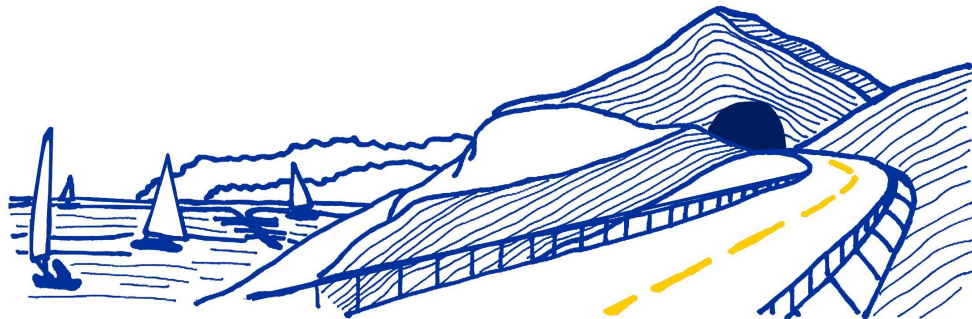


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Paolo Alberto COLETTI

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI  
SVINCOLO DI MELARA  
PARTE GENERALE  
IMPALCATO - RAMPE "N" - "P" - "S" - "W"  
RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA E TRAVERSI**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000\_V04V112GENRE05\_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. V04V112GENRE05

A

-

C					
B					
A	EMISSIONE	Marzo 2021	M. Barale	A. Rodino	D. Morgera
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE	pag.
1. PREMESSA .....	1
2. NORMA DI RIFERIMENTO .....	2
3. MATERIALI PREVISTI E RESISTENZE DI CALCOLO .....	3
4. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	4
5. ANALISI DEI CARICHI.....	7
5.1 Peso proprio .....	7
5.2 Carichi permanenti.....	7
5.3 Carichi variabili da folla .....	7
5.4 Carichi variabili da traffico (I° categoria).....	7
5.5 Urto da veicolo in svio.....	10
6. SOLETTA SU TRAVI.....	11
6.1 Analisi delle sollecitazioni .....	12
6.2 Verifica SLU .....	15
6.3 Verifica SLErara – Limitazione delle tensioni .....	17
6.4 Verifica SLEfreq – Fessurazione .....	19
6.5 Verifica SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione.....	23
7. SBALZI LATERALI .....	26
7.1 Discretizzazione del problema.....	26
7.2 Sintesi dei risultati ottenuti .....	27
7.3 Verifiche sbalzo tipo F3.....	28
7.3.1 Peso proprio.....	29
7.3.2 Permanenti.....	30
7.3.3 Variabili da traffico – LM1 .....	30
7.3.4 Variabili da traffico – LM2 .....	34
7.3.5 Verifiche a SLU.....	38
7.3.6 Verifiche a SLErara – Limitazione delle tensioni .....	41
7.3.7 Verifiche a SLEfreq – Fessurazione.....	42
7.3.8 Verifiche a SLEqp – Limitazione tensioni e fessurazione .....	45
8. TRAVERSI DI ESTREMITÀ IN CORRISPONDENZA DI GIUNTI.....	47

8.1	Sollecitazioni derivanti dai modelli globali .....	47
8.1.1	MELAS1.....	47
8.1.2	MELAS2.....	50
8.1.3	MELAS3.....	53
8.1.4	MELAS4.....	56
8.1.5	MELAS5.....	59
8.2	Sollecitazioni derivanti da sollevamento .....	62
8.2.1	MELAS1.....	64
8.2.2	MELAS2.....	66
8.2.3	MELAS3.....	67
8.2.4	MELAS4.....	68
8.2.5	MELAS5.....	69
8.3	Verifiche a SLU .....	70
8.4	Verifiche a SLerara – Limitazione delle tensioni.....	72
8.5	Verifiche a SLEfreq – Fessurazione .....	75
8.6	Verifiche a SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione.....	78
9.	TRAVERSI DI ESTREMITÀ IN CORRISPONDENZA NODI DI CONTINUITÀ	79
9.1	Sollecitazioni derivanti dai modelli globali .....	79
9.1.1	MELAS1.....	80
9.1.2	MELAS4.....	83
9.2	Sollecitazioni derivanti da sollevamento .....	86
9.2.1	MELAS1.....	87
9.2.2	MELAS4.....	88
9.3	Verifiche a SLU .....	88
9.4	Verifiche a SLerara – Limitazione delle tensioni.....	91
9.5	Verifiche a SLEfreq – Fessurazione .....	94
9.6	Verifiche a SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione.....	96
10.	GIUNTI TRASVERSALI E LONGITUDINALI – NODI DI CONTINUITÀ .....	97
10.1	Verifica nodi di continuità .....	97
10.1.1	Verifica a SLU (STR).....	105
10.1.2	Verifica a SLerara – Limitazione delle tensioni .....	109
10.1.3	Verifica a SLEfreq – Fessurazione.....	113

## 10.1.4 Verifica a SLEq – Limitazione delle tensioni e fessurazione.....118

## 1. Premessa

La presente RC riporta le analisi e le verifiche relative alle solette gettate in opera delle rampe di svincolo del Viadotto Melara.

Il progetto è relativo alle strutture dei viadotti previsti nel progetto definitivo della Variante alla S.S.1 Aurelia all'abitato del Comune di La Spezia (Lotto 3 – da Felettino al raccordo con la viabilità autostradale).

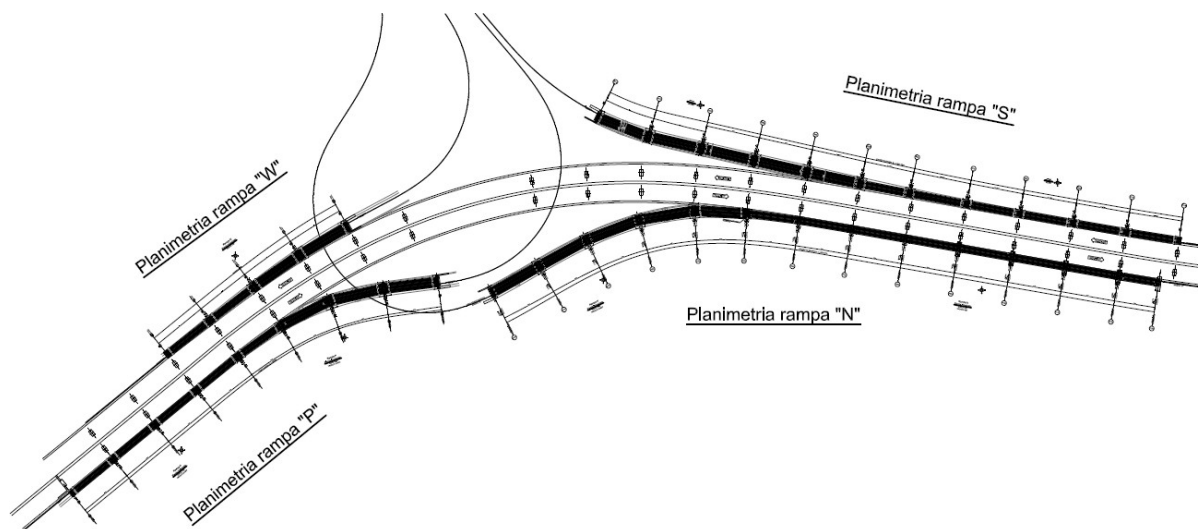


Fig. 1.1 – Planimetria generale svincolo Melara

## 2. Norma di riferimento

La normativa di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture risulta essere la seguente:

- **NTC 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”**
- **Circolare 2 febbraio 2009 n°617**
  
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato.
- Legge 5 febbraio 1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006)
- UNI EN 1992-1-1:2005 – EC 2: PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO;
- UNI EN 1992-1-2:2006 - EC 2 parte 2: CONCRETE BRIDGES (per quanto applicabile);
- UNI EN 13369:2004: REGOLE COMUNI PER PRODOTTI PREFABBRICATI DI CALCESTRUZZO;
- UNI EN 15050:2007: PRODOTTI PREFABBRICATI DI CALCESTRUZZO - ELEMENTI DA PONTE.
- MODEL CODE 90 CEB/FIP

### 3. Materiali previsti e resistenze di calcolo

Le caratteristiche dei materiali previsti in fase di progetto dell'impalcato sono i seguenti:

#### Calcestruzzo in opera – Soletta collaborante e traversi

- Classe C32/40
- Resistenza a compressione cubica  $R_{ck}$ : 400 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione cilindrica  $f_{ck}$ : 332 kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $E_c$ : 336430 kg/cm<sup>2</sup>
- Fattore di sicurezza  $\gamma_c$ : 1.50
- Coefficiente di fluage  $\alpha_{cc}$ : 0.85
- Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd}$ : 188.1 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione media  $f_{ctm}$ : 31.0 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione  $f_{ctk}$ : 21.7 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione di calcolo  $f_{ctd}$ : 14.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Massima tensione in combinazione rara  $\sigma_{c,max}$ : 199.2 kg/cm<sup>2</sup>
- Massima tensione in combinazione quasi permanente  $\sigma_{c,max}$ : 149.4 kg/cm<sup>2</sup>
- Copriferro minimo netto: 40mm

(classe di esposizione soletta collaborante: XF3)

(classe di esposizione traversi: XS1)

#### Acciaio ordinario

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk}$ : 4500 kg/cm<sup>2</sup>
- Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk}$ : 5400 kg/cm<sup>2</sup>
- Fattore di sicurezza acciaio  $\gamma_s$ : 1.15
- Resistenza a trazione di calcolo  $f_{yd}$ : 3913 kg/cm<sup>2</sup>
- Tensione massima in combinazione rara  $\sigma_{s,max}$ : 3600 kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $E_s$ : 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4. Descrizione della struttura

La struttura oggetto della presente Relazione di Calcolo è composta dagli impalcati delle seguenti rampe di svincolo del viadotto Melara:

- Rampa S
- Rampa N
- Rampa P
- Rampa W

Tutti gli impalcati delle rampe di svincolo sono composti da travi prefabbricate CIR accostate (2 o 3 travi a seconda della larghezza dell'impalcato) aventi altezza pari a 160cm, larghezza rispettivamente di 214cm e 198cm e anime di spessore pari a 14cm ringrossate a 28cm alle estremità. Tali travi sono rese collaboranti mediante una soletta gettata in opera, oggetto della presente relazione, di spessore variabile da 30cm a 42cm a causa della pendenza trasversale degli impalcati e della posa in piano delle travi prefabbricate. A tali spessori va sottratta, in sede di verifica ove opportuno, lo spessore delle predalles assunto pari a 6cm. Sono impiegati traversi gettati in opera in corrispondenza delle testate della trave mentre non sono previsti traversi intermedi di campata.

Si precisa che, gli svincoli di nuova progettazione, sono da realizzarsi senza alcun collegamento con la struttura e l'impalcato esistenti del Viadotto Melara in accordo con il Progetto Esecutivo della struttura. A titolo di esempio si riporta quanto indicato all'interno della R.C. della rampa N di progetto esecutivo identificata dal codice **LO902A E 1001 – V04 VI12 STR RE01 B** redatta dalla C. Lotti & Associati Società di Ingegneria S.P.A. Roma (RM):

La larghezza dell'impalcato, tra la spalla B e la pila 5, è pari a m 8.25, dei quali m 6.50 per la carreggiata stradale e m 1.25 e m 0.50 rispettivamente per il marciapiede in destra e per il cordolo in sinistra. La parte di viadotto dalla pila 5 fino alla Pila 13 invece, essendo un tratto in

**A.N.A.S. S.p.A.**

Variante alla SS n. 1 Aurelia (Aurelia bis)  
 Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia  
 Interconnessione tra i caselli della A-12 ed il Porto di La Spezia  
 Progetto esecutivo

Febbraio 2011

Rev. 0

v04vi12stre01\_b/signle "redattori"  
 c.a.: C287.A



C. LOTTI & ASSOCIATI S.p.A.

11/731

affiancamento al tracciato già esistente, al quale viene connesso con un giunto sottopavimentato, perde il cordolo in sinistra, e la sede stradale si restringe da 4.42m della pila 5 a 3.05 della Pila 13.



Si riporta ora, in Fig. 4.0, il dettaglio così come sviluppato in sede di progettazione esecutiva, dettaglio che sarà utilizzato anche in fase di progettazione costruttiva tratto dalla tavola identificata dal codice **LO902A E 1001 – V04 VI12 STR DC01 B** redatta dalla C. Lotti & Associati Società di Ingegneria S.P.A. Roma (RM).

### GA: GIUNTO DI SOTTOPAVIMENTAZIONE

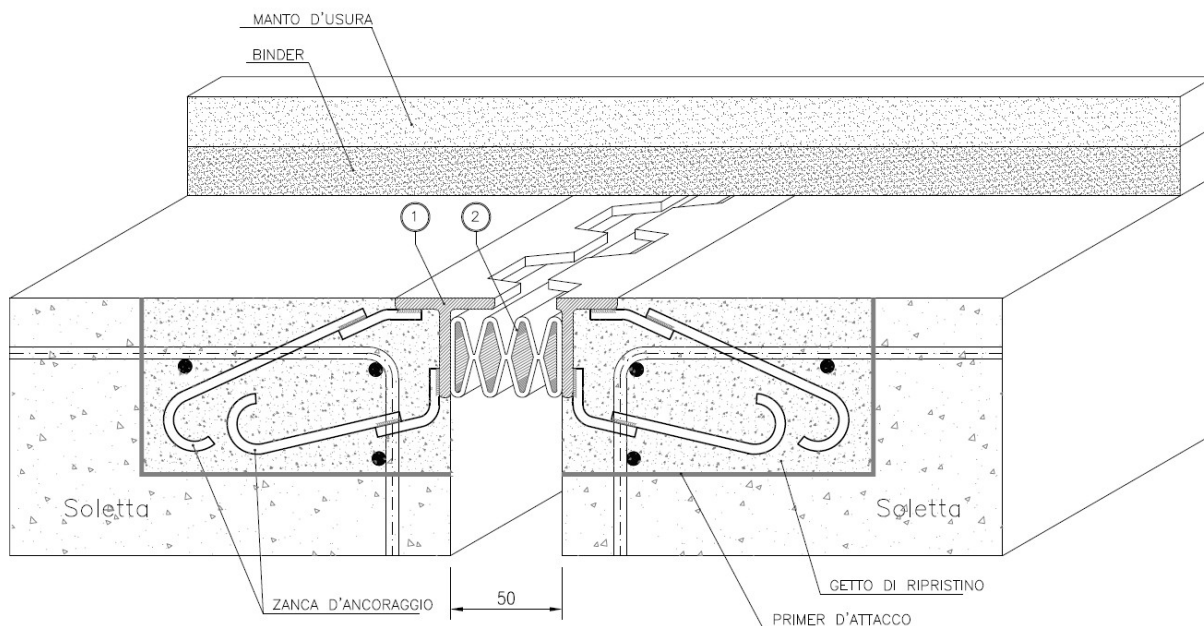


Fig. 4.0 – Dettaglio giunto impalcato rampe di svincolo con impalcato esistente come da Progetto Esecutivo

Vista la tipologia di giunto impiegata si sottolinea che, in tal modo, la probabilità di avere una fessurazione longitudinale (parallela all’asse della sede stradale) a livello della pavimentazione stradale è assai elevato. Ciò è dovuto al fatto che, durante la propria vita (in esercizio), l’impalcato esistente del viadotto e gli impalcati delle rampe di svincolo di nuova realizzazione saranno soggetti a stati deformativi differenti nonché a stati dinamici di vibrazione tra loro indipendenti.

Si segnala altresì che, nel tratto in affiancamento tra le nuove rampe ed il viadotto esistente, vi è elevata probabilità che si svilupperanno “scalini” dovuti a cause differenti quali:

- Differente deformazione longitudinale degli impalcati causata da una differente inerzia dell’impalcato esistente e di quello nuovo oggetto della presente R.C.;
- Differente deformazione longitudinale degli impalcati causata da una differente condizione di carico in quanto sul viadotto esistente potrebbero non essere presenti

veicoli mentre potrebbero essere presenti sul nuovo tratto in affiancamento e viceversa;

- Differente deformazione trasversale delle solette causata da una differente inerzia tra la soletta dell'esistente e quella nuova oggetto della presente R.C.;
- Differente deformazione trasversale della soletta causata da una differente condizione di carico in quanto sul viadotto esistente potrebbero non essere presenti veicoli mentre potrebbero essere presenti sul nuovo tratto in affiancamento e viceversa;
- Differenti condizioni di fluage per la condizione di carico quasi permanente (dato che il viadotto esistente ha già scontato una parte delle deformazioni differite).

## 5. Analisi dei carichi

### 5.1 Peso proprio

Il peso proprio della soletta è calcolato in funzione dello spessore della stessa, considerando come peso di volume del calcestruzzo armato  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

Nel calcolo degli sbalzi, il peso della soletta e dei cordoli sarà valutato di volta in volta in base alla reale sagoma, mentre per il calcolo delle sollecitazioni relative alla soletta tra le travi, sarà considerato per il peso uno spessore medio di 36cm, ovvero  $900 \text{ kg/m}^2$ , come assunto nella relazione di calcolo generale *5641603CstRc2\_01*.

### 5.2 Carichi permanenti

Di seguito si riportano i carichi permanenti impiegati:

- Pp pavimentazione  $300 \text{ kg/m}^2$
- Pp sicurvia  $150 \text{ kg/m}$
- Pp rete e veletta  $150 \text{ kg/m}$

### 5.3 Carichi variabili da folla

In accordo con quanto indicato nelle NTC2008, il carico da folla è assunto pari a  $500 \text{ kg/m}^2$  se considerato come folla compatta, altrimenti pari a  $250 \text{ kg/m}^2$  se impiegato in combinazione ad altri carichi accidentali (traffico, i.e.).

*Schema di Carico 5:* costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Il valore di combinazione è invece di  $2,5 \text{ kN/m}^2$ . Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

### 5.4 Carichi variabili da traffico (I° categoria)

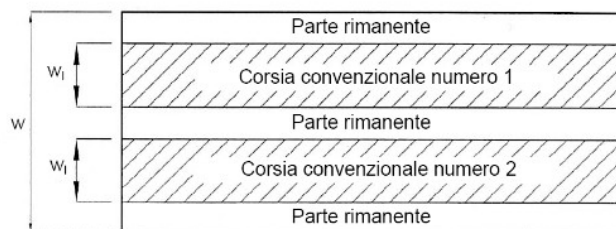
In accordo con quanto indicato nelle NTC2008 per i ponti stradali di I° Categoria, i carichi da traffico veicolare vengono applicati considerando sulla carreggiata un numero di corsie convenzionali definite in funzione dell'ampiezza della sede stradale come:

### 5.1.3.3.2 Definizione delle corsie convenzionali

Le larghezze  $w_i$  delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto seguente (Fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I).

Se non diversamente specificato, qualora la carreggiata di un impalcato da ponte sia divisa in due parti separate da una zona spartitraffico centrale, si distinguono i casi seguenti:

- a) se le parti sono separate da una barriera di sicurezza fissa, ciascuna parte, incluse tutte le corsie di emergenza e le banchine, è autonomamente divisa in corsie convenzionali.
- b) se le parti sono separate da barriere di sicurezza mobili o da altro dispositivo di ritenuta, l'intera carreggiata, inclusa la zona spartitraffico centrale, è divisa in corsie convenzionali.



**Figura 5.1.1** – Esempio di numerazione delle corsie

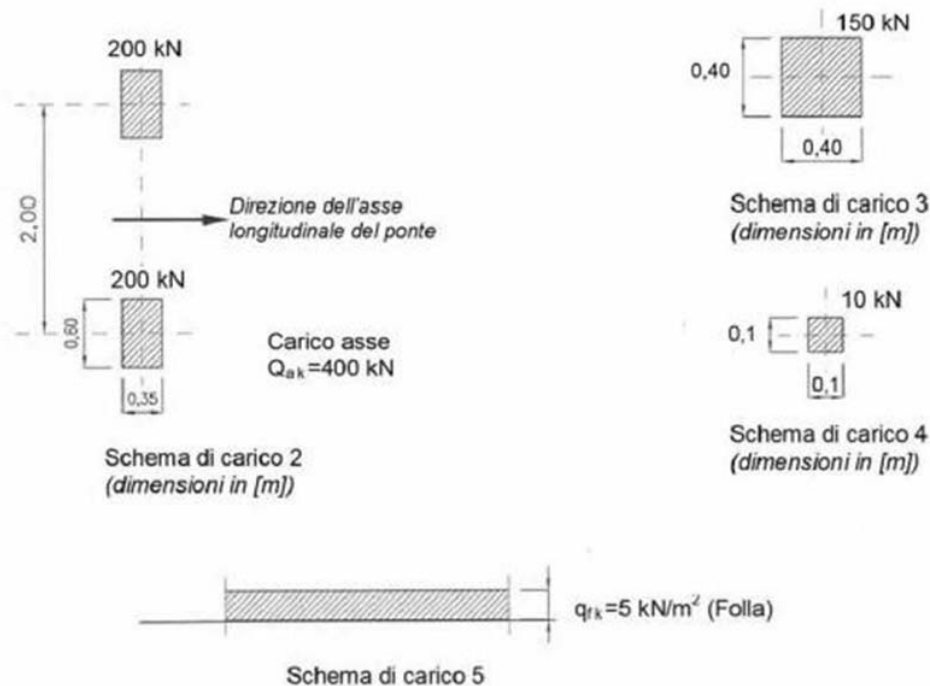
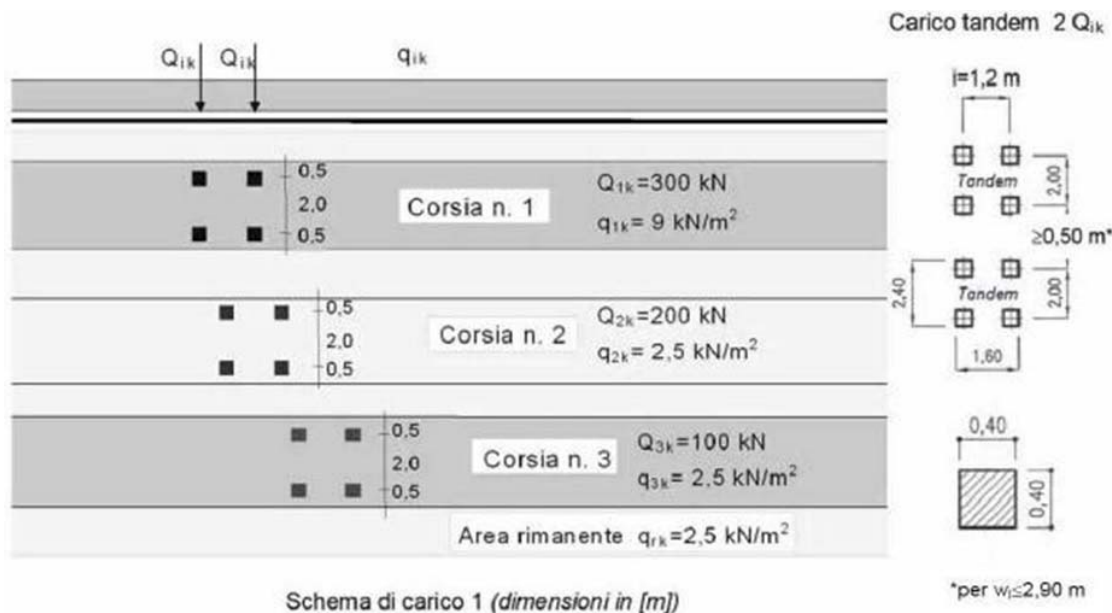
**Tabella 5.1.I** - Numero e Larghezza delle corsie

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

La posizione delle corsie deve essere tale da restituire le condizioni di carico di progetto peggiori. Ogni corsia convenzionale (in funzione del proprio numero identificativo) è caratterizzata da un carico uniformemente distribuito e da due carichi asse disposti a tandem in asse alla corsia stessa come di seguito riportato. Lo schema di carico considerato è lo schema 1, comprensivo degli effetti dinamici.

**Schema di Carico 1:** è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

**Schema di Carico 2:** è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m, come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.



Le intensità dei carichi applicati sono:

**Tabella 5.1.II - Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie**

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

A tali valori non si applica alcuna riduzione dato che il viadotto è identificato come “Ponte di I Categoria”.

## **5.5 Urto da veicolo in svio**

In accordo con quanto indicato nelle NTC2008 al punto 5.1.3.10 si considera la possibilità che un veicolo in svio urti le barriere stradali di bordo ponte.

### **5.1.3.10 Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio: $q_8$**

L'altezza dei parapetti non potrà essere inferiore a 1,10 m. I parapetti devono essere calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1,5 kN/m applicata al corrimano.

I sicurvia e gli elementi strutturali ai quali sono collegati devono essere dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta per l'impiego specifico (vedi D.M. 21-06-04 n.2367). Se non diversamente indicato, la forza deve essere considerata distribuita su 0,50 m ed applicata ad una quota  $h$ , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni  $h_1$ ,  $h_2$ , dove  $h_1$  = (altezza della barriera - 0,10m) ,  $h_2$  = 1,00m.

Nel progetto dell'impalcato deve essere considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal Secondo Schema di Carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa.

Per altri elementi si può fare riferimento al § 3.6.3.3.2.

Allo stesso modo, al punto 3.6.3.3.2 delle NTC2008, viene enunciato:

#### **3.6.3.3.2 Traffico veicolare sopra i ponti**

In assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa deve essere 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.

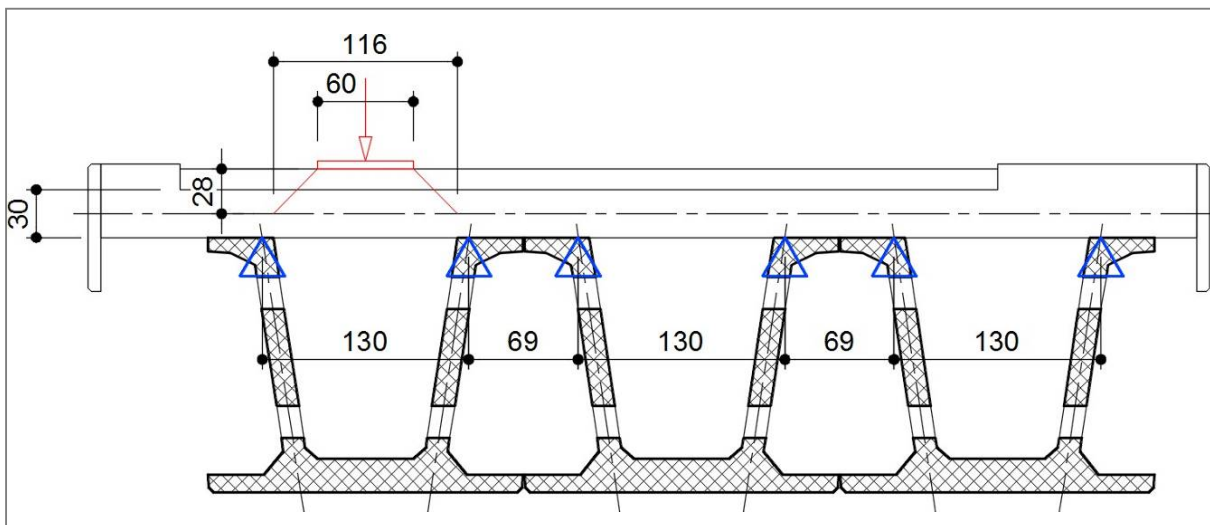
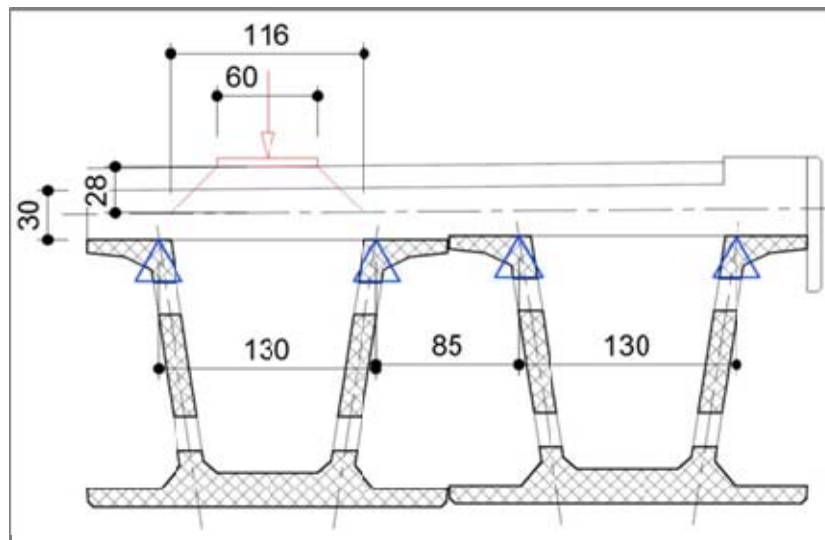
Questa forza deve essere applicata su una linea lunga 0,5 m.

Cautelativamente, su ogni elemento verticale del sicurvia, sarà considerata una forza orizzontale ortogonale ad esso pari a 10000kg ed applicata 100cm sopra al piano di marcia.

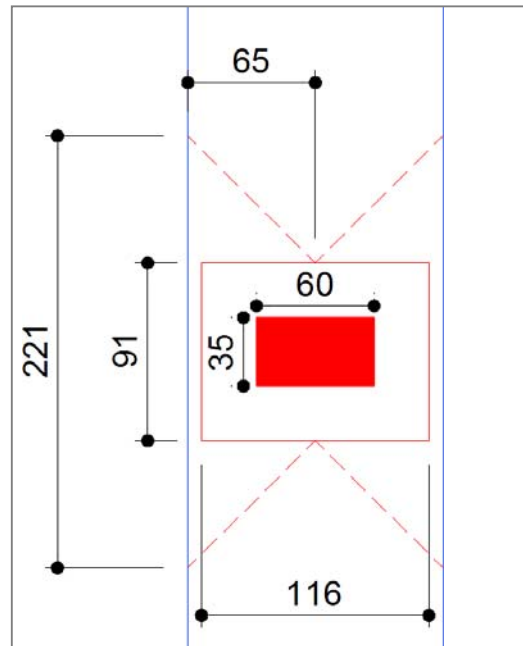
## 6. Soletta su travi

Per calcolare le sollecitazioni nella soletta tra le travi, bisogna adeguatamente ripartire il carico derivante dalla ruota dei mezzi, secondo lo *schema di carico 2*. A vantaggio di sicurezza, per quanto riguarda la ripartizione si considera lo spessore minimo della soletta, ovvero 30 cm.

