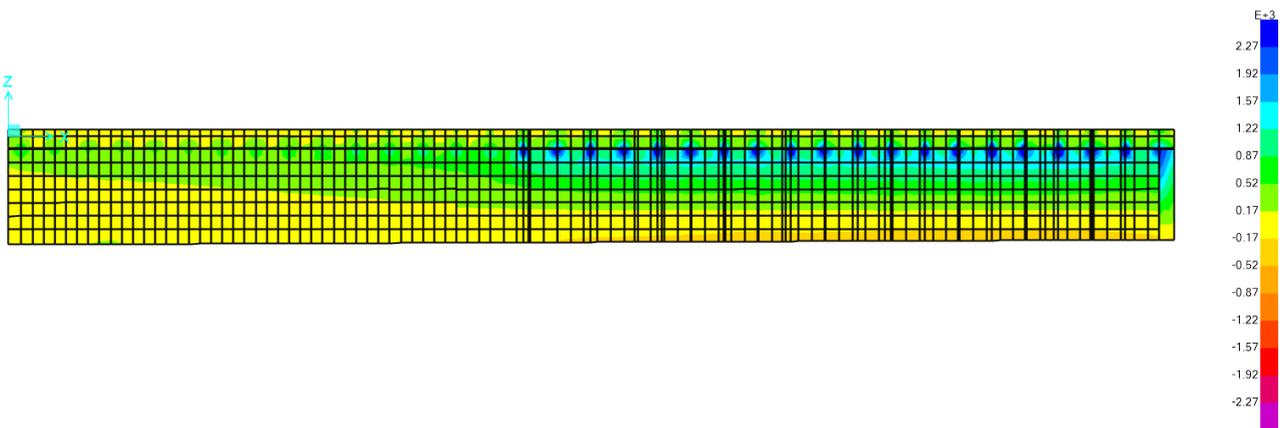


Figura 11.66: M₂₂ parete centrale sx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

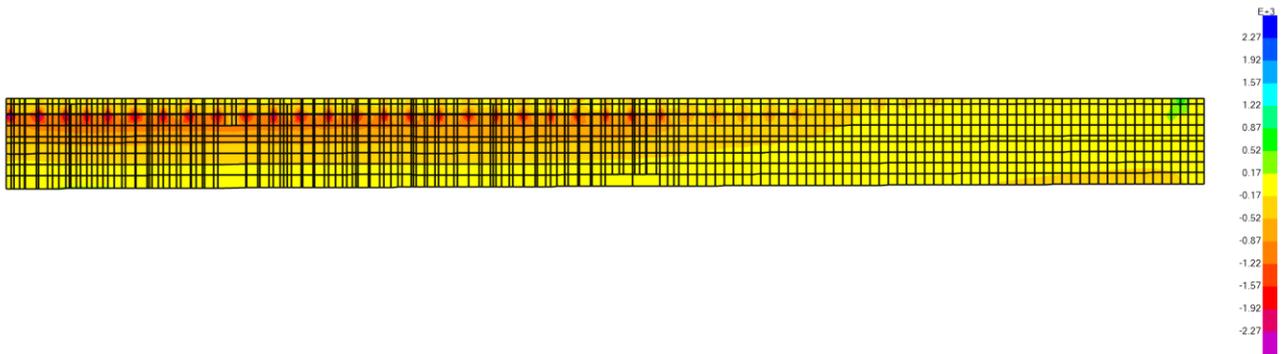


Figura 11.67: M_{22} parete centrale dx – Min

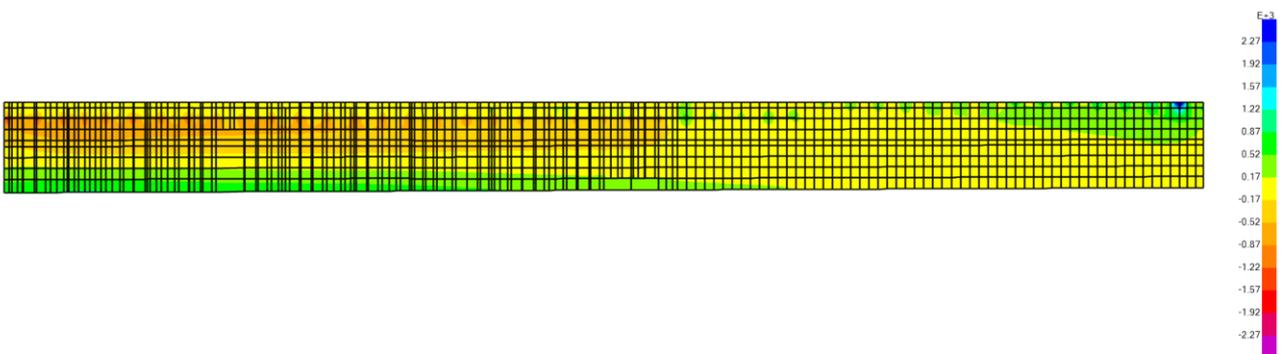


Figura 11.68: M_{22} parete centrale dx – Max

Di seguito sono riportate le verifiche.

PROGETTAZIONE ATI:

11.1.3.1. Sezione di Base

Parete inferiore

$$M_{22} = -350 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 1400 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 1000 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna inferiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. → Metodo n
 ← Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

M_{xRd} -2'549 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 44.4 ‰
 d 140 cm
 x 10.23 x/d 0.07307
 δ 0.7

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.69: Momento resistente negativo sezione di Base parete inferiore

Titolo : Parete esterna inferiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M M_{xRd} 2'549 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 42.01 ‰
 d 133 cm
 x 10.23 x/d 0.07691
 δ 0.7

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.70: Momento resistente positivo sezione di Base parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -350 < -2549$ kNm; $1400 < 2549$ kNm. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete centrale

$M_{22} = -800$ kNm/m

$M_{22} = 600$ kNm/m

$F_{22} = 1200$ kN/m

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

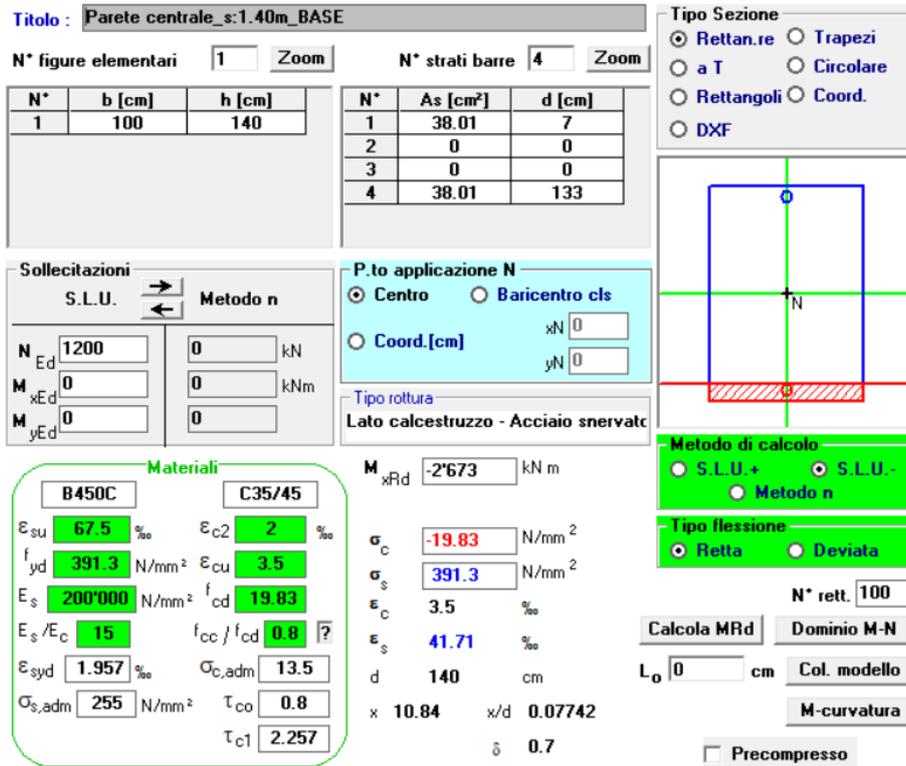


Figura 11.71: Momento resistente negativo sezione di Base parete centrale

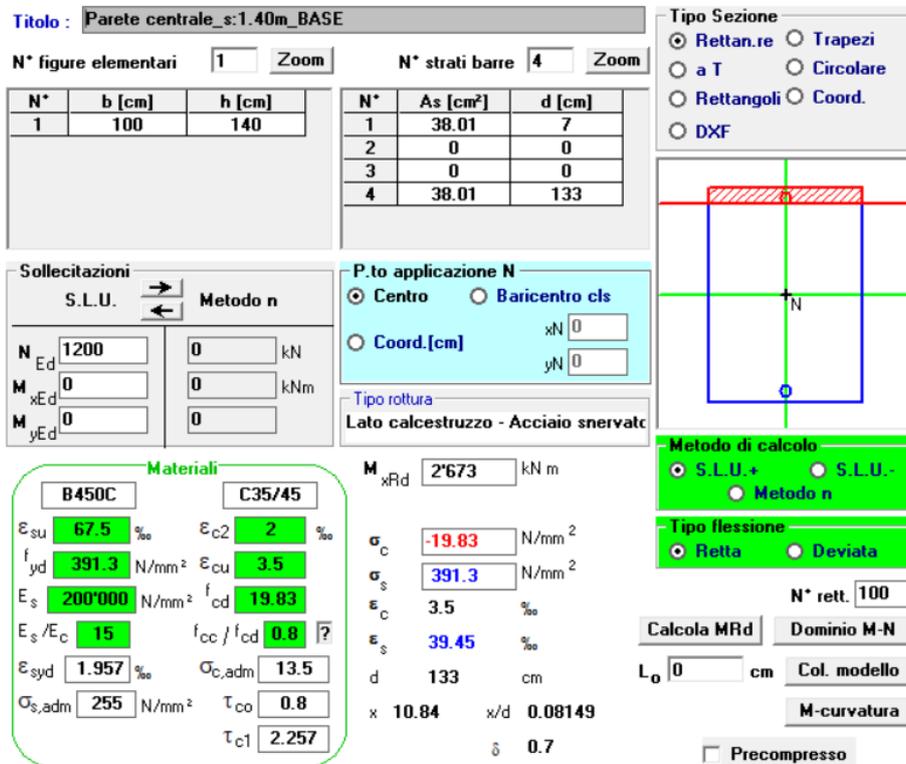


Figura 11.72: Momento resistente positivo sezione di Base parete centrale

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -800 < -2673\text{kNm}$; $600 \text{ kNm} < 2673\text{kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete superiore

$$M_{22} = -1200 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 550 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 1400 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 1400 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali:
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M_{xRd} -2'797 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 39.17 ‰
 d 140 cm
 x 11.48 x/d 0.08203
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

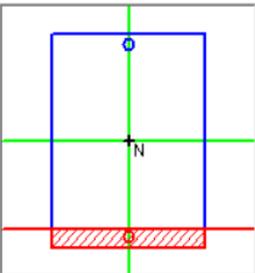


Figura 11.73: Momento resistente negativo sezione di Base parete superiore

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_BASE

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Calcoli:
 M_{xRd} 2'797 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 37.03 ‰
 d 133 cm
 x 11.48 x/d 0.08635
 δ 0.7

Parametri:
 N° rett. 100
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Figura 11.74: Momento resistente positivo sezione di Base parete superiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -1200 < -2797\text{kNm}$; $550\text{kNm} < 2797\text{kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

11.1.3.2. Sezione di Testa

Parete inferiore

$M_{22} = -1500\text{ kNm/m}$

$F_{22} = 550\text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna inferiore_s:1.40m_TESTA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.75: Momento resistente negativo sezione di Testa parete inferiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -1500 < -2267 \text{ kNm}$. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

$$M_{22} = -1300 \text{ kNm/m}$$

$$M_{22} = 1400 \text{ kNm/m}$$

$$F_{22} = 900 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

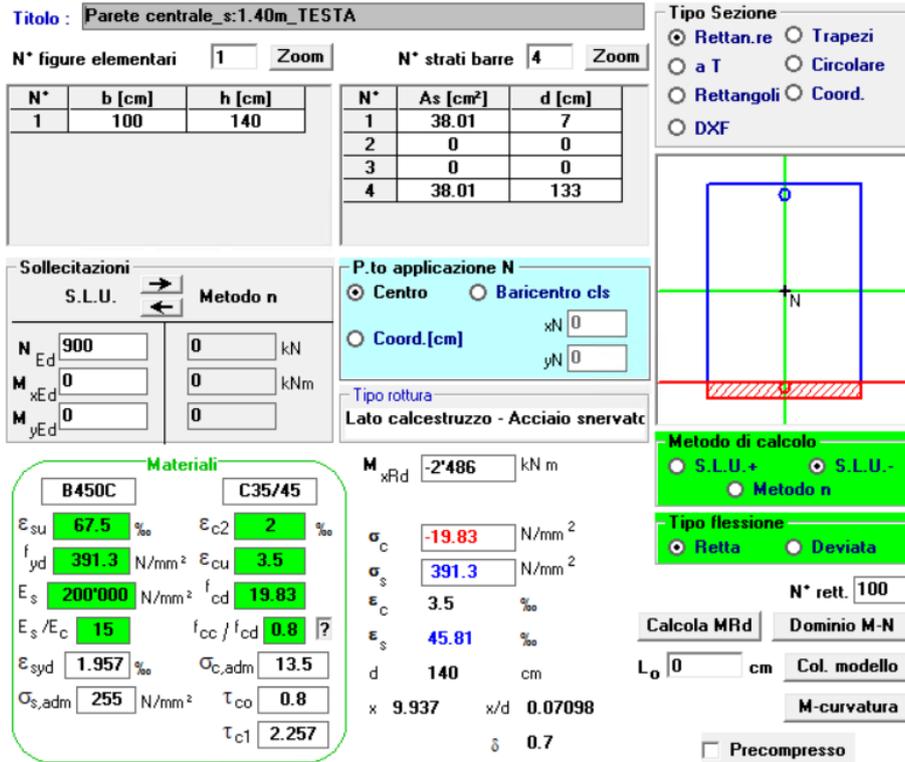


Figura 11.76: Momento resistente negativo sezione di Testa parete centrale

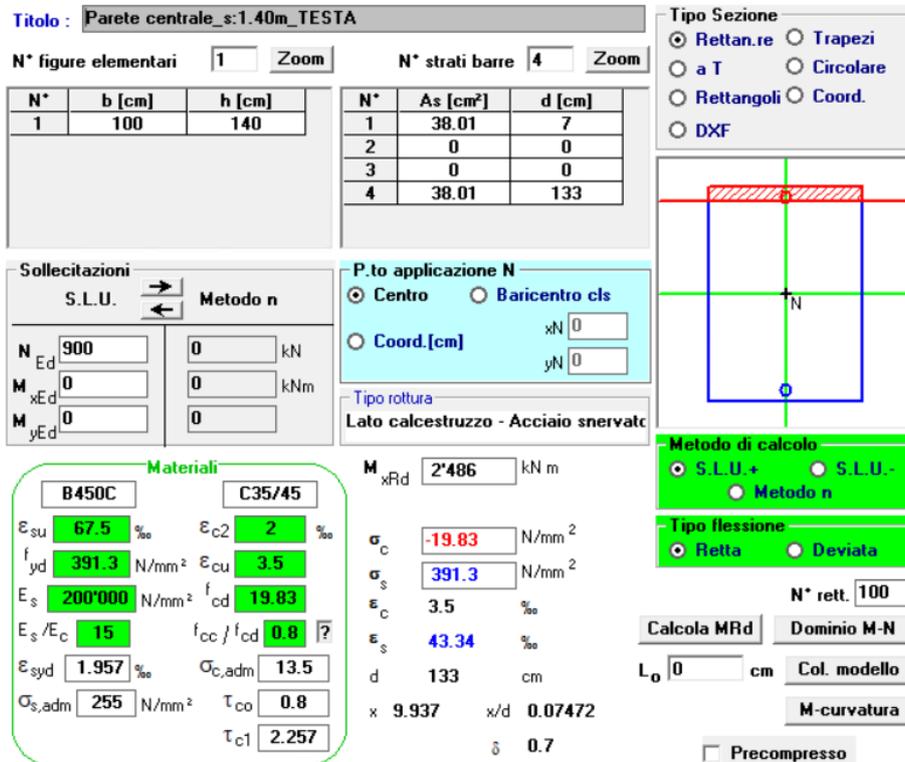


Figura 11.77: Momento resistente positivo sezione di Testa parete centrale

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -1300 < -2486\text{kNm}$; $1400 \text{ kNm} < 2486\text{kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

Parete superiore

$M_{22} = 1400 \text{ kNm/m}$

$F_{22} = 750 \text{ kN/m}$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

Titolo: Parete esterna superiore_s:1.40m_TESTA

N* figure elementari: 1 **Zoom** **N* strati barre:** 4 **Zoom**

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed}: 750 **0** kN
M_{xEd}: 0 **0** kNm
M_{yEd}: 0 **0**

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C35/45

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M_{xRd}: 2'393 kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 45.41 ‰
d 133 cm
x 9.518 x/d 0.07157
 δ 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N* rett.: 100

Calcola MRd **Dominio M-N**
L_o 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.78: Momento resistente positivo sezione di Testa parete superiore

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 1400 < 2393\text{kNm}$. La verifica è soddisfatta.

11.1.4. VERIFICA A TAGLIO PER AZIONE SISMICA DIR. Y

La verifica a taglio è stata eseguita per la sola sollecitazione data dall'azione sismica nella direzione Y, in quanto maggiormente influente rispetto alle altre sollecitazioni.

Come nei casi precedenti, si sono analizzate tutte le pareti presenti, prendendo come sollecitazione tagliante agente la maggiore tra quella alla base a in testa alla parete.

L'armatura considerata è composta da barre longitudinali $\phi 22/10\text{cm}$ e da legature $\phi 12$ 30x30cm.

I grafici delle sollecitazioni taglianti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano che i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati ($V_{Rd} = 569$ kN Figura 11.91) ad eccezione di punti singolari che rappresentano chiaramente effetti di bordo.

La resistenza a taglio è determinata sulla base delle indicazioni delle NTC2018 per elementi non armati a taglio considerando il contributo delle sole armature tese. Si fa notare inoltre, che la resistenza a taglio così determinata risulta a vantaggio di sicurezza essendo la sezione armata con legature (di cui sopra) le quali determinano una resistenza a taglio maggiore.

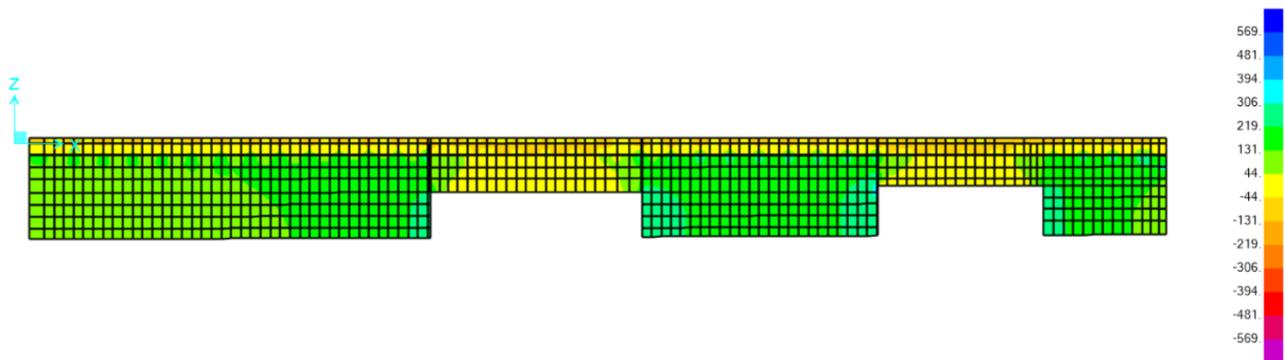


Figura 11.79: V_{23} parete inferiore sx – Min

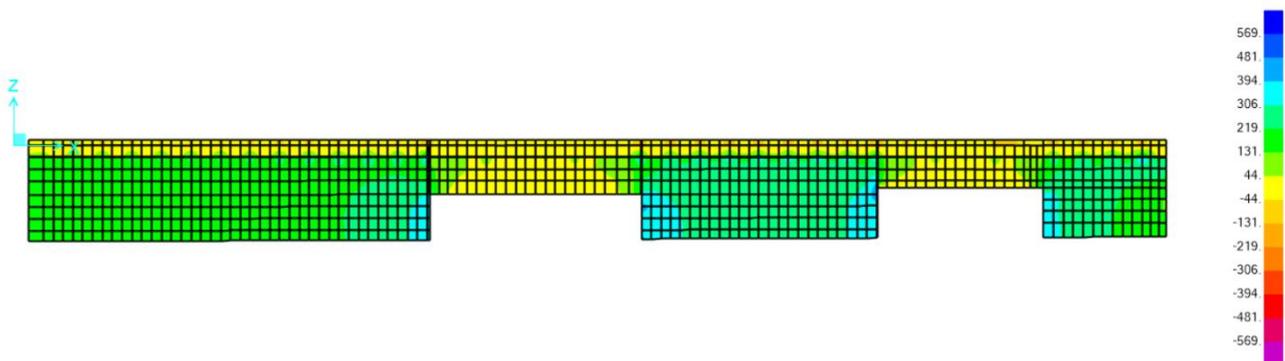


Figura 11.80: V_{23} parete inferiore sx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

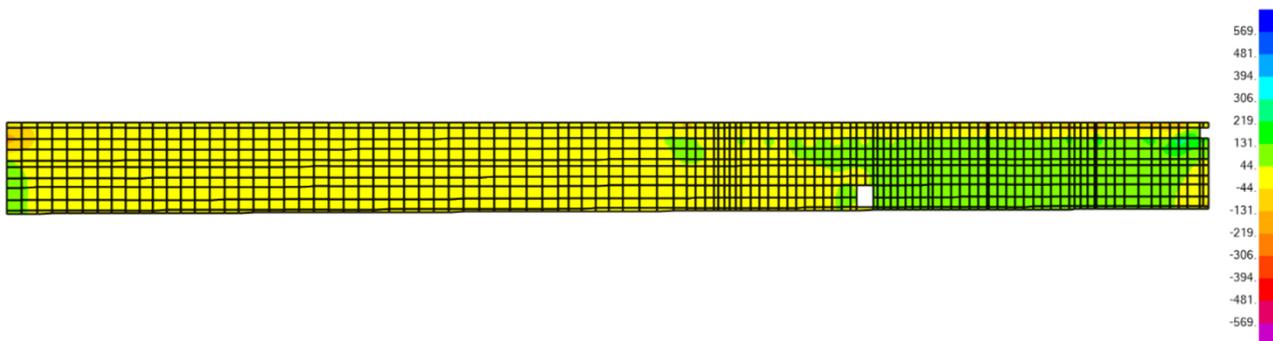


Figura 11.81: V_{23} parete inferiore dx – Min

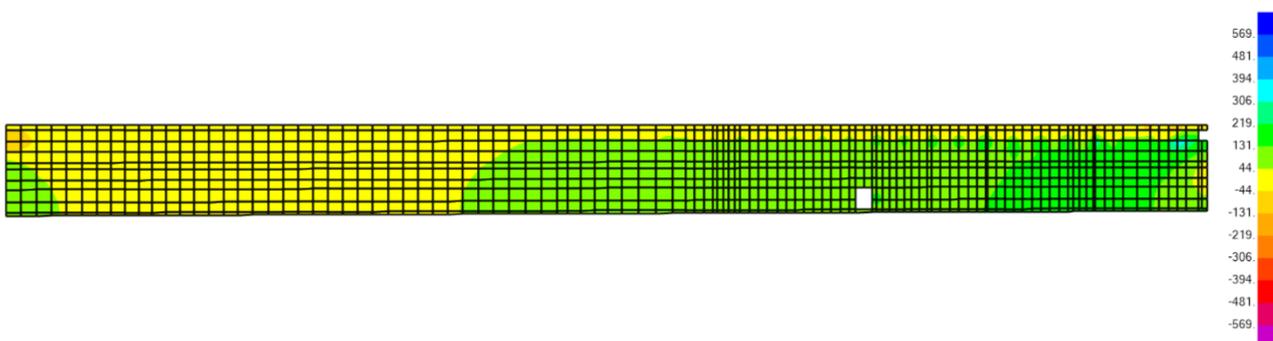


Figura 11.82: V_{23} parete inferiore dx – Max

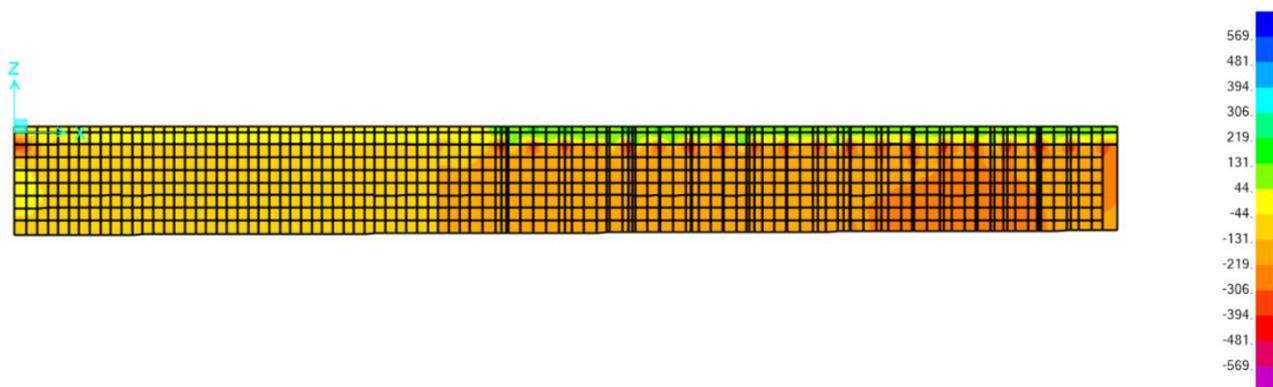


Figura 11.83: V_{23} parete centrale sx – Min

PROGETTAZIONE ATI:

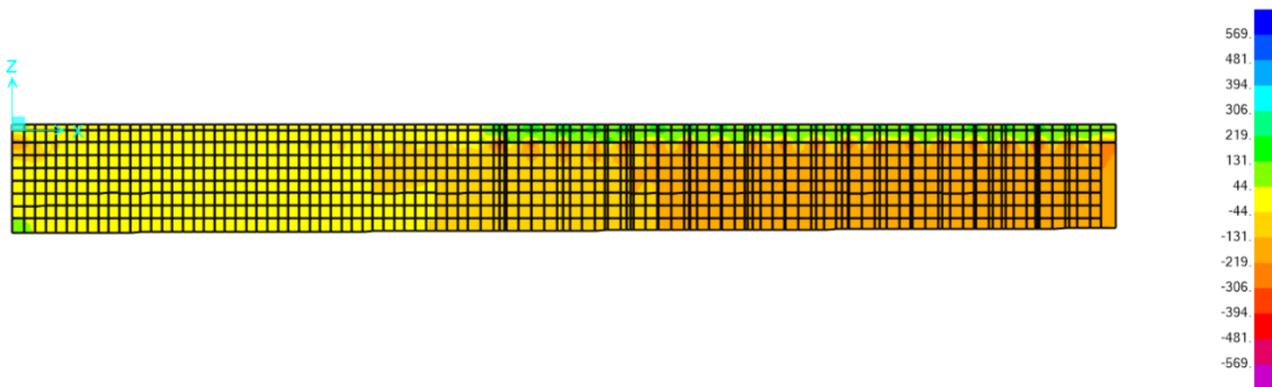


Figura 11.84: V_{23} parete centrale sx – Max

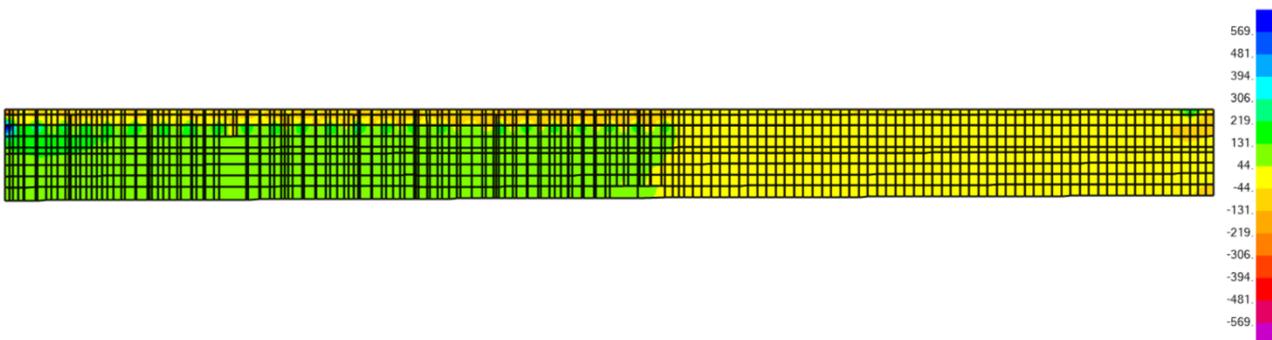


Figura 11.85: V_{23} parete centrale dx – Min

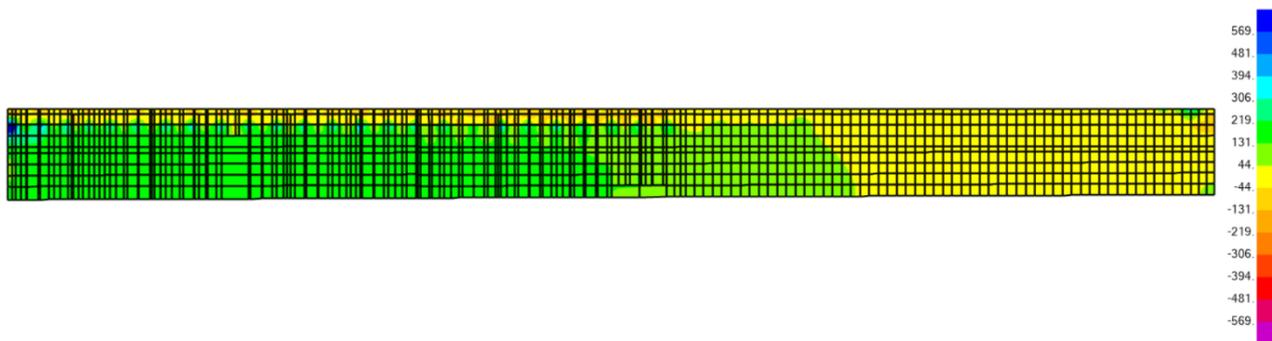


Figura 11.86: V_{23} parete centrale dx – Max

PROGETTAZIONE ATI:

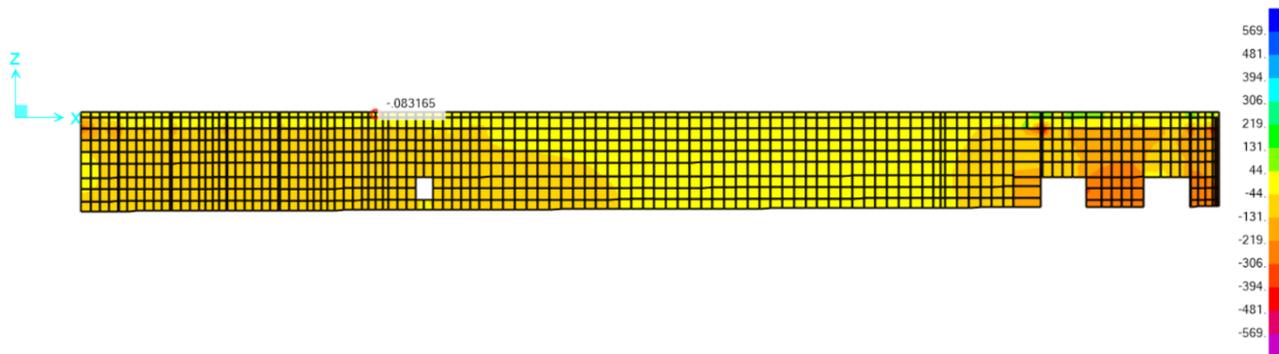


Figura 11.87: V_{23} parete superiore sx – Min

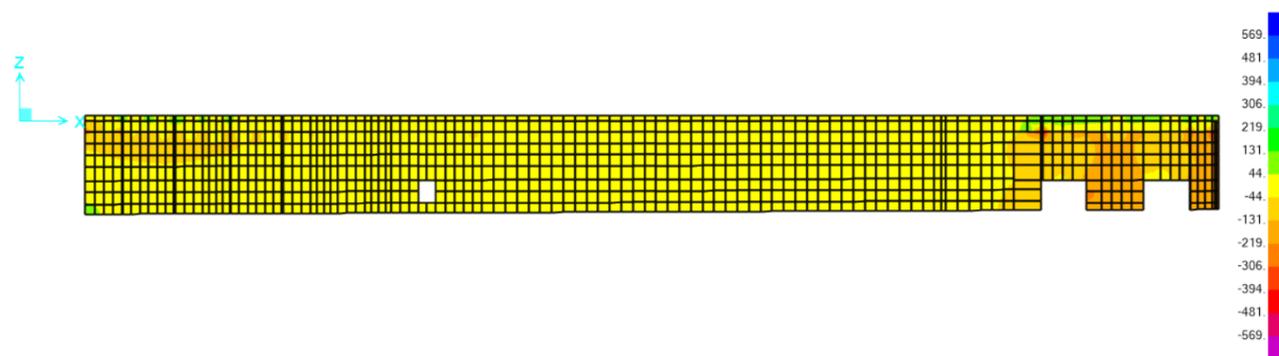


Figura 11.88: V_{23} parete superiore sx – Max

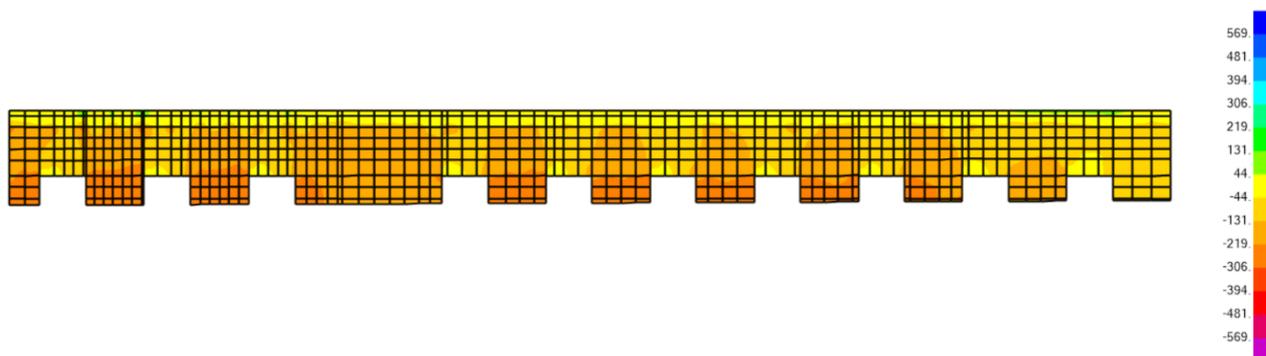


Figura 11.89: V_{23} parete superiore dx – Min

PROGETTAZIONE ATI:

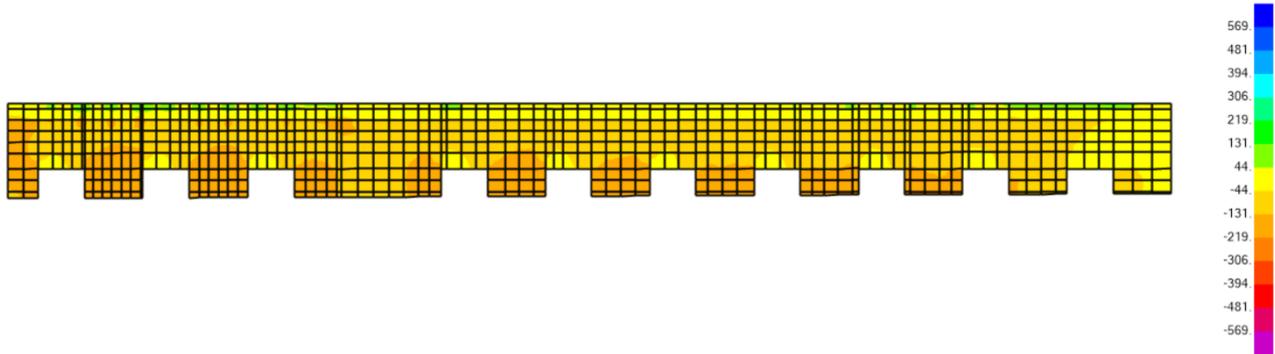


Figura 11.90: V₂₃ parete superiore dx – Max

La verifica delle sezioni è riportata di seguito.

Parete inferiore

$$V_{23} = 300 \text{ kN/m}$$

$$F_{22} = 550 \text{ kN/m}$$

La determinazione del taglio resistente è riportata di seguito:

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	140	cm		
c	=	6	cm		
d	=	h-c	=	134	cm
MATERIALI					
f _{ywd}	=	391.30	MPa		
R _{ck}	=	45.00	MPa		
γ _c	=	1.5			
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	=	37.35	MPa
f _{cd}	=	0.85xR _{ck} /γ _c	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
∅	=	22			
Numero	=	10			
A _{sl}	=	38.01	cm ²		
TAGLIO AGENTE					
		V _{Ed} =	0	(KN)	
SFORZO NORMALE					
		N _{Ed} =	550	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.39	1 + (200/d) ^{1/2} ≤ 2		
v _{min}	=	0.349	0.035 · k ^{3/2} · f _{ck} ^{1/2}		
ρ _l	=	0.0028			
σ _{cp}	=	0.4	(Mpa)		
V _{Rd}	=	568.59	(KN)	>= OK	546.8 (KN)
V _{Rd}	=	568.59	(KN)		
α _c	=	1.02		Ned/Ac _s	0.3929 (Mpa)

Figura 11.91: Taglio resistente parete inferiore

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente V_{Rd} → 300kN < 569kN. La verifica è soddisfatta.

Parete centrale

$$V_{23} = 300 \text{ kN/m}$$

$$F_{22} = 1100 \text{ kN/m}$$

La determinazione del taglio resistente è riportata di seguito:

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	140	cm		
c	=	6	cm		
d	=	$h-c$	=	134	cm
MATERIALI					
$f_{yw,d}$	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \cdot R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
α_1	=	22			
Numero	=	10			
A_{sl}	=	38.01	cm ²		
TAGLIO AGENTE					
		$V_{Ed} =$	0	(KN)	
SFORZO NORMALE					
		$N_{Ed} =$	1100	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.39	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.349	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		
ρ_1	=	0.0028			
σ_{cp}	=	0.8	(Mpa)		
V_{Rd}	=	647.55	(KN)	>= OK	625.8 (KN)
V_{Rd}	=	647.55	(KN)		
α_c	=	1.04			
				$N_{Ed}/A_{c_s} =$	0.7857 (Mpa)

Figura 11.92: Taglio resistente parete centrale

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $V_{Rd} \rightarrow 300\text{kN} < 648\text{kN}$. La verifica è soddisfatta.

Parete superiore

$$V_{23} = 300 \text{ kN/m}$$

$$F_{22} = 550 \text{ kN/m}$$

La determinazione del taglio resistente è riportata di seguito:

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	140	cm		
c	=	6	cm		
d	=	$h-c$	=	134	cm
MATERIALI					
$f_{yw,d}$	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
ϕ	=	22			
Numero	=	10			
A_{el}	=	38.01	cm ²		
TAGLIO AGENTE					
		V_{Ed}	=	0	(KN)
SFORZO NORMALE					
		N_{Ed}	=	550	(KN)
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.39	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.349	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		
ρ_l	=	0.0028			
σ_{cp}	=	0.4	(Mpa)		
V_{Rd}	=	568.59	(KN)	>= OK	546.8 (KN)
V_{Rd}	=	568.59	(KN)		
α_c	=	1.02			
				N_{ed}/A_{c_s}	0.3929 (Mpa)

Figura 11.93: Taglio resistente parete superiore

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $V_{Rd} \rightarrow 300\text{kN} < 569\text{kN}$. La verifica è soddisfatta.

11.1.5. VERIFICA DELLA PIATTABANDA (IN CORRISPONDENZA DELL' APERTURA)

Trattandosi di una porzione di parete che non scarica direttamente in fondazione si verifica la piattabanda sia sotto l'azione di sollecitazioni flettenti che taglianti, la cui condizione più gravosa risulta essere quella dettata dai carichi verticali.

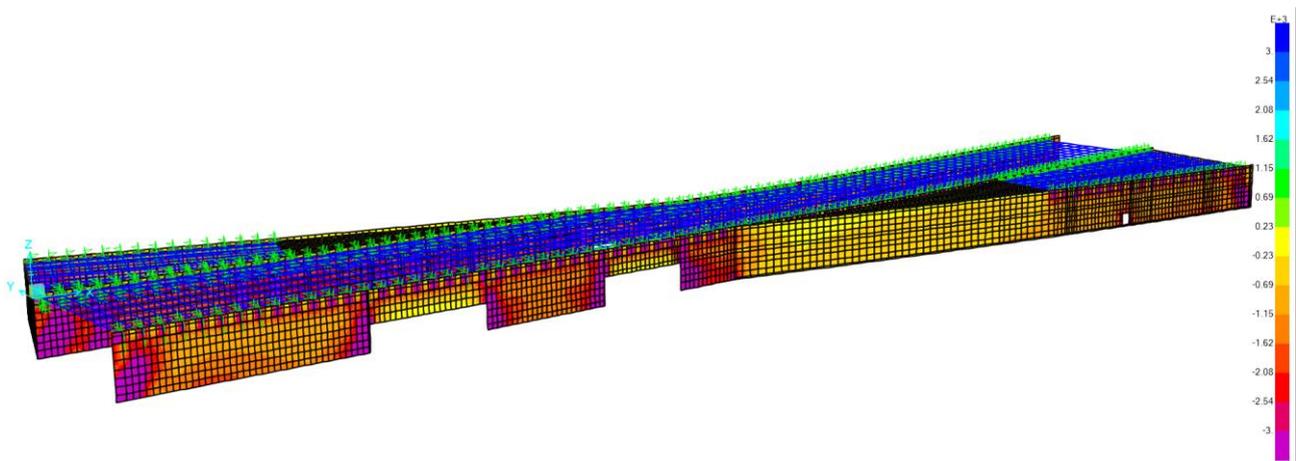


Figura 11.94: Sollecitazione F_{22} piattabanda parete inferiore

PROGETTAZIONE ATI:

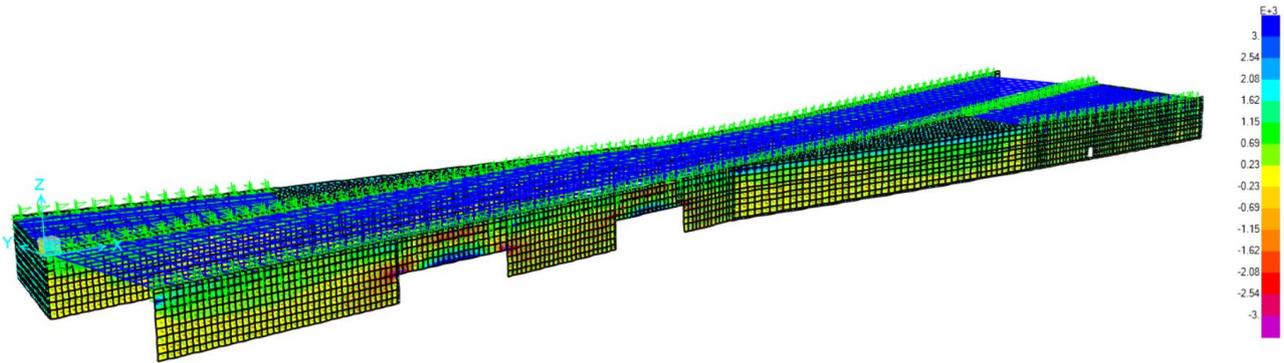


Figura 11.95: Sollecitazione F_{11} piattabanda parete inferiore

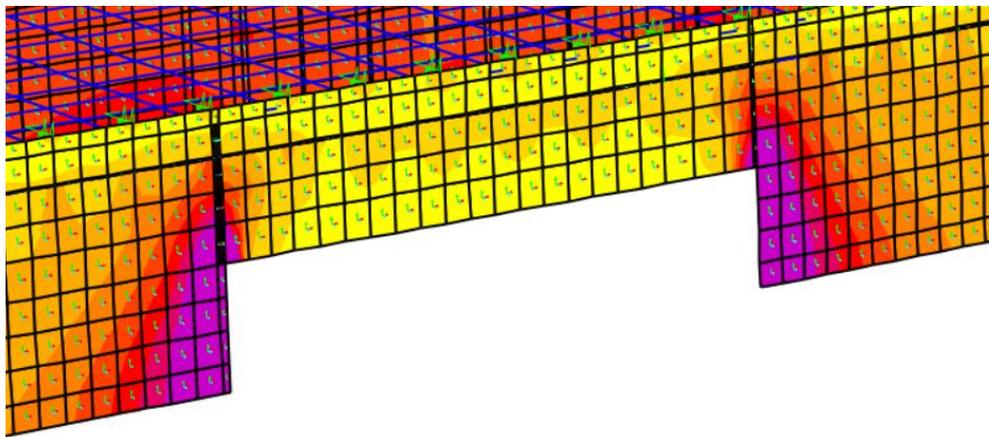


Figura 11.96: Sollecitazione F_{22} piattabanda parete inferiore

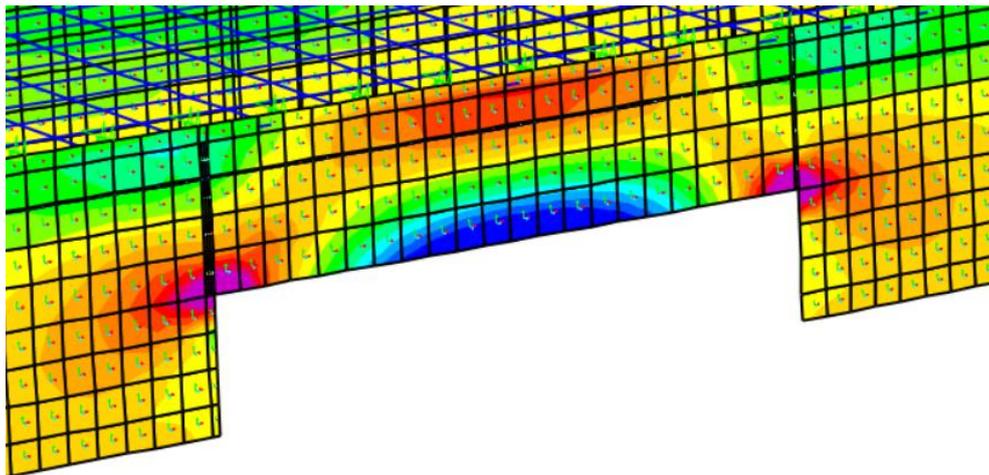


Figura 11.97: Sollecitazione F_{11} piattabanda parete inferiore

La determinazione delle sollecitazioni agenti è stata effettuata mediante integrazione delle tensioni alle sezioni di verifica negli elementi shell mediante "Section – Cut". Dall'analisi strutturale risultano seguenti sollecitazioni:

PROGETTAZIONE ATI:

- $M_{Ed} = 12287 \text{ kNm/m}$;
- $V_{Ed} = 1403 \text{ kN/m}$ nella sezione di mezzeria;
- $V_{Ed} = -3968 \text{ kN/m}$ nella sezione in prossimità del piedritto.

La piattabanda è dotata di armatura longitudinale composta da 23 strati di $\phi 22/20 \text{ cm}$ disposti lungo l'altezza (8 $\phi 22$ collocati nel primo e nell'ultimo strato; 2 $\phi 22$ collocati per ogni strato rimanente) e armatura trasversale composta da staffe $\phi 16/20 \text{ cm}$.

La determinazione del momento resistente M_{Rd} :

Titolo: Piattabanda

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 23 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	140	460	1	30.41	7
			2	7.6	27
			3	7.6	47
			4	7.6	67
			5	7.6	87
			6	7.6	107

Tipologia Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Calcoli: M_{xRd} 18'396 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 40.72 ‰
d 447 cm
x 35.38 x/d 0.07916
 δ 0.7

Parametri: N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.98: Determinazione del momento resistente della piattabanda

Il momento agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow 12287 \text{ kN} < 18396 \text{ kN}$. La verifica è soddisfatta.

Con riferimento alla verifica a taglio, di seguito è riportata la determinazione del taglio resistente V_{Rd} :

SEZIONE					
b_w	=	140	cm		
h	=	460	cm		
c	=	6	cm		
d	=	$h-c$	=	454	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
ϕ_{st}	=	16			
braccia	=	2			
ϕ_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	20	cm		
(A_{sw} / s)	=	20.106	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		$\cot(\theta) = 2.50$	$(\theta) = 21.80$		
$V_{Rsd} = 8036.71$ (KN)		$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\ctg\alpha + \ctg\theta) \cdot \sin\alpha$			
$V_{Rcd} = 20874.53$ (KN)		$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\ctg\alpha + \ctg\theta) / (1 + \ctg^2\theta)$			
$V_{Rd} = 8036.71$ (KN)		$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$			

Figura 11.99: Determinazione del taglio resistente della piattabanda

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $V_{Rd} \rightarrow 1403\text{kN} < 8037\text{kN}$; $3968\text{kN} < 8037\text{kN}$. Le verifiche sono soddisfatte.

11.2. VERIFICHE ALLO SLU – SLU PARETI SPESSE 100CM

Le verifiche allo SLU e SLV a flessione e a taglio sono riportate nei paragrafi seguenti. Le verifiche allo SLV sono svolte considerando le stesse combinazioni sismiche illustrate in precedenza.

L'armatura utilizzata per la verifica delle pareti (interne o di estremità) è costituita da $\phi 22/10\text{cm}$ sia alla base che alla testa.

11.2.1. VERIFICHE A FLESSIONE PER AZIONE SISMICA DIR. Y

Le verifiche a flessione per lo SLV delle pareti di spessore 1.00m sono state svolte considerando la parte centrale e di bordo della parete.

In base alle sollecitazioni agenti, sono state eseguite le verifiche prendendo in considerazione la massima sollecitazione flettente agente per la parete analizzata.

PROGETTAZIONE ATI:

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano che i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati per le diverse sezioni ($M_{Rd} = 1326 \text{ kNm}$ vd Figura 11.104).

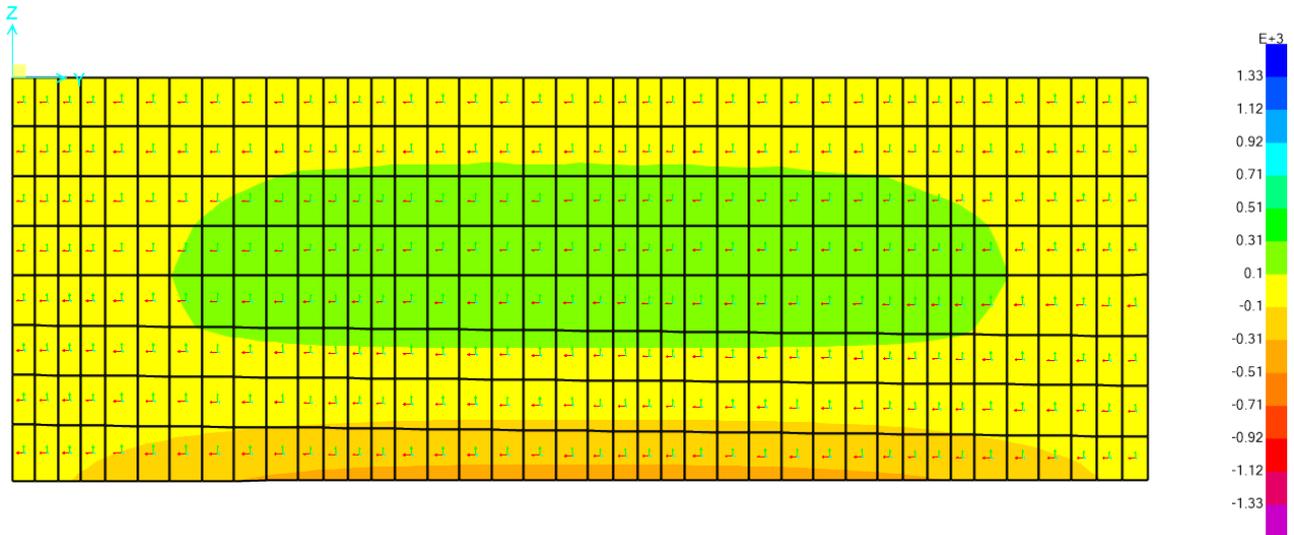


Figura 11.100: M_{22} parete nord – Min

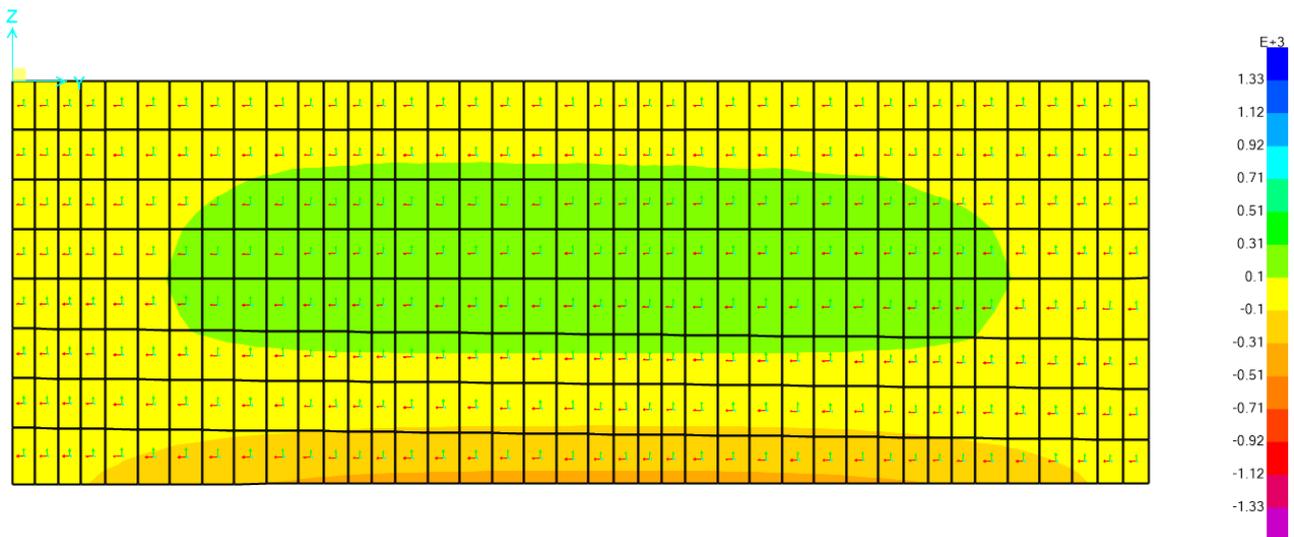


Figura 11.101: M_{22} parete nord – Max

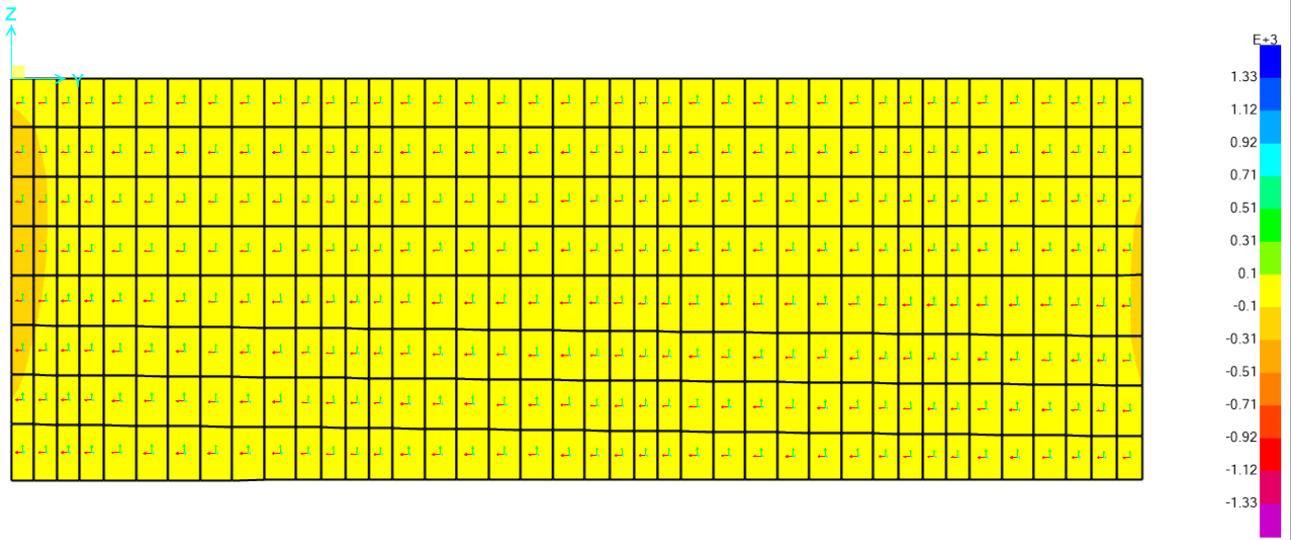


Figura 11.102: M_{11} parete nord – Min

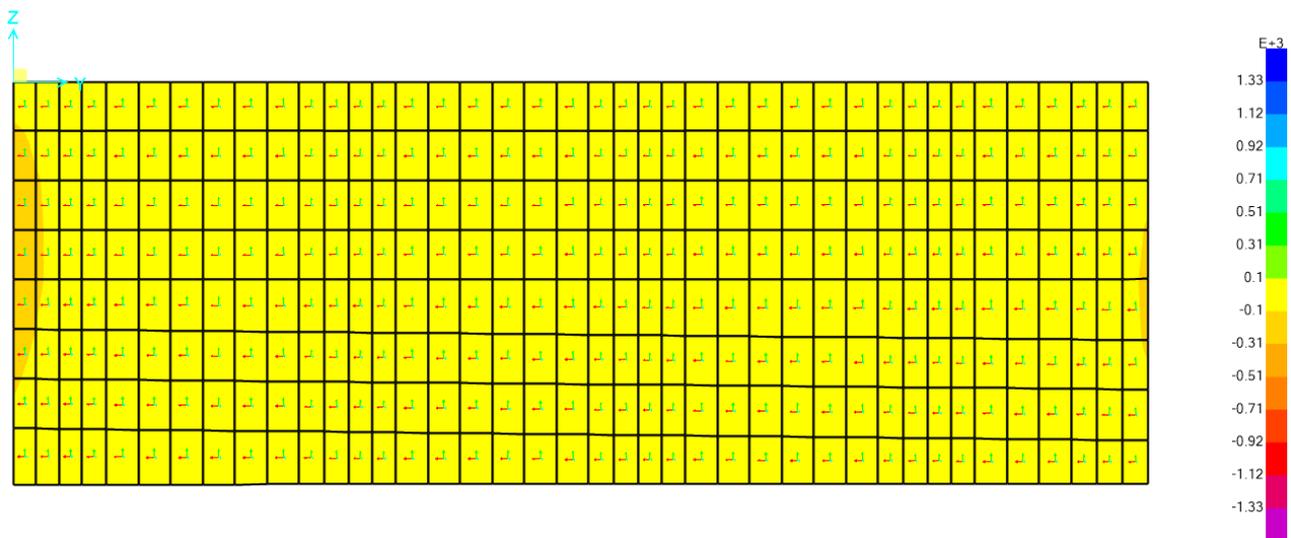


Figura 11.103: M_{11} parete nord – Max

Le verifiche sono di seguito riportate.

$$M_{22} = +200 \text{ kNm/m}$$

$$M_{11} = +50 \text{ kN/m}$$

$$M_{11} = -200 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Sezione Diagramma:

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Parametri di calcolo:
 M_{xRd} 1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 38.71%
 d 93 cm
 x 7.712 x/d 0.08293
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.104: Momento resistente positivo sezione centrale Parete Nord

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Sezione Diagramma:

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Parametri di calcolo:
 M_{xRd} -1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 41.88%
 d 100 cm
 x 7.712 x/d 0.07712
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N* rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.105: Momento resistente negativo sezione centrale Parete Nord

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente M_{Rd} in entrambe le direzioni
 $\rightarrow 200 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $50 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $-200 \text{ kNm} < -1326 \text{ kNm}$ Le verifiche sono soddisfatte.

11.2.2. VERIFICHE A FLESSIONE PER AZIONE SISMICA DIR. X

Le verifiche a flessione per lo SLV sono state eseguite considerando le medesime caratteristiche descritte precedentemente, sia in termini di sezioni analizzate che di armatura considerata.

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano come i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati per le sezioni di verifica. ($M_{Rd} = 1326 \text{ kNm}$ Figura 11.110).

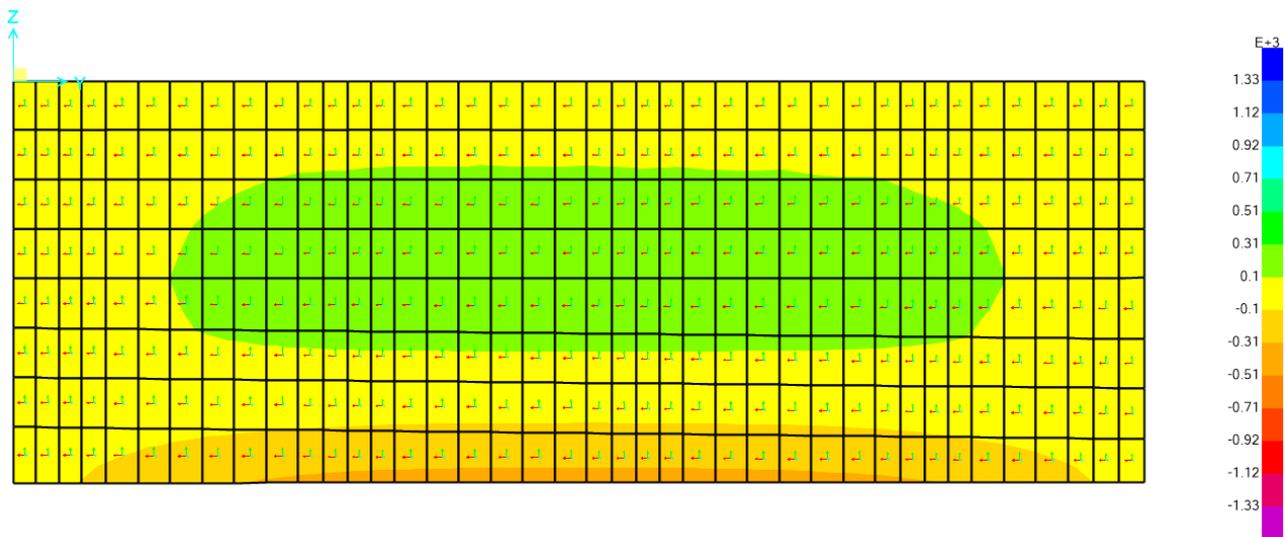


Figura 11.106: M_{22} parete nord – Min

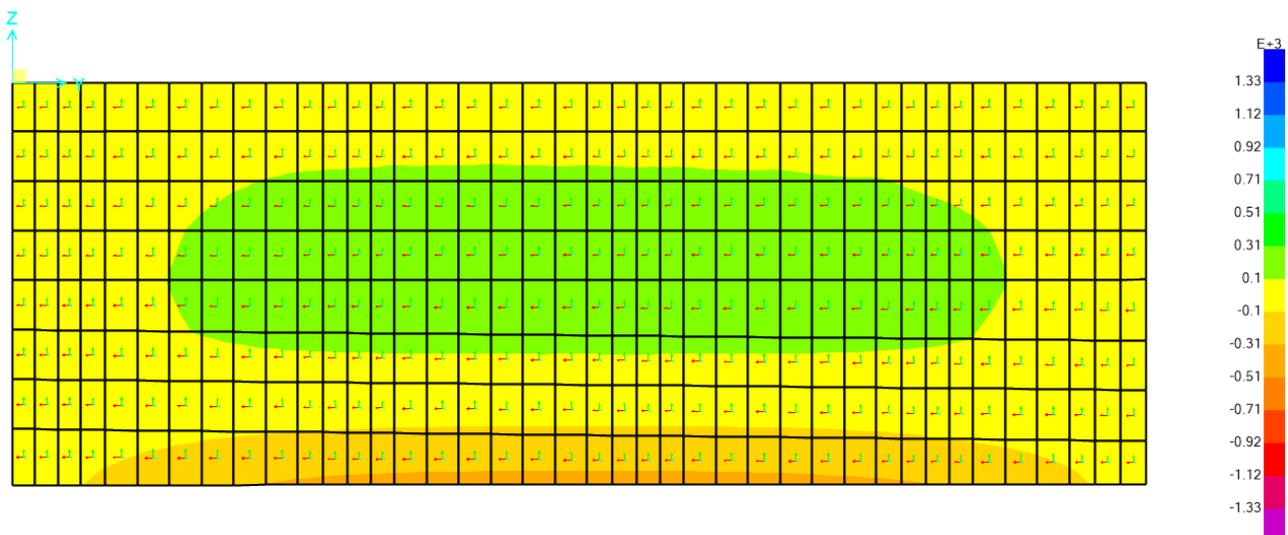


Figura 11.107: M_{22} parete nord – Max

PROGETTAZIONE ATI:

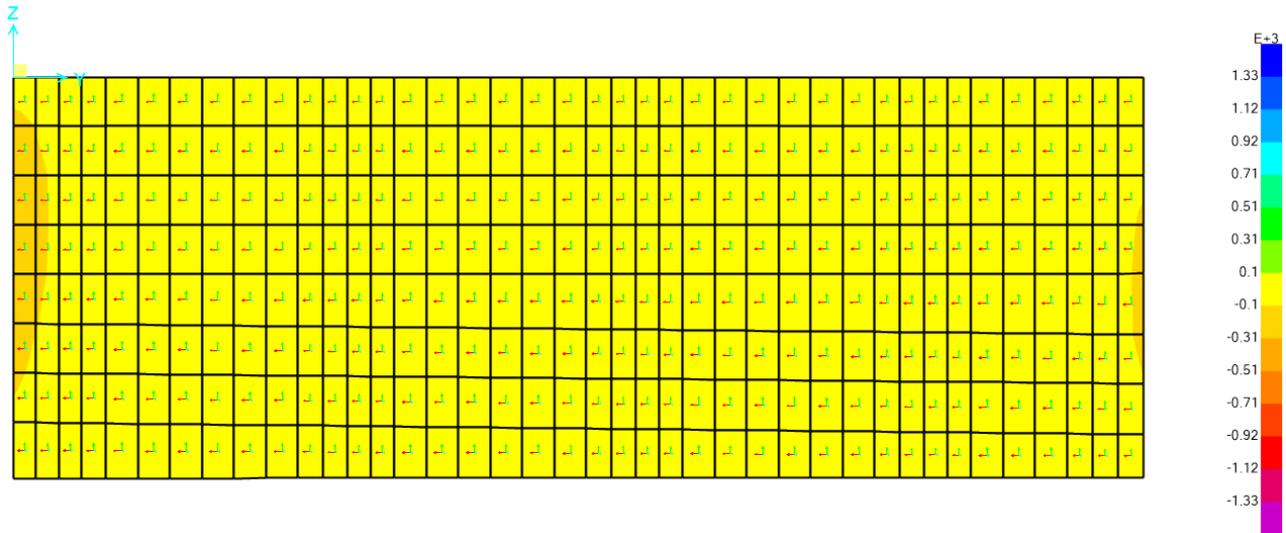


Figura 11.108: M_{11} parete nord – Min



Figura 11.109: M_{11} parete nord – Max

Le verifiche sono di seguito riportate.

$$M_{22} = +200 \text{ kNm/m}$$

$$M_{11} = +80 \text{ kN/m}$$

$$M_{11} = -200 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Flessione:
 Retta Deviata

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia Rottura:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia Rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Parametri:
 M_{xRd} 1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 38.71%
 d 93 cm
 x 7.712 x/d 0.08293
 δ 0.7

Calcoli e Parametri:
 N* rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.110: Momento resistente positivo sezione centrale Parete Nord

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N* figure elementari: 1 Zoom N* strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Flessione:
 Retta Deviata

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia Rottura:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia Rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Parametri:
 M_{xRd} -1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 41.88%
 d 100 cm
 x 7.712 x/d 0.07712
 δ 0.7

Calcoli e Parametri:
 N* rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.111: Momento resistente negativo sezione centrale Parete Nord

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente M_{Rd} in entrambe le direzioni $\rightarrow 200 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $80 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $-200 \text{ kNm} < -1326 \text{ kNm}$ Le verifiche sono soddisfatte.

11.2.3. VERIFICHE A FLESSIONE PER AZIONI NON SISMICHE

Le verifiche a flessione per lo SLU sono state eseguite considerando le medesime caratteristiche descritte precedentemente, sia in termini di sezioni analizzate che di armatura considerata.

I grafici delle sollecitazioni flettenti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano come i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati ($M_{Rd} = 1326 \text{ kNm}$ vd. Figura 11.116).

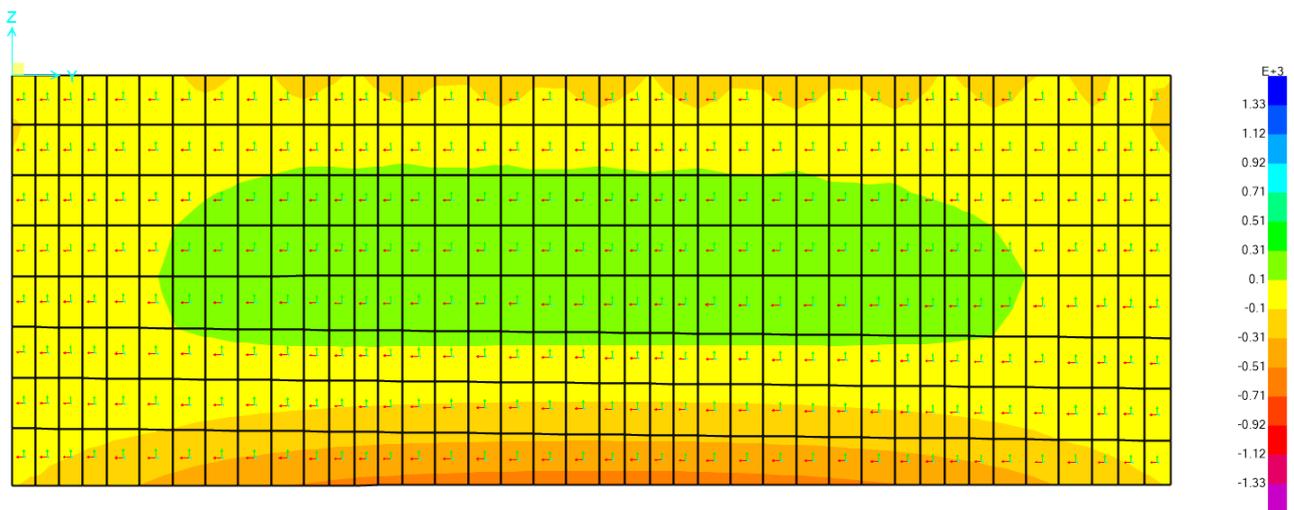


Figura 11.112: M_{22} parete nord – Min

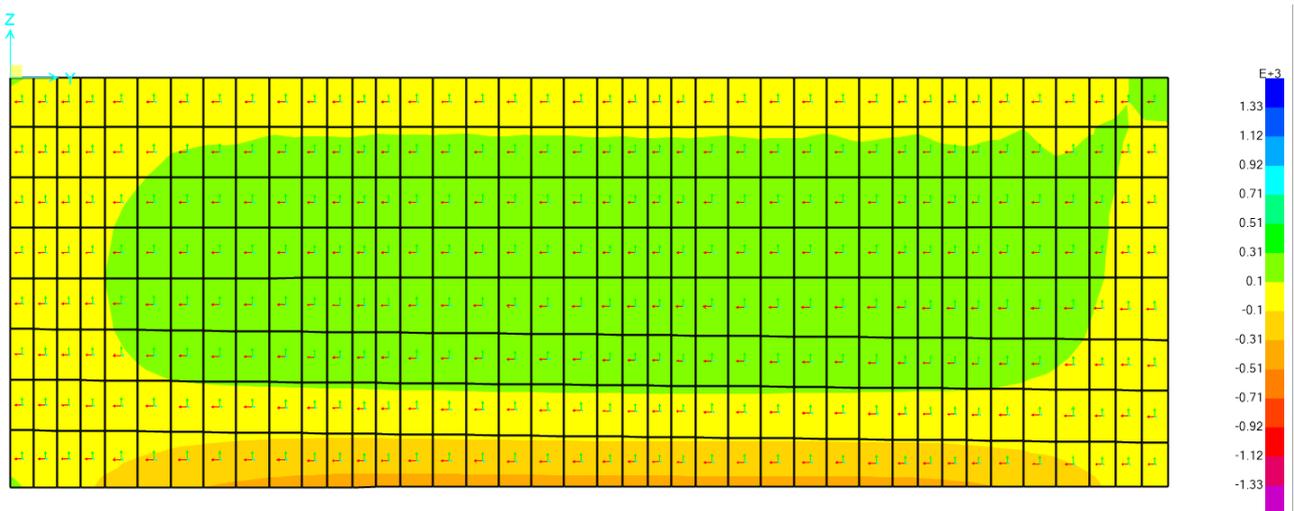


Figura 11.113: M_{22} parete nord – Max

PROGETTAZIONE ATI:

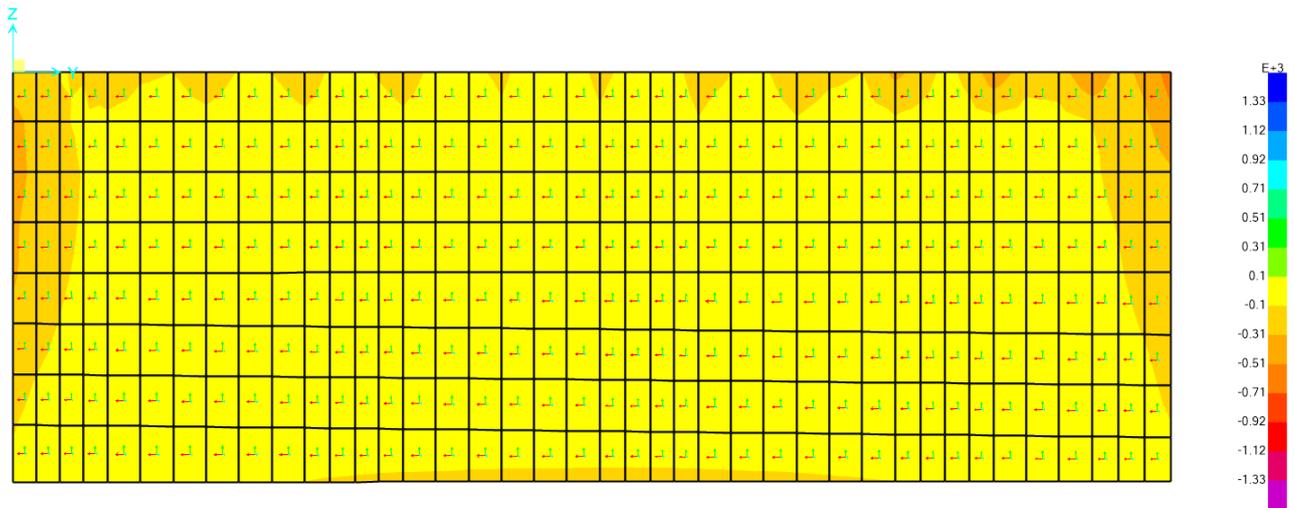


Figura 11.114: M_{11} parete nord – Min

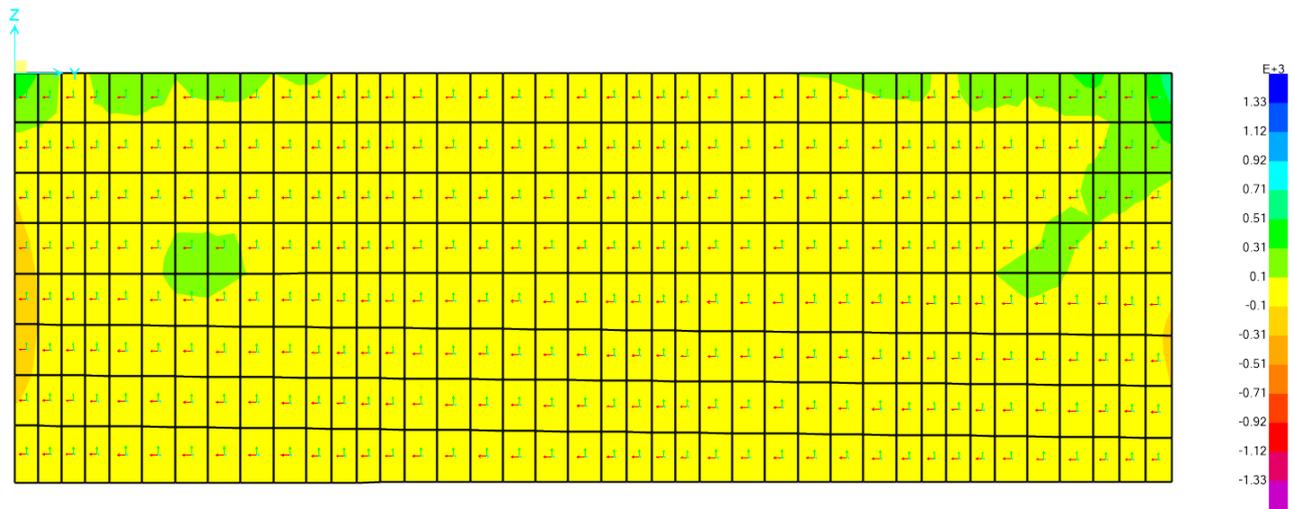


Figura 11.115: M_{11} parete nord – Max

Le verifiche sono di seguito riportate.

$$M_{22} = +300 \text{ kNm/m}$$

$$M_{11} = +120 \text{ kN/m}$$

$$M_{11} = -250 \text{ kN/m}$$

La determinazione del momento resistente è riportata di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Flessione:
 Retta Deviata

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia Rottura:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia Rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Geometria:
 M_{xRd} 1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 38.71%
 d 93 cm
 x 7.712 x/d 0.08293
 δ 0.7

Parametri di Progetto:
 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.116: Momento resistente positivo sezione centrale Parete Nord

Titolo: Parete nord_s:1.00m

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N*	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Tipologia Flessione:
 Retta Deviata

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia Rottura:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia Rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Carichi e Geometria:
 M_{xRd} -1'326 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 41.88%
 d 100 cm
 x 7.712 x/d 0.07712
 δ 0.7

Parametri di Progetto:
 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 11.117: Momento resistente negativo sezione centrale Parete Nord

Il momento flettente agente M_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente M_{Rd} in entrambe le direzioni
 $\rightarrow 300 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $120 \text{ kNm} < 1326 \text{ kNm}$; $-250 \text{ kNm} < -1326 \text{ kNm}$ Le verifiche sono soddisfatte.

11.2.4. VERIFICHE A TAGLIO PER AZIONE SISMICA

L'armatura considerata è composta da barre longitudinali $\phi 22/10\text{cm}$ e da legature $\phi 12 \text{ } 30 \times 30\text{cm}$.

I grafici delle sollecitazioni taglianti agenti sono riportati nelle figure seguenti, dove, i contour delle sollecitazioni indicano che i momenti agenti siano inferiori rispetto al minore dei momenti resistenti calcolati ($V_{Rd} = 407 \text{ kN}$ vd. Figura 11.120) ad eccezione di punti singolari che rappresentano chiaramente effetti di bordo.

La resistenza a taglio è determinata sulla base delle indicazioni delle NTC2018 per elementi non armati a taglio considerando il contributo delle sole armature tese. Si fa notare inoltre, che la resistenza a taglio così determinata risulta a vantaggio di sicurezza essendo la sezione armata con legature (di cui sopra) le quali determinano una resistenza a taglio maggiore.

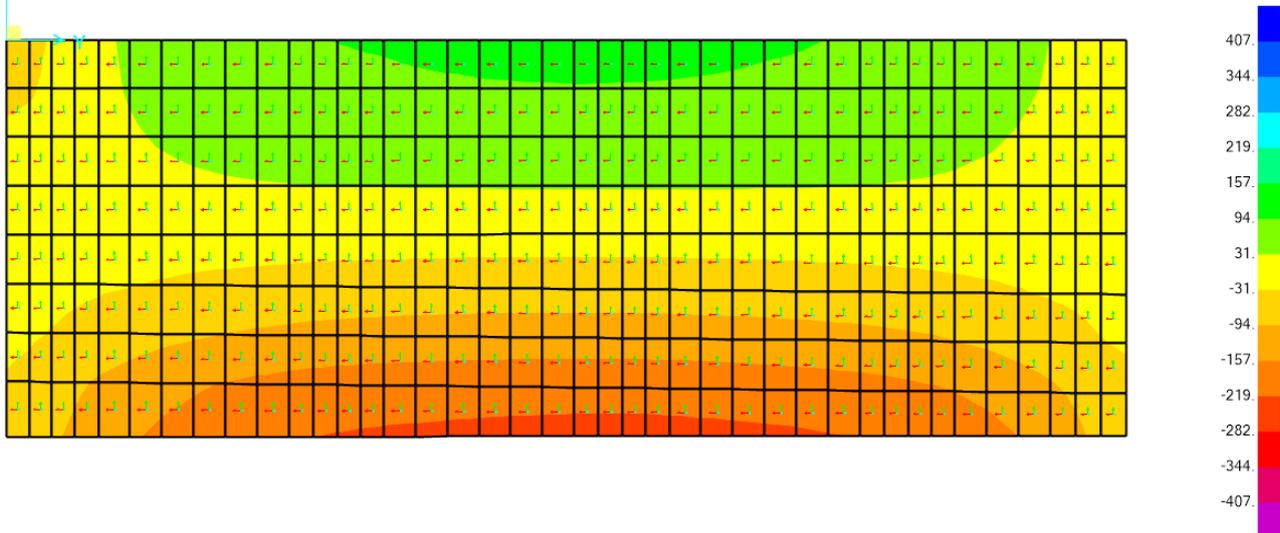


Figura 11.118: V_{23} parete nord – Min

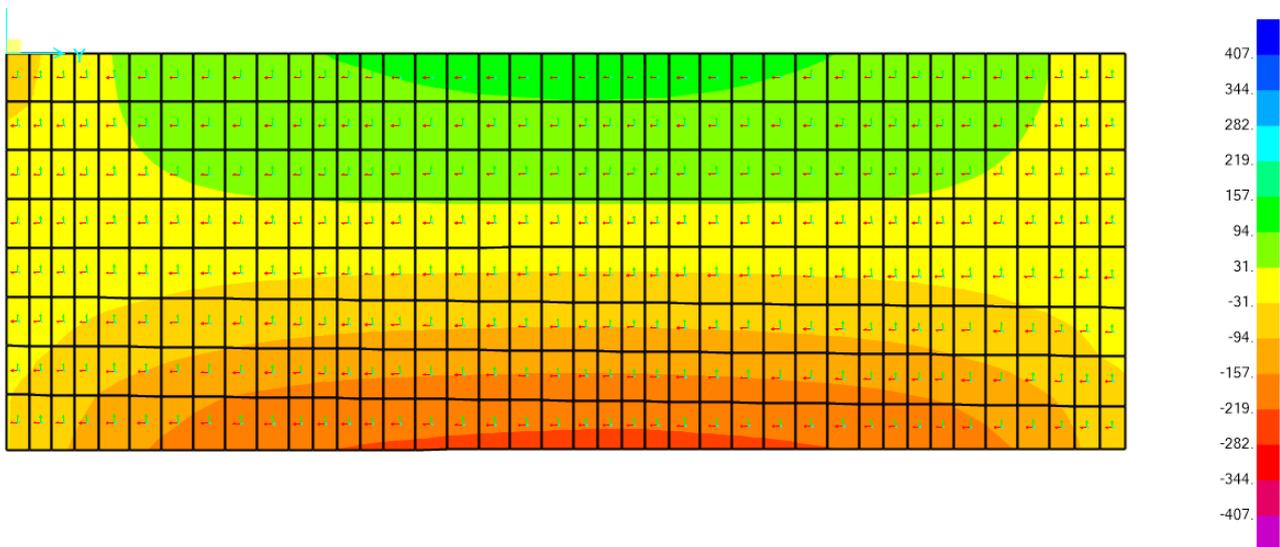


Figura 11.119: V_{23} parete nord – Max

PROGETTAZIONE ATI:

La verifica delle sezioni è riportata di seguito.

Parete nord

$V_{23} = 250 \text{ kN/m}$

La determinazione del taglio resistente è riportata di seguito:

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	100	cm		
c	=	6	cm		
d	=	$h-c$	=	94	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
ϕ_l	=	22			
Numero	=	10			
A_{sl}	=	38.01	cm ²		
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		$N_{ed} =$	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.46	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.378	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		
ρ_l	=	0.0040			
σ_{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V_{Rd}	=	407.45	(KN)	\geq OK	355.2 (KN)
V_{Rd}	=	407.45	(KN)		
$\alpha_c =$		1.00			$N_{ed}/A_{c_s} = 0.0000$ (Mpa)

Figura 11.120: Taglio resistente parete inferiore

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $V_{Rd} \rightarrow 300\text{kN} < 569\text{kN}$. La verifica è soddisfatta.

11.3. VERIFICHE ALLO SLE PARETI SPESSE 140CM

Si riportano di seguito le verifiche allo SLE per le pareti già illustrate.

Le verifiche sono soddisfatte se sono rispettati i seguenti limiti di tensioni nel cls e nell'acciaio, e di apertura delle fessure.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara) = 21 MPa

$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente = 15.75MPa

La massima tensione di trazione nell'acciaio σ_s , deve rispettare la limitazione seguente:

PROGETTAZIONE ATI:

$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$ per combinazione quasi permanente = 360 MPa

Condizioni ambientali:

- XC4 - con cls C35/45 per la soletta → condizioni aggressive
- XC4 - con cls C35/45 per il cordolo → condizioni aggressive

Tipo Armatura: Poco sensibile

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

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

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Figura 11.121: Condizioni ambientali e definizione dello stato limite di fessurazione

La soletta prevede quindi un limite di ampiezza delle fessure:

- QP: $W_1 = 0.2\text{mm}$
- FREQ: $W_2 = 0.4\text{mm}$

11.3.1. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE RARA

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per la parete maggiormente sollecitata. La sezione mostra valori di tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo inferiori ai limiti per la condizione Rara.

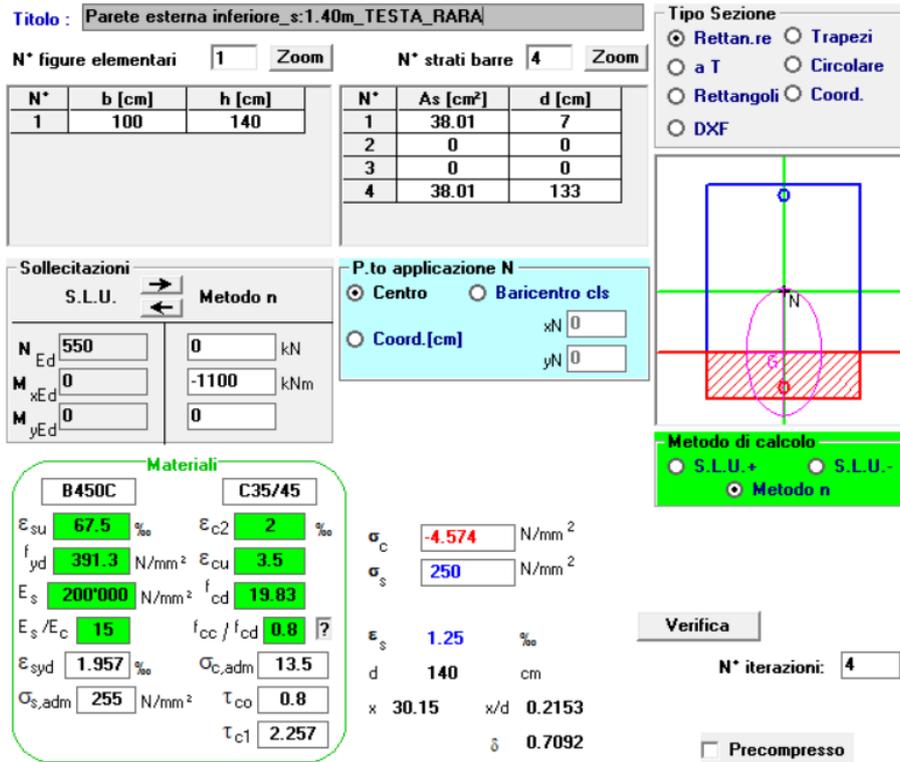


Figura 11.122: Verifica parete – Momento negativo M22

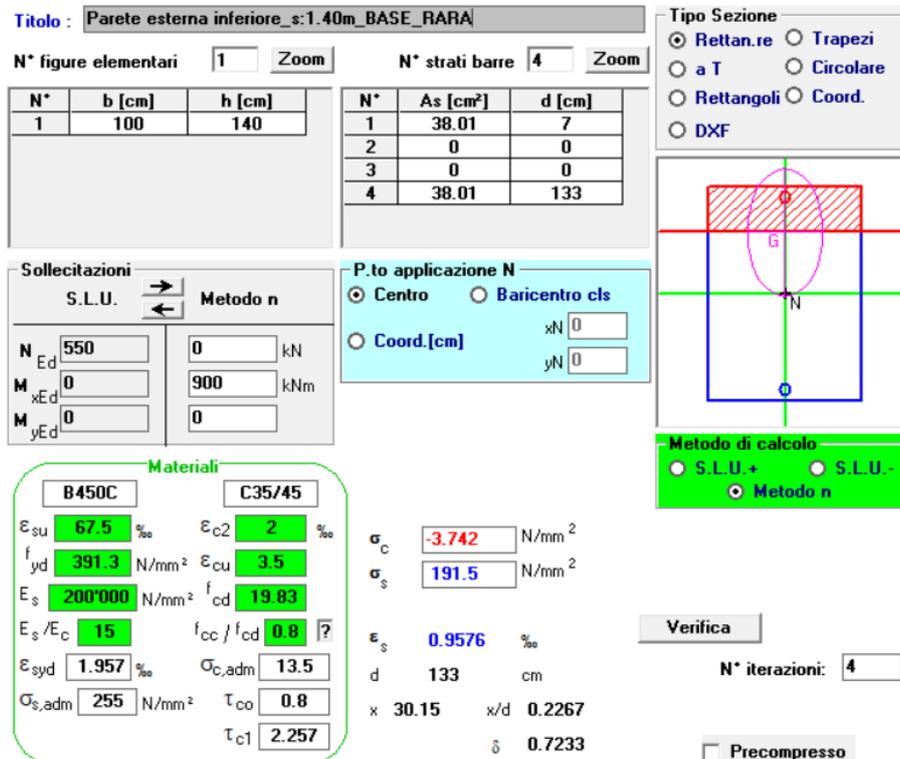


Figura 11.123: Verifica parete – Momento positivo M22

11.3.2. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni definite in precedenza. Non sono previste prescrizioni tensionali per questa combinazione ma le caratteristiche della sezione sono necessarie per le verifiche di fessurazione.

Titolo: Parete esterna inferiore_s:1.40m_TESTA_QP

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	140

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	133

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 550 0 kN
 M_{xEd} 0 -800 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

σ_c -3.327 N/mm²
 σ_s 181.8 N/mm²
 ε_s 0.9091 ‰
 d 140 cm
 x 30.15 x/d 0.2153
 δ 0.7092

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Figura 11.124: Verifica parete – Momento negativo M₂₂

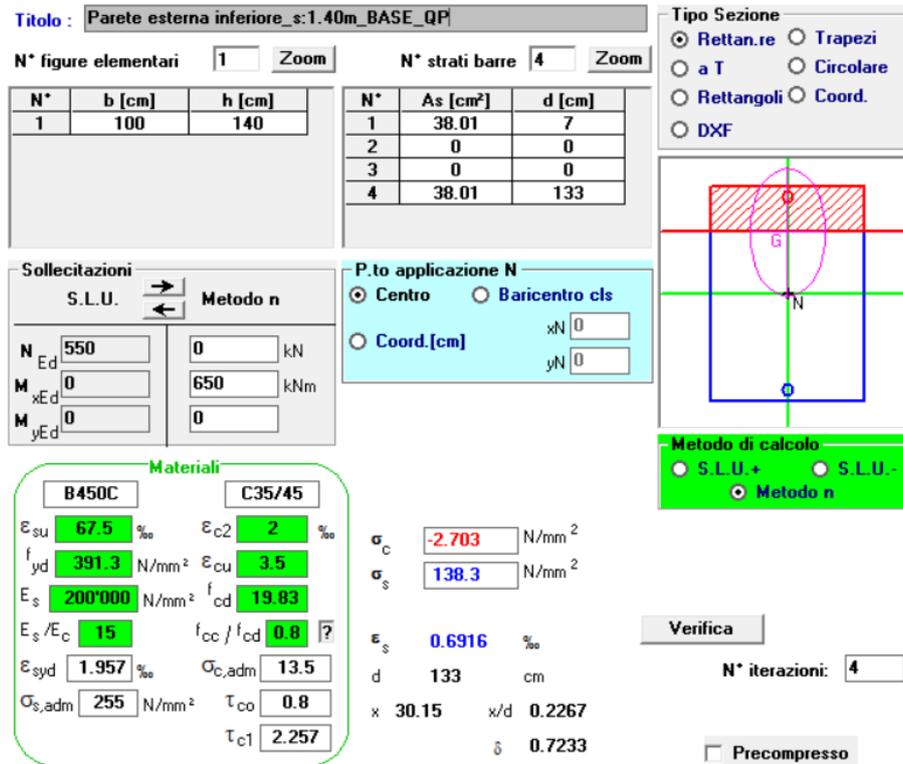


Figura 11.125: Verifica parete – Momento positivo M22

11.3.3. VERIFICHE FESSURAZIONE

Si verifica la parete maggiormente sollecitata per le combinazioni frequente e quasi permanente. Per i materiali e le condizioni ambientali in esame (XC4 con cls 35/45) si hanno condizioni aggressive che determinano un'apertura delle lesioni caratteristica di 0.4 mm e 0.2 mm rispettivamente per le combinazioni indicate. Le verifiche risultano soddisfatte.