Considerando la soletta come trave continua su più appoggi (per metro di profondità), dove gli appoggi sono le anime delle travi, si hanno i seguenti due schemi statici, a seconda del numero di travi dell'impalcato; per il momento, si trascura il contributo degli sbalzi, il quale verrà trattato nel seguito.



Il carico subisce una prima diffusione a 45° attraverso lo spessore della soletta: all'asse della soletta, il carico è ripartito su un'impronta maggiore, costruita riportando un margine attorno all'impronta originale pari alla distanza da finito ad asse soletta, ovvero 28 cm; per prescindere, come anticipato, della dimensione longitudinale dell'impalcato, bisogna considerare la diffusione in pianta del carico e rapportarlo alla dimensione della zona che ne risulta interessata, ottenendo così il carico equivalente da poter implementare nel calcolo.



Il carico concentrato della ruota viene visto dalla soletta come un carico ripartito sull'impronta di cui sopra, larga 116 cm; tale carico interessa 221 cm di profondità di soletta; pertanto, per analizzare la soletta come esposto in precedenza, bisogna applicare un carico equivalente pari a:

$$q_{eq} = 20000\text{kg} / (221\text{cm} * 1.16\text{m}) = 78 \text{ kg}/(\text{cm}*\text{m})$$

sulla larghezza della nuova impronta, ovvero 116 cm.

Ovviamente, oltre al carico dovuto agli accidentali, si ribadisce che viene applicato anche il carico dovuto al peso proprio ed alla pavimentazione, pari rispettivamente a 900 e 300 kg/m<sup>2</sup>.

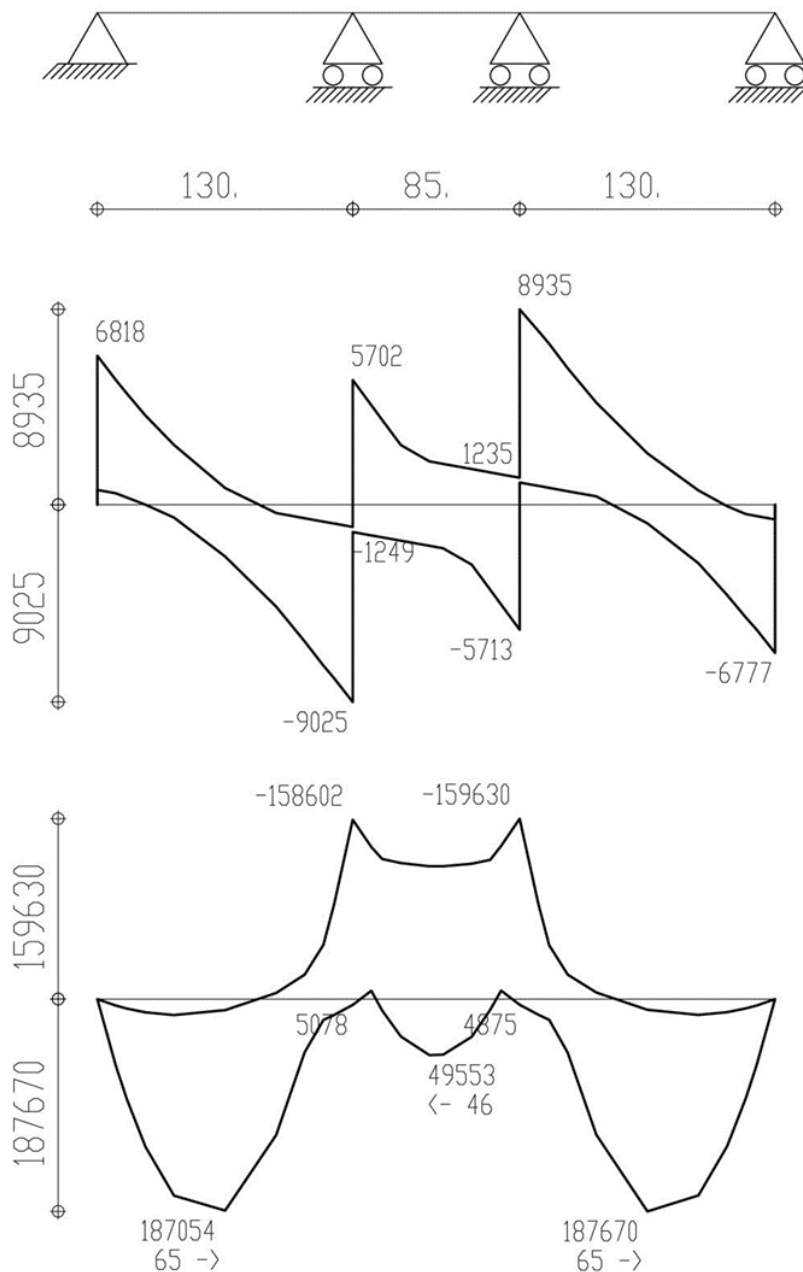
### 6.1 Analisi delle sollecitazioni

Dallo schema dell'impalcato con due travi, si ottengono le sollecitazioni flettenti caratteristiche:



$Mk^+ = 187670 \text{ kg*cm/m}; \quad Mk^- = 159630 \text{ kg*cm/m}$

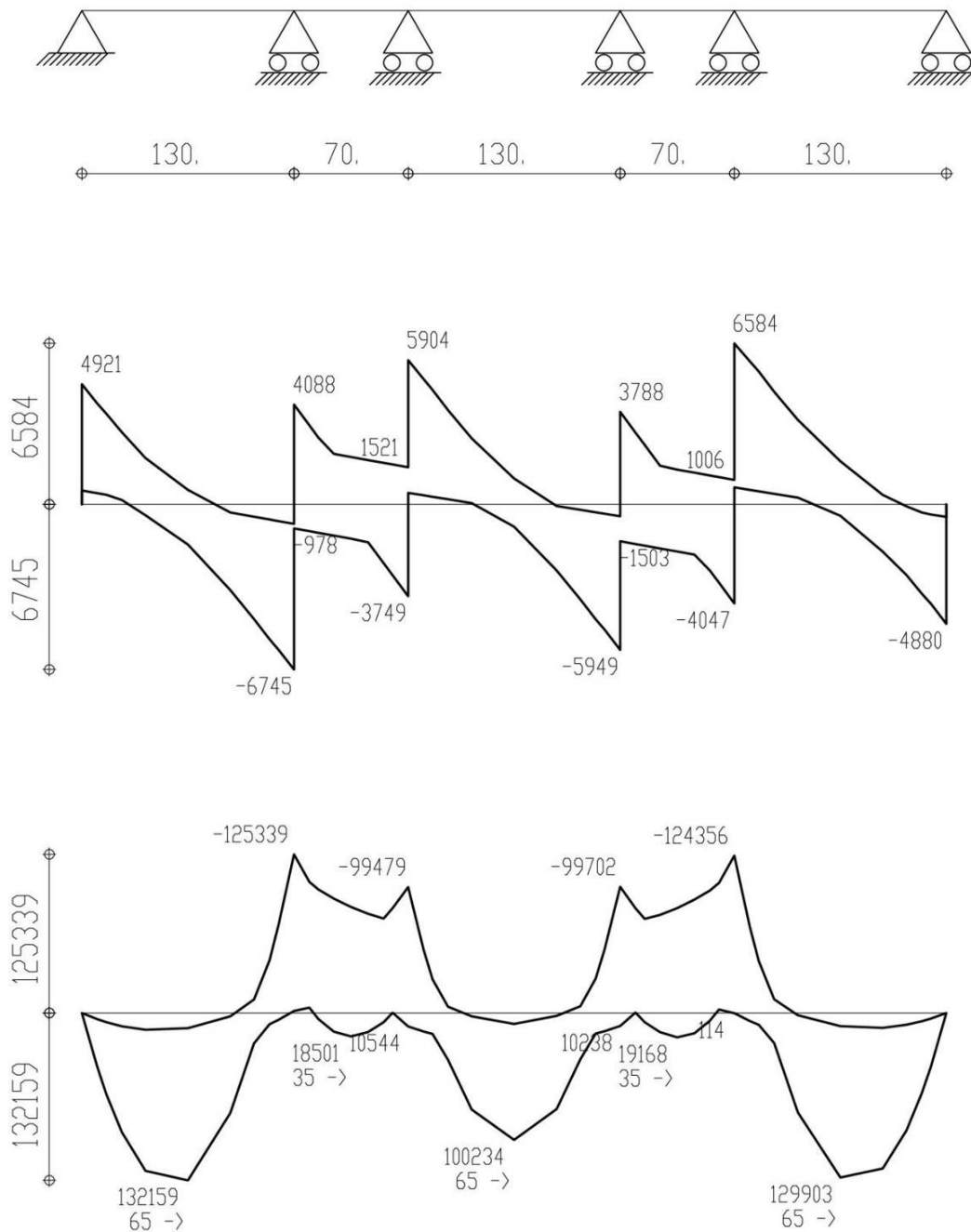
Unita' di misura: cm; daN; daN/cm; daNcm; daN/cm<sup>2</sup>.



Dallo schema dell'impalcato con tre travi, si ottengono le sollecitazioni flettenti caratteristiche:

$Mk^+ = 132159 \text{ kg*cm/m}; \quad Mk^- = 125339 \text{ kg*cm/m}$

Unita' di misura: cm; daN; daN/cm; daNcm; daN/cm<sup>2</sup>.



Alle sollecitazioni dovute ai carichi appena calcolate, bisogna aggiungere quelle derivanti dagli effetti distortivi, le quali nascono all'interno della soletta nell'assolvere al compito di elemento di collaborazione e ripartizione tra le travi. Queste sollecitazioni sono

calcolate attraverso i modelli globali dei vari impalcati, esposti nella relazione di calcolo generale identificata dal codice “5641603CstRc1\_01”; l’involuppo delle sollecitazioni derivanti dalle varie configurazioni fornisce i seguenti valori caratteristici massimi:

$$Mk^+ = 194749 \text{ kg*cm/m (MELAS1)}; Mk^- = -619764 \text{ kg*cm/m (MELAS3)}$$

## 6.2 Verifica SLU

Allo stato limite ultimo, oltre a sommare le sollecitazioni derivanti dai diversi contributi, bisogna moltiplicarle per i coefficienti parziali relativi. Essendo i carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti, il coefficiente parziale per il peso proprio, per i permanenti e per il traffico veicolare è sempre 1.35.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{E1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{E2}, \gamma_{E3}, \gamma_{E4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Le sollecitazioni di verifica risultano:

$$Mk^+ = (187670 + 194749) * 1.35 = 516266 \text{ kg*cm/m}$$

$$Mk^- = (-159630 - 619764) * 1.35 = -1052182 \text{ kg*cm/m}$$

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. Per la verifica a momento positivo si trascura il contributo della predalle posta dal lato teso e pertanto la sezione diventa (100x24)cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm.

L'armatura minima disposta è costituita da barre Ø18/20 al lembo superiore e Ø14/20 al lembo inferiore. Si riporta di seguito il tabulato di verifica allo SLU della sezione per momento negativo.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file       : Soletta interna SLU M-.VSE
Tipo verifica   : stati limite - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
                ferri   : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S     = Sigma (tensioni sui materiali);
D     = Deformazioni x 1000 (epsilon);
Ve    = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

                MATERIALI

Calcestruzzo:  Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)
Acciaio       :  Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

                SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: RETTANGOLARE
Cls:
vert. | Z | Y |
1- 1 | -50. | 30. |
1- 2 | 50. | 30. |
1- 3 | 50. | 0. |
1- 4 | -50. | 0. |

                Acciaio lento:
ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1 | 45. | 25. | 18. | 2.5447 |
2 | 22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
3 | 0. | 25. | 18. | 2.5447 |
4 | -22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
5 | -45. | 25. | 18. | 2.5447 |
6 | 45. | 9. | 14. | 1.5394 |
7 | 22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
8 | 0. | 9. | 14. | 1.5394 |
9 | -22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
10 | -45. | 9. | 14. | 1.5394 |

                SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -1375920. | 0. | Mz-:-1375920./-1052182.=1.3077

                RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
Sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00065365632 | 0. | -.00349764712 |

Deformazioni massime sui materiali:
Cls                Acciaio lento
sol vert.|D cls |S cls |Ve|          ferro|D ferri |S ferri |Ve|
1 1- 3| -3.4976| -188.1|si|          1. | 12.8438| 4043. |si|
    
```

Il minimo fattore di sicurezza M- è pari a FS = 1.3077 e pertanto la verifica risulta essere superata.

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLU per momento positivo.

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : Soletta interna SLU M+.VSE  
 Tipo verifica : stati limite - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm<sup>2</sup>; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm<sup>2</sup>.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 D = Deformazioni x 1000 (epsilon);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)  
 Acciaio : Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:						
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm <sup>2</sup> ]	
1- 1	-50.	24.	1	45.	19.	18.	2.5447	
1- 2	50.	24.	2	22.5	19.	18.	2.5447	
1- 3	50.	0.	3	0.	19.	18.	2.5447	
1- 4	-50.	0.	4	-22.5	19.	18.	2.5447	
			5	-45.	19.	18.	2.5447	
			6	50.	3.	14.	1.5394	
			7	25.	3.	14.	1.5394	
			8	0.	3.	14.	1.5394	
			9	-25.	3.	14.	1.5394	
			10	-50.	3.	14.	1.5394	

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12. (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | | 0. | 701246. | 0. | Mz+:701246./516266.=1.3583

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

So	vert.	muz	muy	lambda
1.		-0.00091341954	0.	.01842008003

Deformazioni massime sui materiali:

so	Cls			Acciaio lento		
	vert.	D cls	S cls  Ve	ferro	D ferri	S ferri  Ve
1	1- 1	-3.502	-188.1 si	6.	15.6798	4076.9 si

Il minimo fattore di sicurezza M+ è pari a FS = 1.3583 e pertanto la verifica risulta essere superata.

### 6.3 Verifica SLerara – Limitazione delle tensioni

Di seguito si riportano le verifiche allo SLerara per la sezione scelta. Le sollecitazioni di verifica risultano:

- $Mk^+ = 187670 + 194749 = 382419 \text{ kg*cm/m}$
- $Mk^- = -159630 - 619764 = -779394 \text{ kg*cm/m}$

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. Per la verifica a momento positivo si trascura il contributo della predalle posta dal lato teso e pertanto la sezione diventa (100x24)cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm.

L'armatura minima disposta è costituita da barre Ø18/20 al lembo superiore e Ø14/20 al lembo inferiore. Si riporta di seguito il tabulato di verifica allo SLerara della sezione per momento negativo.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file      : Soletta interna SLerara M-.VSE
Tipo verifica  : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri         : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:
  Vert. = contorno_vertice del CLS;          d = diametro;
  S      = Sigma (tensioni sui materiali);
  Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI
Calcestruzzo:  Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio       :  Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .

SEZIONE
L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: RETTANGOLARE
CLS:
vert. | Z | Y |
1- 1 | -50. | 30. |
1- 2 | 50. | 30. |
1- 3 | 50. | 0. |
1- 4 | -50. | 0. |

Acciaio lento:
ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1 | 45. | 25. | 18. | 2.5447 |
2 | 22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
3 | 0. | 25. | 18. | 2.5447 |
4 | -22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
5 | -45. | 25. | 18. | 2.5447 |
6 | 45. | 9. | 14. | 1.5394 |
7 | 22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
8 | 0. | 9. | 14. | 1.5394 |
9 | -22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
10 | -45. | 9. | 14. | 1.5394 |

SOLLECITAZIONI AGENTI
Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -779394. | 0. |

RISULTATI
Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
Sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00003203576 | 0. | -.00026088745 |

Tensioni massime sui materiali:
sol | CLS | Acciaio lento
1 | vert. | S | c | l | s | | Ve | | ferro | S | ferri | | Ve |
1 | 1- 3 | -87.8 | | si | | 1 | 2725.1 | | si |
    
```

6

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLS:  $\sigma^{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.6 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$  RARA
- Lato ACCIAIO:  $\sigma_{s,max} = 0.80 * f_{yk} = 0.80 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$  RARA

Entrambe le condizioni di limitazione delle tensioni in esercizio risultano essere soddisfatte. Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLerara per momento positivo.

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : Soletta interna SLErara M+.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Samm = 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ; Samm= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:				Acciaio lento:				
vert.	Z	Y		ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	24.		1	45.	19.	18.	2.5447
1- 2	50.	24.		2	22.5	19.	18.	2.5447
1- 3	50.	0.		3	0.	19.	18.	2.5447
1- 4	-50.	0.		4	-22.5	19.	18.	2.5447
				5	-45.	19.	18.	2.5447
				6	50.	3.	14.	1.5394
				7	25.	3.	14.	1.5394
				8	0.	3.	14.	1.5394
				9	-25.	3.	14.	1.5394
				10	-50.	3.	14.	1.5394

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12. (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1| | 0.| 382419.| 0.|

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

Sol.	muz	muy	lambda
1.	-.00003414904	0.	.00062424609

Tensioni massime sui materiali:

Cls			Acciaio lento		
sol	vert.	S cls	ferro	S ferri	Ve
1	1- 1	-65.7 si	6	2633.2	si

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLS:  $\sigma_{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.6 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$  RARA
- Lato ACCIAIO:  $\sigma_{s,max} = 0.80 * f_{yk} = 0.80 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$  RARA

Entrambe le condizioni di limitazione delle tensioni in esercizio risultano essere soddisfatte.

## 6.4 Verifica SLEfreq – Fessurazione

Di seguito si riportano le verifiche allo SLEfreq per la sezione scelta.

Le sollecitazioni di verifica risultano (a favore di sicurezza si considera l'intero contributo dei carichi variabili per gli effetti locali mentre per gli effetti globali si applica

il coefficiente di combinazione  $\psi_{1i} = 0.75$ ):

- $Mk^+ = 187670 + 149132 = 336802 \text{ kg*cm/m}$
- $Mk^- = -159630 - 523422 = -683052 \text{ kg*cm/m}$

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. Per la verifica a momento positivo si trascura il contributo della predalle posta dal lato teso e pertanto la sezione diventa (100x24)cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm.

L'armatura minima disposta è costituita da barre Ø18/20 al lembo superiore e Ø14/20 al lembo inferiore. Si riporta di seguito il tabulato di verifica allo SLEfreq della sezione per momento negativo.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file       : Soletta interna SLEfreq M-.VSE
Tipo verifica   : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri          : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:
  Vert. = contorno_vertice del CLS;          d = diametro;
  S      = Sigma (tensioni sui materiali);
  Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI

Calcestruzzo:  Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio       :  Tipo= B450C ;;Sam= 2550. ;; n=15 .

SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: RETTANGOLARE
Cls:
vert. | Z | Y |
1- 1 | -50. | 30. |
1- 2 | 50. | 30. |
1- 3 | 50. | 0. |
1- 4 | -50. | 0. |

Acciaio lento:
ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1 | 45. | 25. | 18. | 2.5447 |
2 | 22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
3 | 0. | 25. | 18. | 2.5447 |
4 | -22.5 | 25. | 18. | 2.5447 |
5 | -45. | 25. | 18. | 2.5447 |
6 | 45. | 9. | 14. | 1.5394 |
7 | 22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
8 | 0. | 9. | 14. | 1.5394 |
9 | -22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
10 | -45. | 9. | 14. | 1.5394 |

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My |
1 | | 0. | -683052. | 0. |

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00002807577 | 0. | -.00022863878 |