11.3.3.1. Fessurazione - Caso Frequente

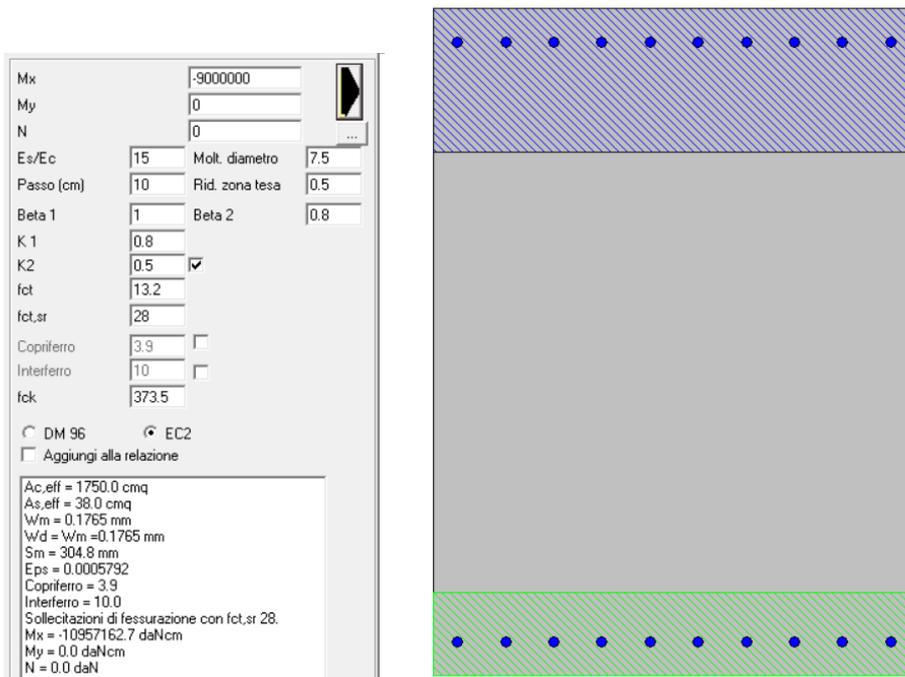


Figura 11.126: Verifica a fessurazione parete inferiore – Momento negativo

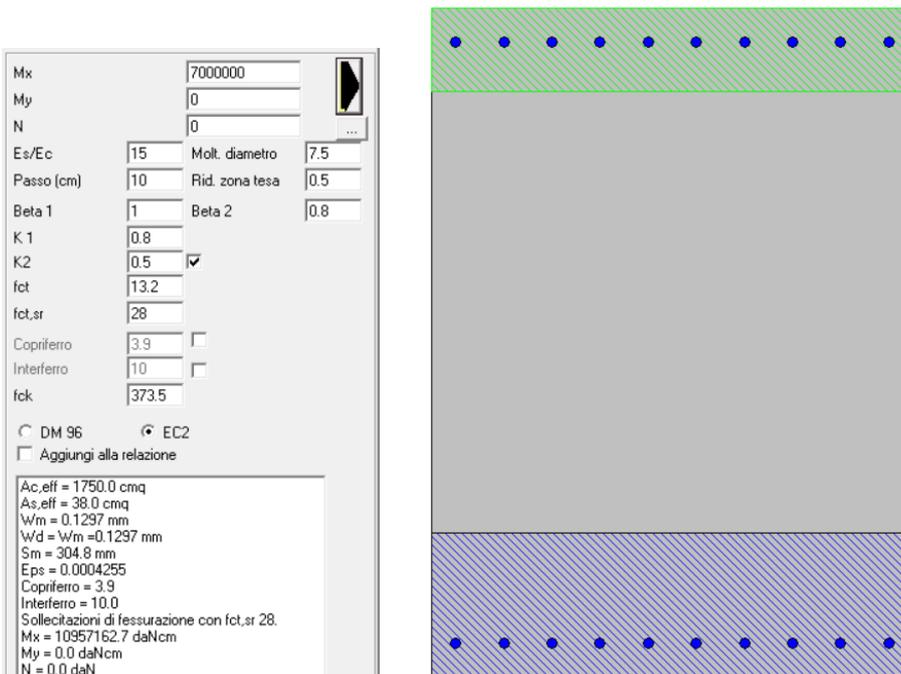


Figura 11.127: Verifica a fessurazione parete inferiore – Momento positivo

11.3.3.2. Fessurazione - Caso Quasi Permanente

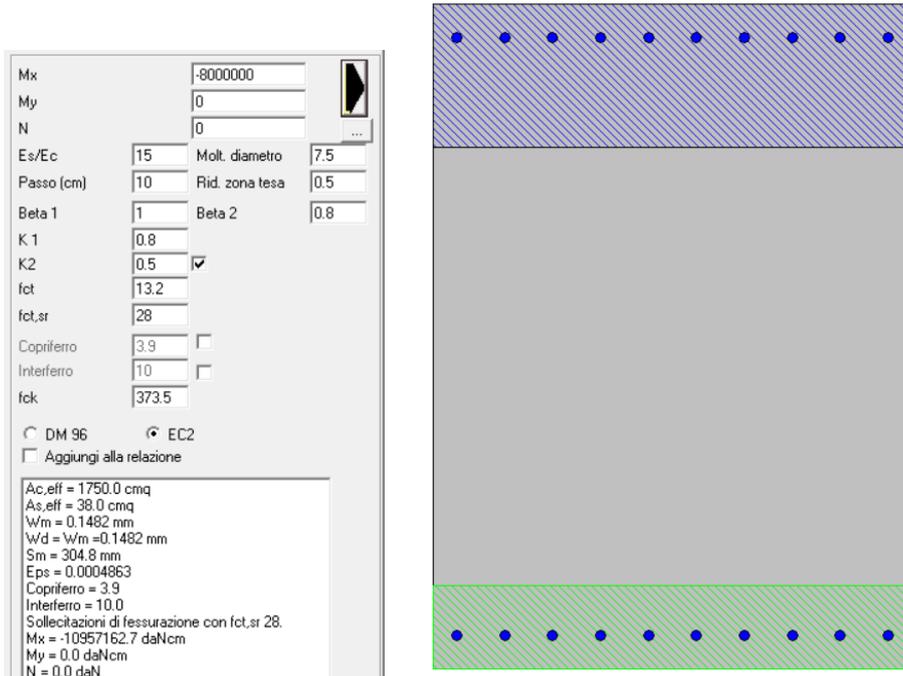


Figura 11.128: Verifica a fessurazione parete inferiore – Momento negativo

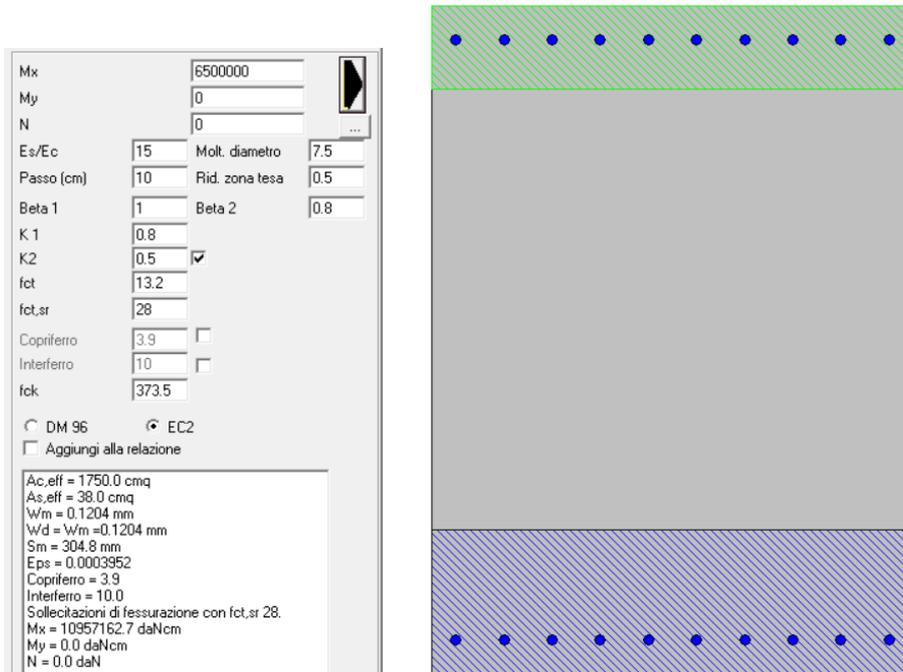


Figura 11.129: Verifica a fessurazione parete inferiore – Momento positivo

11.4. VERIFICHE ALLO SLE PARETI SPESSE 100CM

Si riportano di seguito le verifiche allo SLE per le sezioni già illustrate.
Le verifiche sono soddisfatte se sono rispettati i limiti precedentemente illustrati al §11.3.

11.4.1. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE RARA

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per la parete maggiormente sollecitata.
La sezione mostra valori di tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo inferiori ai limiti per la condizione Rara.

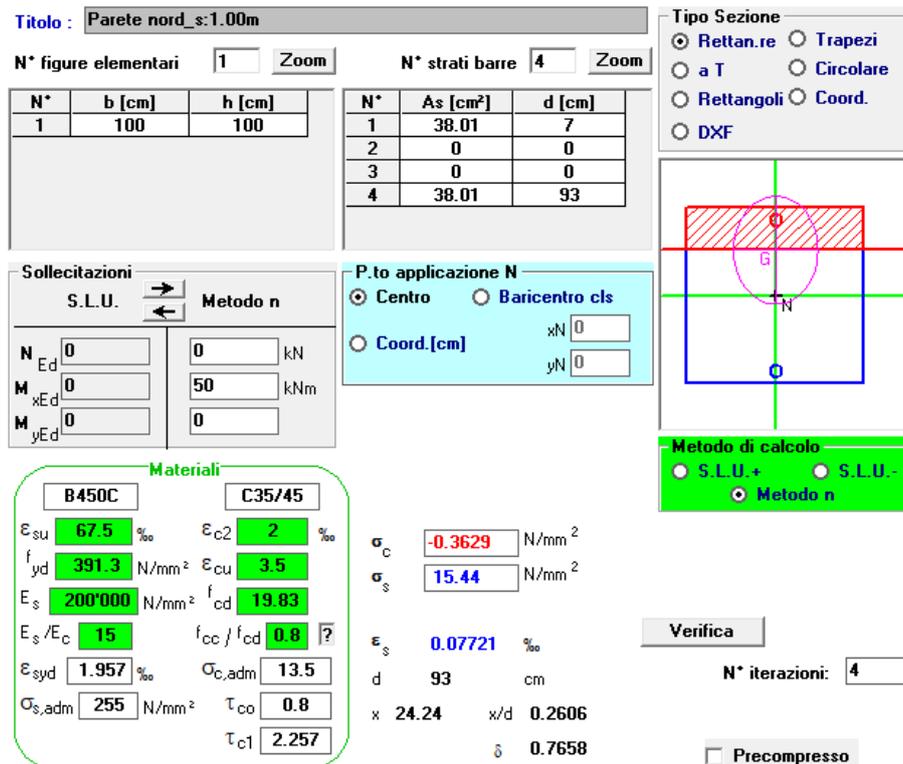


Figura 11.130: Verifica parete – Momento positivo M22

Titolo : Parete nord_s:1.00m

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	38.01	7
2	0	0
3	0	0
4	38.01	93

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

σ_c -0.3629 N/mm²
 σ_s 17.01 N/mm²
 ϵ_s 0.08507 ‰
 d 100 cm
 x 24.24 x/d 0.2424
 δ 0.743

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Figura 11.131: Verifica parete – Momento negativo M₂₂

11.4.2. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni definite in precedenza. Non sono previste prescrizioni tensionali per questa combinazione ma le caratteristiche della sezione sono necessarie per le verifiche di fessurazione.

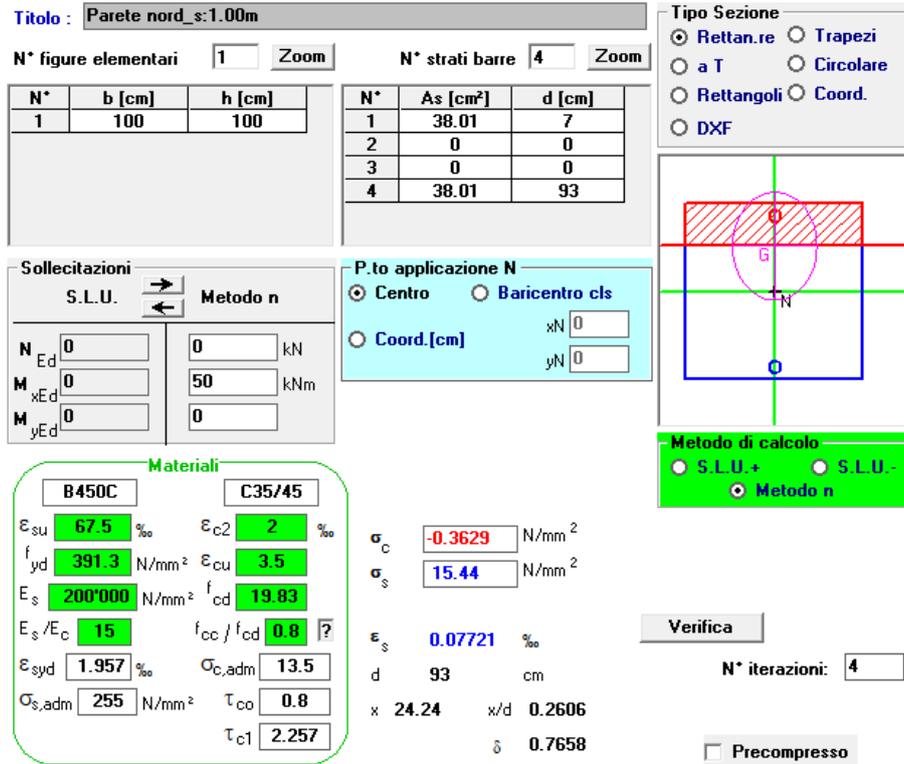


Figura 11.132: Verifica parete – Momento positivo M22

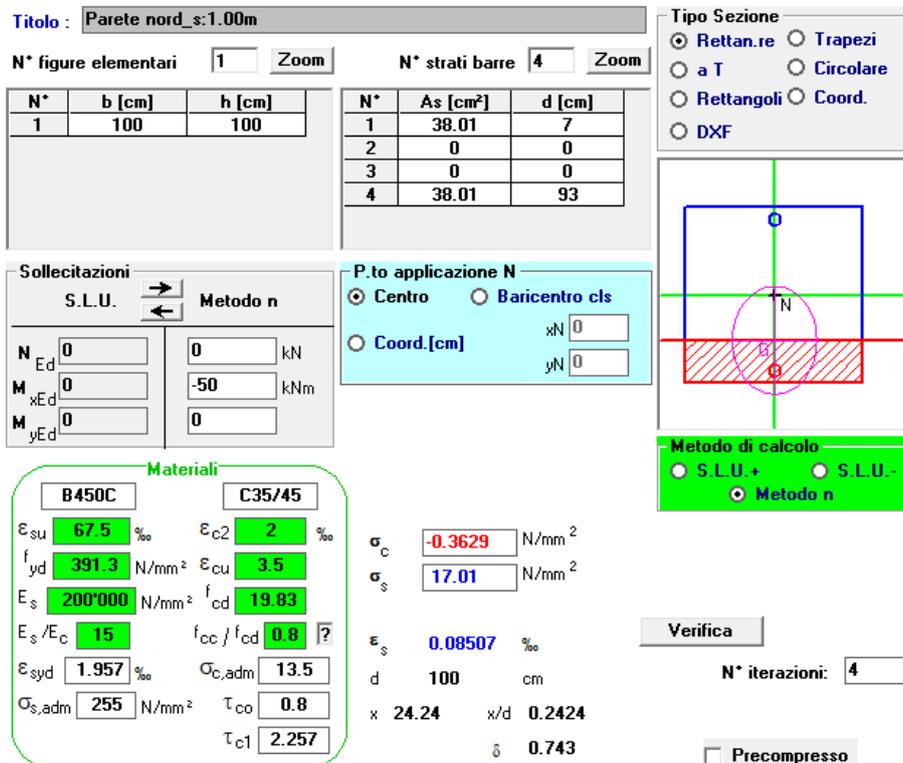


Figura 11.133: Verifica parete – Momento negativo M22

11.4.3. VERIFICHE FESSURAZIONE

Si verifica la parete maggiormente sollecitata per le combinazioni frequente e quasi permanente. Per i materiali e le condizioni ambientali in esame (XC4 con cls 35/45) si hanno condizioni aggressive che determinano un'apertura delle lesioni caratteristica di 0.4 mm e 0.2 mm rispettivamente per le combinazioni indicate. Le verifiche risultano soddisfatte.

11.4.3.1. Fessurazione – Caso Frequente

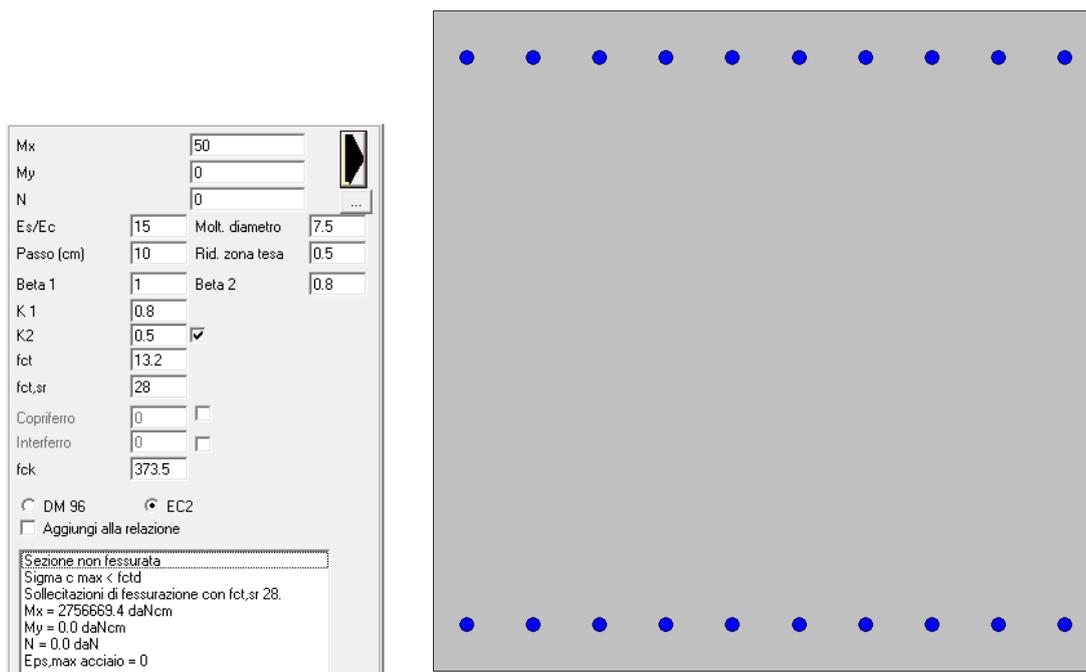


Figura 11.134: Verifica a fessurazione parete nord – Momento positivo

Mx	-30	
My	0	
N	0	
Es/Ec	15	Molt. diametro 7.5
Passo (cm)	10	Rid. zona tesa 0.5
Beta 1	1	Beta 2 0.8
K 1	0.8	
K 2	0.5	<input checked="" type="checkbox"/>
fct	13.2	
fct,sr	28	
Copriferro	0	<input type="checkbox"/>
Interferro	0	<input type="checkbox"/>
fck	373.5	
<input type="radio"/> DM 96 <input checked="" type="radio"/> EC2		
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione		

Sezione non fessurata
Sigma c max < fctcd
Sollecitazioni di fessurazione con fct,sr 28.
Mx = -2756669.4 daNcm
My = 0.0 daNcm
N = 0.0 daN
Eps,max acciaio = 0

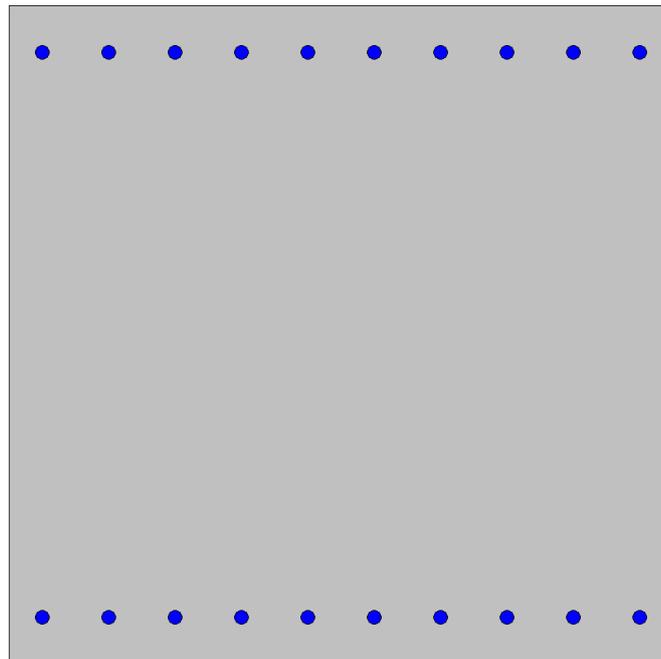


Figura 11.135: Verifica a fessurazione parete nord – Momento negativo

11.4.3.2. Fessurazione – caso quasi permanente

Mx	50	
My	0	
N	0	
Es/Ec	15	Molt. diametro 7.5
Passo (cm)	10	Rid. zona tesa 0.5
Beta 1	1	Beta 2 0.8
K 1	0.8	
K 2	0.5	<input checked="" type="checkbox"/>
fct	13.2	
fct,sr	28	
Copriferro	0	<input type="checkbox"/>
Interferro	0	<input type="checkbox"/>
fck	373.5	
<input type="radio"/> DM 96 <input checked="" type="radio"/> EC2		
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione		

Sezione non fessurata
Sigma c max < fctcd
Sollecitazioni di fessurazione con fct,sr 28.
Mx = 2756669.4 daNcm
My = 0.0 daNcm
N = 0.0 daN
Eps,max acciaio = 0

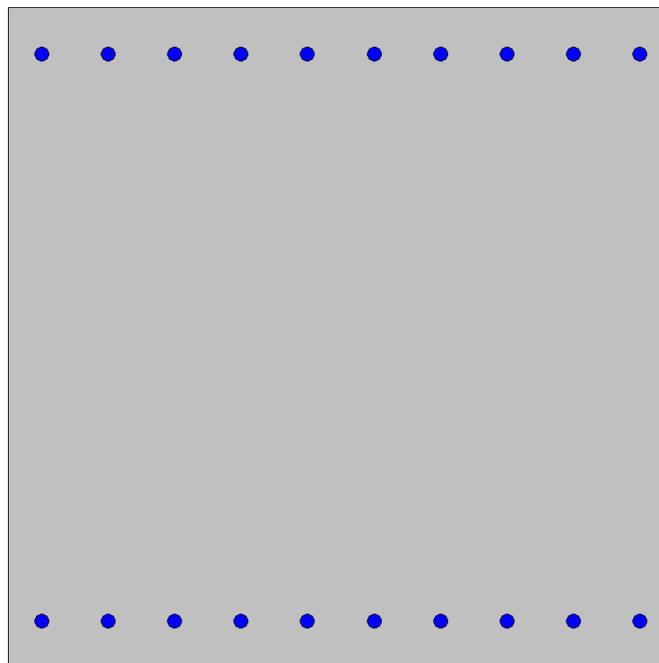


Figura 11.136: Verifica a fessurazione parete nord – Momento positivo

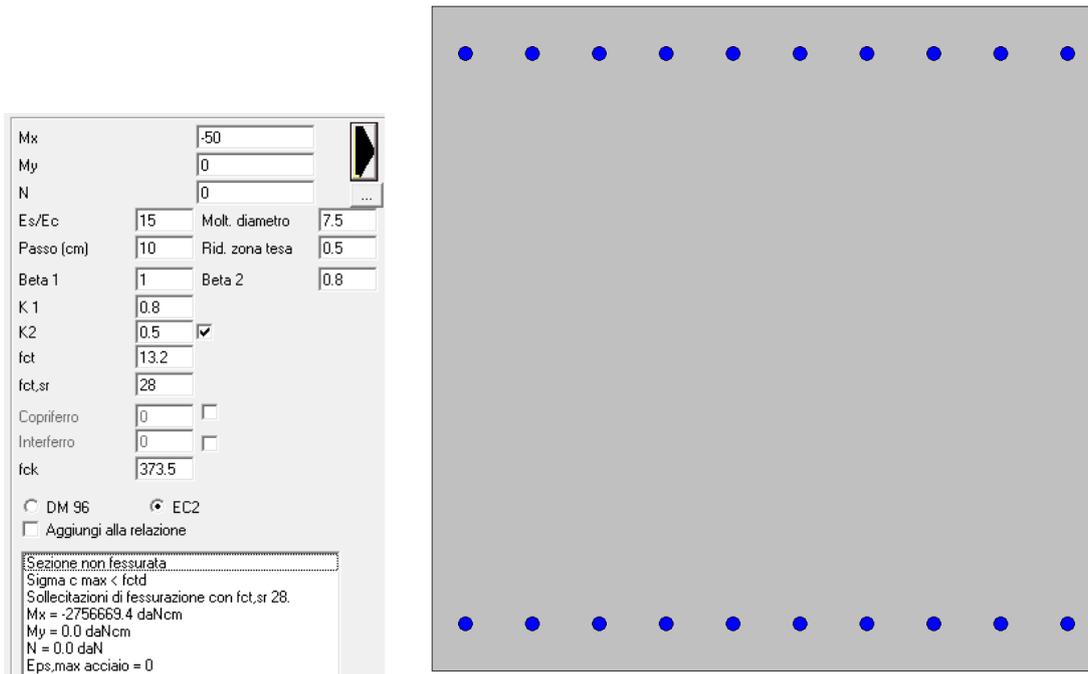


Figura 11.137: Verifica a fessurazione parete nord – Momento negativo

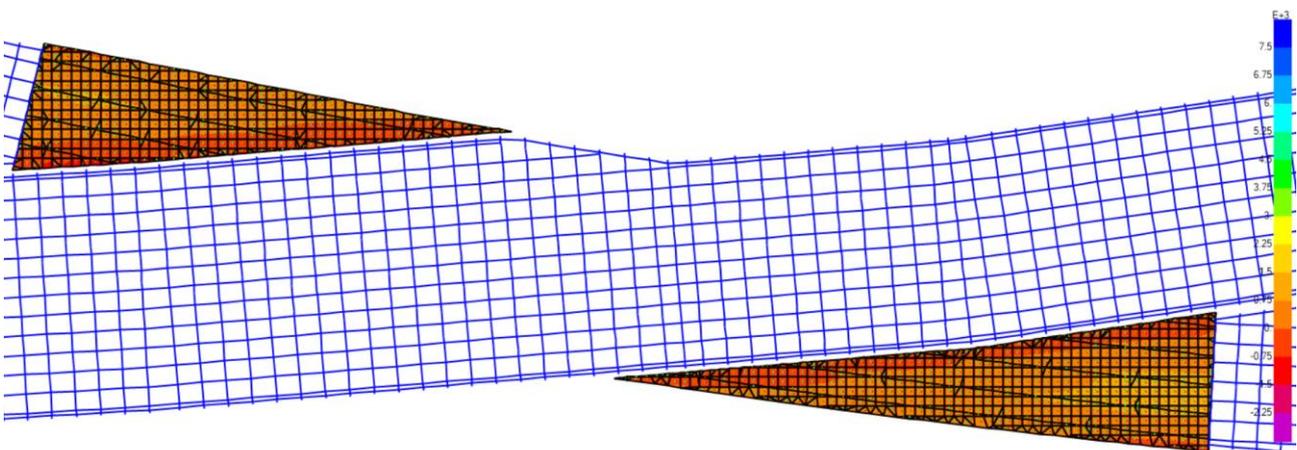
12. VERIFICA DEL SOLETTONE

Il solettone di copertura, quale elemento terminale dell'estradosso in prosecuzione delle travi in c.a.p. è stato dimensionato considerando un'altezza coincidente con quella della sezione Trave + Soletta, così da garantire la continuità all'intradosso dell'impalcato. Il solettone è alleggerito mediante posa in opera di tubi in pvc Ø800 da annegare all'interno del getto.

Il solettone alleggerito è stato verificato sotto la presenza dei soli carichi verticali allo SLU, in quanto maggiormente incidenti.

L'armatura longitudinale al suo interno è simmetrica e composta da $\phi 22/10\text{cm}$, nello specifico, sono stati considerati un totale di 4 registri di armatura: 2 registri esterni composti da $25\phi 22$ e due registri più interni composti da $12\phi 22$.

I diagrammi delle sollecitazioni agenti sono riportati di seguito:



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 12.1: Diagramma momento flettente M_{22} Max

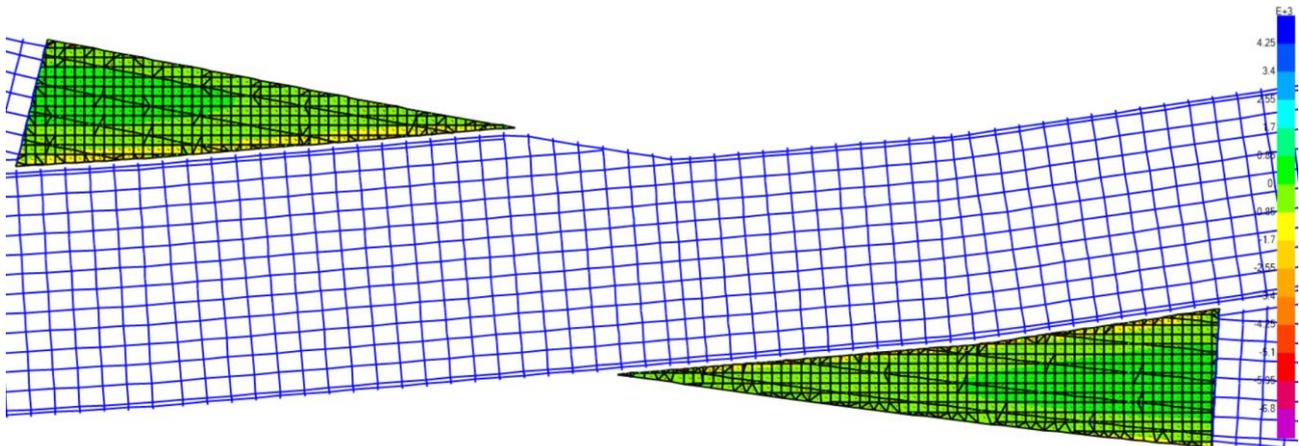


Figura 12.2: Diagramma momento flettente M_{22} Min

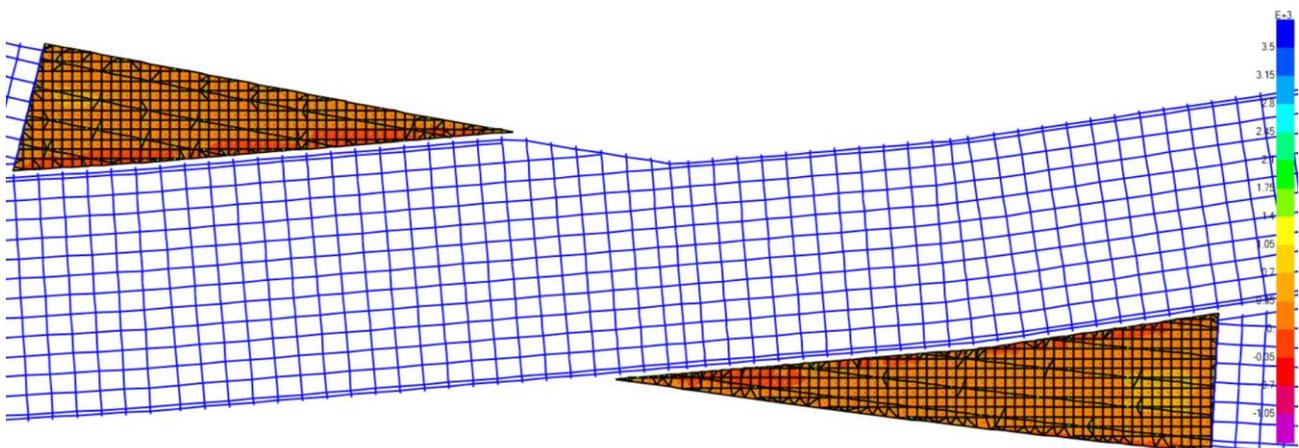
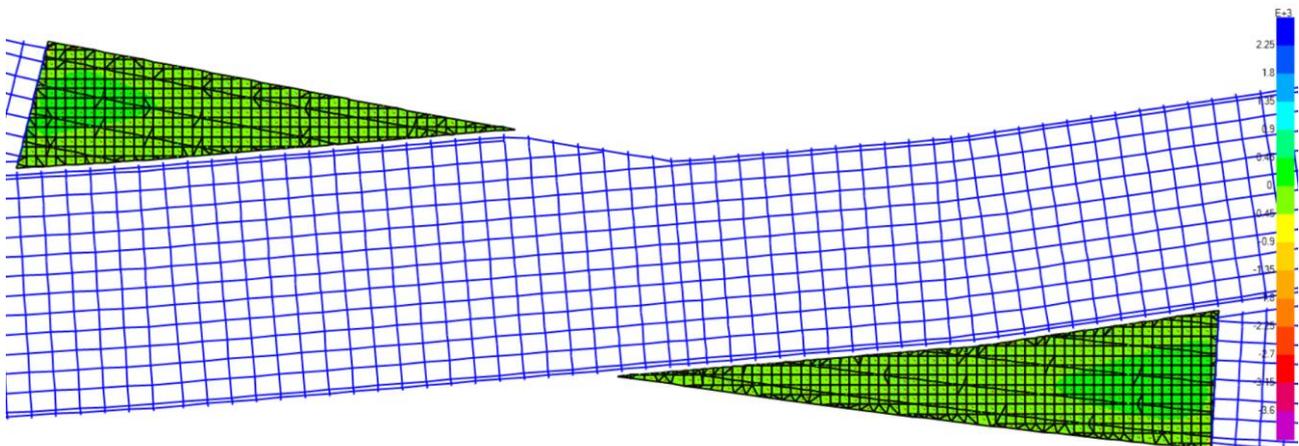


Figura 12.3: Diagramma momento flettente M_{11} Max



PROGETTAZIONE ATI:

Figura 12.4: Diagramma momento flettente M_{11} Min

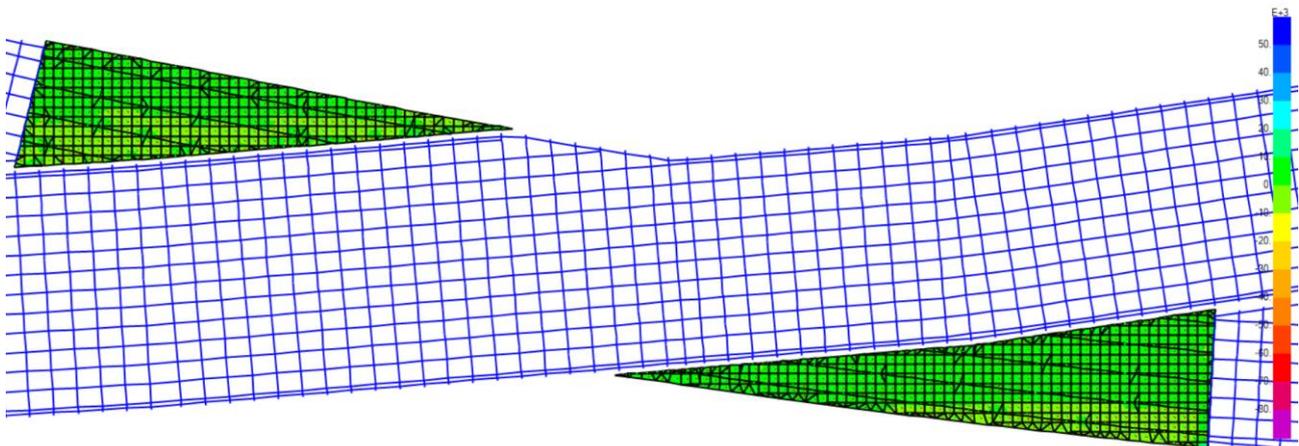


Figura 12.5: Diagramma taglio V_{23} Max

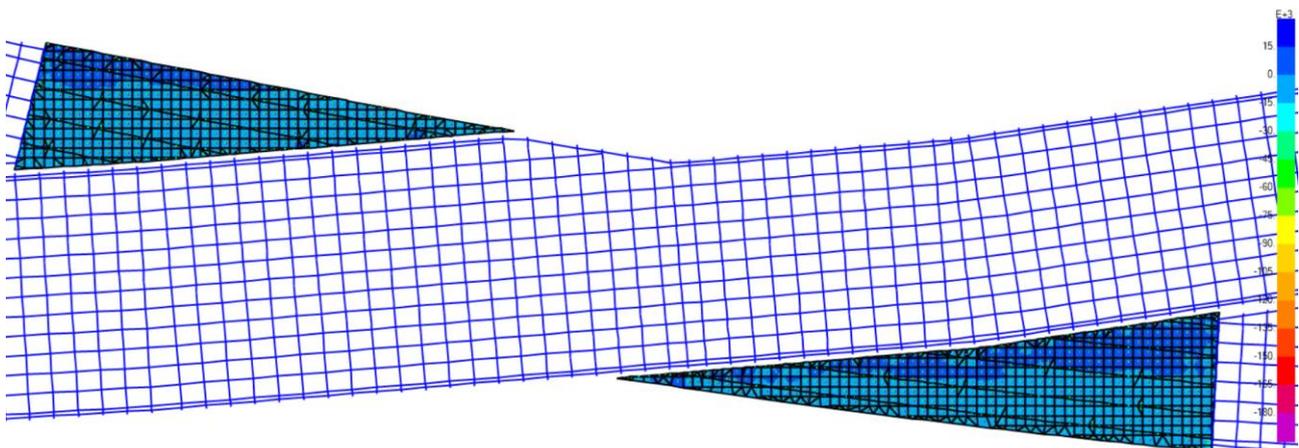


Figura 12.6: Diagramma taglio V_{23} Min

Di seguito viene riportata la verifica a flessione per momento agente positivo e negativo per il solettone maggiormente sollecitato.

- $M_{22} = 750$ kNm/m;
- $M_{22} = -900$ kNm/m;
- $M_{11} = 380$ kNm/m;
- $M_{11} = -250$ kNm/m;
- $F_{22} = 600$ kNm/m.

La determinazione del momento resistente, per una sezione di larghezza 2.5m è riportata di seguito:

PROGETTAZIONE ATI:

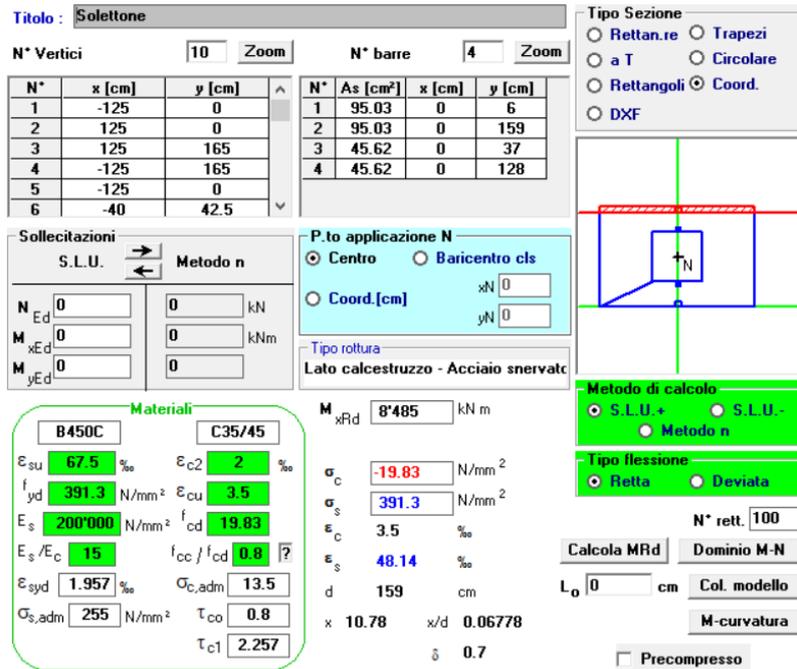


Figura 12.7: Determinazione del momento resistente positivo del solettone

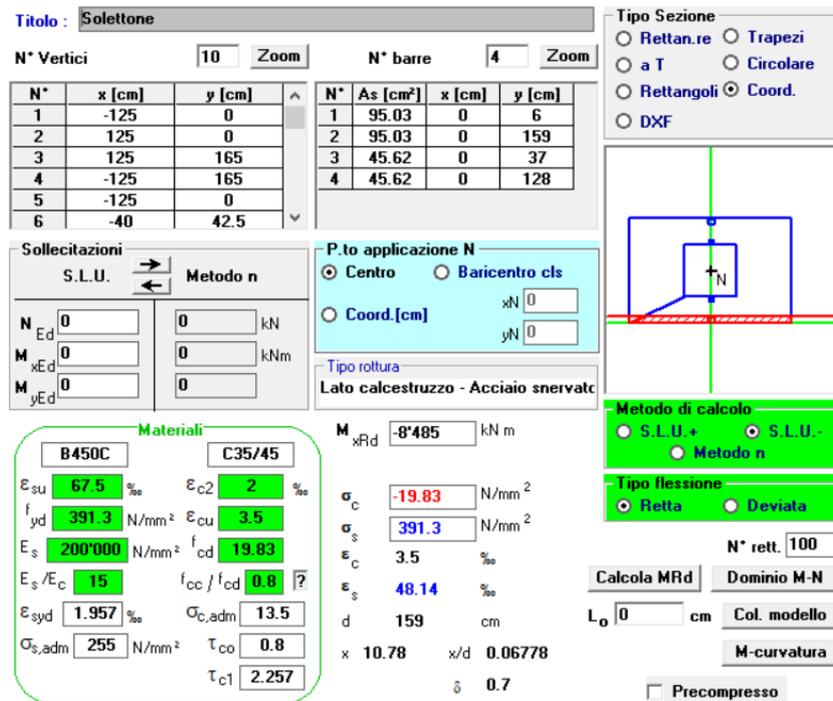


Figura 12.8: Determinazione del momento resistente negativo del solettone

Tale momento resistente, per essere confrontato con i valori del momento agenti dati dal software, è diviso per la larghezza della sezione, così da ottenere una sollecitazione al metro lineare

$$M_{Rd} = \frac{8485 \text{ kNm}}{2.50 \text{ m}} = 3394 \text{ kNm/m}$$

Il momento flettente agente M_{Ed} nelle due direzioni risulta essere inferiore a quello resistente $M_{Rd} \rightarrow -900 \text{ kNm} < -3394 \text{ kNm}$; $750 \text{ kNm} < 3394 \text{ kNm}$; $-230 \text{ kNm} < -3394 \text{ kNm}$; $380 \text{ kNm} < 3394 \text{ kNm}$. Le verifiche sono soddisfatte.

La verifica a taglio viene riportata di seguito:

– $V_{23} = 450 \text{ kN/m}$;

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	165	cm		
c	=	6	cm		
d	=	$h-c$	=	159	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
ϕ_l	=	22			
Numero	=	10			
A_{sl}	=	38.01	cm ²		
TAGLIO AGENTE		$V_{Ed} =$	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		$N_{Ed} =$	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.35	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.337	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		
ρ_l	=	0.0024			
σ_{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V_{Rd}	=	536.23	(KN)	NO	536.2 (KN)
V_{Rd}	=	536.24	(KN)		
α_c	=	1.00			
				$N_{ed}/A_{c_s} =$	0.0000 (Mpa)

Figura 12.9: Determinazione del taglio resistente del solettone

Il taglio agente V_{Ed} risulta essere inferiore a quello resistente $V_{Rd} \rightarrow 450 \text{ kN} < 536 \text{ kN}$. La verifica è soddisfatta.

13. VERIFICA DELLA SOLETTA

Si prevede l'impiego di soletta in c.a. di spessore totale di 25cm gettata su predalles prefabbricate il cui fondello in calcestruzzo ha spessore 5cm. I tralicci del tipo 12/16/10 h 165mm sono realizzati in acciaio B450C e disposti con interasse 40cm.

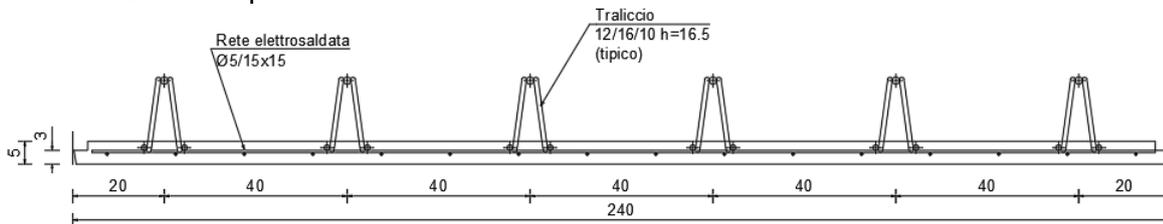


Figura 13.1: Sezione trasversale tipologica della predalla

Il corrente inferiore del traliccio è costituito da 2 barre ϕ 12 mentre il corrente superiore è costituito da una barra ϕ 16; le aste di parete diagonali del traliccio sono costituite da barre ϕ 10. La larghezza di calcolo di ogni singola predalla è di 2.00m, la larghezza di produzione tipologica è di 2.40m

Per i dettagli costruttivi si faccia riferimento agli specifici elaborati. Di seguito si riporta un particolare del Traliccio tipo Pittini:

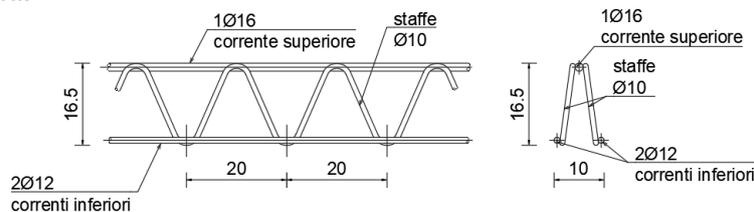


Figura 13.2: Sezione tipologica traliccio tipo Pittini

13.1. GEOMETRIA DELLA SOLETTA

La soletta ha uno spessore di 25cm su una larghezza carrabile di impalcato pari a 23.18m con cordoli di bordo di 0,75m e centrale di 1.25m. L'altezza dei cordoli è variabile, da un minimo di 0.20m ad un massimo di 0.83m. L'interasse fra le travi è variabile, mediamente pari a 2.50m.

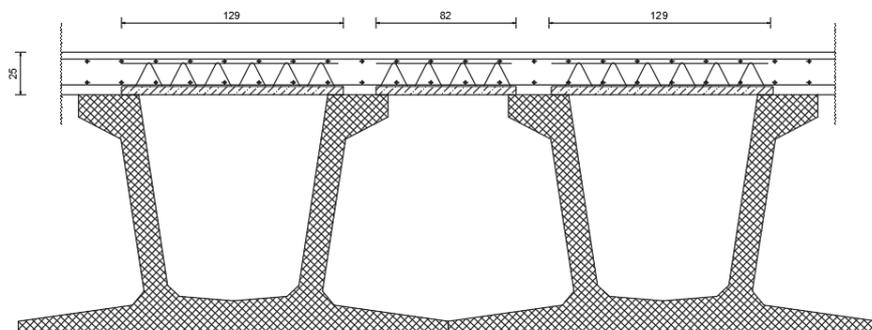


Figura 13.3: Sezione trasversale travi + soletta

PROGETTAZIONE ATI:

13.2. VERIFICA DELLE LASTRE IN FASE DI GETTO

Per la verifica delle lastre durante la fase di getto, oltre al peso del getto di calcestruzzo fresco, si considera un carico accidentale di 2 kN/m^2 che simula la presenza di operai e/o accumulo locale di materiale.

Di seguito sono riportati i dettagli del calcolo della verifica della fase di getto. Le verifiche sono soddisfatte.

PROGETTAZIONE ATI:

VERIFICA PREDALLES CAMPATA			
DATI			
LUCE DELLA CAMPATA	L =	1.45	m
SPESSORE SOLETTA CLS	S _s =	0.25	m
SPESSORE FONDELLO CLS	S _f =	0.05	m
INTERASSE TRASVERSALE TRALICCI	i =	0.40	m
Altezza efficace dei correnti (asse - asse)	h _{eff} =	0.165	m
Passo diagonali (dir. LN al traliccio)	l =	20.00	cm
Interasse trasversale dei correnti inferiori	i _{t,ci} =	10.00	cm
Larghezza predalle	B _{pred} =	2.4	m
n° tralicci per predalle	n°tral. =	6	
Carichi accidentali di getto	Q _{acc} =	2.00	kN/mq
SOLLECITAZIONI AGENTI			
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI G	γ _G =	1.35	
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI q	γ _q =	1.50	
sollecitazioni agli SLU su singolo traliccio			
Carico uniformemente distribuito	q _{G+q} =	5.25	kN
MOMENTO FLETTENTE	M =	1.38	kNm
TAGLIO	V =	3.81	kN
SFORZO NORMALE (di traz/compr nei correnti) M/h _{eff}	N = ±	8.36	kN
CORRENTE INFERIORE			
AREA DEL CORRENTE INFERIORE	A _{inf} =	2.26	cm ²
Tensione nella singola barra (trazione)	σ _S =	-37.0	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione N _{t,Rd}	N _{t,Rd} =	96.9	kN
N/N_{t,Rd} <1	N/N_{t,Rd} =	0.09	
CORRENTE SUPERIORE			
AREA DEL CORRENTE SUPERIORE	A _{sup} =	2.01	cm ²
Tensione nella barra (compressione)	σ _S =	41.6	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione N _{c,Rd}	N _{c,Rd} =	86.17	kN
N/N_{c,Rd} <1	N/N_{c,Rd} =	0.097	
STABILITA' CORR. SUP.			
Coefficiente di vincolo β _v	β _v =	1	
Lunghezza tra due tralicci successivi	l =	20.00	cm
Lunghezza libera d'inflessione l ₀ =l*β	l ₀ =	20.00	cm
N critico euleriano	N _{cr} =	166.69	kN
Snellezza adimensionale	λ _{ad} =	0.74	
Fattore di imperfezione	α _i =	0.49	
coefficiente φ	φ =	0.90	
Coefficiente χ	χ =	0.702	
Coefficiente gamma M1	γ _{M1} =	1.10	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N _{b,Rd}	N _{b,Rd} =	57.73	kN
N/N_{b,Rd} <1	N/N_{b,Rd} =	0.145	
DIAGONALI			
AREA DEI DIAGONALI	A _{dia} =	1.57	cm ²
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA TRASVERSALE	α =	17.4	deg
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA LONGITUDINALE	β =	34.7	deg
SFORZO NORMALE NEL SINGOLO DIAGONALE (Compressione)	N =	2.43	kN
Tensione nella singola barra (compressione)	σ _S =	30.9	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione N _{c,Rd}	N _{c,Rd} =	33.66	kN
N/N_{c,Rd} <1	N/N_{c,Rd} =	0.072	
STABILITA'			
Coefficiente di vincolo β _v	β _v =	1	
Lunghezza del diagonale	l =	19.93	cm
Lunghezza libera d'inflessione l ₀ =l*β	l ₀ =	19.93	cm
N critico euleriano	N _{cr} =	25.61	kN
Snellezza adimensionale	λ _{ad} =	1.17	
Fattore di imperfezione	α _i =	0.49	
coefficiente φ	φ =	1.43	
Coefficiente χ	χ =	0.446	
Coefficiente gamma M1	γ _{M1} =	1.10	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N _{b,Rd}	N _{b,Rd} =	14.33	kN
N/N_{b,Rd} <1	N/N_{b,Rd} =	0.169	
Portata residua dei diagonali	N _{res} =	11.9	kN
	V _{res} =	18.7	kN
	V _{res} =	46.7	kN/m

Figura 13.4: Verifica predalles – campata

PROGETTAZIONE ATI:

13.3. VERIFICA ALLO SLU PER FASI SUCCESSIVE

Le verifiche verranno effettuate in termini di sollecitazioni per le sezioni individuate.
I diagrammi delle sollecitazioni tipologiche di momento flettente e taglio sono di seguito riportati.