Tensioni massime sui materiali:
sol | cls | acciaio lento |
1 | vert. | S cls | | Ve | ferro | S ferri | | Ve |
1 | 1- 3 | -76.9 | | si | 1 | 2388.2 | | si |
  
```

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLEfreq per momento positivo.



Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : Soletta interna SLEfreq M+.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

## MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Sarm = 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ; Sarm= 2550. ;; n=15 .

## SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	24.	1	45.	19.	18.	2.5447
1- 2	50.	24.	2	22.5	19.	18.	2.5447
1- 3	50.	0.	3	0.	19.	18.	2.5447
1- 4	-50.	0.	4	-22.5	19.	18.	2.5447
			5	-45.	19.	18.	2.5447
			6	50.	3.	14.	1.5394
			7	25.	3.	14.	1.5394
			8	0.	3.	14.	1.5394
			9	-25.	3.	14.	1.5394
			10	-50.	3.	14.	1.5394

## SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12. (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | 0. | 336802. | 0. |

## RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

sol.	muz	muy	lambda
1.	-0.0003007556	0.	.00054978265

Tensioni massime sui materiali:

Cls		Acciaio lento	
sol	vert.	s cls	ferro s ferri
1	1- 1	-57.9 si	6  2319.1 si

Il momento di prima fessurazione per la sezione composta da CLS C32/40 (considerando un  $f_{ctm}/1.2 = 25.8 \text{ kg/cm}^2$ ) è pari a:

- $M_{fess+} = +285000 \text{ kg*cm}$
- $M_{fess-} = - 437000 \text{ kg*cm}$

In entrambi i casi la sollecitazione flettente agente supera quella di prima fessurazione e pertanto si riporta la verifica di apertura delle fessure.

Le NTC2008 stabiliscono, per una condizione ambientale aggressiva (XF3) i seguenti limiti di apertura delle fessure.

**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	$w_d$
<b>a</b>	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>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Il limite massimo di apertura delle fessure per la combinazione SLEfreq è pari a  $W_2 = 0.3\text{mm}$ .

Di seguito si riporta il calcolo diretto di apertura delle fessure per momento negativo.

## FESSURAZIONE

C	49 [mm]	copriferro
S	200 [mm]	distanza fra le due file di barre
n°ferri	5 [-]	numero ferri
phi	18 [mm]	diametro delle barre
bw=	1000 [mm]	larghezza anima
d,eff=	72.86666667 [mm]	altezza zona efficace intorno alle barre
Ac,eff=	72866.66667 [mmq]	area di cls efficace intorno alle barre
k2	0.4 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
k3	0.125 [-]	coefficiente per diagramma triangolare presso-flessione
pr	0.0175 [-]	rapporto fra armatura e area efficace di cls
σs	238.8 [N/mmq]	tensione acciaio sez parzializzata
σsr	152.8 [N/mmq]	tensione acciaio sez con fctm
Es	210000 [N/mmq]	modulo elasticità acciaio
β1	1 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
β2	0.5 [-]	coefficiente per azioni di lunga durata
ε_sm	0.0009 [-]	deformazione media
Srm	189.54 [mm]	distanza media fra le fessure
Wm	0.17 [mm]	valore medio apertura delle fessure
Wk	0.29 [mm]	valore di calcolo apertura delle fessure

Ambiente **ordinaria**

LIMITE DI NORMA  $w_k < 0.3$

VERIFICA **VERIFICA SUPERATA**

Di seguito si riporta il calcolo diretto di apertura delle fessure per momento positivo.

## FESSURAZIONE

C	27 [mm]	copriferro
S	200 [mm]	distanza fra le due file di barre
n°ferri	5 [-]	numero ferri
phi	14 [mm]	diametro delle barre
bw=	1000 [mm]	larghezza anima
d <sub>eff</sub> =	60.93333333 [mm]	altezza zona efficace intorno alle barre
Ac <sub>eff</sub> =	60933.33333 [mmq]	area di cls efficace intorno alle barre
k2	0.4 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
k3	0.125 [-]	coefficiente per diagramma triangolare presso-flessione
pr	0.0126 [-]	rapporto fra armatura e area efficace di cls
σs	231.9 [N/mmq]	tensione acciaio sez parzializzata
σsr	196.2 [N/mmq]	tensione acciaio sez con fctm
Es	210000 [N/mmq]	modulo elasticità acciaio
β1	1 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
β2	0.5 [-]	coefficiente per azioni di lunga durata
ε <sub>sm</sub>	0.0007 [-]	deformazione media
S <sub>rm</sub>	149.42 [mm]	distanza media fra le fessure
W <sub>m</sub>	0.11 [mm]	valore medio apertura delle fessure
W <sub>k</sub>	0.18 [mm]	valore di calcolo apertura delle fessure
Ambiente	<b>ordinaria</b>	
LIMITE DI NORMA	w <sub>k</sub> <	0.3
VERIFICA	<b>VERIFICA SUPERATA</b>	

Si fa notare come, a momento positivo, la verifica di apertura delle fessure per la combinazione dei carichi SLE<sub>qp</sub> (W<sub>1</sub> = 0.2mm) sia già soddisfatta per la combinazione SLE<sub>freq</sub> e pertanto tale verifica non sarà esplicitata nel seguito.

### 6.5 Verifica SLE<sub>qp</sub> – Limitazione delle tensioni e fessurazione

Di seguito si riportano le verifiche allo SLE<sub>qp</sub> per la sezione scelta.

Le sollecitazioni di verifica risultano (a favore di sicurezza si considera l'intero contributo dei carichi variabili per gli effetti locali mentre per gli effetti globali si applica il coefficiente di combinazione  $\psi_{2i} = 0.00$ ):

- $M_k^+ = 187670 + 12281 = 199951 \text{ kg*cm/m}$
- $M_k^- = -159630 - 234396 = -394026 \text{ kg*cm/m}$



1. | .00001619582 | 0. | | -.00013189278 |

UTIVO  
SPEZIA  
LOTTO  
ADALE  
27L2C1

Tensioni massime sui materiali:

Cls		Acciaio lento	
so1	vert.   S cls    Ve	ferro   S ferri    Ve	
1	1- 3   -44.4    si	1   1377.7    si	

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. Per la verifica a momento positivo si trascura il contributo della predalle posta dal lato teso e pertanto la sezione diventa (100x24)cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm.

L'armatura minima disposta è costituita da barre Ø18/20 al lembo superiore e Ø14/20 al lembo inferiore. Si riporta di seguito il tabulato di verifica allo SLEqp della sezione per momento negativo.

Descrizione : Sezione in C.A.  
Nome lavoro : MELAS5  
Nome file : Soletta interna SLEqp M-.VSE  
Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
S = Sigma (tensioni sui materiali);  
Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Sann = 122.5  
Acciaio : Tipo= B450C ; Sann= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	30.	1	45.	25.	18.	2.5447
1- 2	50.	30.	2	22.5	25.	18.	2.5447
1- 3	50.	0.	3	0.	25.	18.	2.5447
1- 4	-50.	0.	4	-22.5	25.	18.	2.5447
			5	-45.	25.	18.	2.5447
			6	45.	9.	14.	1.5394
			7	22.5	9.	14.	1.5394
			8	0.	9.	14.	1.5394
			9	-22.5	9.	14.	1.5394
			10	-45.	9.	14.	1.5394

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)  
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
1 | 0. | -394026. | 0. |

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

so1.	muz	muy	lambda
------	-----	-----	--------

1. | .00001619582 | 0. | | -.00013189278 |

Tensioni massime sui materiali:

Cls		Acciaio lento	
so1	vert.   S cls    Ve	ferro   S ferri    Ve	
1	1- 3   -44.4    si	1   1377.7    si	

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLEqp pari a:

- Lato CLS:  $\sigma_{c,max} = 0.45 * f_{ck} = 0.45 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$  Q.P.

La condizione di limitazione delle tensioni in esercizio risulta essere soddisfatta. Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLEqp per momento positivo.

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : Soletta interna SLEqp M+.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

CLS:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	24.	1	45.	19.	18.	2.5447
1- 2	50.	24.	2	22.5	19.	18.	2.5447
1- 3	50.	0.	3	0.	19.	18.	2.5447
1- 4	-50.	0.	4	-22.5	19.	18.	2.5447
			5	-45.	19.	18.	2.5447
			6	50.	3.	14.	1.5394
			7	25.	3.	14.	1.5394
			8	0.	3.	14.	1.5394
			9	-25.	3.	14.	1.5394
			10	-50.	3.	14.	1.5394

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12. (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | | 0. | 199951. | 0.

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

Sol.	muz	muy	lambda
1.	-.00001785511	0.	.00032639233

Tensioni massime sui materiali:

CLS		Acciaio lento	
sol	vert.   S cls    Ve	ferro   S ferri    Ve	
1	1- 2   -34.4    si	6   1376.8    si	

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLEqp pari a:

- Lato CLS:  $\sigma_{c,max} = 0.45 * f_{ck} = 0.45 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$  Q.P.

La condizione di limitazione delle tensioni in esercizio risulta essere soddisfatta.

Il momento di prima fessurazione per la sezione composta da CLS C32/40 (considerando un  $f_{ctm}/1.2 = 25.8 \text{ kg/cm}^2$ ) è pari a:

- Mfess+ = +285000 kg\*cm
- Mfess- = - 437000 kg\*cm

In entrambi i casi la sollecitazione flettente agente è inferiore a quella di prima fessurazione e pertanto la verifica di apertura delle fessure risulta essere automaticamente soddisfatta.

## 7. Sbalzi laterali

### 7.1 Discretizzazione del problema

Per ottimizzare al meglio lo studio degli sbalzi della soletta, ovvero per involuppare la totale varietà di configurazioni possibili, si suddividono dapprima i casi in base alla geometria del problema:

1. La soletta prevede un cordolo da 125 cm, atto all'alloggiamento del sicurvia ed al transito pedonale;
2. La soletta prevede un cordolo da 50 cm, atto all'alloggiamento del solo sicurvia;
3. La soletta non prevede alcun cordolo, poiché è adiacente alla strada esistente.

Le casistiche appena elencate sono state ulteriormente suddivise in funzione dell'oggetto rispetto al filo esterno della trave, ovvero:

- A. 50 cm circa da filo trave a filo soletta;
- B. 100 cm circa da filo trave a filo soletta;
- D. 150 cm circa da filo trave a filo soletta;
- F. 200 cm circa da filo trave a filo soletta.

La combinazione delle suddivisioni sopra riportate applicate ai casi reali delle 4 rampe di svincolo hanno permesso di ottenere un numero di condizioni di verifica pari a 11, involuppati pertanto tutte le casistiche possibili in termini di carico e geometria. Tali combinazioni sono:

- A1
- A2 (A3)
- B1
- B2
- B3
- D1
- D2
- D3
- F1
- F2
- F3

## 7.2 Sintesi dei risultati ottenuti

Per ogni condizione di verifica si è provveduto al calcolo delle sollecitazioni (nella condizione di carico più gravosa) ed al confronto con i valori resistenti.

In termini di sollecitazioni, i valori flettenti massimi sono condensati nel prospetto di Fig. 7.1 (espressi in kg\*cm).

		A1	A2	B1	B2	B3	D1	D2	D3	F1	F2	F3
M	SLU	141 518	1 222 001	572 067	1 081 999	1 874 468	942 861	1 323 562	2 183 120	1 250 596	1 909 811	3 303 756
	RARA	95 800	905 186	414 003	801 481	1 388 495	685 777	980 416	1 617 126	915 895	1 414 675	2 447 227

Fig. 7.1 – Massime sollecitazioni soletta

Le verifiche flessionali a SLU, per ognuno dei casi di cui sopra, dipendono dal quantitativo effettivo di armatura disposta. Il grafico di Fig. 7.2 mostra il confronto tra i valori sollecitanti di Fig. 7.1 ed i valori resistenti.

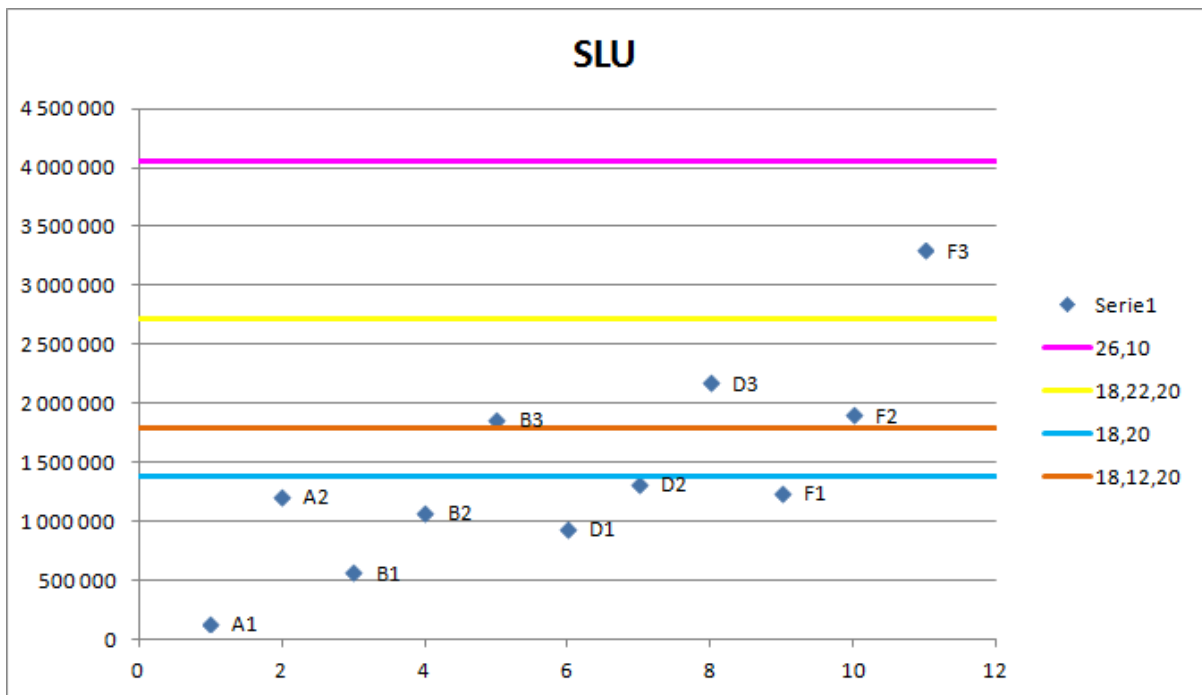


Fig. 7.2 – Valori resistenti e sollecitanti soletta

In Fig. 7.2, i valori resistenti sono forniti dalle linee orizzontali caratterizzate da colore differente, il che permette una rapida scelta delle armature da disporre nelle varie casistiche di verifica della soletta. Trattandosi di sbalzi, ovviamente, le armature riportate in legenda sono quelle disposte al negativo. In particolare:

- 26,10 → barre  $\phi 26$  poste a passo 10cm;
- 18,22,20 → barre  $\phi 18$  poste a passo 20cm + barre  $\phi 22$  poste a passo 20cm;
- 18,20 → barre  $\phi 18$  poste a passo 20cm;
- 18,12,20 → barre  $\phi 18$  poste a passo 20cm + barre  $\phi 12$  poste a passo 20cm.

Di seguito si esplicita il calcolo delle sollecitazioni e la verifica della soletta F3 che è quella caratterizzata dalle sollecitazioni maggiori.

### 7.3 Verifiche sbalzo tipo F3

Come rappresentativa delle sezioni con sbalzo tipo F3, è stata scelta la sezione trasversale della rampa P posta in campata (circa in mezzeria) tra le pile P5P e P6P. Per una migliore comprensione si riporta, in Fig. 7.3, una vista planimetrica che identifica la posizione della sezione di verifica.

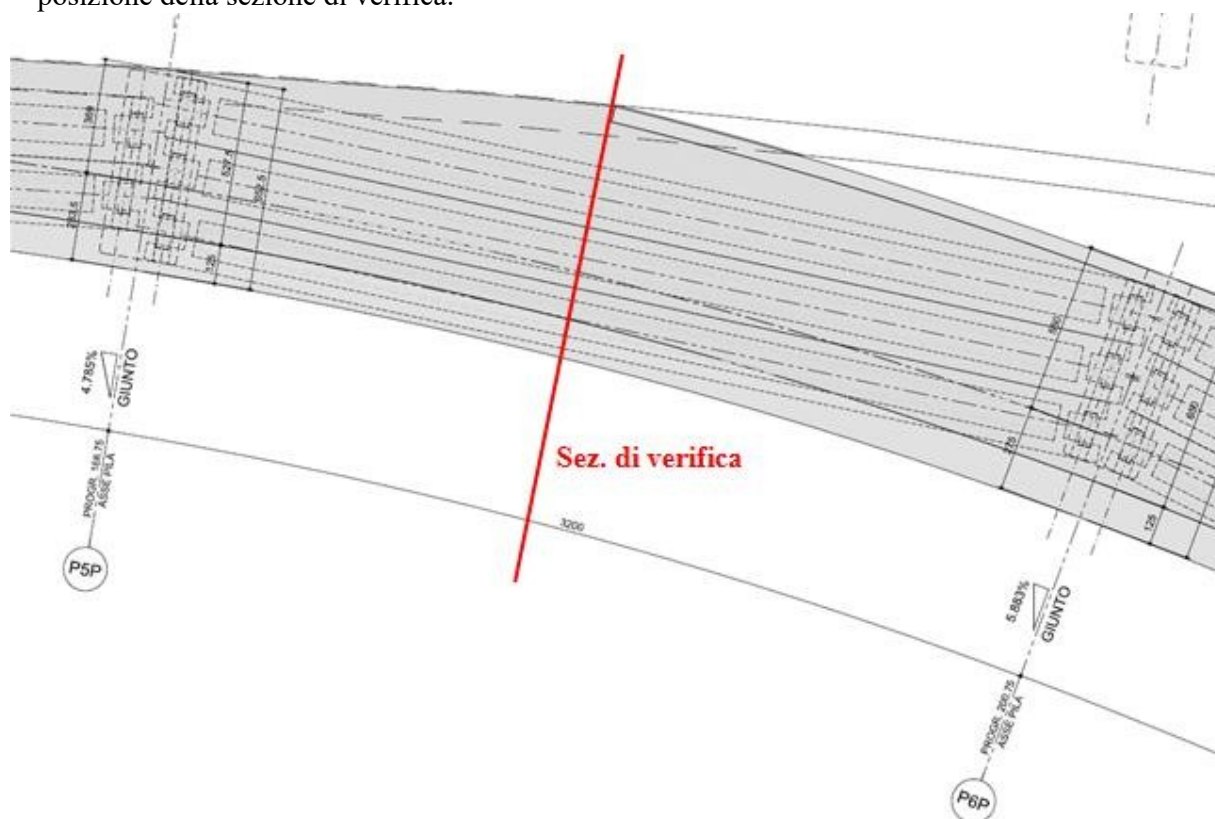


Fig. 7.3 – Vista planimetrica rampa P – Sezione di verifica soletta F3

In Fig. 7.4 si riporta la sezione trasversale di verifica.



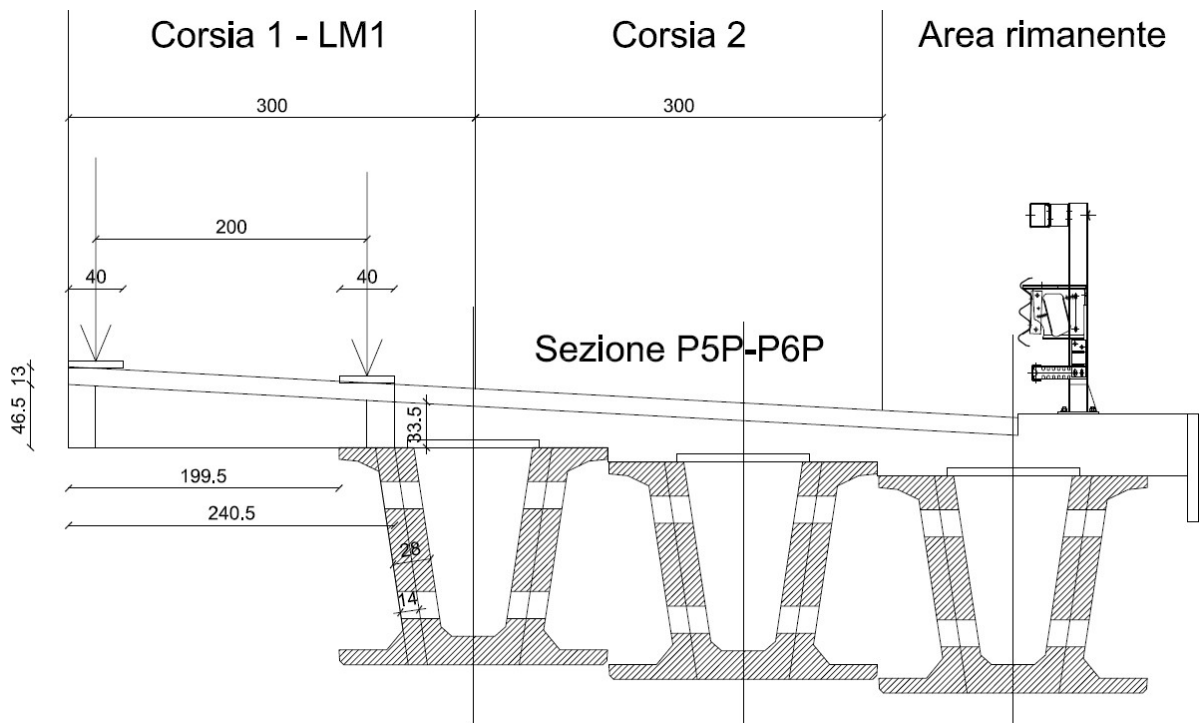


Fig. 7.4 – Sezione trasversale di verifica tipo F3

Appartenendo al gruppo F3 (quale condizione peggiore), si verifica una sezione caratterizzata dall'assenza sia del marciapiede da 125cm e sia dal cordolo di 50cm, con una soletta a tutto sbalzo su cui ogni punto può essere soggetto a carico da traffico.

La considerazione di una trave con anima da 28cm è cautelativa per la sezione di verifica della soletta dato che sposta l'asse dell'anima della trave all'interno dell'impalcato (poiché il filo esterno della trave rimane invariato) incrementando lo sbalzo di calcolo rispetto alla configurazione reale. Ciò viene fatto per considerare eventuali sbalzi simili posti in zone con anime ringrossate ed ottenere così un caso peggiorativo.

### 7.3.1 Peso proprio

Il peso proprio della soletta è valutato considerando l'effettiva sezione trasversale di verifica valutando un contributo rettangolare ed uno triangolare:

- Contributo rettangolare  $M_{pp1,k} = -241200 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{m}$
- Contributo triangolare  $M_{pp2,k} = -62400 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{m}$

La somma delle 2 componenti fornisce il valore totale (caratteristico) pari a 303600  $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{m}$  Il taglio caratteristico assume valore pari a  $V_{pp,k} = 2400 \text{ kg}/\text{m}$

### 7.3.2 Permanenti

I carichi permanenti agenti per il caso in esame sono rappresentati dalla pavimentazione stradale per un carico caratteristico di 300 kg/m<sup>2</sup>.

Il momento sollecitante valutato su uno sbalzo di 240cm è pari a.

- $M_{perm,k} = 86400 \text{ kg}\cdot\text{cm/m}$

Il taglio caratteristico assume valore pari a  $V_{perm,k} = 720 \text{ kg/m}$

### 7.3.3 Variabili da traffico – LM1

Lo *schema di carico 1* prevede carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte quadrate di lato 40 cm, e da un carico distribuito. Dato che gli sbalzi hanno sempre dimensioni inferiori a 3 m, si considera sempre solo la prima corsia nominale, dunque i carichi assumono i seguenti valori:

$$Q_{1k} = 30000 \text{ kg (asse);} \quad q_{1k} = 900 \text{ kg/m}^2$$

Sebbene la normativa prescriva che la ruota vada posizionata a 50 cm dal bordo della corsia, in questo caso, non essendoci nessun elemento di ritenuta, bisogna posizionare l'impronta al limite dello sbalzo (caso di transito del veicolo da rampa a strada esistente).

In *Fig. 7.5* si riporta il posizionamento e la ripartizione del carico per il calcolo delle sollecitazioni flessionali, in sezione ed in pianta.

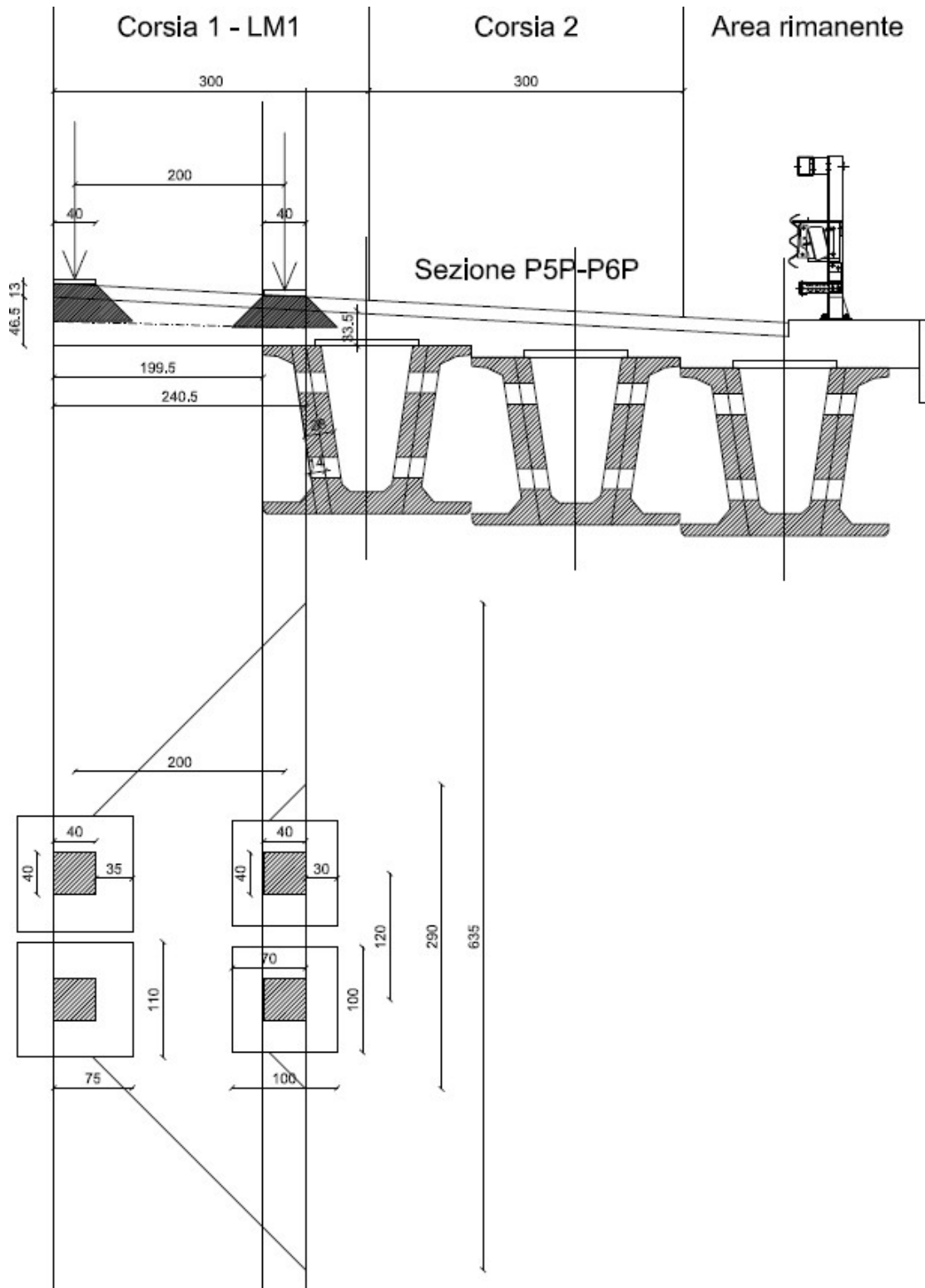


Fig. 7.5 – Diffusione dei carichi variabili concentrati per flessione – LM1

La diffusione nello spessore dell'impalcato utilizzata è pari a 35cm ottenuta considerando 13cm di spessore della pavimentazione e 22cm di spessore soletta per le ruote poste all'estremità, mentre è pari a 30cm (13cm + 17cm) per le ruote poste più internamente.

La superficie di diffusione della gomma di estremità è pari a (75x110)cm sulla quale finisce l'intero carico della singola gomma pari a 15000kg (dato che il giunto non trasmette taglio all'impalcato esistente). Per la gomma posta più internamente, invece, l'impronta diffusa è pari a (100x100)cm, ma solamente la porzione di carico sulla superficie (70x100)cm deve essere utilizzata per il calcolo della sollecitazione flettente. A favore di sicurezza, per le verifiche, si applicheranno valori concentrati delle forze di intensità così calcolata:

- Gomme di estremità:  $Q_{est,k} = \frac{2 \times 15000 \text{kg}}{6.35 \text{m}} = 4725 \text{kg/m}$
- Gomme interne:  $Q_{int,k} = \frac{2 \times 15000 \text{kg}}{2.90 \text{m}} * 0.7 = 7241 \text{kg/m}$

Il momento flettente caratteristico dato dal LM1 su 1 metro di profondità della soletta è valutabile attraverso la seguente espressione:

$$MLM1,k = \left( \frac{9 \text{ kg} * (240 \text{ cm})^2}{2} + 4725 \text{kg} * 202.5 \text{cm} + 7241 \text{kg} * 35 \text{cm} \right) * 1.4 = 2057227 \frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{m}}$$

Si noti che, per considerare l'incremento dinamico delle sollecitazioni in corrispondenza di giunti come indicato al punto 5.1.3.4 delle NTC2008, si è applicato un fattore amplificativo pari a 1.4.

Il taglio viene diffuso secondo uno schema differente dato che la sezione di verifica si sposta a filo della trave prefabbricata. Per una migliore comprensione si rimanda alla Fig. 7.6.

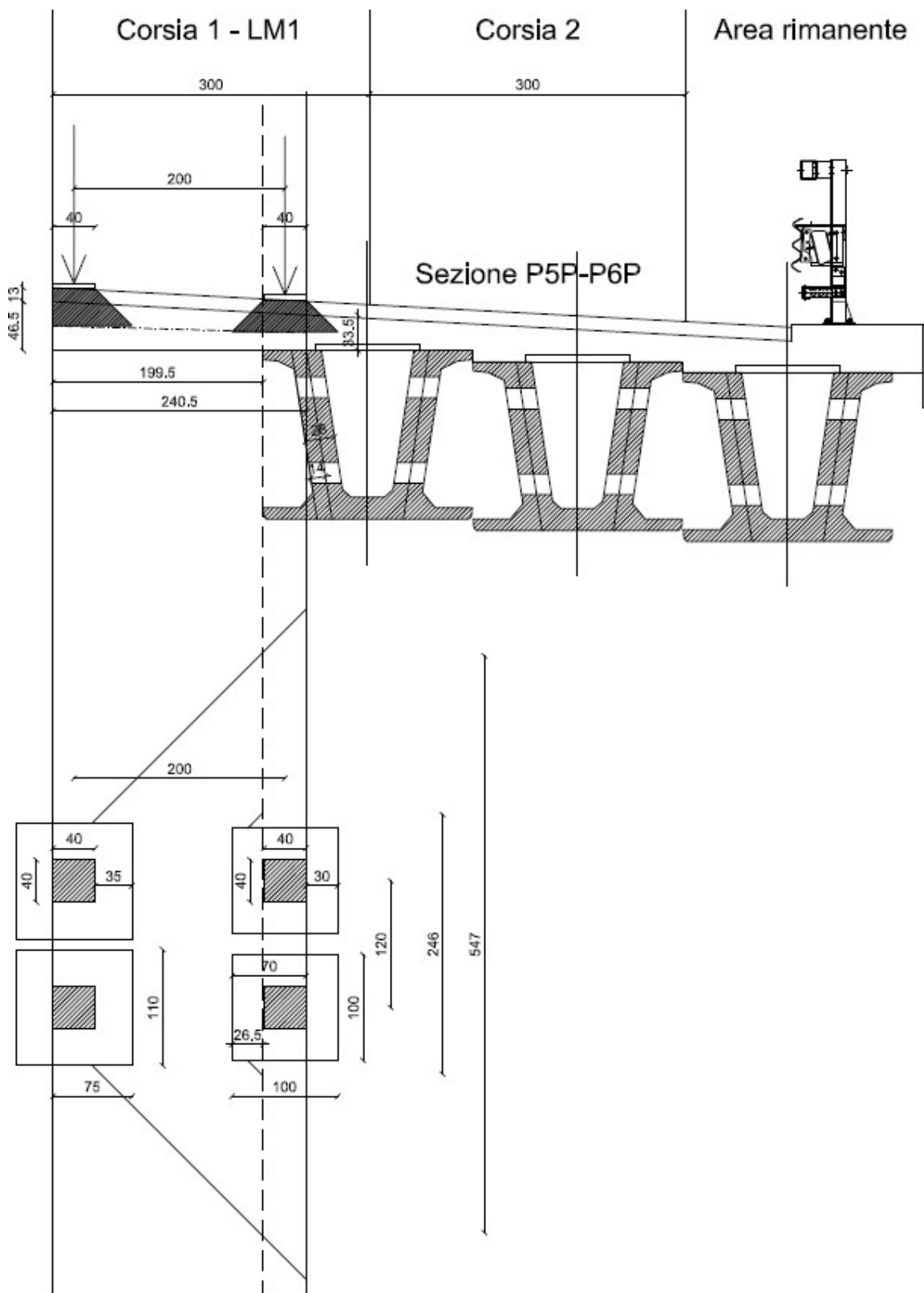


Fig. 7.6 – Diffusione dei carichi variabili concentrati per taglio – LM1

Il taglio caratteristico di verifica è valutato tramite la seguente relazione:

$$V_{LM1,k} = \left( \frac{30000kg}{5.47m} + \frac{30000kg}{2.46m} * 0.265 + 9 \frac{kg}{cm} * 196cm \right) * 1.4 = 14672kg$$

Si noti che, anche in questo caso, per considerare l'incremento dinamico delle sollecitazioni in corrispondenza di giunti come indicato al punto 5.1.3.4 delle NTC2008, si è applicato un fattore amplificativo pari a 1.4.

### 7.3.4 Variabili da traffico – LM2

Lo *schema di carico 2* prevede carichi concentrati su un asse, applicati su impronte rettangolari di lati (60x35)cm, e nessun carico distribuito. I carichi assumono i seguenti valori:

$$Q_{1k} = 40000 \text{ kg (asse);} \quad q_{1k} = 0 \text{ kg/m}^2$$

In *Fig. 7.7* si riporta il posizionamento e la ripartizione del carico per il calcolo delle sollecitazioni flessionali, in sezione ed in pianta.

- Gomme di estremità:  $Q_{est,k} = \frac{1 \times 20000kg}{4.91m} = 4073kg/m$
- Gomme interne:  $Q_{int,k} = \frac{1 \times 20000kg}{1.66m} * 0.58 = 6987kg/m$

Il momento flettente caratteristico dato dal LM1 su 1 metro di profondità della soletta è valutabile attraverso la seguente espressione:

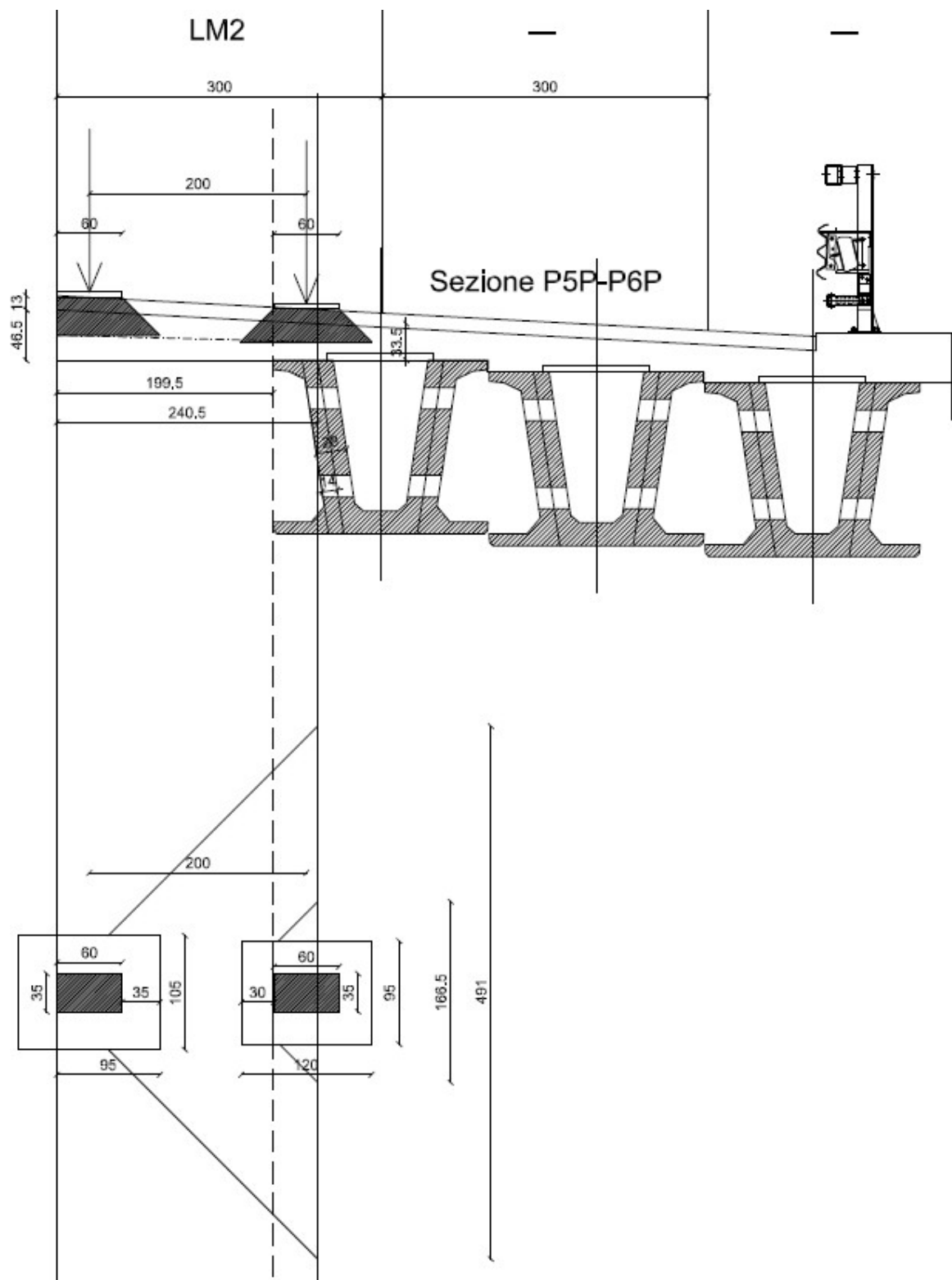


Fig. 7.7 – Diffusione dei carichi variabili concentrati per flessione – LM2

La diffusione nello spessore dell'impalcato utilizzata è pari a 35cm ottenuta considerando 13cm di spessore della pavimentazione e 22cm di spessore soletta per le ruote poste all'estremità, mentre è pari a 30cm (13cm + 17cm) per le ruote poste più internamente.

La superficie di diffusione della gomma di estremità è pari a (95x105)cm sulla quale finisce l'intero carico della singola gomma pari a 20000kg (dato che il giunto non trasmette taglio all'impalcato esistente). Per la gomma posta più internamente, invece, l'impronta diffusa è pari a (120x95)cm, ma solamente la porzione di carico sulla superficie (70x95)cm deve essere utilizzata per il calcolo della sollecitazione flettente. A favore di sicurezza, per le verifiche, si applicheranno valori concentrati delle forze di intensità così calcolata:

$$M_{LM2,k} = \frac{(4073kg * 193cm + 6987kg * 36cm)}{2} * 1.4 = 1452670 \frac{kg \cdot cm}{m}$$

Si noti che, per considerare l'incremento dinamico delle sollecitazioni in corrispondenza di giunti come indicato al punto 5.1.3.4 delle NTC2008, si è applicato un fattore amplificativo pari a 1.4.

Il taglio viene diffuso secondo uno schema differente dato che la sezione di verifica si sposta a filo della trave prefabbricata. Per una migliore comprensione si rimanda alla Fig. 7.8.



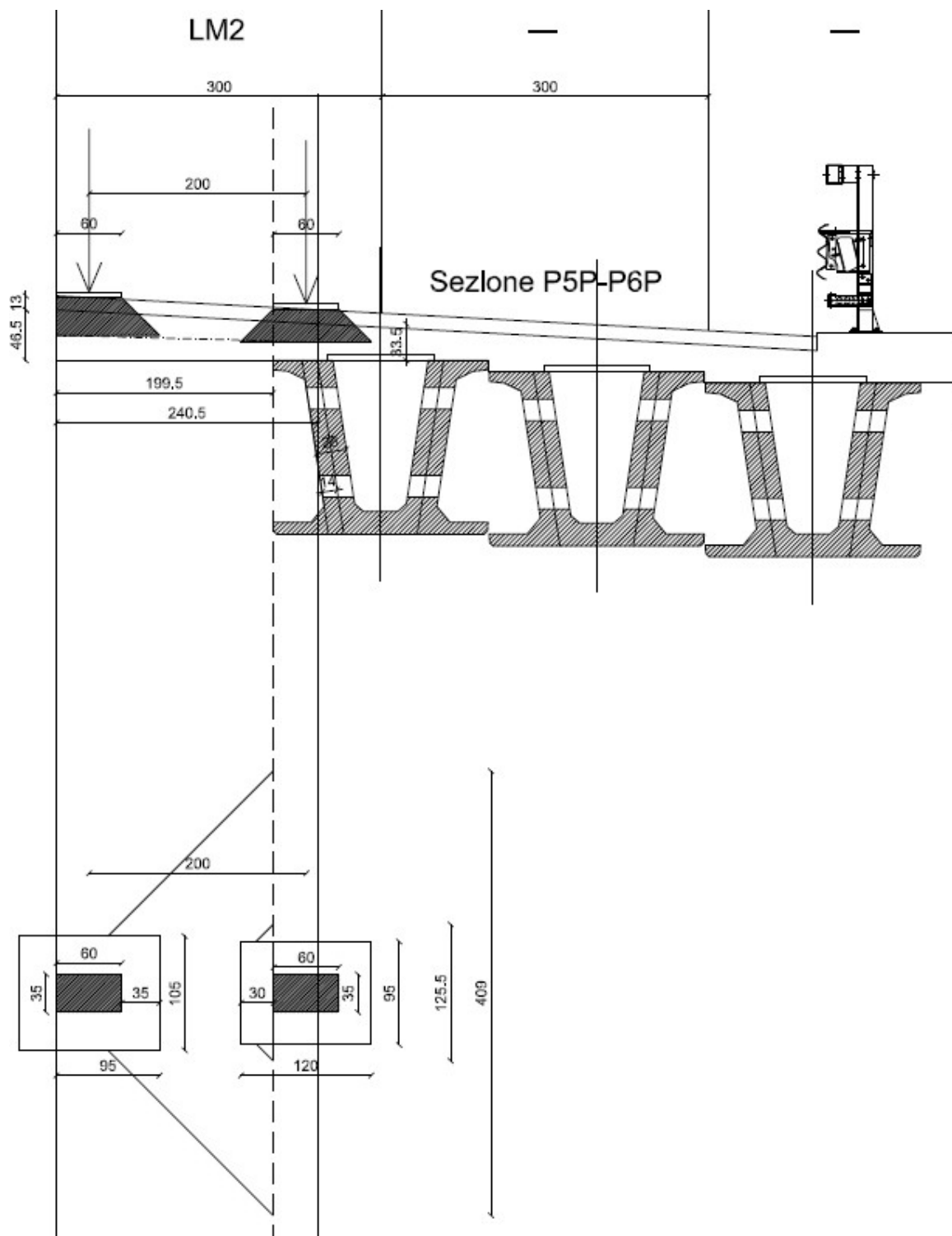


Fig. 7.8 – Diffusione dei carichi variabili concentrati per taglio – LM2

Il taglio caratteristico di verifica è valutato tramite la seguente relazione:

$$V_{LM1,k} = \left( \frac{20000kg}{4.09m} + \frac{20000kg}{1.25m} * 0.25 \right) * 1.4 = 12445kg$$

Si noti che, anche in questo caso, per considerare l'incremento dinamico delle sollecitazioni in corrispondenza di giunti come indicato al punto 5.1.3.4 delle NTC2008, si è applicato un fattore amplificativo pari a 1.4.

Come è possibile notare, il LM1 fornisce sollecitazioni peggiori rispetto al LM2.

### 7.3.5 Verifiche a SLU

Per condurre le verifiche a SLU è necessario amplificare i valori di sollecitazione caratteristica riportati in precedenza per un coefficiente amplificativo delle azioni pari a  $\gamma = 1.35$  (dato che i carichi permanenti sono compiutamente definiti). Le sollecitazioni flettenti di progetto sono:

- Pp soletta:  $M_{pp,SLU} = 1.35 * (-303600kgcm) = -409860 kg*cm$ ;
- Perm:  $M_{perm,SLU} = 1.35 * (-86400kgcm) = -116640 kg*cm$ ;
- Perm:  $M_{LM1,SLU} = 1.35 * (-2057227kgcm) = -2777256 kg*cm$ ;

La somma dei valori sopra riportati è pari a  $M_{tot, SLU} = -3303756 kg*cm$ .

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm. La sezione di verifica è armata con barre  $\phi 26/10$  poste all'estradosso e con barre  $\phi 14/20$  poste all'intradosso.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file       : Soletta Tipo 4 SLU.VSE
Tipo verifica   : stati limite - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
                  ferri      : diametri in mm; aree in cm2.
Simboli:
  Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
  S      = Sigma (tensioni sui materiali);
  D      = Deformazioni x 1000 (epsilon);
  Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

MATERIALI
Calcestruzzo:  Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)
Acciaio       :  Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

SEZIONE
L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
  
```

```

Tipo sezione: RETTANGOLARE
Cls:
vert. | Z | Y |
1- 1 | -50. | 0. |
1- 2 | -50. | 30. |
1- 3 | 50. | 30. |
1- 4 | 50. | 0. |

Acciaio lento:
ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1 | 45. | 9. | 14. | 1.5394 |
2 | 22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
3 | 0. | 9. | 14. | 1.5394 |
4 | -22.5 | 9. | 14. | 1.5394 |
5 | -45. | 9. | 14. | 1.5394 |
6 | 45. | 25. | 26. | 5.3093 |
7 | 35. | 25. | 26. | 5.3093 |
8 | 25. | 25. | 26. | 5.3093 |
9 | 15. | 25. | 26. | 5.3093 |
10 | 5. | 25. | 26. | 5.3093 |
11 | -5. | 25. | 26. | 5.3093 |
12 | -15. | 25. | 26. | 5.3093 |
13 | -25. | 25. | 26. | 5.3093 |
14 | -35. | 25. | 26. | 5.3093 |
15 | -45. | 25. | 26. | 5.3093 |

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -4060110. | 0. | Mz-:-4060110./-3303756.=1.2289

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00027628218 | 0. | -.00349830695 |

Deformazioni massime sui materiali:

Cls
sol vert. | D cls | S cls | |Ve|
1 1- 1 | -3.4983 | -188.1 | |si|

Acciaio lento
ferro | D ferri | S ferri | |Ve|
6. | 3.4087 | 3930.4 | |si|
  
```

La sezione risulta essere verificata con un fattore di sicurezza pari a  $FS = 1.2289$ . Le sollecitazioni di taglio di progetto sono:

- Pp soletta:  $V_{pp,SLU} = 1.35 \cdot 2400 \text{kg} = 3240 \text{kg}$ ;
- Perm:  $V_{perm,SLU} = 1.35 \cdot 720 \text{kg} = 972 \text{kg}$ ;
- Perm:  $V_{LM1,SLU} = 1.35 \cdot 14672 \text{kg} = 19807 \text{kg}$ ;

La somma dei valori sopra riportati è pari a  $V_{tot,SLU} = 24019 \text{kg} \cdot \text{cm}$ .

Il calcolo del taglio resistente per una sezione non armata a taglio è riportato nel prospetto seguente (considerando 1m di profondità della soletta).

<b>Verifiche a taglio travi non armate a taglio</b>			
<i>Verifiche a taglio svolte secondo il Cap 4 NTC2008 § 4.1.2.1.3.1</i>			
<b>GEOMETRIA DELLA SEZIONE</b>			
Larghezza della sezione o anima	$b_w$	[mm]	1000
Altezza complessiva della sezione	$h$	[mm]	360
Area complessiva sezione di CLS	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	360000
Copriferro di calcolo	$c$	[mm]	53
Area di acciaio long. tesa sez. di verifica	$A_{s1}$	[mm <sup>2</sup> ]	5300
Sforzo normale agente nella sezione	$N_{ed}$	[N]	0
Sollecitazione tagliante a SLU	$V_{ed}$	[N]	240190
<b>MATERIALI UTILIZZATI</b>			
Resistenza caratteristica cubica del CLS	$R_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	40
<b>FATTORI DI SICUREZZA MATERIALI</b>			
Fattore di sicurezza lato CLS	$\gamma_c$	[a.d.]	1.50
Fattore sicurezza lato acciaio	$\gamma_s$	[a.d.]	1.15
Coeff. di fluage lato CLS	$\alpha_{cc}$	[a.d.]	0.85
<b>CARATTERISTICHE DERIVATE DEI MATERIALI</b>			
Resistenza caratteristica cilindrica del CLS	$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	33.20
Resistenza cilindrica di progetto CLS	$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	18.813333
<b>RESISTENZA MINIMA A TAGLIO DEL CLS</b>			
Altezza utile della sezione	$d$	[mm]	307
Fattore d'ingranamento CLS calcolato	$K_{calc}$	[a.d.]	1.807
Fattore d'ingranamento CLS massimo	$K_{max}$	[a.d.]	2.000
Fattore d'ingranamento CLS usato	$K_{used}$	[a.d.]	1.807
Resistenza minima cls	$V_{min}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.490
Tensione media di comprex nella sez. calcolo	$\sigma_{cp,calc}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Valore limite tensione di compressione	$\sigma_{cp,max}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	3.763
Tensione di compressione usata	$\sigma_{cp,used}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Resistenza a taglio minimo del CLS	$V_{Rd,min}$	[N]	150405
---	---	[daN]	15040
<b>RESISTENZA A TAGLIO DEL CLS CON ARMATURE LONGITUDINALI</b>			
Percentuale geometrica di armatura tesa calc	$\rho_{L,calc}$	[a.d.]	0.01726
Percentuale geometrica di armatura tesa max	$\rho_{L,max}$	[a.d.]	0.02000
Percentuale geometrica di armatura tesa usata	$\rho_{L,used}$	[a.d.]	0.01726
Resistenza a taglio CLS con $A_{s1}$	$V_{Rd,As1}$	[N]	256686
---	---	[daN]	25669
<b>RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE</b>			
Resistenza a taglio della sezione	$V_{Rd}$	[daN]	25669
Sollecitazione tagliante a SLU	$V_{ed}$	[daN]	24019
Esito verifica	<b>Sezione verificata</b>		

La sezione risulta essere verificata a taglio con un FS = 1.0687 (considerando un'amplificazione dinamica per discontinuità da giunti pari a 1.40). L'armatura attiva che si è considerata nel calcolo è composta da 10 barre  $\phi 26$  poste lato teso (estradosso).

### 7.3.6 Verifiche a SLErara – Limitazione delle tensioni

Le sollecitazioni flettenti per la combinazione SLErara delle azioni sono:

- Pp soletta:  $M_{pp,SLErara} = 1.00*(-303600\text{kgcm}) = -303600 \text{ kg*cm};$
- Perm:  $M_{perm,SLErara} = 1.00*(-86400\text{kgcm}) = -86400 \text{ kg*cm};$
- Perm:  $M_{LM1,SLErara} = 1.00*(-2057227\text{kgcm}) = -2057227 \text{ kg*cm};$

La somma dei valori sopra riportati è pari a  $M_{tot, SLErara} = -2447227 \text{ kg*cm}.$

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm. La sezione di verifica è armata con barre  $\phi 26/10$  poste all'estradosso e con barre  $\phi 14/20$  poste all'intradosso.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file      : Soletta Tipo 4 SLErara F3.VSE
Tipo verifica  : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri         : diametri in mm; aree in cm2.
  
```

```

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S     = Sigma (tensioni sui materiali);
Ve    = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.
  
```

#### MATERIALI

```

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio      : Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .
  
```

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	0.	1	45.	9.	14.	1.5394
1- 2	-50.	30.	2	22.5	9.	14.	1.5394
1- 3	50.	30.	3	0.	9.	14.	1.5394
1- 4	50.	0.	4	-22.5	9.	14.	1.5394
			5	-45.	9.	14.	1.5394
			6	45.	25.	26.	5.3093
			7	35.	25.	26.	5.3093
			8	25.	25.	26.	5.3093
			9	15.	25.	26.	5.3093
			10	5.	25.	26.	5.3093
			11	-5.	25.	26.	5.3093
			12	-15.	25.	26.	5.3093
			13	-25.	25.	26.	5.3093
			14	-35.	25.	26.	5.3093
			15	-45.	25.	26.	5.3093

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

```

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N      | Mz      | My      | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0.      | -2447227. | 0.      |
  
```

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

```
sol | muz | muy | lambda |
1. | .00003839979 | 0. | -.00051088832 |
```

Tensioni massime sui materiali:

```
cls | Acciaio lento
sol | vert. | s | cls | |ve| | ferro | s | ferri | |ve|
1 | 1- | 1 | -171.9 | |si| | 6 | 2266.4 | |si|
```

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLSRara:  $\sigma_{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.60 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$
- Lato ACCIAIORara:  $\sigma_{s,max} = 0.8 * f_{yk} = 0.8 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLE rara delle azioni risulta essere soddisfatta.

### 7.3.7 Verifiche a SLEfreq – Fessurazione

Le sollecitazioni flettenti per la combinazione SLEfreq delle azioni sono:

- Pp soletta:  $M_{pp,SLEfreq} = 1.00 * (-303600 \text{ kgcm}) = -303600 \text{ kg*cm}$ ;
- Perm:  $M_{perm,SLEfreq} = 1.00 * (-86400 \text{ kgcm}) = -86400 \text{ kg*cm}$ ;
- Perm:  $M_{LM1,SLEfreq} = 0.75 * (-2057227 \text{ kgcm}) = -1542920 \text{ kg*cm}$ ;

La somma dei valori sopra riportati è pari a  $M_{tot, SLEfreq} = -1932920 \text{ kg*cm}$ .

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm. La sezione di verifica è armata con barre  $\phi 26/10$  poste all'estradosso e con barre  $\phi 14/20$  poste all'intradosso.

```
Descrizione : Sezione in C.A.
Nome lavoro : MELAS5
Nome file : Soletta Tipo 4 SLEfreq F3.VSE
Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri : diametri in mm; aree in cm2.
Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS; d = diametro;
S = Sigma (tensioni sui materiali);
Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI
Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio : Tipo= B450C ; Samm= 2550. ;; n=15 .
```

## SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	0.	1	45.	9.	14.	1.5394
1- 2	-50.	30.	2	22.5	9.	14.	1.5394
1- 3	50.	30.	3	0.	9.	14.	1.5394
1- 4	50.	0.	4	-22.5	9.	14.	1.5394
			5	-45.	9.	14.	1.5394
			6	45.	25.	26.	5.3093
			7	35.	25.	26.	5.3093
			8	25.	25.	26.	5.3093
			9	15.	25.	26.	5.3093
			10	5.	25.	26.	5.3093
			11	-5.	25.	26.	5.3093
			12	-15.	25.	26.	5.3093
			13	-25.	25.	26.	5.3093
			14	-35.	25.	26.	5.3093
			15	-45.	25.	26.	5.3093

## SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)

Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.

N.	N	Mz	My	Sollecitaz. ultima calcolata
1	0.	-1932920.	0.	

## RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

Sol.	muz	muy	lambda
1.	.00003032973	0.	-.00040352049

Tensioni massime sui materiali:

sol	Cls		Acciaio lento	
	vert.	S cls	ferro	S ferri
1	1- 1	-135.8	6	1790.1

Le NTC2008 stabiliscono, per una condizione ambientale aggressiva (XF3) i seguenti limiti di apertura delle fessure.

**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 <sub>d</sub>	Stato limite	w <sub>d</sub>
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Il momento negativo di prima fessurazione per la soletta, valutato considerando un cls C32/40 ( $f_{ctm}/1.2 = 25.8 \text{ kg/cm}^2$ ) è pari a:

- $M_{fess-} = -580000 \text{ kg*cm}$

Essendo il momento sollecitante maggiore del momento di prima fessurazione si riporta il calcolo diretto di apertura delle fessure.

## FESSURAZIONE

C	53 [mm]	copriferro
S	100 [mm]	distanza fra le due file di barre
n°ferri	10 [-]	numero ferri
phi	26 [mm]	diametro delle barre
bw=	1000 [mm]	larghezza anima
d,eff=	55.66666667 [mm]	altezza zona efficace intorno alle barre
Ac,eff=	55666.66667 [mmq]	area di cls efficace intorno alle barre
k2	0.4 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
k3	0.125 [-]	coefficiente per diagramma triangolare presso-flessione
pr	0.0954 [-]	rapporto fra armatura e area efficace di cls
σs	179.0 [N/mmq]	tensione acciaio sez parzializzata
σsr	53.7 [N/mmq]	tensione acciaio sez con fctm
Es	210000 [N/mmq]	modulo elasticità acciaio
β1	1 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
β2	0.5 [-]	coefficiente per azioni di lunga durata
ε_sm	0.0008 [-]	deformazione media
Srm	139.63 [mm]	distanza media fra le fessure
Wm	0.11 [mm]	valore medio apertura delle fessure
Wk	0.19 [mm]	valore di calcolo apertura delle fessure
Ambiente	<b>ordinaria</b>	
LIMITE DI NORMA	wk <	0.3
VERIFICA	<b>VERIFICA SUPERATA</b>	

L'apertura delle fessure prevista per la combinazione SLEfreq è pari a  $0.19\text{mm} < 0.30\text{mm}$  e pertanto la verifica risulta essere superata.



### 7.3.8 Verifiche a SLEqp – Limitazione tensioni e fessurazione

Le sollecitazioni flettenti per la combinazione SLEqp delle azioni sono:

- Pp soletta:  $M_{pp,SLEqp} = 1.00 * (-303600 \text{kgcm}) = -303600 \text{ kg*cm}$ ;
- Perm:  $M_{perm,SLEqp} = 1.00 * (-86400 \text{kgcm}) = -86400 \text{ kg*cm}$ ;
- Perm:  $M_{LM1,SLEqp} = 0.00 * (-2057227 \text{kgcm}) = -0 \text{ kg*cm}$ ;

La somma dei valori sopra riportati è pari a  $M = -390000 \text{ kg*cm}$ .

Lo spessore minimo della soletta collaborante è pari 30cm. A momento negativo la predalle risulta essere compressa e pertanto la sezione di verifica risulta essere pari a (100x30)cm. La sezione di verifica è armata con barre  $\phi 26/10$  poste all'estradosso e con barre  $\phi 14/20$  poste all'intradosso.

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : Soletta Tipo 4 SLEqp F3.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	0.	1	45.	9.	14.	1.5394
1- 2	-50.	30.	2	22.5	9.	14.	1.5394
1- 3	50.	30.	3	0.	9.	14.	1.5394
1- 4	50.	0.	4	-22.5	9.	14.	1.5394
			5	-45.	9.	14.	1.5394
			6	45.	25.	26.	5.3093
			7	35.	25.	26.	5.3093
			8	25.	25.	26.	5.3093
			9	15.	25.	26.	5.3093
			10	5.	25.	26.	5.3093
			11	-5.	25.	26.	5.3093
			12	-15.	25.	26.	5.3093
			13	-25.	25.	26.	5.3093
			14	-35.	25.	26.	5.3093
			15	-45.	25.	26.	5.3093

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 15. (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N.| N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1| 0. | -390000. | 0. |

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

sol.	muz	muy	lambda
1.	.00000611955	0.	-.00008141723

Tensioni massime sui materiali:

sol	cls	vert.	s cls	Ve	Acciaio lento	ferro	s ferri	Ve
1	1- 1	-27.4	si		6	361.2	si	

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE<sub>qp</sub> pari a:

- Lato CLS<sub>qp</sub>:  $\sigma_{c,max} = 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLE<sub>qp</sub> delle azioni risulta essere soddisfatta.

Il momento sollecitante è inferiore al momento di prima fessurazione già esplicitato al punto precedente e pertanto la verifica di apertura delle fessure risulta essere automaticamente soddisfatta.

## 8. Traversi di estremità in corrispondenza di giunti

Il presente capitolo riporta le verifiche svolte sui traversi in opera posti alle estremità di ogni campata delle rampe di svincolo del Viadotto Melara posti in corrispondenza dei giunti trasversali di impalcato.

Le verifiche che vengono condotte sono a SLU ed SLE. Le sollecitazioni di calcolo vengono estratte a partire dai modelli di calcolo globale delle rampe riportati nella relazione di calcolo generale identificata dal codice "5641603CstRc1\_01".

### 8.1 Sollecitazioni derivanti dai modelli globali

Di seguito si espongono le sollecitazioni di calcolo dei traversi di testata ricavate dai modelli di calcolo generali delle singole rampe. I valori nel seguito riportati sono da intendersi come CARATTERISTICI.

Le sollecitazioni sono estratte con riferimento ai seguenti Casi/Condizioni di Carico:

- Condizione di Carico 2: contributo soletta (\*);
- Caso di Carico 35: contributo carichi permanenti di II fase;
- Inviluppo Casi di Carico 1-8: contributo dei carichi variabili da traffico.

(\*) il contributo della soletta viene considerato in modo cautelativo per poter prendere in considerazione eventuali sollecitazioni derivanti da porzioni di getto in II fase della soletta stessa nelle zone di sbalzo che andrebbero a sollecitare i traversi.

#### 8.1.1 MELAS1



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



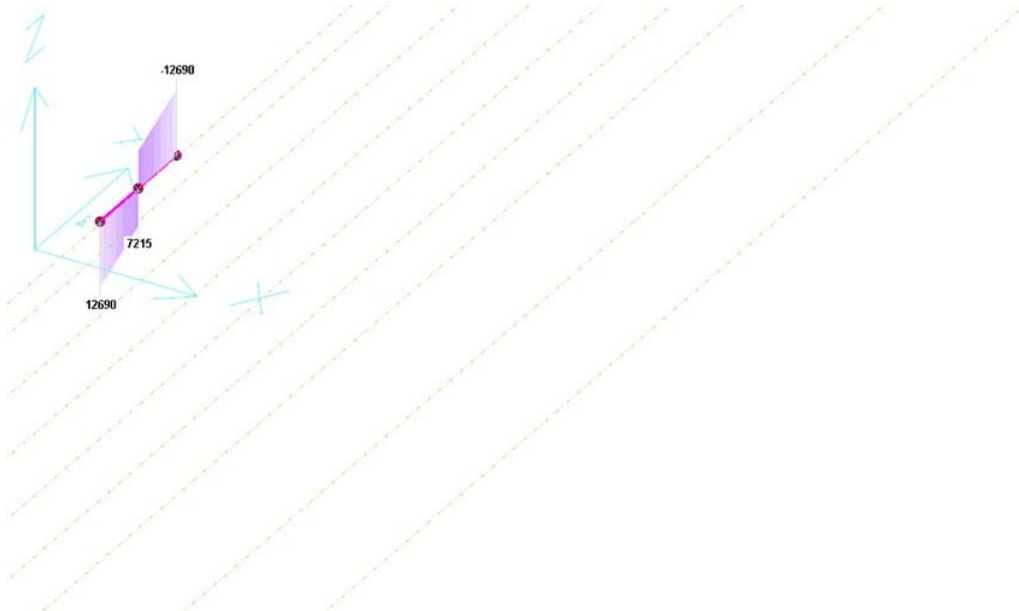
Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



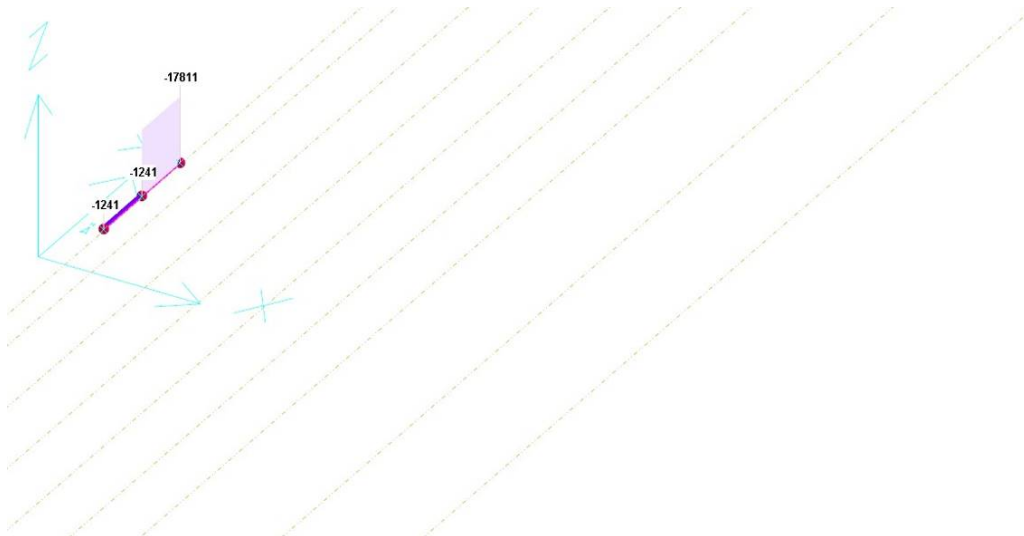
Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati fornisce nelle sezioni più sollecitate i seguenti risultati caratteristici:

- $M_{k+} = 2477139 \text{ kg*cm}$
- $M_{k-} = -10474878 \text{ kg*cm}$



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 78456$  kg.

### 8.1.2 MELAS2



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



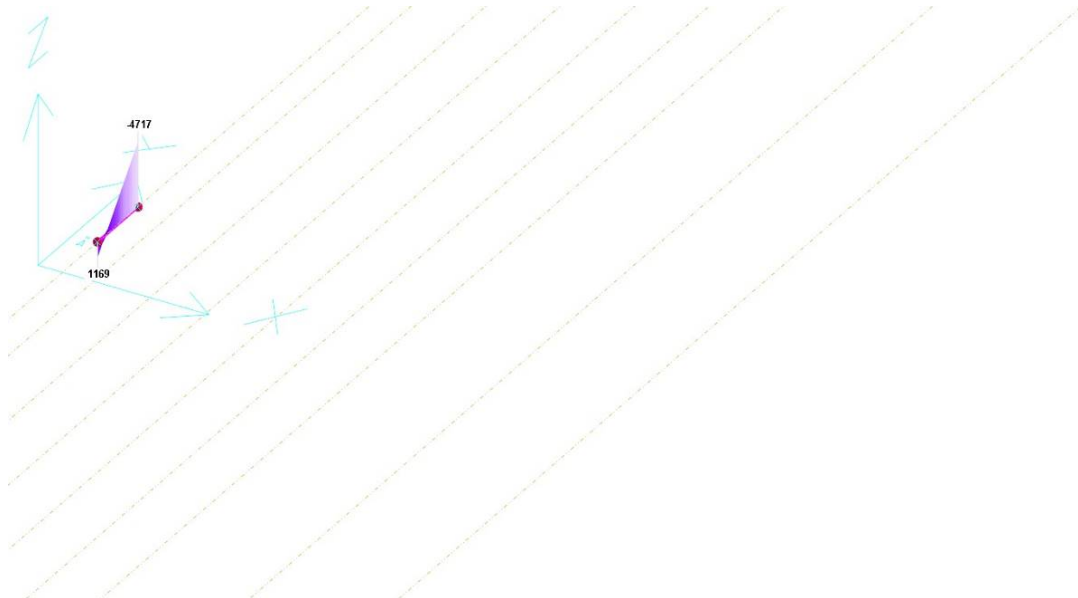
Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati fornisce nelle sezioni più sollecitate i seguenti risultati caratteristici:

- $M_{k+} = 2877172 \text{ kg*cm}$
- $M_{k-} = -7320514 \text{ kg*cm}$



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante

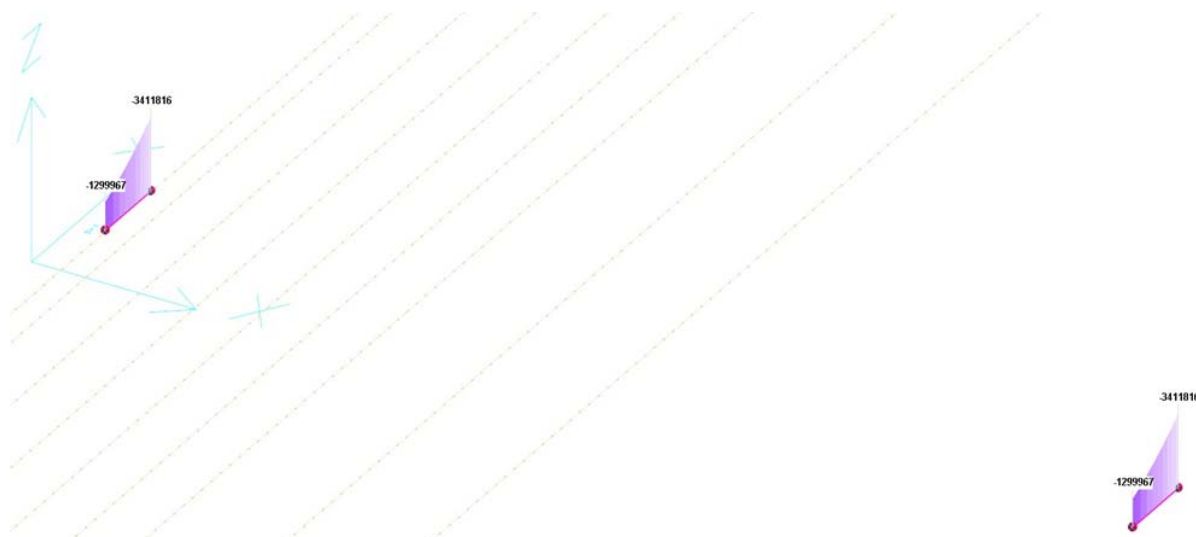




Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 60479$  kg.

### 8.1.3 MELAS3



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati fornisce nelle sezioni più sollecitate i seguenti risultati caratteristici:

- $M_{k+} = 820093 \text{ kg}\cdot\text{cm}$
- $M_{k-} = -12110032 \text{ kg}\cdot\text{cm}$



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 64935$  kg.

#### 8.1.4 MELAS4



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati fornisce nelle sezioni più sollecitate i seguenti risultati caratteristici:

- $M_{k+} = 1874510 \text{ kg*cm}$
- $M_{k-} = -14469567 \text{ kg*cm}$



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 80521$  kg.

### 8.1.5 MELAS5



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati fornisce nelle sezioni più sollecitate i seguenti risultati caratteristici:

- $M_{k+} = 1848610 \text{ kg*cm}$
- $M_{k-} = -2374070 \text{ kg*cm}$

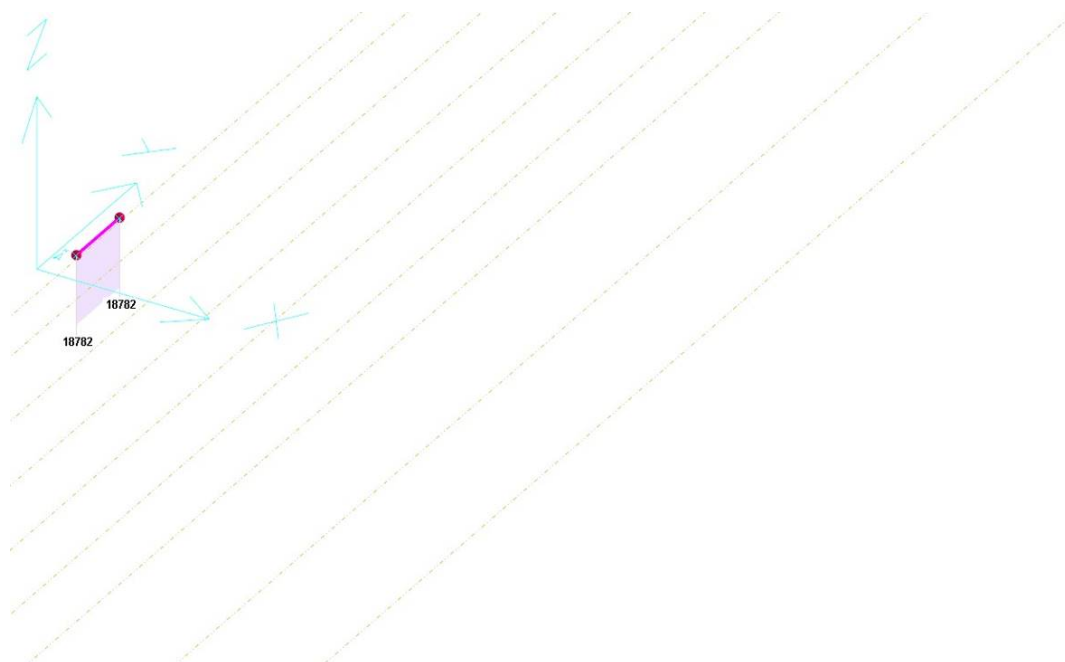




Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 27299$  kg.

## 8.2 Sollecitazioni derivanti da sollevamento

Durante la propria vita, l'impalcato sarà soggetto a sollevamento per la sostituzione periodica degli apparecchi di appoggio. Questo fenomeno comporta l'insorgere di sollecitazioni all'interno dei traversi di testata che pertanto devono essere verificati anche in questa condizione.

Gli schemi di sollevamento che dovranno essere utilizzati sono raggruppabili in due categorie:

- 4 martinetti: per le campate interessate da 3 travi;
- 3 martinetti: per le campate interessate da due travi.

Gli elementi di sollevamento sono da disporsi a metà tra una trave prefabbricata e l'altra ed all'estremità dell'impalcato in corrispondenza della fine del traverso. Per una migliore comprensione si rimanda alle Fig. 8.1 e Fig. 8.2. Non è possibile utilizzare un numero di martinetti inferiore in quanto non sarebbe garantita la stabilità dell'opera.

### Sollevamento tipologico 3 travi

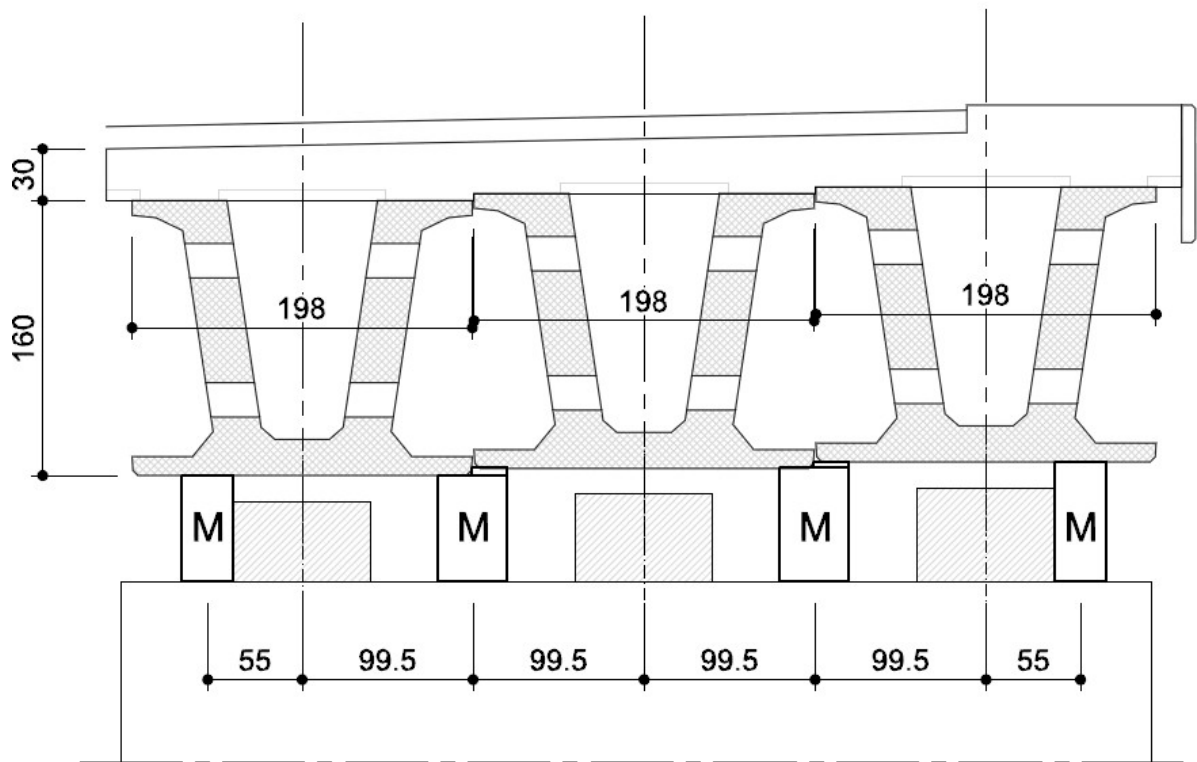


Fig. 8.1 – Sollevamento tipologico 3 travi

### Sollevamento tipologico 2 travi

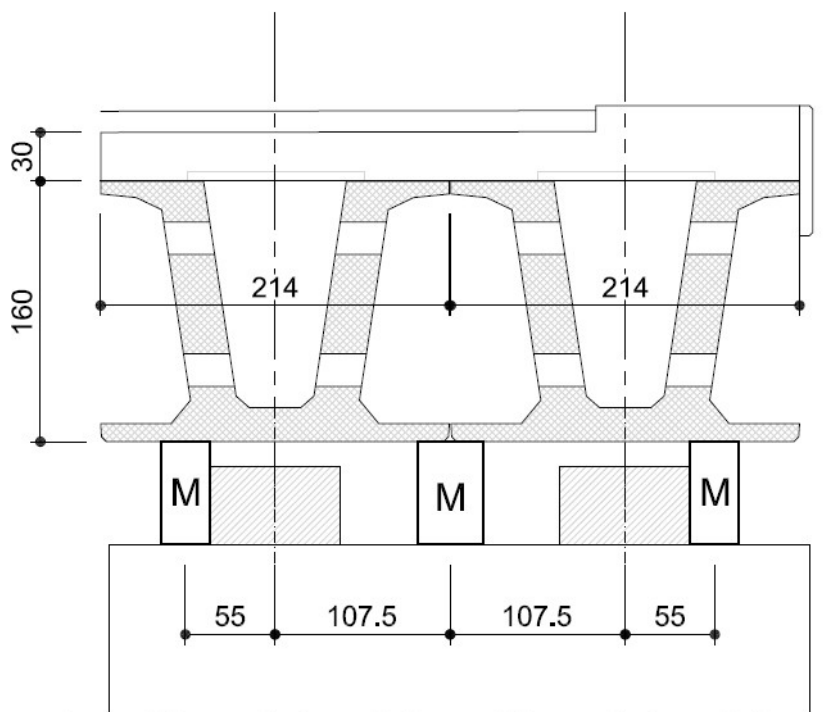


Fig. 8.2 – Sollevamento tipologico 2 travi

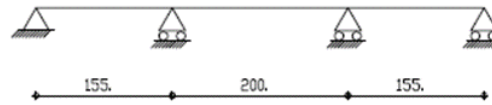
Le sollecitazioni che insorgono all'interno dei traversi sono valutate considerando solamente i carichi di peso proprio ed i carichi permanenti senza alcuna azione variabile presente sull'impalcato. Lo schema di calcolo è quello di trave continua su più appoggi. Le reazioni vincolari utilizzate per caricare lo schema di trave continua sono tratte dai modelli di calcolo globale dell'impalcato considerando il Caso di Carico 9 (solo permanenti comprensivi di peso proprio trave e soletta).

#### 8.2.1 MELAS1

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.

TRAVATA T001

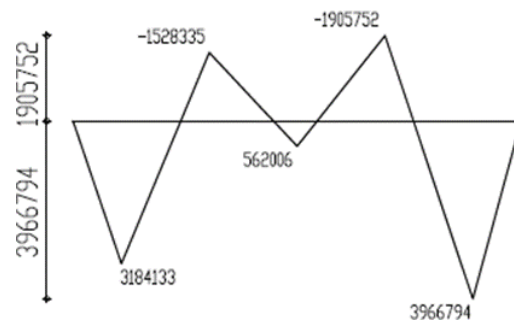
Unita' di misura: cm; daN; daN/cm; daN/cm; daN/cm<sup>2</sup>.



Perman.strutturali - mc=1 - g=1

Permannon strutt. - mc=1 - g=1

Variabili - mc=1 - g=1 - Permut.campate

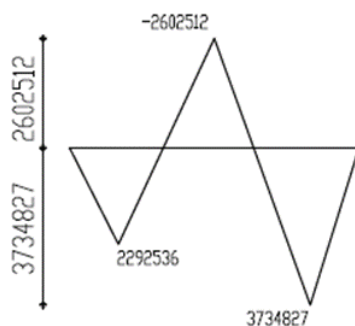
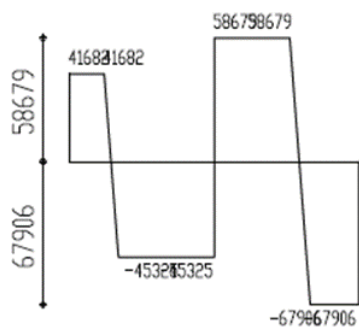
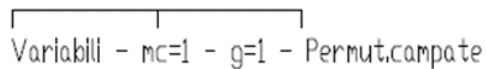
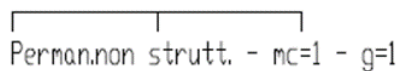
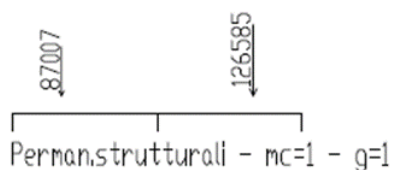
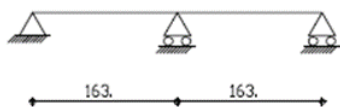


## 8.2.2 MELAS2

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.

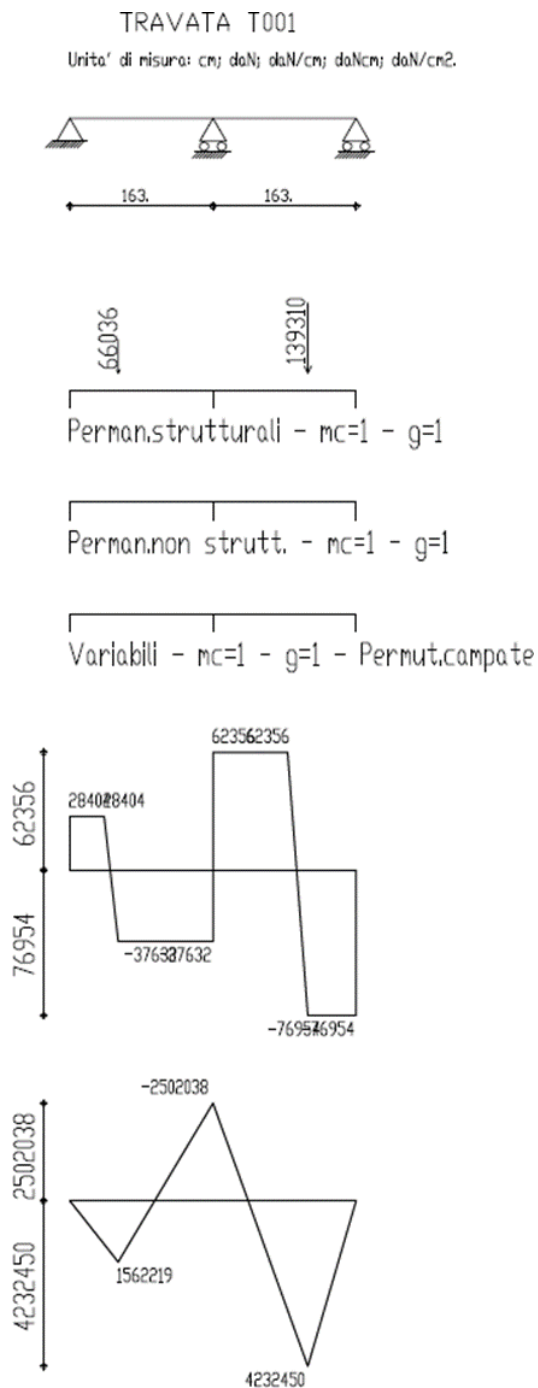
### TRAVATA T001

Unita' di misura: cm; daN; daN/cm; daN/cm; daN/cm<sup>2</sup>.



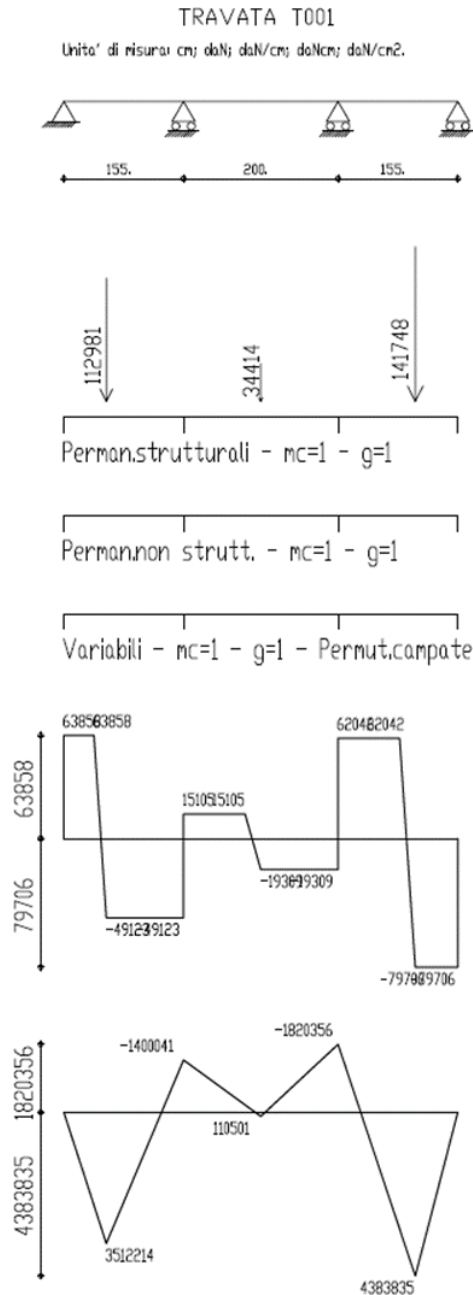
### 8.2.3 MELAS3

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.



### 8.2.4 MELAS4

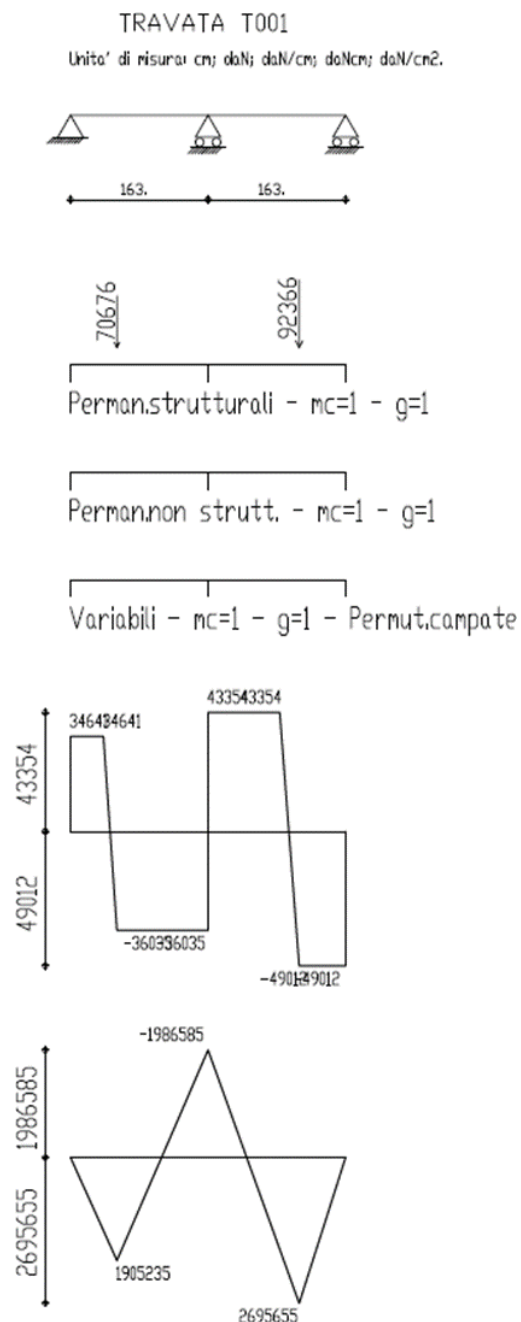
Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.





### 8.2.5 MELAS5

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.

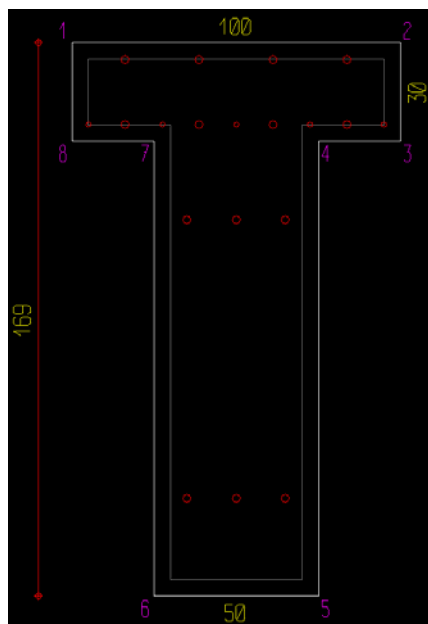


### 8.3 Verifiche a SLU

Le sollecitazioni massime di verifica per il traverso a SLU, come inviluppo delle condizioni ordinarie e quelle di sollevamento di tutti e 5 i modelli di calcolo, sono:

- Massimo negativo:  $MSLU_- = 1.35 * (-14469567 \text{ kg} * \text{cm}) = -19533915 \text{ kg} * \text{cm}$
- Massimo positivo:  $MSLU_+ = 1.35 * 4383835 \text{ kg} * \text{cm} = 5918177 \text{ kg} * \text{cm}$
- Massimo taglio  $VSLU = 1.35 * 80521 \text{ kg} = 108703 \text{ kg} * \text{cm}$

La sezione del traverso (comprensiva di spessore soletta) considerata nei calcoli è pari a (100x169)cm in asse alle travi prefabbricate e ridotta a T con anima pari a (50x169)cm tra una trave e l'altra. Per semplicità si verifica direttamente la sezione minore quale quella a T. Di seguito si riporta la sezione di verifica.



Sezione di verifica del traverso di testata

La staffatura minima da impiegarsi secondo NTC2008 è pari a  $1.5 * 1000 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}^2/\text{m}$  soddisfatta con staffe  $\phi 10/20$  a 4 braccia ( $A_{sw} = 1560 \text{ mm}^2/\text{m}$  utilizzata) per la sezione a base 100cm.

La staffatura minima da impiegarsi secondo NTC2008 è pari a  $1.5 * 500 \text{ mm} = 750 \text{ mm}^2/\text{m}$  soddisfatta con staffe  $\phi 12/20$  a 2 braccia ( $A_{sw} = 1130 \text{ mm}^2/\text{m}$  utilizzata) per la sezione a base 50cm.

Il traverso risulta essere armato con n°3 barre  $\phi 24$  passanti all'interno dei 2 livelli di fori presenti nelle travi prefabbricate e con 4+4 barre  $\phi 24$  integrative presenti all'interno dello

spessore della soletta (oltre ai ferri di armatura della soletta secondo relativi elaborati grafici). Si fa notare che, nella verifica di sezione del traverso, non si considera la presenza delle armature di soletta poste all'estradosso della soletta stessa dato che già impegnate a sostenere lo sbalzo della medesima oltre il traverso. Si considerano invece quelle poste all'intradosso dato che nella verifica di sbalzo della soletta risultano essere soggette a compressione pari a  $5\phi 14$ .

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLU.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS5
Nome file      : TRAVERSO AGGIORNATO SLU RC.VSE
Tipo verifica  : stati limite - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri         : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S     = Sigma (tensioni sui materiali);
D     = Deformazioni x 1000 (epsilon);
Ve    = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

MATERIALI

Calcestruzzo:  Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)
Acciaio       :  Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: a T
Cls:
          Acciaio lento:
vert. | Z | Y | ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1- 1 | -50. | 169. | 1 | 15. | 30. | 24. | 4.5239 |
1- 2 | 50. | 169. | 2 | 0. | 30. | 24. | 4.5239 |
1- 3 | 50. | 139. | 3 | -15. | 30. | 24. | 4.5239 |
1- 4 | 25. | 139. | 4 | 15. | 115. | 24. | 4.5239 |
1- 5 | 25. | 0. | 5 | 0. | 115. | 24. | 4.5239 |
1- 6 | -25. | 0. | 6 | -15. | 115. | 24. | 4.5239 |
1- 7 | -25. | 139. | 7 | 33.8 | 164. | 24. | 4.5239 |
1- 8 | -50. | 139. | 8 | 11.2 | 164. | 24. | 4.5239 |
          9 | -11.2 | 164. | 24. | 4.5239 |
          10 | -33.8 | 164. | 24. | 4.5239 |
          11 | 45. | 144. | 14. | 1.5394 |
          12 | 33.8 | 144. | 24. | 4.5239 |
          13 | 22.5 | 144. | 14. | 1.5394 |
          14 | 11.2 | 144. | 24. | 4.5239 |
          15 | 0. | 144. | 14. | 1.5394 |
          16 | -11.2 | 144. | 24. | 4.5239 |
          17 | -22.5 | 144. | 14. | 1.5394 |
          18 | -33.8 | 144. | 24. | 4.5239 |
          19 | -45. | 144. | 14. | 1.5394 |

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 94.98 (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -30420632. | 0. | Mz:-30420632./-19553915.=1.5557
2 | 0. | 12920052. | 0. | Mz+:12920052./5918177.=2.1831

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):

Sol. | muz | muy | lambda |
1. | .0001154622 | 0. | -.00350286731 |
2. | -.00034803613 | 0. | .05531607494 |

Deformazioni massime sui materiali:

Cls          Acciaio lento
sol vert. |D cls |S cls |Ve| ferro |D ferri |S ferri |Ve|
1 1- 5 | -3.5029 | -188.1 | si | 7. | 15.4329 | 4074. | si |
2 1- 1 | -3.502 | -188.1 | si | 1. | 44.875 | 4425.5 | si |
    
```

Il minimo fattore di sicurezza è pari a 1.5557 e pertanto la verifica di sezione risulta essere soddisfatta.

Il taglio resistente per la sezione a T armata con staffe  $\phi 12/20$  a 2 braccia è condensato nel prospetto seguente.

<b>FOGLIO DI CALCOLO PER LA VERIFICA A TAGLIO - Sezioni piene con armatura a taglio</b>			
<u>Geometria sezione</u>			
Altezza della sezione	h	[mm]	1690
Larghezza della sezione	bw	[mm]	500
Copriferro di calcolo	c	[mm]	50
Area acciaio staffe	Asw	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo staffe	s	[mm]	200
Inclinazione delle staffe	$\alpha$	[rad]	1.57
Altezza utile della sezione	d	[mm]	1640
<u>Coefficienti parziali utilizzati lato materiali</u>			
Lato calcestruzzo	$\gamma_c$	[a.d.]	1.50
Lato acciaio	$\gamma_s$	[a.d.]	1.15
Coefficiente fluage CLS	$\alpha_{cc}$	[a.d.]	0.85
<u>Materiali impiegati</u>			
Resistenza cubica del CLS	Rck	[N/mm <sup>2</sup> ]	40
Snervamento acciaio	fyk	[N/mm <sup>2</sup> ]	450
Resistenza cilindrica del CLS	fck	[N/mm <sup>2</sup> ]	33.20
Resistenza CLS di design	fcd	[N/mm <sup>2</sup> ]	18.81333
Resistenza CLS di design ridotta	f'cd	[N/mm <sup>2</sup> ]	9.41
Resistenza acciaio di design	fyd	[N/mm <sup>2</sup> ]	391.30
<u>Verifica a taglio sezione in c.a.</u>			
Cotg angolo bielle di cls	Cotg $\theta$	[a.d.]	2.500
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	a.d.]	1.00
Resistenza armatura trasversale taglio/trazione	VRds	[N]	1631622
Resistenza cls anima a taglio/compressione	VRcd	[N]	2393834
Resistenza a taglio della trave	VRd	[N]	1631622
	VRd	[daN]	163162

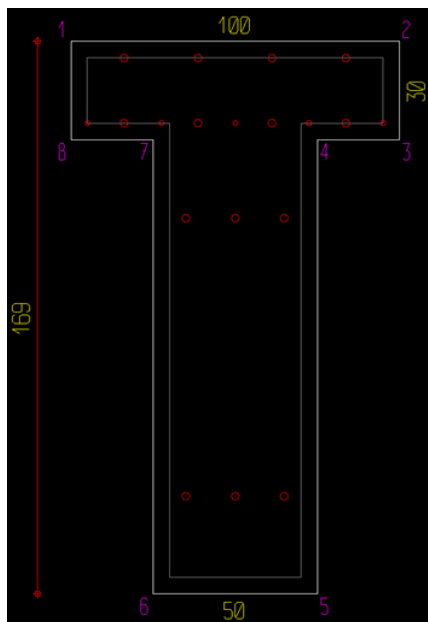
Il minimo fattore di sicurezza a SLU è pari a 1.5010 e pertanto la verifica di sezione risulta essere soddisfatta.

#### 8.4 Verifiche a SLErara – Limitazione delle tensioni

Le sollecitazioni massime di verifica per il traverso a SLErara, come involuppo delle condizioni ordinarie e quelle di sollevamento di tutti e 5 i modelli di calcolo, sono:

- Massimo negativo:  $M_{SLErara-} = 1.00 * (-14469567 \text{ kg} * \text{cm}) = -14469567 \text{ kg} * \text{cm}$
- Massimo positivo:  $M_{SLErara+} = +1.00 * 4383835 \text{ kg} * \text{cm} = 4383835 \text{ kg} * \text{cm}$

La sezione del traverso (comprensiva di spessore soletta) considerata nei calcoli è pari a (100x169)cm in asse alle travi prefabbricate e ridotta a T con anima pari a (50x169)cm tra una trave e l'altra. Per semplicità si verifica direttamente la sezione minore quale quella a T. Di seguito si riporta la sezione di verifica.



Sezione di verifica del traverso di testata

Il traverso risulta essere armato con n°3 barre  $\phi 24$  passanti all'interno dei 2 livelli di fori presenti nelle travi prefabbricate e con 4+4 barre  $\phi 24$  integrative presenti all'interno dello spessore della soletta (oltre ai ferri di armatura della soletta secondo relativi elaborati grafici). Si fa notare che, nella verifica di sezione del traverso, non si considera la presenza delle armature di soletta poste all'estradosso della soletta stessa dato che già impegnate a sostenere lo sbalzo della medesima oltre il traverso. Si considerano invece quelle poste all'intradosso dato che nella verifica di sbalzo della soletta risultano essere soggette a compressione pari a  $5\phi 14$ .

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLerara.

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELAS5  
 Nome file : TRAVERSO AGGIORNATO SLErara RC.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ; Samm= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: a T

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-50.	169.	1	15.	30.	24.	4.5239
1- 2	50.	169.	2	0.	30.	24.	4.5239
1- 3	50.	139.	3	-15.	30.	24.	4.5239
1- 4	25.	139.	4	15.	115.	24.	4.5239
1- 5	25.	0.	5	0.	115.	24.	4.5239
1- 6	-25.	0.	6	-15.	115.	24.	4.5239
1- 7	-25.	139.	7	33.8	164.	24.	4.5239
1- 8	-50.	139.	8	11.2	164.	24.	4.5239
			9	-11.2	164.	24.	4.5239
			10	-33.8	164.	24.	4.5239
			11	45.	144.	14.	1.5394
			12	33.8	144.	24.	4.5239
			13	22.5	144.	14.	1.5394
			14	11.2	144.	24.	4.5239
			15	0.	144.	14.	1.5394
			16	-11.2	144.	24.	4.5239
			17	-22.5	144.	14.	1.5394
			18	-33.8	144.	24.	4.5239
			19	-45.	144.	14.	1.5394

#### SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 94.98 (baricentro CLS)

Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.

N.	N	Mz	My	Sollecitaz. ultima calcolata
1	0.	-14469567.	0.	0.
2	0.	4383835.	0.	0.

#### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

So1.	muz	muy	lambda
1.	.00000434024	0.	-.00023395131
2.	-.00000380552	0.	.00055596005

Tensioni massime sui materiali:

so1	cls	vert.	S cls	Ve	Acciaio lento	ferro	S ferri	Ve
1	1- 5	-78.7	si		7	2411.4	si	
2	1- 1	-29.3	si		1	2229.5	si	

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLSrara:  $\sigma_{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.60 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$
- Lato ACCIAIORara:  $\sigma_{s,max} = 0.8 * f_{yk} = 0.8 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$
- Lato CLSq:  $\sigma_{c,max} = 0.45 * f_{ck} = 0.45 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLE rara delle azioni risulta essere soddisfatta. Dai valori sopra riportati emerge come già per la combinazione SLE rara si abbia il rispetto dei limiti massimi di tensione previsti per la combinazione di

carico SLEqp e pertanto la verifica per tale condizione può ritenersi automaticamente soddisfatta.

Il momento di prima fessurazione per la sezione composta da CLS C32/40 (considerando un  $f_{ctm}/1.2 = 25.8\text{kg/cm}^2$ ) è pari a:

- $M_{fess+} = +7780000 \text{ kg*cm}$
- $M_{fess-} = - 10680000\text{kg*cm}$

La sezione soggetta a momento positivo non risulta essere fessurata già per la combinazione SLErara e pertanto la verifica di apertura delle fessure per la combinazione a SLEfreq e SLEqp risulta essere automaticamente soddisfatta. Il momento negativo agente a SLErara supera il momento di prima fessurazione e pertanto, nei paragrafi seguenti, si riporta il calcolo esatto di apertura delle fessure per le condizioni di verifica.

### 8.5 Verifiche a SLEfreq – Fessurazione

Come riportato in precedenza, la condizione che fornisce il massimo momento flettente negativo per i traversi è dato dal modello di calcolo globale MELAS4. Pertanto, a partire dalle sollecitazioni riportate al punto 8.1.4 della presente R.C., si valuta il momento sollecitante massimo per la combinazione SLEfreq considerando un coefficiente di combinazione delle azioni variabili da traffico pari a  $\psi_{li} = 0.75$  come riportato al punto 5.1.3.12 delle NTC2008.

Momento negativo massimo SLEfreq = - 12456415 kg\*cm

Tale valore è maggiore del momento di prima fessurazione e pertanto è necessario condurre la verifica di apertura delle fessure.

Di seguito si riporta lo stato di tensione della sezione.

```

Descrizione   : Sezione in C.A.
Nome lavoro  : MELAS5
Nome file    : TRAVERSO AGGIORNATO SLEfreq RC.VSE
Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri       : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;          d = diametro;
S      = Sigma (tensioni sui materiali);
Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio      : Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .

SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: a T
CLS:
          Acciaio lento:
vert. | Z | Y | ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2]
1- 1 | -50. | 169. | 1 | 15. | 30. | 24. | 4.5239
1- 2 | 50. | 169. | 2 | 0. | 30. | 24. | 4.5239
1- 3 | 50. | 139. | 3 | -15. | 30. | 24. | 4.5239
1- 4 | 25. | 139. | 4 | 15. | 115. | 24. | 4.5239
1- 5 | 25. | 0. | 5 | 0. | 115. | 24. | 4.5239
1- 6 | -25. | 0. | 6 | -15. | 115. | 24. | 4.5239
1- 7 | -25. | 139. | 7 | 33.8 | 164. | 24. | 4.5239
1- 8 | -50. | 139. | 8 | 11.2 | 164. | 24. | 4.5239
          9 | -11.2 | 164. | 24. | 4.5239
          10 | -33.8 | 164. | 24. | 4.5239
          11 | 45. | 144. | 14. | 1.5394
          12 | 33.8 | 144. | 24. | 4.5239
          13 | 22.5 | 144. | 14. | 1.5394
          14 | 11.2 | 144. | 24. | 4.5239
          15 | 0. | 144. | 14. | 1.5394
          16 | -11.2 | 144. | 24. | 4.5239
          17 | -22.5 | 144. | 14. | 1.5394
          18 | -33.8 | 144. | 24. | 4.5239
          19 | -45. | 144. | 14. | 1.5394

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 94.98 (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -12456415. | 0. |

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
Sol. | muz | muy | lambda
1. | .00000373639 | 0. | -.00020140165

Tensioni massime sui materiali:
CLS          Acciaio lento
sol vert. | S cls | |Ve| ferro | S ferri | |Ve|
1 1- 6 | -67.8 | |si| 7 | 2075.9 | |si|
    
```

La massima tensione nelle barre di acciaio è pari a 208MPa. La Circolare Esplicativa, al punto 4.1.2.2.4.6, riporta le seguenti tabelle di verifica:



**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

La classe di esposizione del traverso è la XS1 e pertanto appartenente a condizioni ambientali aggressive. Le NTC2008 definiscono le seguenti aperture delle fessure:

**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	$\leq w_1$

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Limite di apertura delle fessure per la combinazione delle azioni SLEfreq:  $w_2 = 0.3\text{mm}$  (armatura poco sensibile).

Sia la condizione di spaziatura delle barre di armatura che il massimo diametro utilizzato risultano essere verificati e garantiscono pertanto un'ampiezza di fessurazione  $< 0.3\text{mm}$ .

### 8.6 Verifiche a SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione

La condizione che fornisce il massimo momento flettente negativo per i traversi per la combinazione SLEqp è dato dal modello di calcolo globale MELAS3. Pertanto, a partire dalle sollecitazioni riportate al punto 8.1.3 della presente R.C., si valuta il momento sollecitante massimo per la combinazione SLEqp considerando un coefficiente di combinazione delle azioni variabili da traffico pari a  $\psi_{1i} = 0.00$  come riportato al punto 5.1.3.12 delle NTC2008.

Momento negativo massimo SLEqp = - 7254727 kg\*cm

Tale valore è minore del momento di prima fessurazione riportato al punto 8.4 della presente R.C. e pertanto la verifica di apertura delle fessure risulta essere automaticamente soddisfatta.

Per la verifica di limitazione delle tensioni in esercizio si rimanda al punto 8.4 della presente R.C.

## 9. Traversi di estremità in corrispondenza nodi di continuità

Il presente capitolo riporta le verifiche svolte sui traversi in opera posti alle estremità di ogni campata delle rampe di svincolo del Viadotto Melara posti in corrispondenza dei nodi di continuità della soletta.

Le verifiche che vengono condotte sono a SLU ed SLE. Le sollecitazioni di calcolo vengono estratte a partire dai modelli di calcolo globale delle rampe riportati nella relazione di calcolo generale identificata dal codice **“5641603CstRc1\_01”**.

Per questa tipologia di traversi è opportuno segnalare che:

- In corrispondenza dell'asse delle travi la soletta risulta essere collegata al traverso tramite una fila di staffe (nonostante il parziale scollegamento per poter garantire la lunghezza libera di inflessione della soletta) e pertanto la sezione di verifica del traverso è come quella già riportata al punto 8.3 della presente R.C. Per le verifiche del traverso in tale zona si rimanda pertanto a quanto già riportato nel capitolo 8;
- Tra le travi prefabbricate, per poter garantire la lunghezza libera di inflessione della soletta, è invece necessario scollegare completamente il traverso dalla soletta medesima e pertanto la sezione di verifica del traverso si modifica rispetto a quanto riportato nel capitolo 8. Nel seguente capitolo saranno riportate le verifiche di tale sezione trasversale.

### 9.1 Sollecitazioni derivanti dai modelli globali

Di seguito si espongono le sollecitazioni di calcolo dei traversi di testata ricavate dai modelli di calcolo generali delle singole rampe. I valori nel seguito riportati sono da intendersi come CARATTERISTICI.

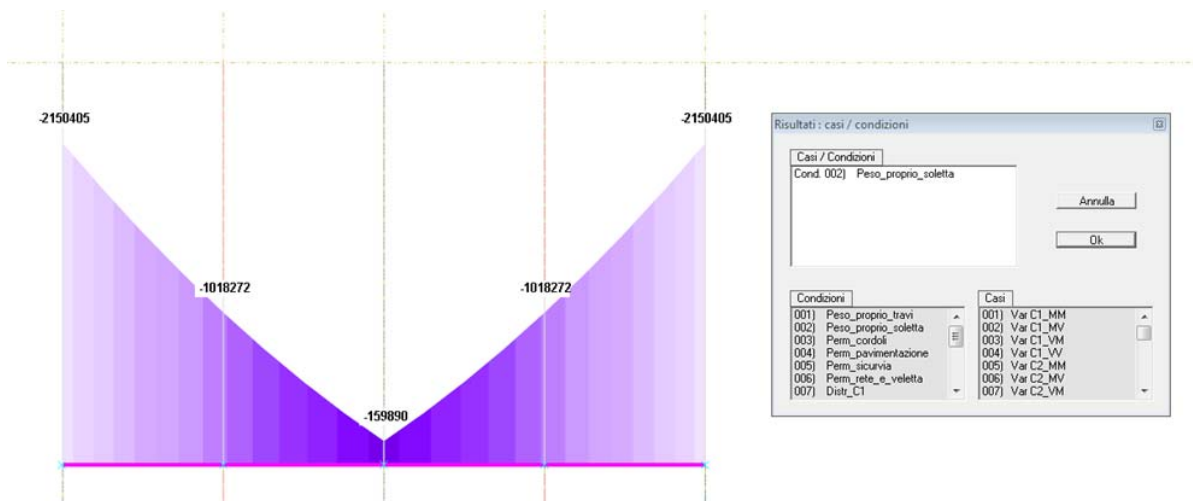
Le sollecitazioni sono estratte con riferimento ai seguenti Casi/Condizioni di Carico:

- Condizione di Carico 2: contributo soletta (\*);
- Caso di Carico 35: contributo carichi permanenti di II fase;
- Inviluppo Casi di Carico 1-8: contributo dei carichi variabili da traffico.

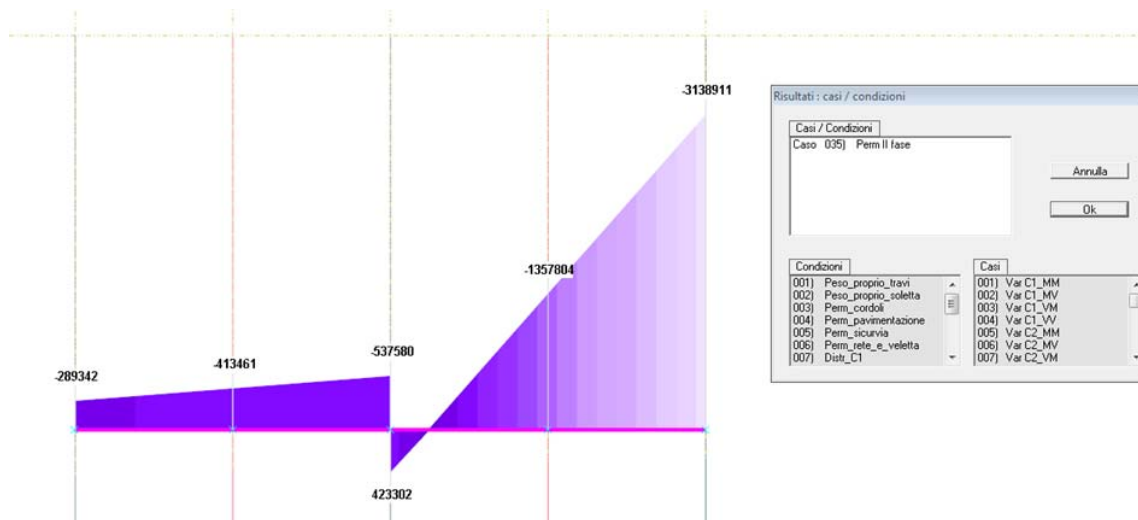
(\*) il contributo della soletta viene considerato in modo cautelativo per poter prendere in considerazione eventuali sollecitazioni derivanti da porzioni di getto in II fase della soletta stessa nelle zone di sbalzo che andrebbero a sollecitare i traversi.

Essendo i giunti di continuità posti solamente in corrispondenza di impalcati a 3 travi, i modelli di riferimento globali per le sollecitazioni derivanti dallo schema grigliato sono solamente MELAS1 e MELAS4.

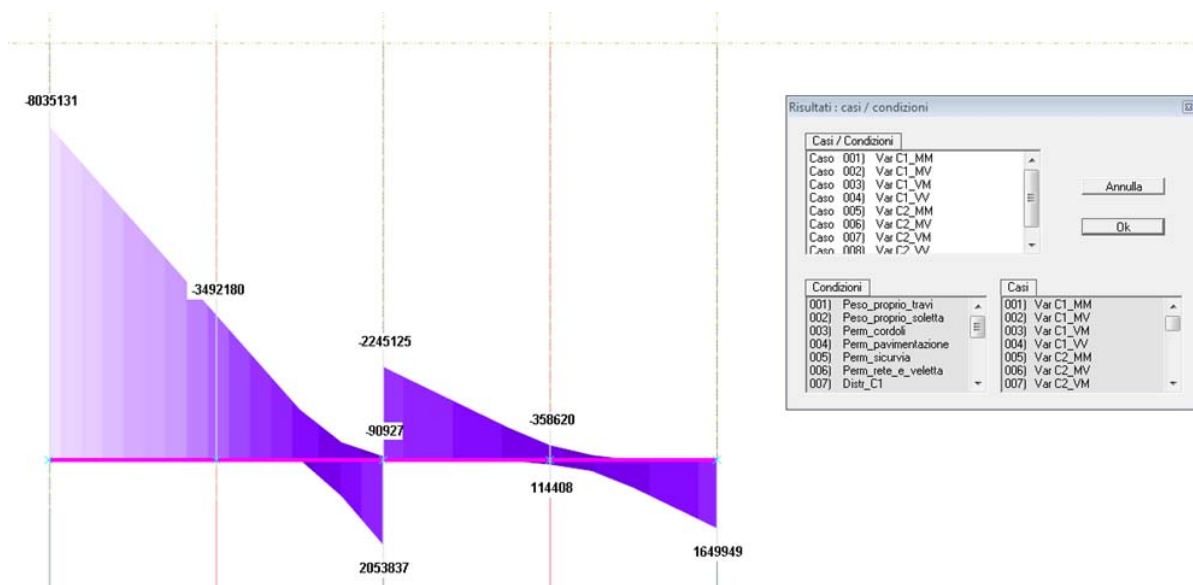
### 9.1.1 MELAS1



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



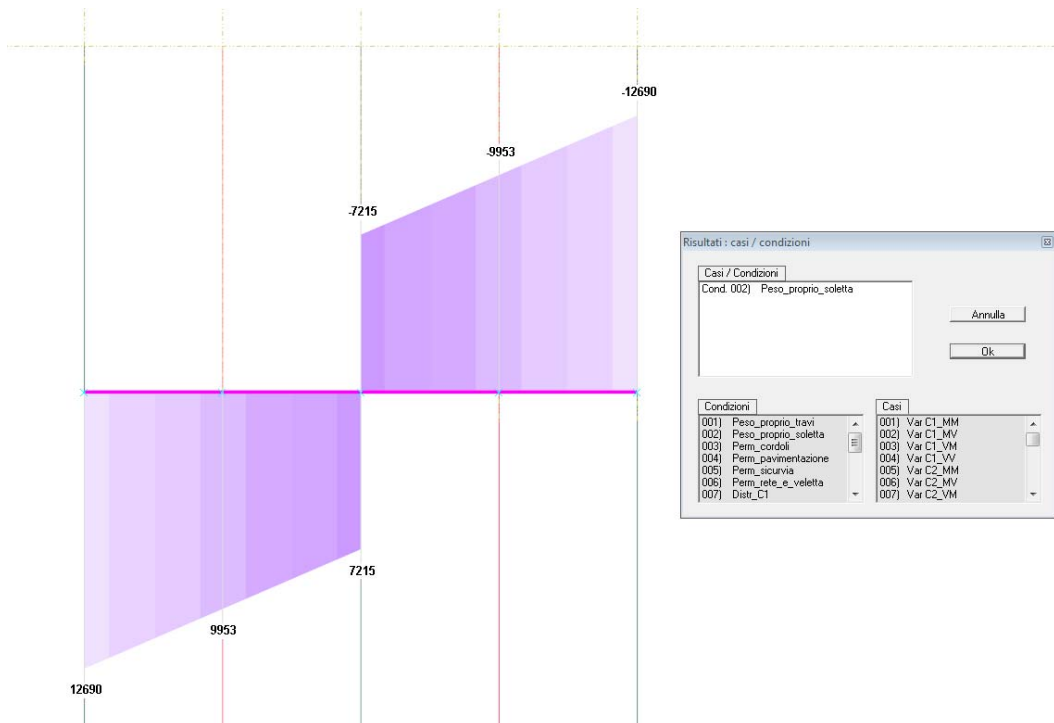
Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



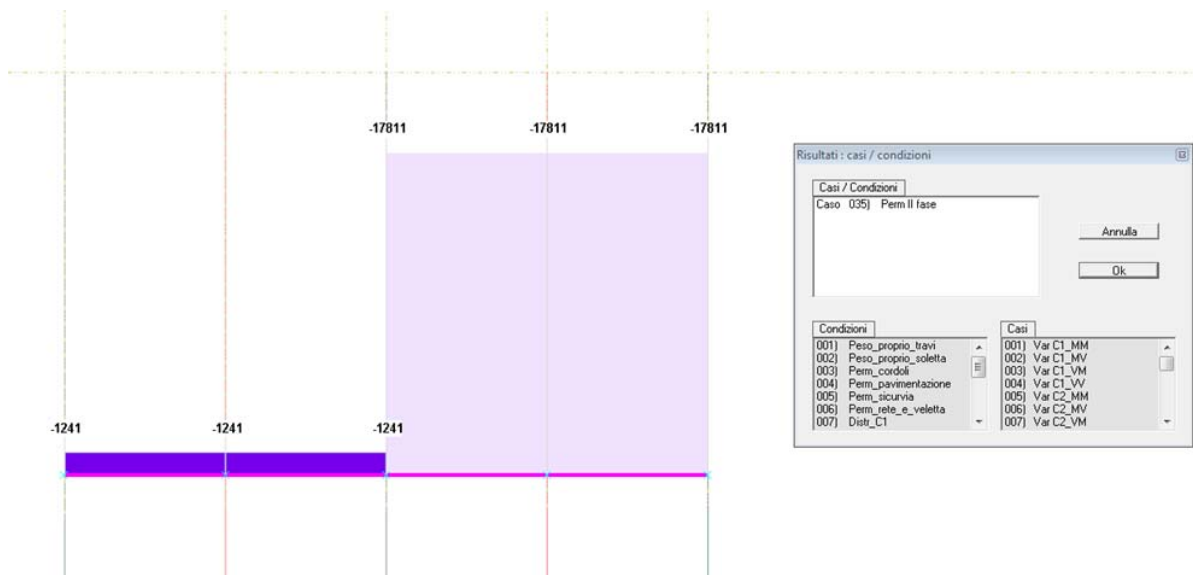
Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

La somma dei valori sopra riportati per le sezioni di verifica evidenziate da linea rossa fornisce, nelle sezioni più sollecitate, i seguenti risultati caratteristici:

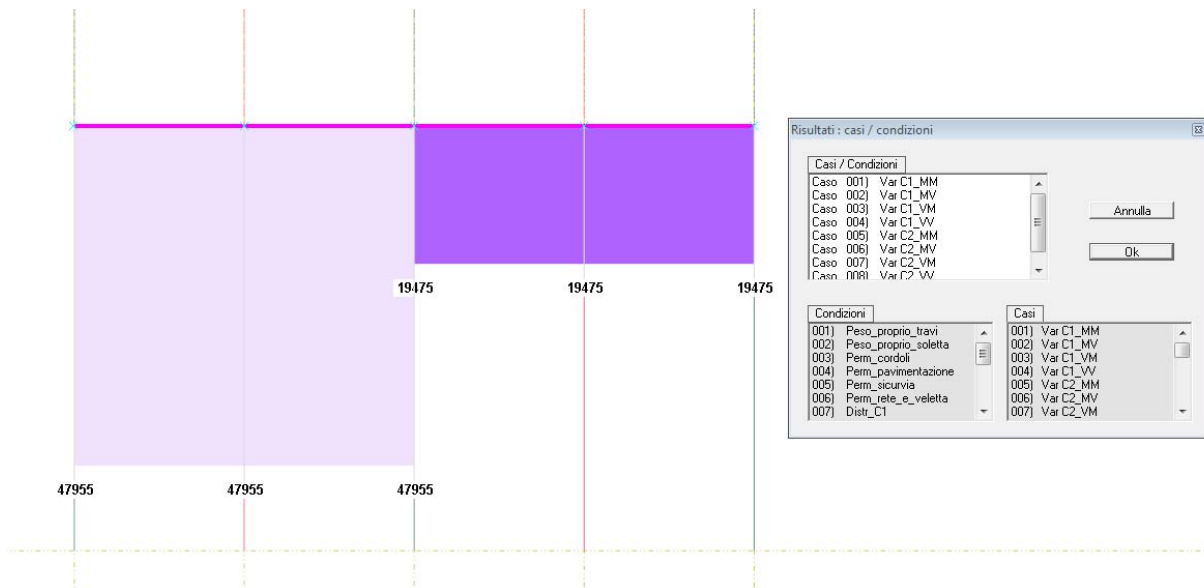
- $M_k = -4923913 \text{ kg*cm}$



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante



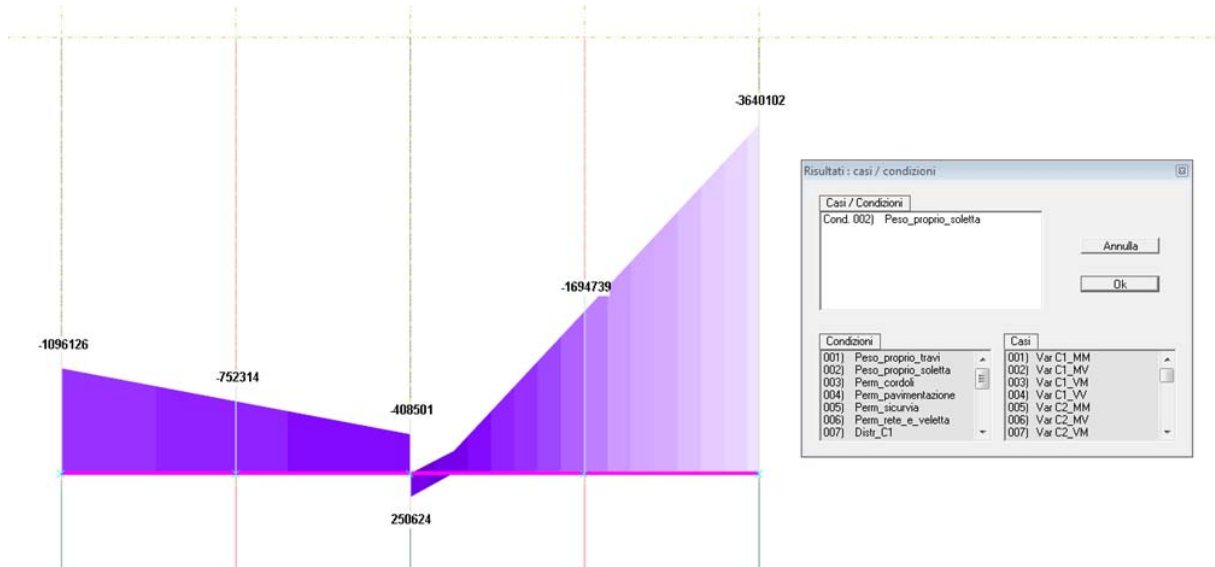
Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



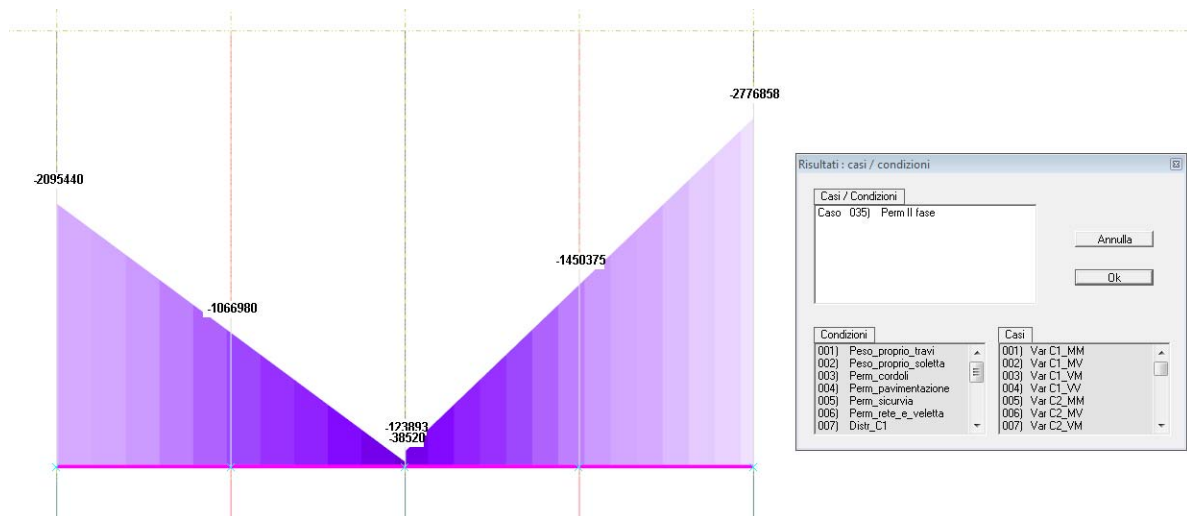
Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 59149$  kg.

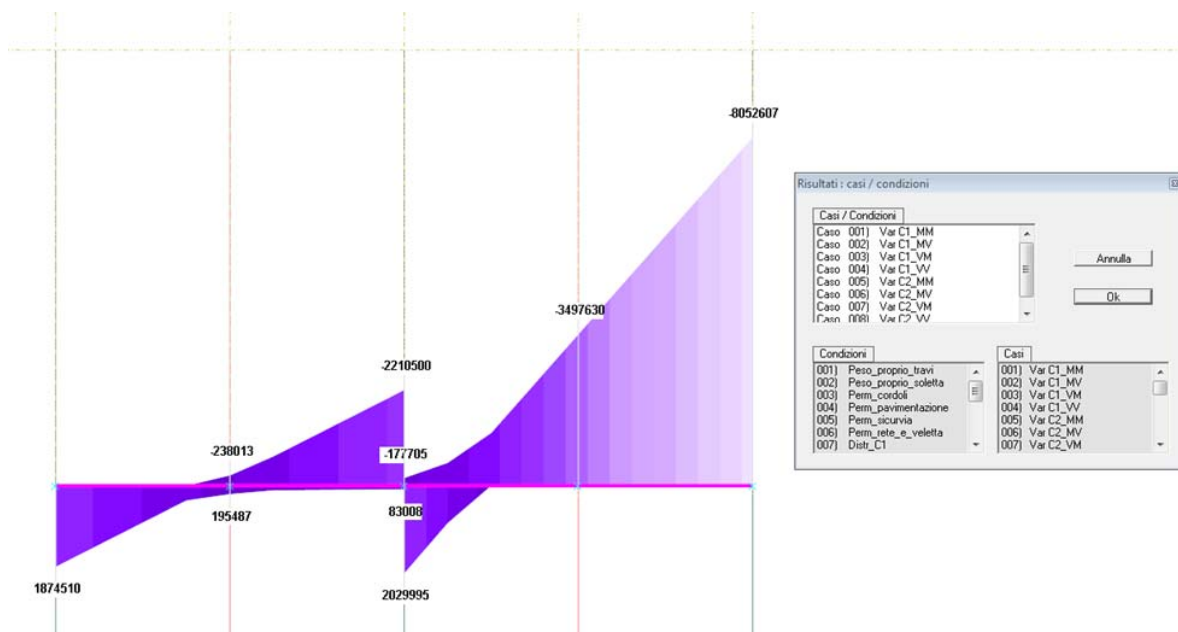
### 9.1.2 MELAS4



Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione flettente



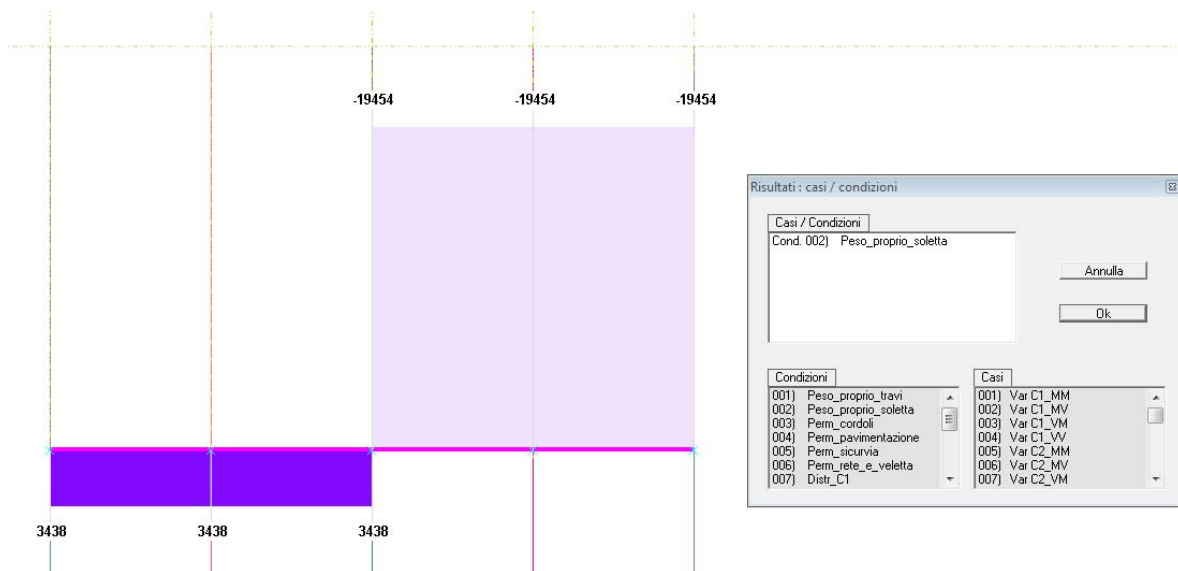
Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione flettente



Inviluppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione flettente

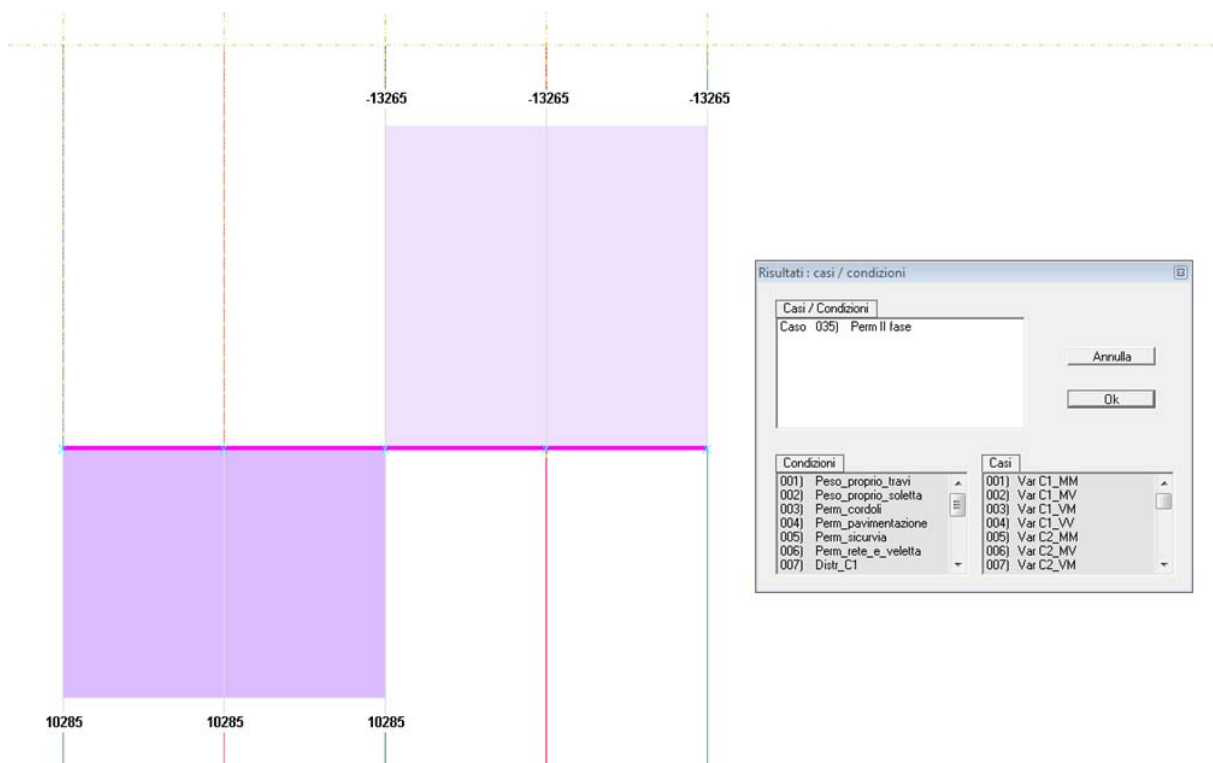
La somma dei valori sopra riportati per le sezioni di verifica evidenziate da linea rossa fornisce, nelle sezioni più sollecitate, i seguenti risultati caratteristici:

- $M_k = -6642744 \text{ kg}\cdot\text{cm}$

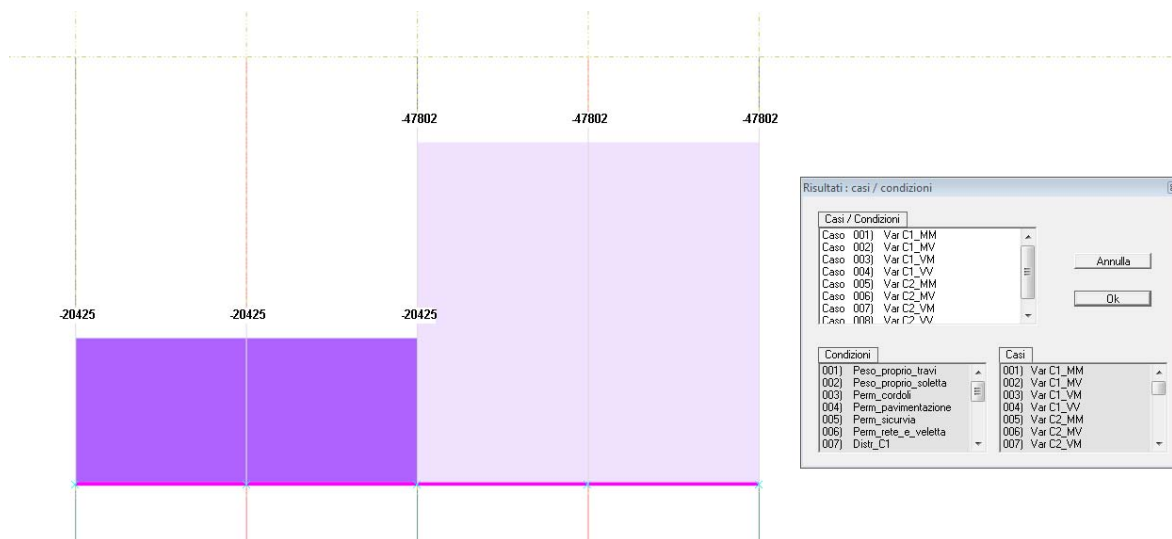


Condizione di Carico 2 (effetto soletta) - Sollecitazione tagliante





Caso di Carico 35 (effetto perm. II fase) - Sollecitazione tagliante



Involuppo Casi di Carico 1-8 (effetto variabili traffico) - Sollecitazione tagliante

Sommando cautelativamente tutti i valori massimi in modulo si ottiene un taglio caratteristico pari a  $V_k = 80521$  kg.

## 9.2 Sollecitazioni derivanti da sollevamento

Durante la propria vita, l'impalcato sarà soggetto a sollevamento per la sostituzione periodica degli apparecchi di appoggio. Questo fenomeno comporta l'insorgere di sollecitazioni all'interno dei traversi di testata che pertanto devono essere verificati anche in questa condizione.

Gli schemi di sollevamento che dovranno essere utilizzati, per i traversi posti in corrispondenza dei nodi di continuità, sono raggruppabili in una categoria:

- 4 martinetti: per le campate interessate da 3 travi;

Gli elementi di sollevamento sono da disporsi a metà tra una trave prefabbricata e l'altra ed all'estremità dell'impalcato in corrispondenza della fine del traverso. Per una migliore compressione si rimanda alla *Fig. 9.1*. Non è possibile utilizzare un numero di martinetti inferiore in quanto non sarebbe garantita la stabilità dell'opera

**Sollevamento tipologico 3 travi**

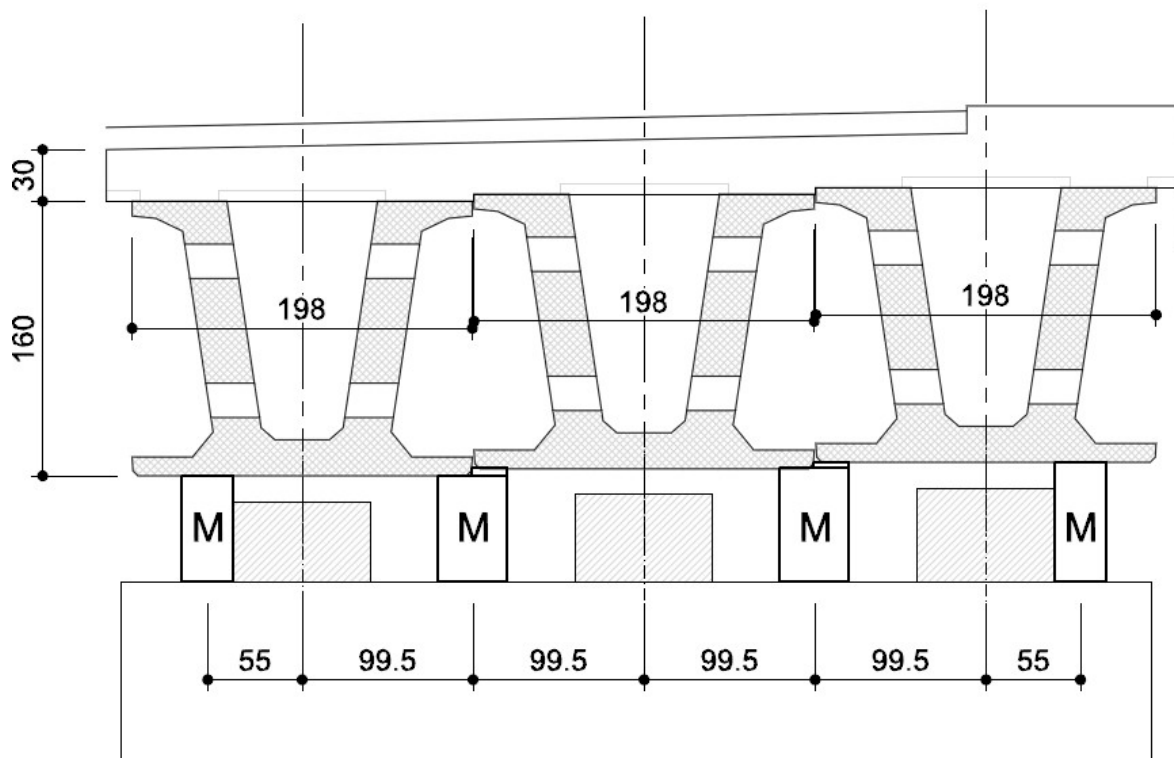


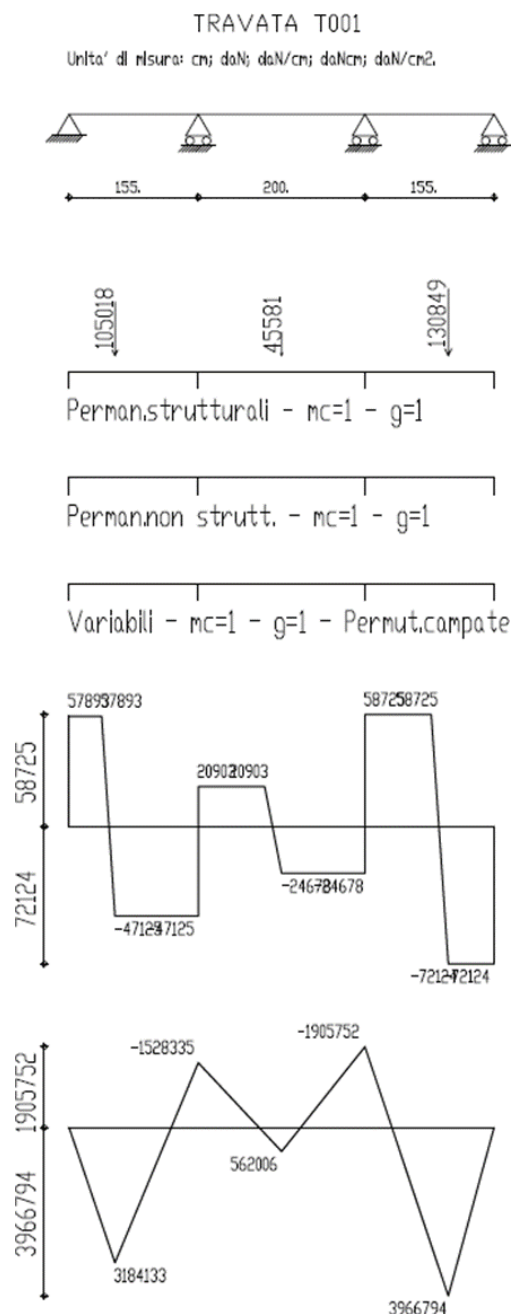
Fig. 9.1 – Sollevamento tipologico 3 travi

Le sollecitazioni che insorgono all'interno dei traversi sono valutate considerando solamente i carichi di peso proprio ed i carichi permanenti senza alcuna azione variabile

presente sull'impalcato. Lo schema di calcolo è quello di trave continua su più appoggi. Le reazioni vincolari utilizzate per caricare lo schema di trave continua sono tratte dai modelli di calcolo globale dell'impalcato considerando il Caso di Carico 9 (solo permanenti comprensivi di peso proprio trave e soletta).

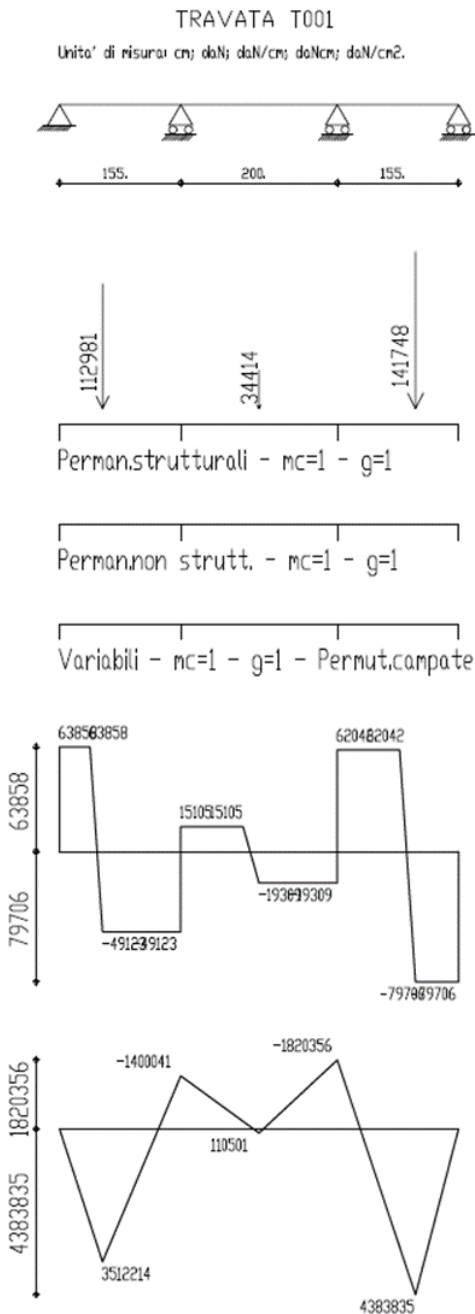
### 9.2.1 MELAS1

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.



### 9.2.2 MELAS4

Di seguito si riporta lo schema di calcolo per la fase di sollevamento. Carichi e sollecitazioni sono da intendersi come valori caratteristici.



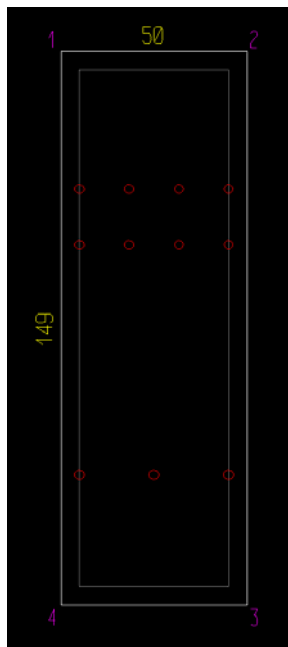
### 9.3 Verifiche a SLU

Le sollecitazioni massime di verifica per il traverso a SLU in corrispondenza della sezione posta tra le travi prefabbricate, come involuppo delle condizioni ordinarie e quelle

di sollevamento di tutti e 2 i modelli di calcolo, sono:

- Massimo negativo:  $M_{SLU-} = 1.35 * (-6642744 \text{ kg*cm}) = -8967704 \text{ kg*cm}$
- Massimo taglio  $V_{SLU} = 1.35 * 80521 \text{ kg} = 108703 \text{ kg*cm}$

La sezione del traverso tra le travi prefabbricate (escluso lo spessore della soletta) considerata nei calcoli è pari a (50x149)cm. Di seguito si riporta la sezione di verifica.



Sezione di verifica del traverso di testata tra le travi prefabbricate

La staffatura minima da impiegarsi secondo NTC2008 è pari a  $1.5 * 500 \text{ mm} = 750 \text{ mm/m}$  soddisfatta con staffe  $\phi 12/20$  a 2 braccia ( $A_{sw} = 1130 \text{ mm}^2/\text{m}$  utilizzata) per la sezione a base 50cm.

Il traverso risulta essere armato con n°3 barre  $\phi 26$  passanti all'interno del foro posto lato intradosso di impalcato mentre per il foro superiore sono presenti n°4+4 barre  $\phi 24$ . Non si considera alcun contributo delle armature di soletta dato che la medesima risulta essere scollegata.

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLU.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS4
Nome file       : Traverso senza soletta SLU.VSE
Tipo verifica   : stati limite - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri          : diametri in mm; aree in cm2.
Simboli:
  
```

```

Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S      = Sigma (tensioni sui materiali);
D      = Deformazioni x 1000 (epsilon);
Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)
Acciaio      : Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: RETTANGOLARE
Cls:
vert. | Z | Y |
1- 1 | -25. | 149. |
1- 2 | 25. | 149. |
1- 3 | 25. | 0. |
1- 4 | -25. | 0. |

Acciaio lento:
ferro | Z | Y | d[mm] | Af[cm2] |
1 | 20. | 35. | 26. | 5.3093 |
2 | 0. | 35. | 26. | 5.3093 |
3 | -20. | 35. | 26. | 5.3093 |
4 | 20. | 97. | 24. | 4.5239 |
5 | 6.7 | 97. | 24. | 4.5239 |
6 | -6.7 | 97. | 24. | 4.5239 |
7 | -20. | 97. | 24. | 4.5239 |
8 | 20. | 112. | 24. | 4.5239 |
9 | 6.7 | 112. | 24. | 4.5239 |
10 | -6.7 | 112. | 24. | 4.5239 |
11 | -20. | 112. | 24. | 4.5239 |

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 74.5 (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | | 0. | -14808645. | 0. | Mz:-14808645./-8967705.=1.6513

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
Sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00014011929 | 0. | -.0034982911 |

Deformazioni massime sui materiali:

Cls          Acciaio lento
sol vert. |D c|s |S c|s |Ve| ferro |D ferri |S ferri |Ve|
1 1- 3 | -3.4983 | -188.1 | si | 8. | 12.1951 | 4035.3 | si
    
```

Il minimo fattore di sicurezza è pari a 1.6513 e pertanto la verifica di sezione risulta essere soddisfatta.

Il calcolo del taglio resistente per la sezione rettangolare armata con staffe  $\phi 12/20$  a 2 braccia è condensato nel prospetto seguente.

<b>FOGLIO DI CALCOLO PER LA VERIFICA A TAGLIO - Sezioni piene con armatura a taglio</b>			
<i>Geometria sezione</i>			
Altezza della sezione	h	[mm]	1490
Larghezza della sezione	bw	[mm]	500
Copriferro di calcolo	c	[mm]	50
Area acciaio staffe	Asw	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo staffe	s	[mm]	200
Inclinazione delle staffe	α	[rad]	1.57
Altezza utile della sezione	d	[mm]	1440
<i>Coefficienti parziali utilizzati lato materiali</i>			
Lato calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	[a.d.]	1.50
Lato acciaio	γ <sub>s</sub>	[a.d.]	1.15
Coefficiente fluage CLS	α <sub>cc</sub>	[a.d.]	0.85
<i>Materiali impiegati</i>			
Resistenza cubica del CLS	R <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	40
Snervamento acciaio	f <sub>yk</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	450
Resistenza cilindrica del CLS	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	33.20
Resistenza CLS di design	f <sub>cd</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	18.81333
Resistenza CLS di design ridotta	f' <sub>cd</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	9.41
Resistenza acciaio di design	f <sub>yd</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	391.30
<i>Verifica a taglio sezione in c.a.</i>			
Cotg angolo bielle di cls	Cotg θ	[a.d.]	2.500
Coefficiente maggiorativo	α <sub>c</sub>	a.d.]	1.00
Resistenza armatura trasversale taglio/trazione	VR <sub>ds</sub>	[N]	1432643
Resistenza cls anima a taglio/compressione	VR <sub>cd</sub>	[N]	2101903
Resistenza a taglio della trave	VR <sub>d</sub>	[N]	1432643
	VR <sub>d</sub>	[daN]	143264

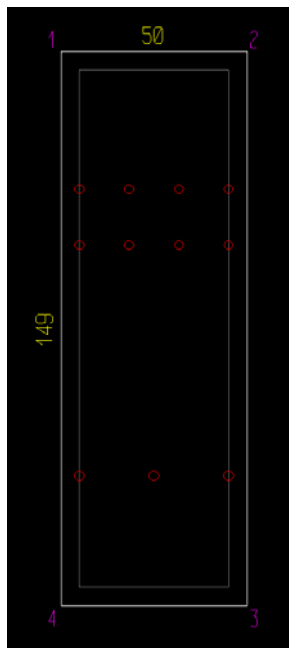
Il minimo fattore di sicurezza a SLU è pari a 1.3179 e pertanto la verifica di sezione risulta essere soddisfatta.

#### 9.4 Verifiche a SL<sub>Erara</sub> – Limitazione delle tensioni

Le sollecitazioni massime di verifica per il traverso a SL<sub>Erara</sub>, come involuppo delle condizioni ordinarie e quelle di sollevamento di tutti e 2 i modelli di calcolo per le sezioni considerate, sono:

- Massimo negativo: M<sub>SL<sub>Erara</sub>-</sub> = 1.00\*(-6642744kg\*cm) = -6642744 kg\*cm

La sezione del traverso tra le travi prefabbricate (escluso lo spessore della soletta) considerata nei calcoli è pari a (50x149)cm. Di seguito si riporta la sezione di verifica.



Sezione di verifica del traverso di testata

Il traverso risulta essere armato con n°3 barre  $\phi 26$  passanti all'interno del foro posto lato intradosso di impalcato mentre per il foro superiore sono presenti n°4+4 barre  $\Phi 24$ . Non si considera alcun contributo delle armature di soletta dato che la medesima risulta essere scollegata.

Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLerara.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS4
Nome file       : Traverso senza soletta SLerara.VSE
Tipo verifica   : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri          : diametri in mm; aree in cm2.
  
```

```

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S      = Sigma (tensioni sui materiali);
Ve     = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.
  
```

MATERIALI

```

Calcestruzzo:  Rck = 400.  ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio       :  Tipo= B450C  ;Sam= 2550. ;; n=15 .
  
```

SEZIONE

```

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.
Tipo sezione: RETTANGOLARE
Cls:          Acciaio lento:
vert.|  Z  |  Y  |  ferro|  Z  |  Y  | d[mm] |Af[cm2]|
  
```



1- 1	-25.	149.	1	20.	35.	26.	5.3093
1- 2	25.	149.	2	0.	35.	26.	5.3093
1- 3	25.	0.	3	-20.	35.	26.	5.3093
1- 4	-25.	0.	4	20.	97.	24.	4.5239
			5	6.7	97.	24.	4.5239
			6	-6.7	97.	24.	4.5239
			7	-20.	97.	24.	4.5239
			8	20.	112.	24.	4.5239
			9	6.7	112.	24.	4.5239
			10	-6.7	112.	24.	4.5239
			11	-20.	112.	24.	4.5239

**SOLLECITAZIONI AGENTI**

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 74.5 (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | 0. | -6642744. | 0. |

**RISULTATI**

Piani di equilibrio (eps= muz \* y + muy \* z + lam):

sol.	muz	muy	lambda
1.	.00000589823	0.	-.00022265047

Tensioni massime sui materiali:

sol	CLS			Acciaio lento		
	vert.	IS	CLS	ferro	S ferri	Ve
1	1- 3	-74.9	si	8	2210.1	si

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLSrara:  $\sigma_{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.60 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$
- Lato ACCIAIORara:  $\sigma_{s,max} = 0.8 * f_{yk} = 0.8 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$
- Lato CLSq:  $\sigma_{c,max} = 0.45 * f_{ck} = 0.45 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLE rara delle azioni risulta essere soddisfatta. Dai valori sopra riportati emerge come già per la combinazione SLE rara si abbia il rispetto dei limiti massimi di tensione previsti per la combinazione di carico SLEqp e pertanto la verifica per tale condizione può ritenersi automaticamente soddisfatta.

Il momento di prima fessurazione per la sezione composta da CLS C32/40 (considerando un  $f_{ctm}/1.2 = 25.8 \text{ kg/cm}^2$ ) è pari a:

- $M_{fess-} = - 5140000 \text{ kg*cm}$

Il momento negativo agente a SLE rara supera il momento di prima fessurazione e pertanto, nei paragrafi seguenti, si riporta il calcolo esatto di apertura delle fessure per le condizioni di verifica.

## 9.5 Verifiche a SLEfreq – Fessurazione

A partire dalle sollecitazioni riportate ai punti 9.1 e 9.2 della presente R.C., si valuta il momento sollecitante massimo per la combinazione SLEfreq considerando un coefficiente di combinazione delle azioni variabili da traffico pari a  $\psi_{li} = 0.75$  come riportato al punto 5.1.3.12 delle NTC2008.

Momento negativo massimo SLEfreq = - 5768337 kg\*cm

Tale valore è maggiore del momento di prima fessurazione e pertanto è necessario condurre la verifica di apertura delle fessure.

Di seguito si riporta lo stato di tensione della sezione.

```

Descrizione      : Sezione in C.A.
Nome lavoro     : MELAS4
Nome file      : Traverso senza soletta SLEfreq.VSE
Tipo verifica  : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.
Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni*1000.
ferri         : diametri in mm; aree in cm2.
  
```

```

Simboli:
Vert. = contorno_vertice del CLS;      d = diametro;
S     = Sigma (tensioni sui materiali);
Ve   = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.
  
```

### MATERIALI

```

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5
Acciaio      : Tipo= B450C ;Sam= 2550. ;; n=15 .
  
```

### SEZIONE

L'asse z e' rivolto verso destra, l'asse y e' rivolto verso l'alto.  
 Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1- 1	-25.	149.	1	20.	35.	26.	5.3093
1- 2	25.	149.	2	0.	35.	26.	5.3093
1- 3	25.	0.	3	-20.	35.	26.	5.3093
1- 4	-25.	0.	4	20.	97.	24.	4.5239
			5	6.7	97.	24.	4.5239
			6	-6.7	97.	24.	4.5239
			7	-20.	97.	24.	4.5239
			8	20.	112.	24.	4.5239
			9	6.7	112.	24.	4.5239
			10	-6.7	112.	24.	4.5239
			11	-20.	112.	24.	4.5239

### SOLLECITAZIONI AGENTI

```

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 74.5 (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -5768337. | 0. |
  
```

### RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

Sol.	muz	muy	lambda
1.	.00000512182	0.	-.00019334223

Tensioni massime sui materiali:

sol	Cls	vert.	S cls	Ve	Acciaio lento	ferro	S ferri	Ve
1	1- 3	-65.	si		8	1919.2	si	

La massima tensione nelle barre di acciaio è pari a 192MPa. La Circolare Esplicativa, al punto 4.1.2.2.4.6, riporta le seguenti tabelle di verifica:

**Tabella C4.1.II** *Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** *Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

La classe di esposizione del traverso è la XS1 e pertanto appartenente a condizioni ambientali aggressive. Le NTC2008 definiscono le seguenti aperture delle fessure:

**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	$\leq w_1$

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Limite di apertura delle fessure per la combinazione delle azioni SLEfreq:  $w_2 = 0.3\text{mm}$  (armatura poco sensibile).

Sia la condizione di spaziatura delle barre di armatura che il massimo diametro utilizzato risultano essere verificati e garantiscono pertanto un'ampiezza di fessurazione  $< 0.3\text{mm}$ .

### 9.6 Verifiche a SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione

A partire dalle sollecitazioni riportate ai punti 9.1 e 9.2 della presente R.C., si valuta il momento sollecitante massimo per la combinazione SLEqp considerando un coefficiente di combinazione delle azioni variabili da traffico pari a  $\psi_{1i} = 0.00$  come riportato al punto 5.1.3.12 delle NTC2008.

Momento negativo massimo SLEqp = - 3145114 kg\*cm

Tale valore è minore del momento di prima fessurazione riportato al punto 9.4 della presente R.C. e pertanto la verifica di apertura delle fessure risulta essere automaticamente soddisfatta.

Per la verifica di limitazione delle tensioni in esercizio si rimanda al punto 9.4 della presente R.C.

## 10. Giunti trasversali e longitudinali – nodi di continuità

Per le soluzioni da adottarsi circa i giunti trasversali tra una campata e la successiva dei nuovi svincoli e circa i giunti longitudinali tra il viadotto esistente e le nuove rampe si rimanda a quanto già sviluppato all'interno del Progetto Esecutivo.

Si rimanda al Progetto Esecutivo anche per quanto riguarda l'ampiezza dei giunti da utilizzarsi (sia in senso longitudinale che trasversale) essendo funzione del comportamento globale dell'intera rampa di svincolo.

Le tavole grafiche riportanti le informazioni necessarie sono identificate dai seguenti codici elaborato:

- Rampa N: **“V04VI12STRDC01\_B\_Appoggi, giunti e dispositivi di protezione sismica”**;
- Rampa P: **“V04VI13STRDC01\_B\_Appoggi, giunti e dispositivi di protezione sismica”**;
- Rampa S: **“V04VI14STRDC01\_B\_Appoggi, giunti e dispositivi di protezione sismica”**;
- Rampa W: **“V04VI15STRDC01\_A\_Appoggi, giunti e dispositivi di protezione sismica”**.

### 10.1 Verifica nodi di continuità

Per le rampe di svincolo S, P, N del Viadotto Melara è previsto l'impiego di nodi longitudinali di continuità in corrispondenza dei tratti a 3 travi affiancate. Un esempio di tale nodo è riportato in *Fig. 10.1*.

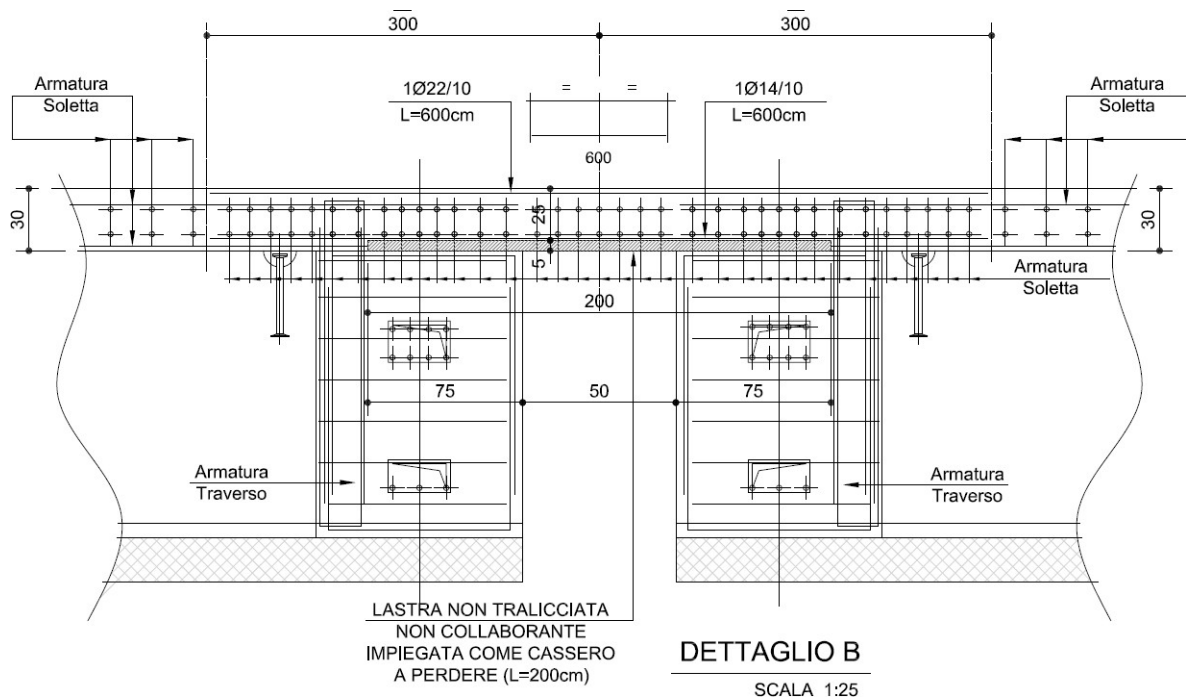


Fig. 10.1 – Nodo di continuità rampa N

Tali nodi di continuità devono resistere alle sollecitazioni indotte dalle rotazioni dell’impalcato e pertanto sono verificati a partire dai risultati ottenuti dai modelli di calcolo globale degli impalcato riportati all’interno del documento “**5641603CstRc1\_01c - Rampe S-N-P-W\_Relazione di calcolo**”. Il modello di riferimento che sarà utilizzato è quello che maggiormente sollecita gli impalcato a 3 travi denominato MELAS4.

Per la valutazione delle rotazioni da imporre alla soletta di continuità è necessario considerare le fasi realizzative della struttura; da ciò si evidenzia che la soletta è soggetta a sollecitazioni derivanti dai carichi permanenti di II fase e dai carichi variabili da traffico, mentre non risente di tutto ciò che accade prima non essendo ancora maturata.

Dal modello di impalcato MELAS4 si riportano le rotazioni in corrispondenza degli appoggi (valori caratteristici) dovute ai carichi permanenti di II fase (Caso di carico 35) e dei carichi variabili (Casi di carico da 1 a 8). In grassetto si evidenziano i valori massimi.

SPOSTAMENTI MODI		COMBINAZIONE	
CASO DI CARICO :	<b>35 Perm II fase</b>		
N. 4 CONDIZIONI ANALISI STATICA			
3 Perm_cordoli	<b>+ 1.00</b>		

4	Perm_pavimentazione	+	1.00				
5	Perm_sicurvia	+	1.00				
6	Perm_rete_e_veletta	+	1.00				
1) +1.00*c003    +1.00*c004    +1.00*c005    +1.00*c006							
Unità di misura:            SX,SY,SZ [cm]; RX,RV,RZ [rad]							
Coefficiente moltiplicativo:            1.000000							
Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ	
94	0.000000	0.000000	0.000000	0.00002	0.00066	0.00000	
95	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00062	0.00000	
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00003	<b>0.00066</b>	0.00000	
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.00002	-0.00066	0.00000	
98	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00062	0.00000	
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00003	-0.00066	0.00000	
SPOSTAMENTI NODI							
CASO DI CARICO :            1 Var CL_MM            COMBINAZIONE							
N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA							
7	Distr_C1	+	3.60				
8	Distr_C2	+	1.00				
9	Distr_Area_rimanent	+	1.00				
10	Q_C1_MM	+	1.50				
14	Q_C2_MM	+	1.00				
1) +3.60*c007    +1.00*c008    +1.00*c009    +1.50*c010    +1.00*c014							
Unità di misura:            SX,SY,SZ [cm]; RX,RV,RZ [rad]							
Coefficiente moltiplicativo:            1.000000							
Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ	
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00132	0.00000	
95	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00143	0.00000	
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00007	0.00163	0.00000	
97	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	-0.00132	0.00000	
98	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	-0.00143	0.00000	
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00007	-0.00163	0.00000	
SPOSTAMENTI NODI							
CASO DI CARICO :            2 Var CL_MV            COMBINAZIONE							
N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA							
7	Distr_C1	+	3.60				
8	Distr_C2	+	1.00				
9	Distr_Area_rimanent	+	1.00				
11	Q_C1_MV	+	1.50				
15	Q_C2_MV	+	1.00				
1) +3.60*c007    +1.00*c008    +1.00*c009    +1.50*c011    +1.00*c015							
Unità di misura:            SX,SY,SZ [cm]; RX,RV,RZ [rad]							
Coefficiente moltiplicativo:            1.000000							
Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ	
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00130	0.00000	
95	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00142	0.00000	
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00007	<b>0.00165</b>	0.00000	
97	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	-0.00119	0.00000	
98	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	-0.00129	0.00000	
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00006	-0.00145	0.00000	
SPOSTAMENTI NODI							
CASO DI CARICO :            3 Var CL_VM            COMBINAZIONE							
N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA							
7	Distr_C1	+	3.60				
8	Distr_C2	+	1.00				
9	Distr_Area_rimanent	+	1.00				

12 Q\_C1\_VM + 1.50  
 16 Q\_C2\_VM + 1.00

1) +3.60\*c007 +1.00\*c008 +1.00\*c009 +1.50\*c012 +1.00\*c016  
 Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00109	0.00000
95	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00121	0.00000
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00008	0.00144	0.00000
97	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00096	0.00000
98	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00103	0.00000
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00005	-0.00117	0.00000

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 4 Var C1\_VV COMBINAZIONE

N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA

7 Distr\_C1 + 3.60  
 8 Distr\_C2 + 1.00  
 9 Distr\_Area\_rimantent + 1.00  
 13 Q\_C1\_VV + 1.50  
 17 Q\_C2\_VV + 1.00

1) +3.60\*c007 +1.00\*c008 +1.00\*c009 +1.50\*c013 +1.00\*c017  
 Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	0.00069	0.00000
95	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	0.00077	0.00000
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00008	0.00091	0.00000
97	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00066	0.00000
98	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00072	0.00000
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00004	-0.00083	0.00000

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 5 Var C2\_MM COMBINAZIONE

N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA

7 Distr\_C1 + 1.00  
 8 Distr\_C2 + 3.60  
 9 Distr\_Area\_rimantent + 1.00  
 10 Q\_C1\_MM + 1.00  
 14 Q\_C2\_MM + 1.50

1) +1.00\*c007 +3.60\*c008 +1.00\*c009 +1.00\*c010 +1.50\*c014  
 Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	0.00144	0.00000
95	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00147	0.00000
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00149	0.00000
97	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00144	0.00000
98	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00147	0.00000
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	-0.00149	0.00000

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 6 Var C2\_MV COMBINAZIONE

N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA

7 Distr\_C1 + 1.00  
 8 Distr\_C2 + 3.60  
 9 Distr\_Area\_rimantent + 1.00  
 11 Q\_C1\_MV + 1.00



15	Q_C2_MV		+	1.50				
1)	+1.00*c007	+3.60*c008	+1.00*c009	+1.00*c011	+1.50*c015			
Unità di misura:		SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]						
Coefficiente moltiplicativo:		1.000000						
Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ		
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	0.00143	0.00000		
95	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00146	0.00000		
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00150	0.00000		
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00130	0.00000		
98	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00132	0.00000		
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00133	0.00000		

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 7 Var C2\_VM COMBINAZIONE

N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA

7	Distr_C1	+	1.00
8	Distr_C2	+	3.60
9	Distr_Area_rimantent	+	1.00
12	Q_C1_VM	+	1.00
16	Q_C2_VM	+	1.50

1)	+1.00*c007	+3.60*c008	+1.00*c009	+1.00*c012	+1.50*c016
Unità di misura:		SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]			

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
94	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	0.00122	0.00000
95	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00126	0.00000
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00002	0.00129	0.00000
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00105	0.00000
98	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00106	0.00000
99	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00001	-0.00106	0.00000

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 8 Var C2\_WV COMBINAZIONE

N. 5 CONDIZIONI ANALISI STATICA

7	Distr_C1	+	1.00
8	Distr_C2	+	3.60
9	Distr_Area_rimantent	+	1.00
13	Q_C1_WV	+	1.00
17	Q_C2_WV	+	1.50

1)	+1.00*c007	+3.60*c008	+1.00*c009	+1.00*c013	+1.50*c017
Unità di misura:		SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]			

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
94	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00079	0.00000
95	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00080	0.00000
96	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00003	0.00080	0.00000
97	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00075	0.00000
98	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00075	0.00000
99	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00073	0.00000

Le massime rotazioni sono relative al nodo 96 e assumono valore:

- Perm II fase                      0.00066 rad
- Variabili da traffico              0.00165 rad

Per le verifiche da condurre sull'elemento soletta è necessario combinare tali valori per le varie combinazioni di carico previste dalla normativa. I valori combinati che si ottengono sono:

- $SLU = 1.35 \cdot (0.00066 + 0.00165) = 0.00312 \text{ rad}$ ;
- $SLE_{rara} = 1.00 \cdot (0.00066 + 0.00165) = 0.00231 \text{ rad}$ ;
- $SLE_{freq} = 1.00 \cdot 0.00066 + 0.75 \cdot 0.00165 = 0.00190 \text{ rad}$ ;
- $SLE_{qp} = 1.00 \cdot 0.00066 + 0.00 \cdot 0.00165 = 0.00066 \text{ rad}$ .

Gli schemi di carico significativi a cavallo del nodo di continuità che sono trattati sono 2 e consistono in:

- Schema 1: campata di SX e campata di DX caricate entrambe con carichi permanenti di II fase + carichi variabili da traffico → caso simmetrico;
- Schema 2: campata di SX caricata con permanenti di II fase + carichi variabili da traffico e campata di DX caricata solamente con carichi permanenti di II fase → caso asimmetrico.

Lo schema di carico 3 che prevede solo carichi permanenti di II fase sia lato SX che lato DX non risulta essere significativo.

Per poter valutare gli effetti delle rotazioni degli impalcati sulla soletta si è sviluppato un modello locale della soletta stessa imponendo le rotazioni di cui sopra alle due estremità. La sezione della soletta modellata è pari a quella reale (825x25)cm essendo presenti 5cm di predalle non tralicciata e non collaborante come cassero a perdere nella parte inferiore. La lunghezza libera di inflessione dell'asta della soletta è pari a 200cm dato che si considerano 50cm presenti tra una trave e l'altra + 75cm da ogni lato trave dove la soletta non è collegata né alla trave prefabbricata e né al traverso e pertanto libera di inflettersi.

Un dettaglio di quanto esposto è riportato in *Fig. 10.2*.

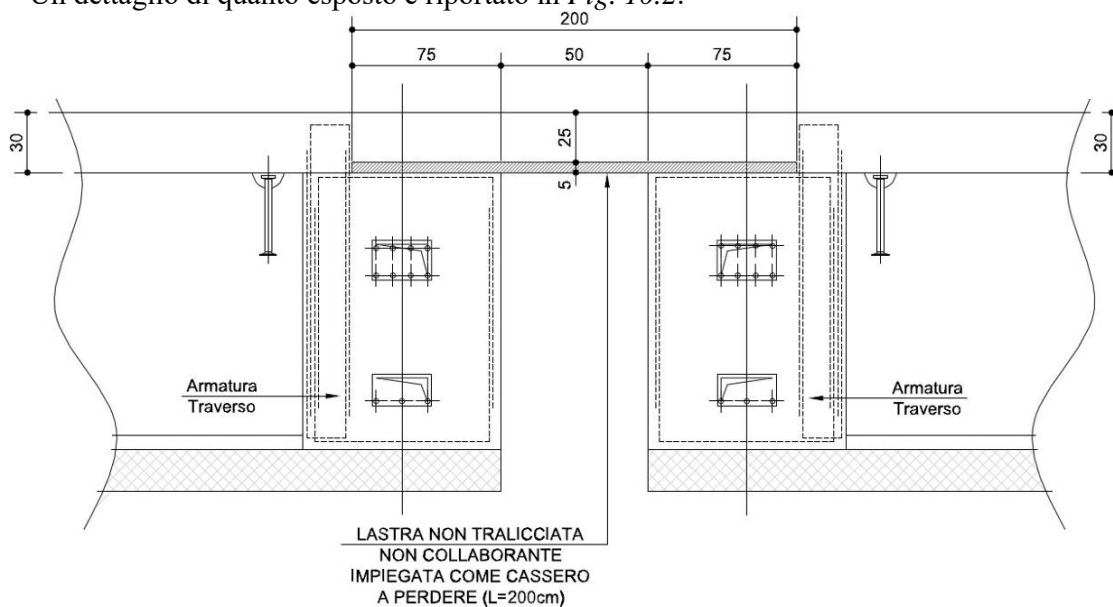


Fig. 10.2 – Dettaglio per valutazione lunghezza libera di inflessione soletta

In Fig. 10.3 si riporta una vista di carpenteria del modello locale generato ed in Fig. 10.4 la schematizzazione asta con definizione del sistema di riferimento globale. Le solette generate sono due per vedere simultaneamente su quella rossa l'effetto del carico simmetrico e su quella verde l'effetto del carico asimmetrico.

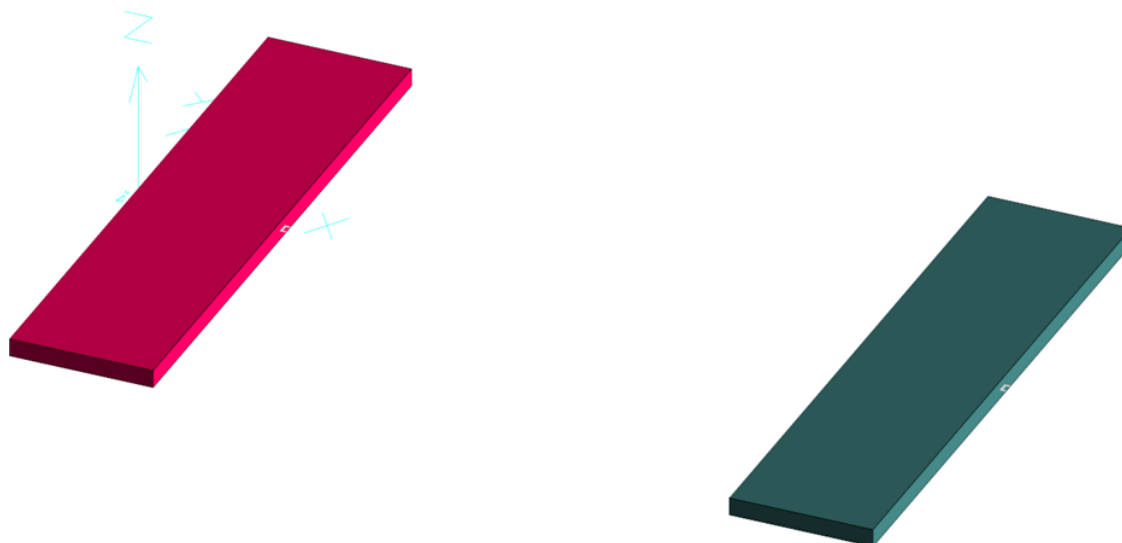


Fig. 10.3 – Modello locale soletta – Ingombri di carpenteria

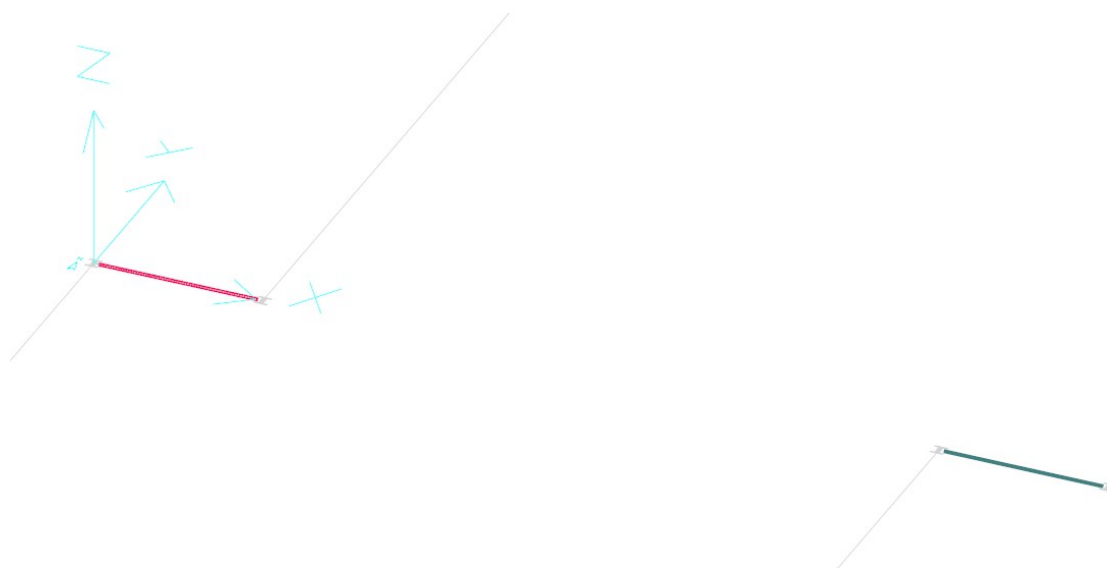


Fig. 10.4 – Modello locale soletta – Asta e sist. Riferimento globale

Il modulo elastico della soletta utilizzato è quello valutato secondo la formulazione proposta dalle NTC2008 e, per un CLS C32/40, assume valore pari a  $E_{cm} = 336430 \text{ kg/cm}^2$ . In Fig. 10.5 si riporta la schermata tratta dal software di calcolo.

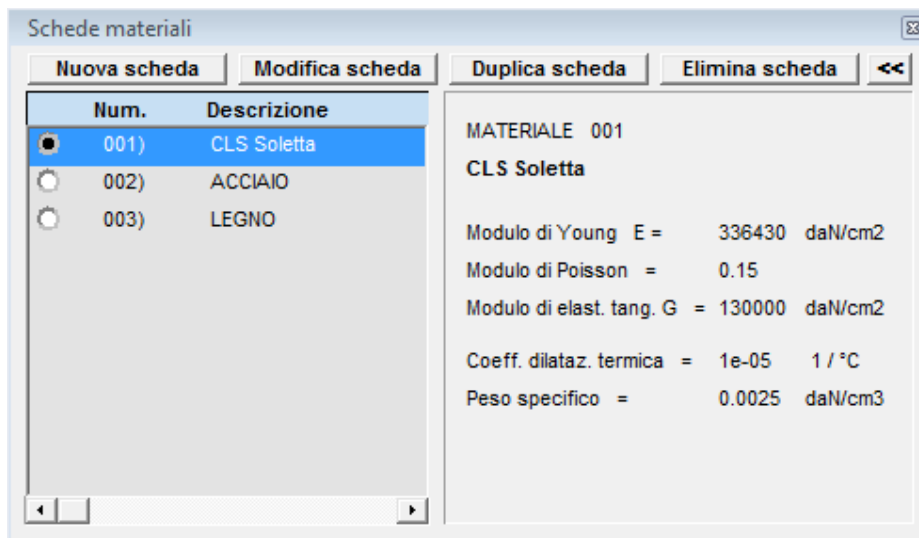


Fig. 10.5 – Modulo elastico soletta

In Fig. 10.6 si riporta un immagine della soletta deformata per effetto delle rotazioni caratteristiche dove è possibile apprezzare la differenza di deformazione tra il caso simmetrico ed il caso asimmetrico.

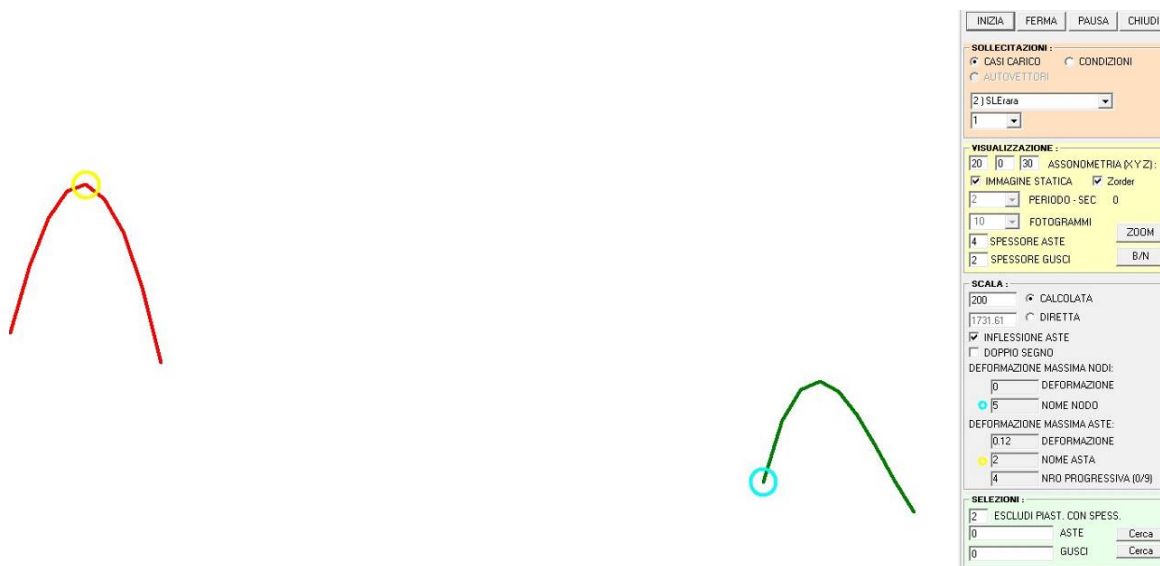


Fig. 10.6 – Deformata soletta di continuità SLerara

Di seguito si riportano le rotazioni di modello, le sollecitazioni e le verifiche condotte.

Per una migliore comprensione, in Fig. 10.7, si riporta la numerazione dei nodi di modello.



Fig. 10.7 – Numerazione dei nodi di modello

### 10.1.1 Verifica a SLU (STR)

Le rotazioni alle estremità restituite dal modello locale della soletta sono riportate nel tabulato seguente.

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 1 SLU COMBINAZIONE

N. 2 CONDIZIONI ANALISI STATICA

1	Perm_II_fase	+	1.35
2	Var._traffico	+	1.35

1) +1.35\*c001      +1.35\*c002  
 Unità di misura:      SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00312	0.000000
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00312	0.000000
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.00312	0.000000
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00089	0.000000

I valori di rotazione imposti sono verificati. Si riportano ora le sollecitazioni sviluppate all'interno dell'asta soletta.

**IMPORTA SOLLECITAZIONI DA 3D** ✕

**SEZIONI ASTE O NODI**

ASTE:  TUTTE CERCA

PROGR.:  TUTTE

NODI:  TUTTI CERCA

COMPONENTI STRINGA DI ELEMENTI ANALIZZATI DA RICERCA

**SOLLECITAZIONI**

CASI DI CARICO:  TUTTI A

SESTETTI:  TUTTI

CONDIZ.:  TUTTI A

Esempio per selezionare: 1,3, 5 - 7

**RICERCA** **IMPORTA** **CHIUDI**

ELIMINA DOPPI AUTOMATICO  NUMERO DECIMALI

ELIMINA PREESISTENTI

MASSIMO	Mdz	Mdy	Nor	Tz	Ty	Mt	Caso	Ses.	Coa.	Asta	Prog.
<input checked="" type="checkbox"/> Mdz -	-18761450	0	0	0	115163	0	1	1	-	3	1
<input checked="" type="checkbox"/> Mdz +	4271192	0	0	0	115163	0	1	1	-	3	9
<input type="checkbox"/> Mdy -	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Mdy +	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Nor -	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Nor +	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Ecc.Z -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/> Ecc.Z +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/> Ecc.Y -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/> Ecc.Y +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/> Tdz -	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Tdz +	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Tdy -	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Tdy +	-18761450	0	0	0	115163	0	1	1	-	3	1
<input type="checkbox"/> Mt -	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1
<input type="checkbox"/> Mt +	-11270201	0	0	0	0	0	1	1	-	2	1

Sollecitazioni soletta di continuità a SLU

La sezione risulta essere armata con  $\Phi 22/10$  lato superiore e con  $\Phi 14/10$  lato inferiore.  
 Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLU:

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELASS  
 Nome file : Soletta continuità SLU.VSE  
 Tipo verifica : stati limite - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

**Simboli:**  
 Vert. = contorno vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 D = Deformazioni x 1000 (epsilon);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta;

**MATERIALI**

Calcestruzzo: Rck = 400. ; fck = 332. ; fcd = 188.13 (.35%)  
 Acciaio : Tipo= B450C ; ftk = 5400. ; fyk = 4500. ; ftd = 4695.65 (6.75%)

**SEZIONE**

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.  
 Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:		Acciaio lento:					
vert.	Z	Y	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]	
1- 1	-412.5	25.	1	407.2	19.7	22.	3.8013
1- 2	412.5	25.	2	397.	19.7	22.	3.8013
1- 3	412.5	0.	3	386.8	19.7	22.	3.8013
1- 4	-412.5	0.	4	376.7	19.7	22.	3.8013
			5	366.5	19.7	22.	3.8013
			6	356.3	19.7	22.	3.8013
			7	346.1	19.7	22.	3.8013
			8	335.9	19.7	22.	3.8013
			9	325.8	19.7	22.	3.8013
			10	315.6	19.7	22.	3.8013
			11	305.4	19.7	22.	3.8013
			12	295.2	19.7	22.	3.8013
			13	285.	19.7	22.	3.8013
			14	274.9	19.7	22.	3.8013
			15	264.7	19.7	22.	3.8013
			16	254.5	19.7	22.	3.8013
			17	244.3	19.7	22.	3.8013
			18	234.1	19.7	22.	3.8013
			19	224.	19.7	22.	3.8013
			20	213.8	19.7	22.	3.8013
			21	203.6	19.7	22.	3.8013
			22	193.4	19.7	22.	3.8013
			23	183.2	19.7	22.	3.8013
			24	173.1	19.7	22.	3.8013
			25	162.9	19.7	22.	3.8013
			26	152.7	19.7	22.	3.8013
			27	142.5	19.7	22.	3.8013
			28	132.3	19.7	22.	3.8013
			29	122.2	19.7	22.	3.8013
			30	112.	19.7	22.	3.8013
			31	101.8	19.7	22.	3.8013
			32	91.6	19.7	22.	3.8013
			33	81.4	19.7	22.	3.8013
			34	71.3	19.7	22.	3.8013
			35	61.1	19.7	22.	3.8013
			36	50.9	19.7	22.	3.8013
			37	40.7	19.7	22.	3.8013
			38	30.5	19.7	22.	3.8013
			39	20.4	19.7	22.	3.8013
			40	10.2	19.7	22.	3.8013
			41	0.	19.7	22.	3.8013
			42	-10.2	19.7	22.	3.8013
			43	-20.4	19.7	22.	3.8013
			44	-30.5	19.7	22.	3.8013
			45	-40.7	19.7	22.	3.8013
			46	-50.9	19.7	22.	3.8013
			47	-61.1	19.7	22.	3.8013
			48	-71.3	19.7	22.	3.8013
			49	-81.4	19.7	22.	3.8013
			50	-91.6	19.7	22.	3.8013
			51	-101.8	19.7	22.	3.8013
			52	-112.	19.7	22.	3.8013
			53	-122.2	19.7	22.	3.8013

54	-132.3	19.7	22.	3.8013
55	-142.5	19.7	22.	3.8013
56	-152.7	19.7	22.	3.8013
57	-162.9	19.7	22.	3.8013
58	-173.1	19.7	22.	3.8013
59	-183.2	19.7	22.	3.8013
60	-193.4	19.7	22.	3.8013
61	-203.6	19.7	22.	3.8013
62	-213.8	19.7	22.	3.8013
63	-224.	19.7	22.	3.8013
64	-234.1	19.7	22.	3.8013
65	-244.3	19.7	22.	3.8013
66	-254.5	19.7	22.	3.8013
67	-264.7	19.7	22.	3.8013
68	-274.9	19.7	22.	3.8013
69	-285.	19.7	22.	3.8013
70	-295.2	19.7	22.	3.8013
71	-305.4	19.7	22.	3.8013
72	-315.6	19.7	22.	3.8013
73	-325.8	19.7	22.	3.8013
74	-335.9	19.7	22.	3.8013
75	-346.1	19.7	22.	3.8013
76	-356.3	19.7	22.	3.8013
77	-366.5	19.7	22.	3.8013
78	-376.7	19.7	22.	3.8013
79	-386.8	19.7	22.	3.8013
80	-397.	19.7	22.	3.8013
81	-407.2	19.7	22.	3.8013
82	407.2	4.3	14.	1.5394
83	397.	4.3	14.	1.5394
84	386.8	4.3	14.	1.5394
85	376.7	4.3	14.	1.5394
86	366.5	4.3	14.	1.5394
87	356.3	4.3	14.	1.5394
88	346.1	4.3	14.	1.5394
89	335.9	4.3	14.	1.5394
90	325.8	4.3	14.	1.5394
91	315.6	4.3	14.	1.5394
92	305.4	4.3	14.	1.5394
93	295.2	4.3	14.	1.5394
94	285.	4.3	14.	1.5394
95	274.9	4.3	14.	1.5394
96	264.7	4.3	14.	1.5394
97	254.5	4.3	14.	1.5394
98	244.3	4.3	14.	1.5394
99	234.1	4.3	14.	1.5394
100	224.	4.3	14.	1.5394
101	213.8	4.3	14.	1.5