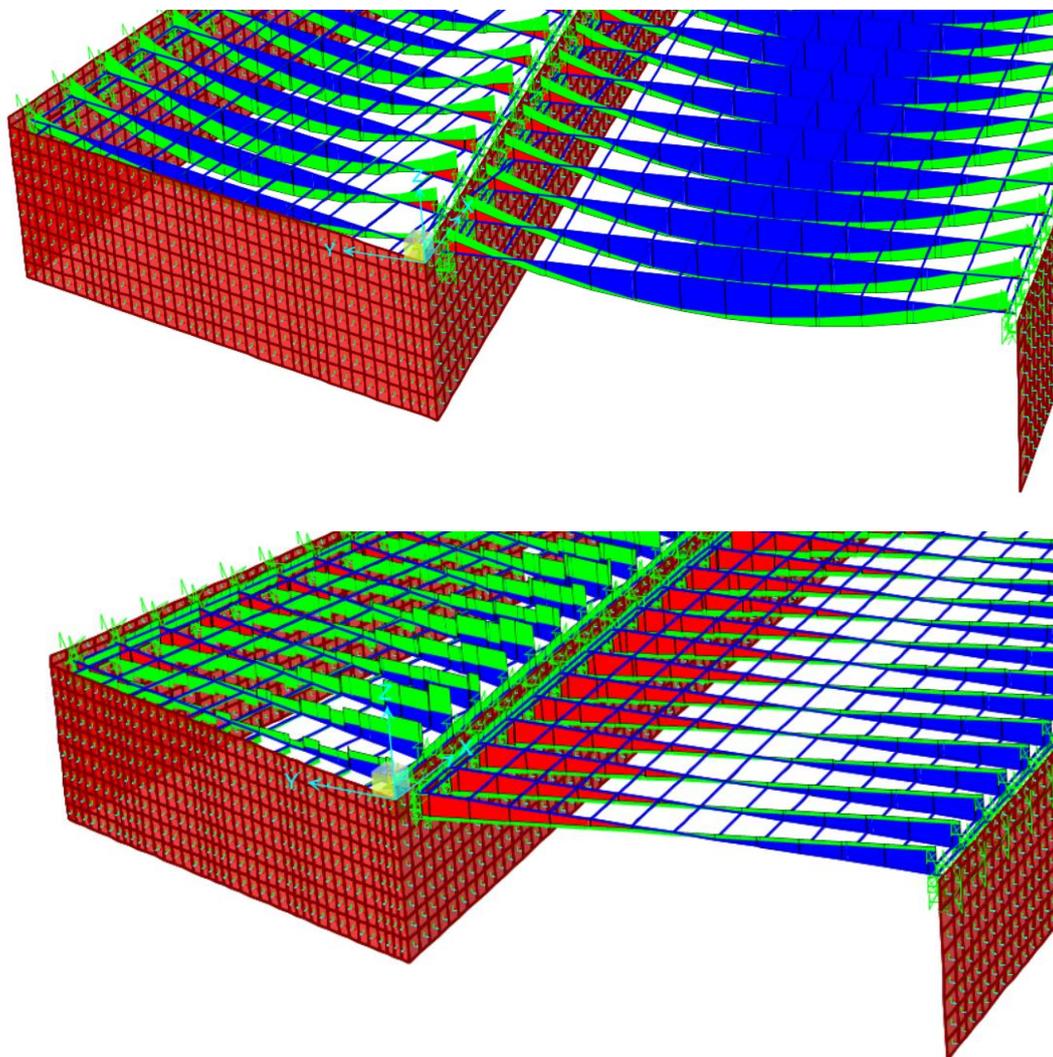


Figura 13.5: Diagrammi del momento M_3 e del taglio V_2

PROGETTAZIONE ATI:

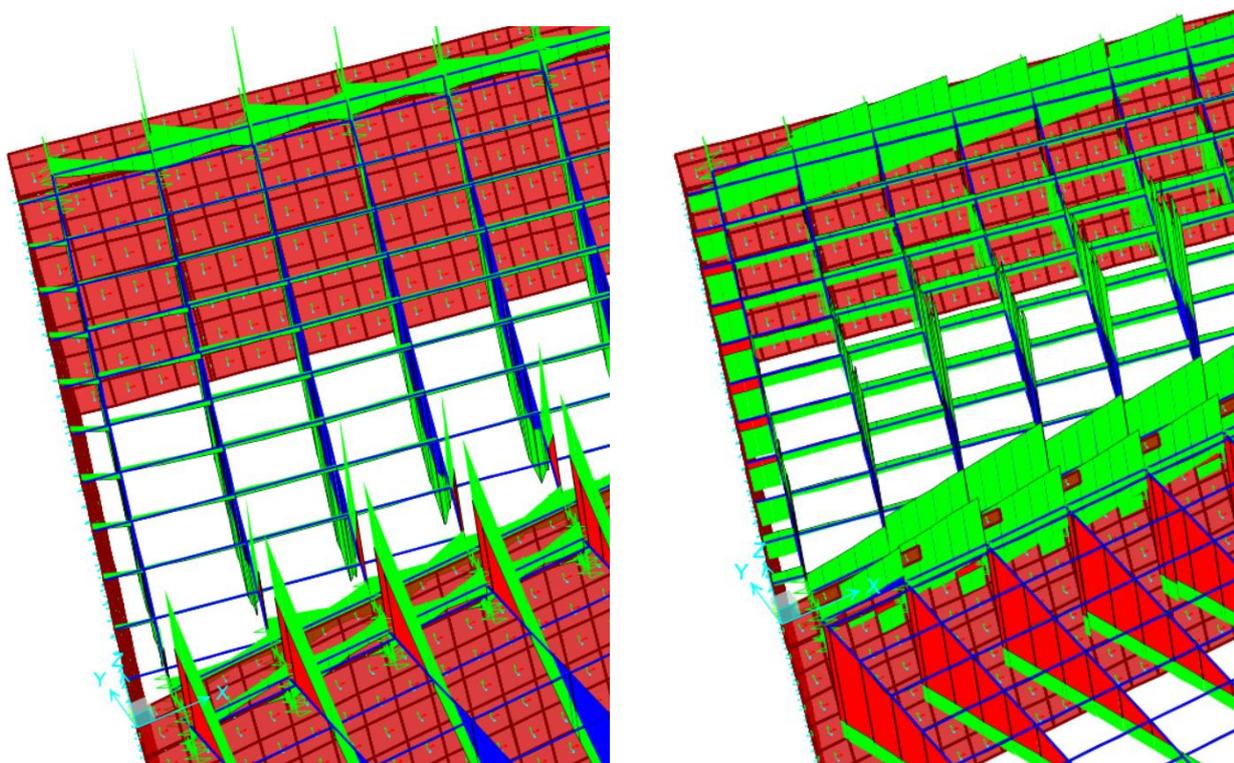


Figura 13.6: Particolare diagrammi del momento M_3 e del taglio V_2

13.3.1. VERIFICA A FLESSIONE

La verifica a flessione viene svolta considerando due campi di soletta: uno interno e l'altro di bordo.

In combinazione SLU Il massimo momento sollecitante positivo e negativo nel campo interno risulta essere rispettivamente:

- $M_{Ed}^+ = 188.95\text{kNm}$.
- $M_{Ed}^- = -161.17\text{kNm}$.

L'armatura della sezione è costituita da 3 registri:

- registro1: $\phi 16/20\text{cm}$;
- registro2: $\phi 16/20\text{cm}$;
- armatura inferiore traliccio: $\phi 12/20\text{cm}$.

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 2.00m, per cui si ha:

$M_{Rd} = 243\text{kNm} > M_{Ed} = 189\text{kNm}$. La verifica è soddisfatta.

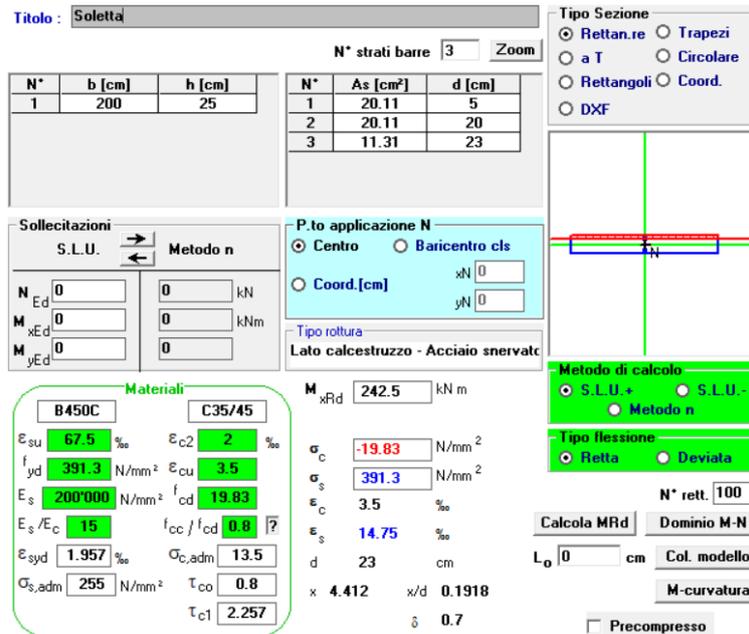


Figura 13.7: Momento Positivo Soletta campo interno

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 2.00m
 $M_{Rd} = -167\text{kNm} > M_{Ed} = -161\text{kNm}$. La verifica è soddisfatta.

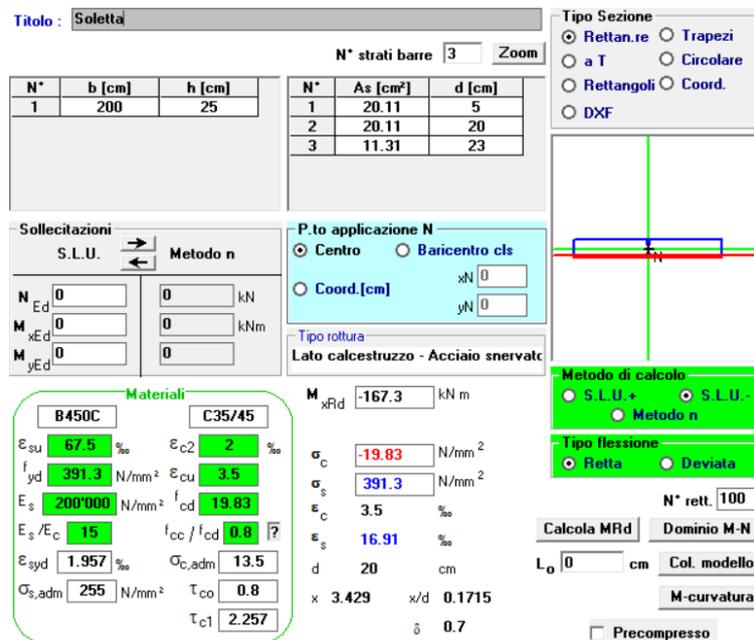


Figura 13.8: Momento Negativo Soletta campo interno

Il massimo momento sollecitante positivo e negativo nel campo di bordo risulta essere rispettivamente:

- $M_{Ed}^+ = 218.70\text{kNm}$.
- $M_{Ed}^- = -289.98\text{kNm}$.

L'armatura della sezione è costituita da 3 registri:

- registro1: $\phi 16/10\text{cm}$;
- registro2: $\phi 16/10\text{cm}$;
- registro3: $\phi 12/20\text{cm}$.

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 2.00m, per cui si ha:

$M_{Rd} = 364\text{kNm} > M_{Ed} = 219\text{kNm}$. La verifica è soddisfatta.

Titolo: Soletta

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strati barre:** 3 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	40.21	5
2	40.21	20
3	11.31	23

Tipologia Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni: S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 **0** kN
M_{xEd} 0 **0** kNm
M_{yEd} 0 **0**

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M_{xRd} 363.5 kNm
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 11.16 ‰
d 23 cm
x 5.492 x/d 0.2388
 δ 0.7385

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**
M-curvatura
 Precompresso

Figura 13.9: Momento Positivo Soletta campo di bordo

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 2.00m $M_{Rd} = -294\text{kNm} > M_{Ed} = -290\text{kNm}$. La verifica è soddisfatta.

Titolo : Soletta

N° figure elementari 1 **Zoom** **N° strati barre** 3 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	40.21	5
2	40.21	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

M xRd -294.4 kN m
 σ_c -19.83 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 12.05 ‰
 d 20 cm
 x 4.501 x/d 0.225
 δ 0.7213

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

Figura 13.10: Momento Negativo Soletta campo di bordo

13.3.2. VERIFICA A TAGLIO PER I DUE CAMPI ANALIZZATI

Il massimo taglio sollecitante (mediato su una larghezza di soletta 2.00m) risulta rispettivamente:
 $V_{Ed,interno} = 158\text{kN}$, $V_{Ed,bordo} = 490\text{kN}$.

La resistenza a taglio è affidata al traliccio della predalle composto da diagonali $\phi 10/20\text{cm}$ tenendo in conto della effettiva inclinazione delle stesse rispetto alla verticale. Si riporta di seguito la verifica:

SEZIONE					
b_w	=	200	cm		
h	=	20	cm		
c	=	3	cm		
d	=	$h-c$	=	17	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
\varnothing_{st}	=	10			
braccia	=	8			
\varnothing_{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	20	cm		
(A_{sw} / s)	=	31.416	cm ² / m		
α	=	60	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		$\cot(\theta) = 2.50$		$(\theta) = 21.80$	
$V_{Rsd} =$	501.25 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$			
$V_{Rcd} =$	1374.51 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$			
$V_{Rd} =$	501.25 (KN)	$\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$			

Figura 13.11: Verifica a taglio della sezione

Verifica soddisfatta per entrambe le sezioni.

13.3.3. RAPPORTI CAPACITÀ/DOMANDA PER LE SEZIONI IN ESAME

Si riporta quindi un riassunto delle verifiche svolte agli SLU dove risultano valori di C/D > 1.00:

Sollecitazione	Unità di misura	Campo interno			Campo di bordo		
		C	D	C/D	C	D	C/D
Max M_3^+	kNm	243	189	1.29	364	219	1.66
Max M_3^-	kNm	-167	-161	1.04	-294	-290	1.01
Max V2	kN	501	158	3.17	501	490	1.02

Figura 13.12: Riassunto verifiche e rapporti C/D

Si precisa che le verifiche sono state effettuate con riferimento ad un'armatura "standard" minima ma è chiaro che per consentire coefficienti di sicurezza maggiori l'armatura prevista può essere incrementata localmente.

13.4. VERIFICA ALLO SLE

Si riportano di seguito le verifiche allo SLE per le sezioni già illustrate.
Le verifiche sono soddisfatte se sono rispettati i limiti precedentemente illustrati al §11.3.

13.4.1. SOLLECITAZIONI IN COMBINAZIONE DI ESERCIZIO

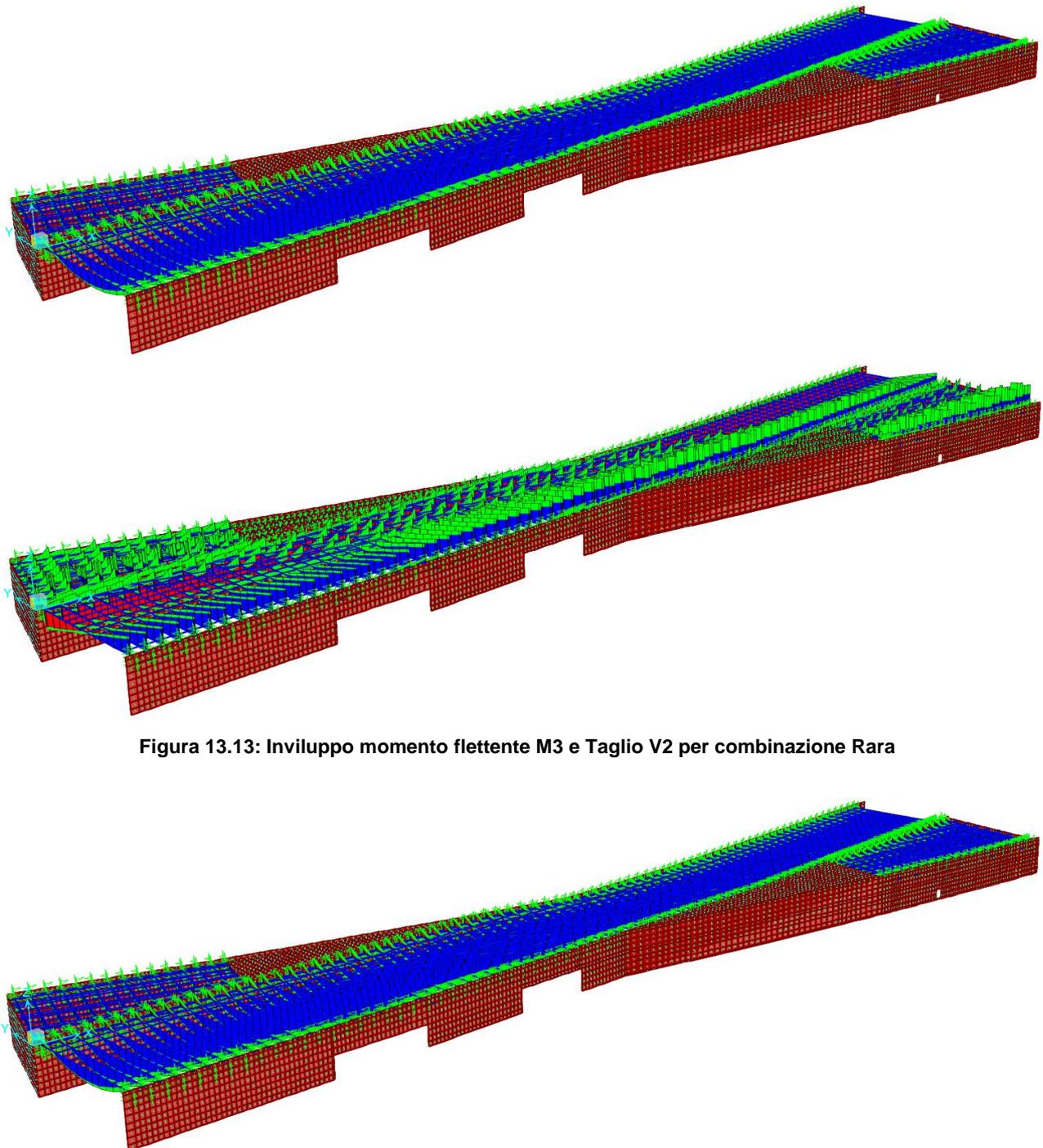


Figura 13.13: Involuppo momento flettente M3 e Taglio V2 per combinazione Rara

PROGETTAZIONE ATI:

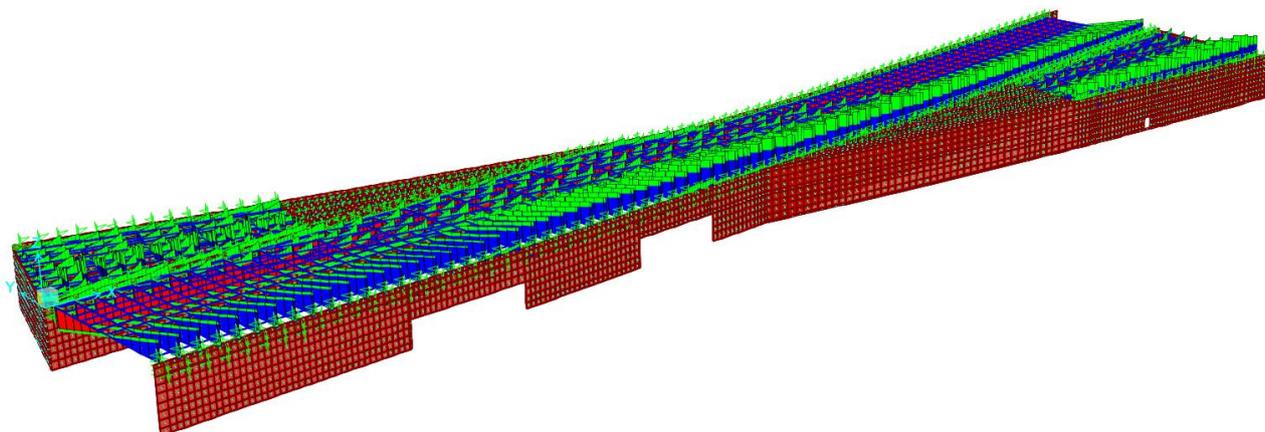


Figura 13.14: Involuppo momento flettente M3 e Taglio V2 per combinazione Frequente

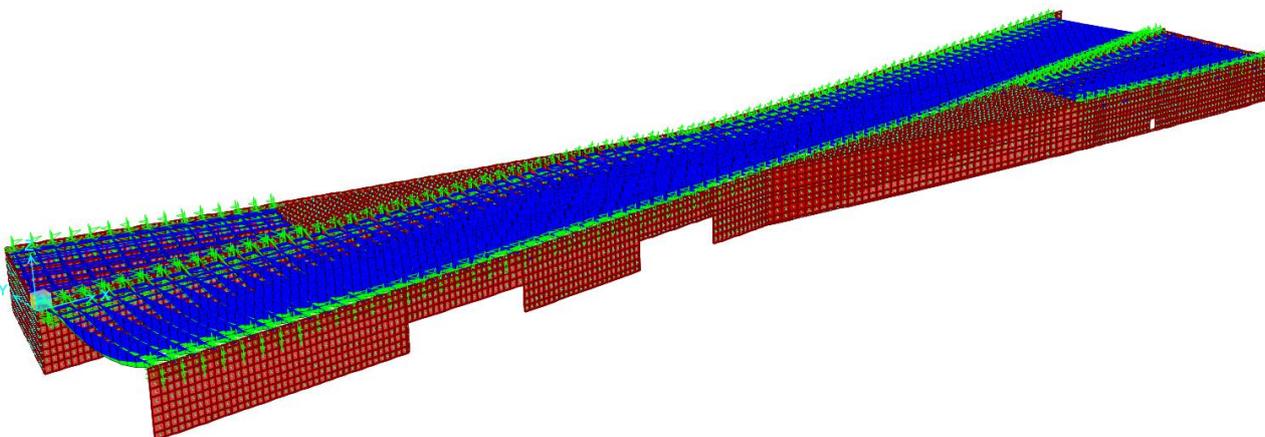


Figura 13.15: Involuppo momento flettente M3 e Taglio V2 per combinazione Quasi Permanente

PROGETTAZIONE ATI:

13.4.2. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE RARA

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nei campi di soletta definiti in precedenza.

Tutte le sezioni mostrano tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo inferiori ai limiti per la condizione Rara.

Titolo: Soletta_Comb_Rara

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	5
2	20.11	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 138 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

σ_c -8.789 N/mm²
 σ_s 272 N/mm²
 ε_s 1.36 ‰
 d 23 cm
 x 7.509 x/d 0.3265
 δ 0.8481

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Figura 13.16: Verifica campo interno – Momento positivo

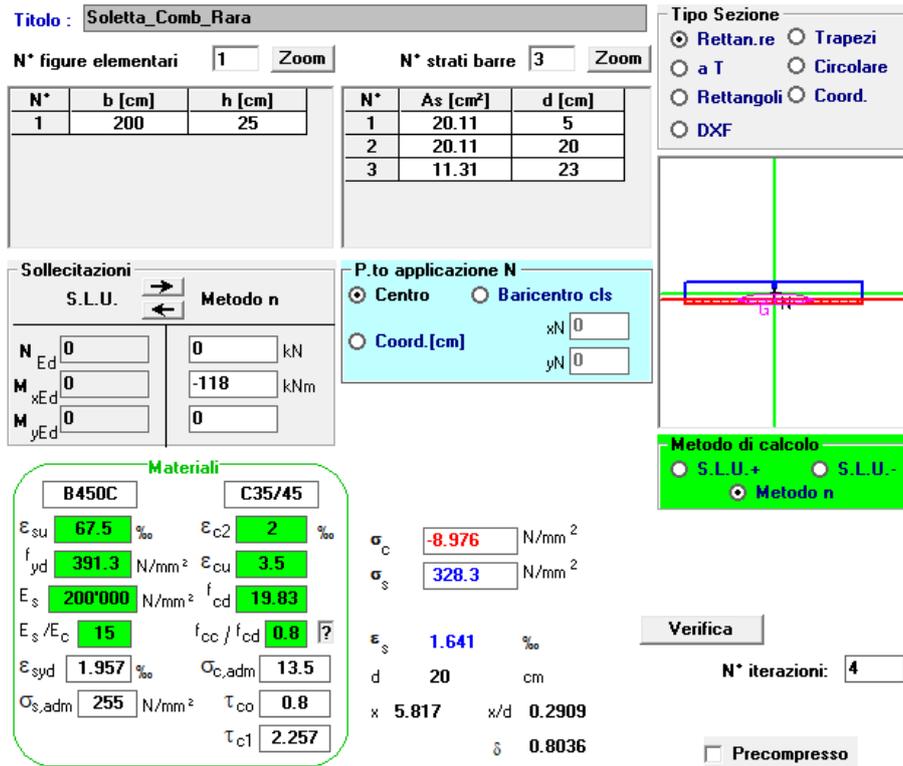


Figura 13.17: Verifica campo interno – Momento negativo

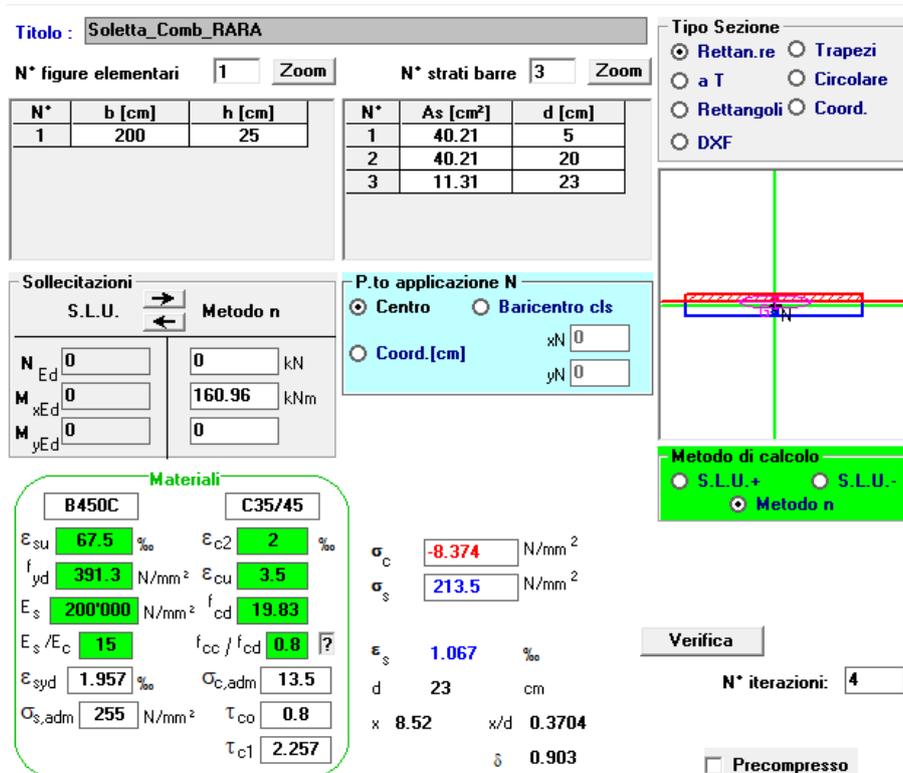


Figura 13.18: Verifica campo di bordo – Momento positivo

Titolo : Soletta_Comb_BARA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	40.21	5
2	40.21	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} -204.65 kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
 yN

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Figura 13.19: Verifica campo di bordo – Momento negativo

13.4.3. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni notevoli definite in precedenza. Non sono previsti controlli tensionali per questa combinazione ma le caratteristiche della sezione sono necessarie per le verifiche di fessurazione.

Titolo: Soletta_Comb_QP

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	5
2	20.11	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Verifica
 σ_c -0.8191 N/mm²
 σ_s 25.34 N/mm²
 ϵ_s 0.1267 ‰
 d 23 cm
 x 7.509 x/d 0.3265
 δ 0.8481
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Figura 13.20: Verifica campo interno – Momento positivo

Titolo: Soletta_Comb_QP

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	5
2	20.11	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

Verifica
 σ_c -1.035 N/mm²
 σ_s 37.86 N/mm²
 ϵ_s 0.1893 ‰
 d 20 cm
 x 5.817 x/d 0.2909
 δ 0.8036
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Figura 13.21: Verifica campo interno – Momento negativo

Titolo: Soletta_Comb_QP

N° figure elementari: 1 N° strati barre: 3

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	40.21	5
2	40.21	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Solecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

σ_c -2.771 N/mm²
 σ_s 70.64 N/mm²
 ε_s 0.3532 ‰
 d 23 cm
 x 8.52 x/d 0.3704
 δ 0.903

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Figura 13.22: Verifica campo di bordo – Momento positivo

Titolo: Soletta_Comb_QP

N° figure elementari: 1 N° strati barre: 3

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	40.21	5
2	40.21	20
3	11.31	23

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Solecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} -82.81 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C35/45
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 19.83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 13.5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
 τ_{c1} 2.257

σ_c -4.618 N/mm²
 σ_s 120.1 N/mm²
 ε_s 0.6006 ‰
 d 20 cm
 x 7.316 x/d 0.3658
 δ 0.8972

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Figura 13.23: Verifica campo di bordo – Momento negativo

13.4.4. VERIFICA FESSURAZIONE

Si verificano i campi di soletta interno e di bordo per le combinazioni frequente e quasi permanente. Per i materiali e le condizioni ambientali in esame (XC4 con cls 35/45) si hanno condizioni aggressive che determinano un'apertura delle lesioni caratteristica di 0.4 mm e 0.2 mm rispettivamente per le combinazioni indicate. Le verifiche risultano soddisfatte.

13.4.4.1. Fessurazione – Caso Frequente

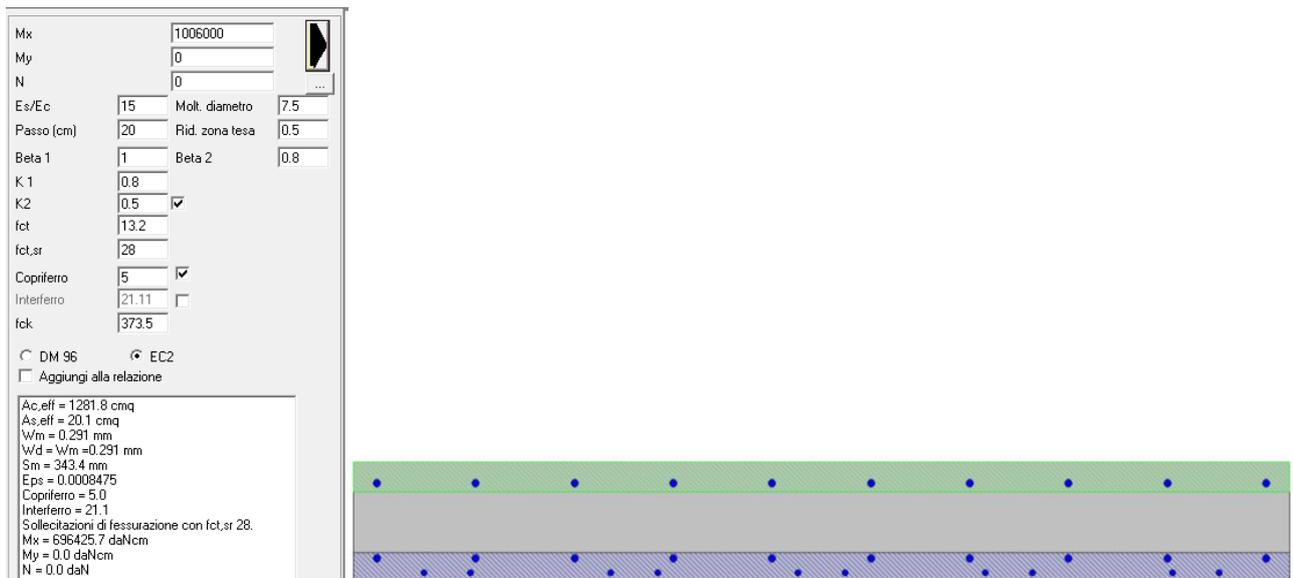


Figura 13.24: Verifica a fessurazione soletta campo interno – Momento positivo

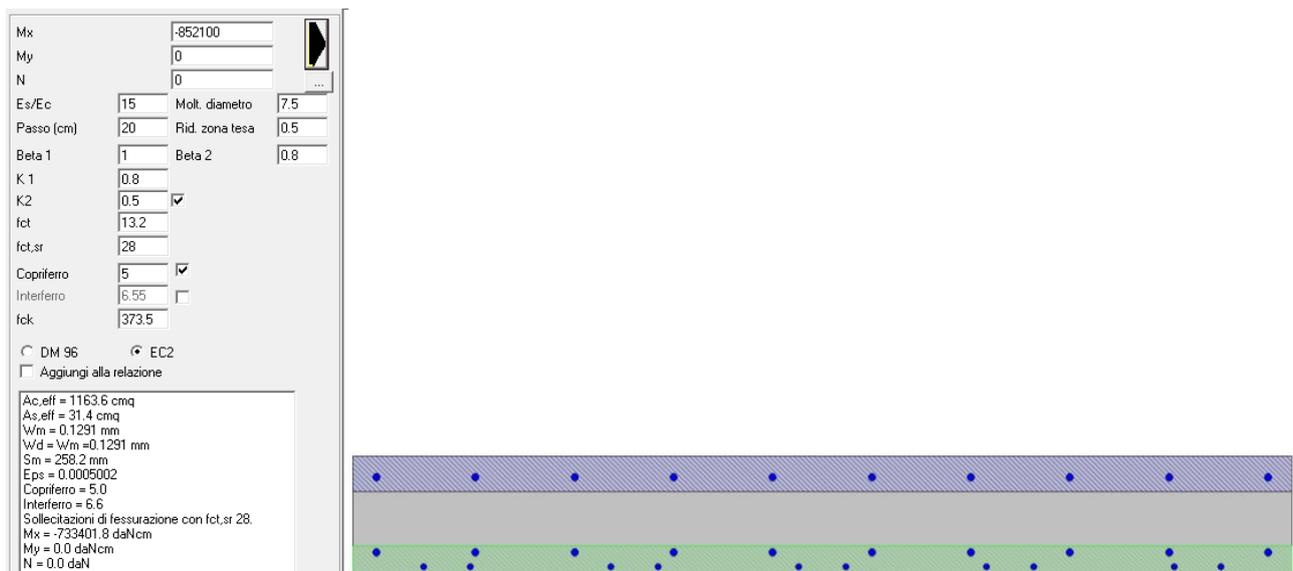


Figura 13.25: Verifica a fessurazione soletta campo interno – Momento negativo

PROGETTAZIONE ATI:

Mx	1213000		
My	0		
N	0		
Es/Ec	15	Molt. diametro	7,5
Passo (cm)	20	Rid. zona tesa	0,5
Beta 1	1	Beta 2	0,8
K 1	0,8		
K 2	0,5	<input checked="" type="checkbox"/>	
fct	13,2		
fct,sr	28		
Copriferro	5	<input checked="" type="checkbox"/>	
Interferro	10,28	<input type="checkbox"/>	
fck	373,5		
<input type="checkbox"/> DM 96 <input checked="" type="radio"/> EC2			
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione			

Ac,eff = 1188,5 cmq
As,eff = 38,2 cmq
Wm = 0,1559 mm
Wd = Wm = 0,1559 mm
Sm = 254,6 mm
Eps = 0,0006121
Copriferro = 5,0
Interferro = 10,3
Solicitazioni di fessurazione con fct,sr 28.
Mx = 774079,8 daNcm
My = 0,0 daNcm
N = 0,0 daN

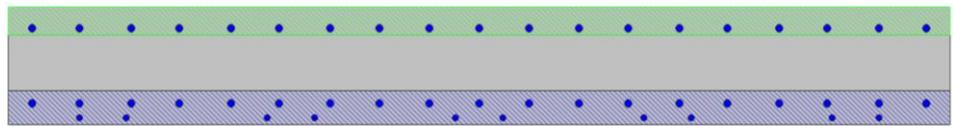


Figura 13.26: Verifica a fessurazione soletta campo di bordo – Momento positivo

Mx	-1679800		
My	0		
N	0		
Es/Ec	15	Molt. diametro	7,5
Passo (cm)	20	Rid. zona tesa	0,5
Beta 1	1	Beta 2	0,8
K 1	0,8		
K 2	0,5	<input checked="" type="checkbox"/>	
fct	13,2		
fct,sr	28		
Copriferro	5	<input checked="" type="checkbox"/>	
Interferro	6,6	<input type="checkbox"/>	
fck	373,5		
<input type="checkbox"/> DM 96 <input checked="" type="radio"/> EC2			
<input type="checkbox"/> Aggiungi alla relazione			

Ac,eff = 1102,1 cmq
As,eff = 43,5 cmq
Wm = 0,1971 mm
Wd = Wm = 0,1971 mm
Sm = 225,3 mm
Eps = 0,0008745
Copriferro = 5,0
Interferro = 6,6
Solicitazioni di fessurazione con fct,sr 28.
Mx = -811560,7 daNcm
My = 0,0 daNcm
N = 0,0 daN

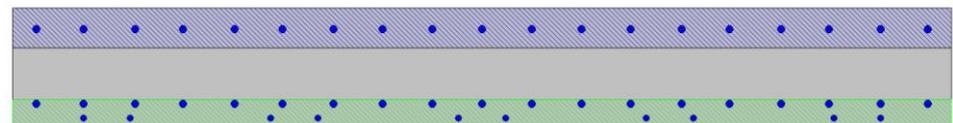


Figura 13.27: Verifica a fessurazione soletta campo di bordo – Momento negativo

13.4.4.2. Fessurazione – Caso Quasi Permanente

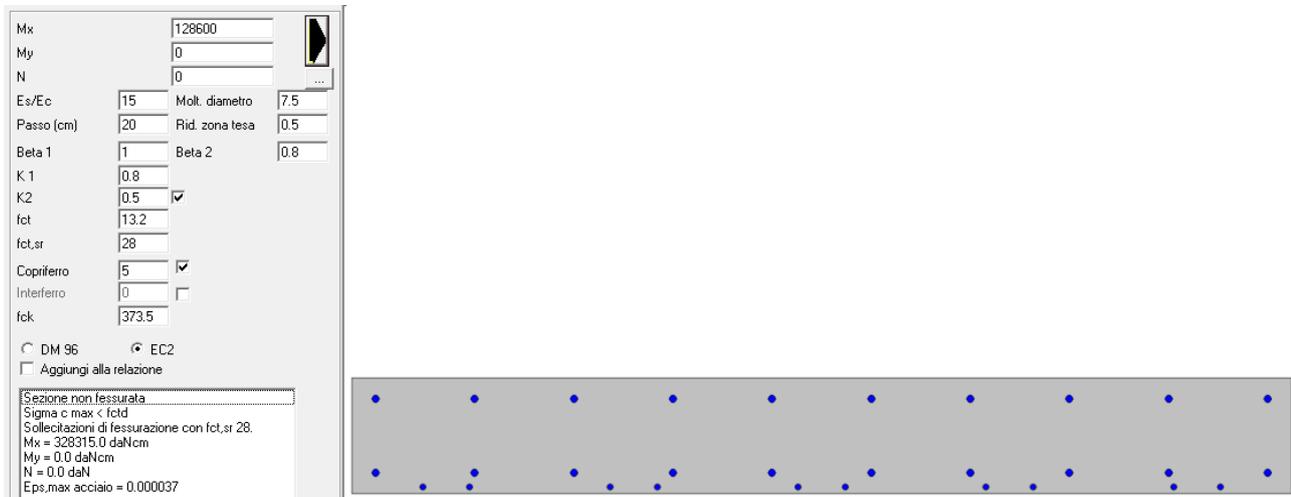


Figura 13.28: Verifica a fessurazione soletta campo interno – Momento positivo

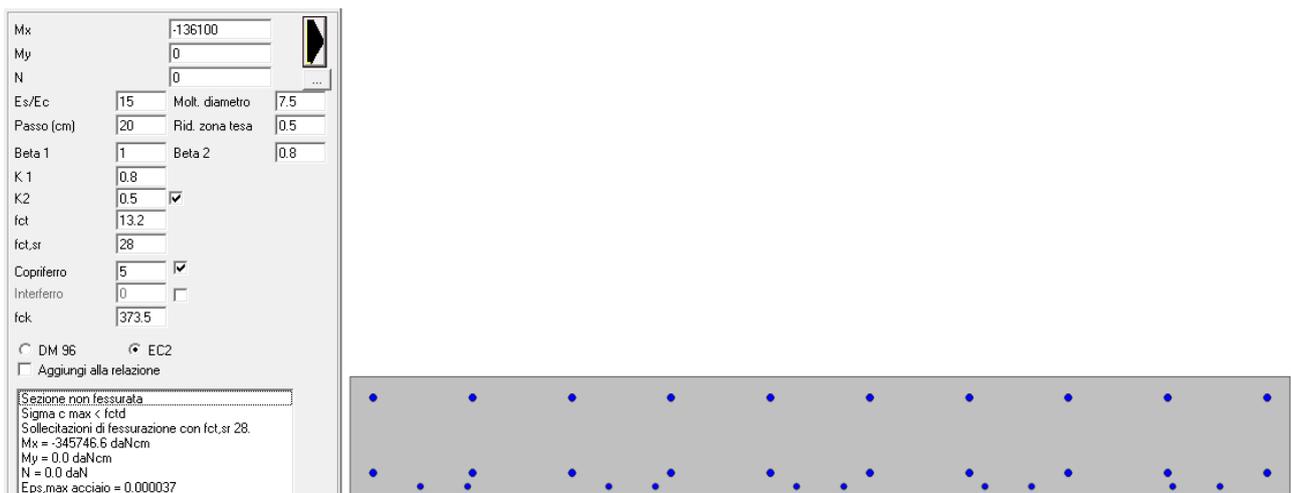


Figura 13.29: Verifica a fessurazione soletta campo interno – Momento negativo

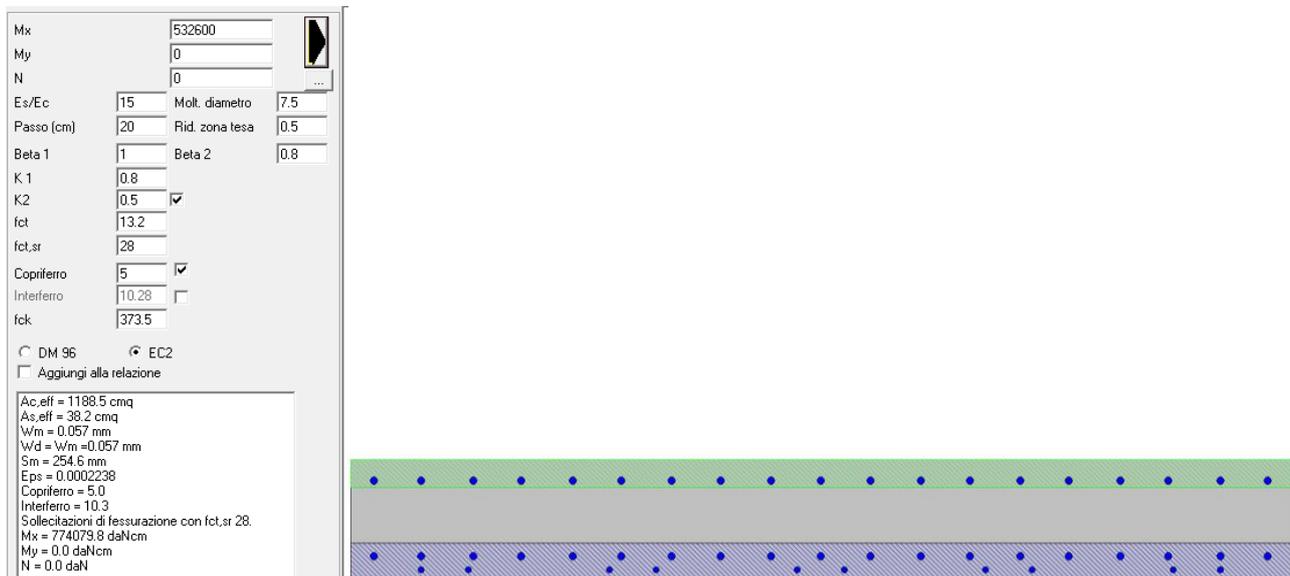


Figura 13.30: Verifica a fessurazione soletta campo di bordo – Momento positivo

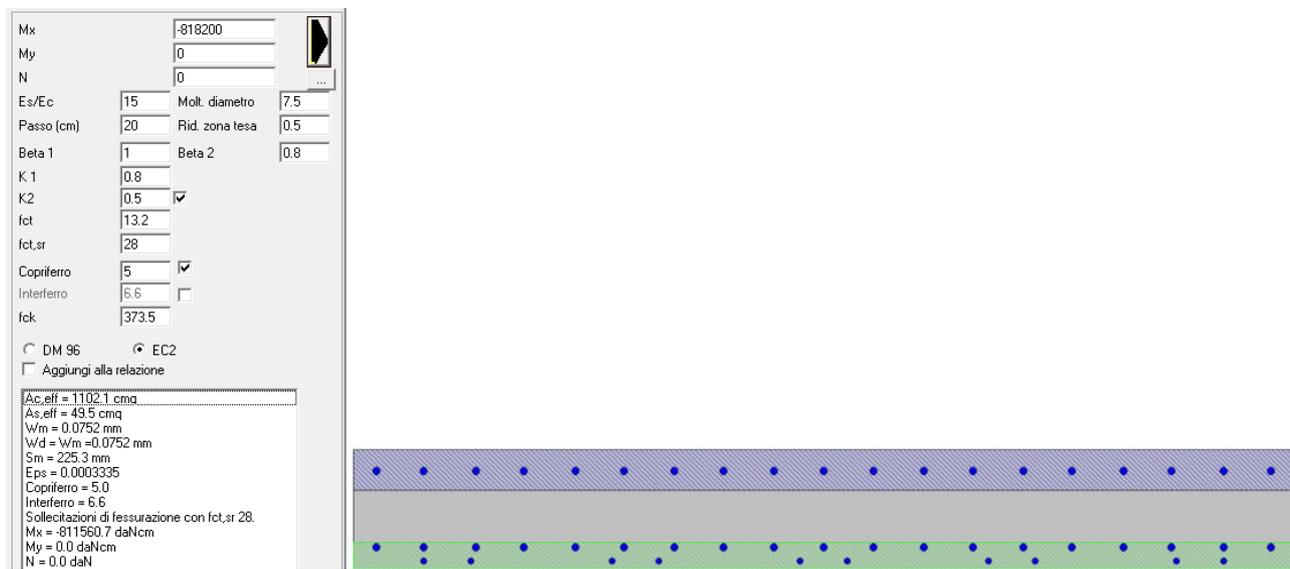


Figura 13.31: Verifica a fessurazione soletta campo di bordo – Momento negativo

14. VERIFICA DEL CORDOLO

14.1. VERIFICA URTO DEL VEICOLO IN SVIO

La verifica del cordolo viene svolta considerando le sollecitazioni flessionali e taglianti dovute alla forza d'urto applicata in sommità della barriera di sicurezza.

Il cordolo ha una larghezza di 75cm e su di esso viene fissata la barriera guard rail. Riguardo l'armatura del cordolo risulta:

Armature verticali Ø20/20cm; armature longitudinali filanti n°8Ø16mm.

L'urto è modellato come una forza di intensità $F=100\text{kN}$ applicata alla barriera ad un'altezza $h=1.00+1.34\text{m}$ (dall'estradosso soletta considerando l'altezza massima del cordolo).

Per effetto della forza F , in corrispondenza della sezione di interfaccia cordolo - soletta, si avranno le seguenti sollecitazioni taglianti e flettenti:

- $F = 100\text{kN}$
- $M = F \cdot h = 234\text{kNm}$

Si effettua la verifica a flessione considerando la presenza di armatura verticale Ø20/20cm.

Cautelativamente, si fa riferimento ad un tratto di cordolo di 100cm limitando di fatto la diffusione delle azioni ad una zona di minore estensione.

Titolo: Cordolo

N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	75

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	70

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

Materiali: B450C, C35/45

Proprietà materiali:
 ϵ_{su} : 67.5%
 f_{yd} : 391.3 N/mm²
 E_s : 200'000 N/mm²
 ϵ_s / ϵ_c : 15
 ϵ_{syd} : 1.957%
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 ϵ_{c2} : 2‰
 ϵ_{cu} : 3.5‰
 f_{cd} : 19.83 N/mm²
 f_{cc} / f_{cd} : 0.8
 $\sigma_{c,adm}$: 13.5 N/mm²
 τ_{co} : 0.8
 τ_{c1} : 2.257

P.to applicazione N: Centro
 xN: 0, yN: 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 422.2 kNm

σ_c: -19.83 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5‰
ε_s: 50.63‰
d: 70 cm
x: 4.526, **x/d:** 0.06465
δ: 0.7

Metodo di calcolo: S.L.U., Metodo n
Tipo flessione: Retta

Calcola MRd, **Domínio M-N**, **M-curvatura**

Figura 14.1: Determinazione del momento resistente del cordolo

$M_{Rd} = 422\text{kNm} > M_{Ed} = 234\text{kNm}$; Verifica **soddisfatta**.

Con riferimento al taglio, la resistenza del cordolo è determinata sulla base delle formulazioni relative alle sezioni non armate a taglio considerando il solo contributo delle armature longitudinali tese.

PROGETTAZIONE ATI:

SEZIONE					
b_w	=	100	cm		
h	=	75	cm		
c	=	5	cm		
d	=	$h-c$	=	70	cm
MATERIALI					
f_{ywd}	=	391.30	MPa		
R_{ck}	=	45.00	MPa		
γ_c	=	1.5			
f_{ck}	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	37.35	MPa
f_{cd}	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	21.17	MPa
ARMATURE LONGITUDINALI					
\varnothing_l	=	20			
Numero	=	5			
A_{sl}	=	15.71	cm ²		
TAGLIO AGENTE			$V_{Ed} =$	0	(KN)
SFORZO NORMALE			$N_{Ed} =$	0	(KN)
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.53	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
v_{min}	=	0.407	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{-1/2}$		
ρ_l	=	0.0022			
σ_{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V_{Rd}	=	261.83	(KN)	NO	284.6 (KN)
V_{Rd}	=	284.62	(KN)		
α_c	=	1.00		$N_{ed}/A_c =$	0.0000 (Mpa)

Figura 14.2: Determinazione del taglio resistente del cordolo

$V_{Rd} = 285 \text{ kN} > 100 \text{ kN (F)} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Si verifica ancora, in modo semplificato la resistenza a taglio all'interfaccia dei getti che saranno eseguiti in fasi differenti. Cautativamente si considera il contributo di un solo registro di armatura longitudinale. (5 \varnothing 20)

$$V_{Rd} = f_{yd} \times A_f / \text{radq} (3) = 5 \times 314 \times 391.3 / 1.71 = 354.69 \text{ kN}$$

$V_{Rd} > V_{Sd} \rightarrow$ Verifica **soddisfatta**.

15. APPOGGI

L'impalcato è vincolato mediante apparecchi d'appoggio in neoprene situati uno al di sotto di ogni trave in c.a.p. Le caratteristiche del dispositivo maggiormente sollecitato in direzione assiale sono riportate di seguito:

Elemento	$N_{\max_G1+G2_SLU}$	$N_{\max_Env_SLU}$
	[kN]	[kN]
Cuscinetto in neoprene	815.09	1059.93

Figura 15.1: Sollecitazioni assiali su cuscinetti in neoprene

16. CONCLUSIONI

Nella presente relazione di calcolo sono stati riportati, oltre che una descrizione della modellazione e delle fasi di calcolo i risultati delle verifiche strutturali svolte con riferimento a combinazioni di azioni allo SLU (statiche) e SLV (sismiche). Le verifiche riportate sono state svolte con quantitativi di armatura minimi che possono essere modificati in sede di successiva fase progettuale. Tutti gli elementi strutturali soddisfano le verifiche di resistenza e di esercizio.

PROGETTAZIONE ATI: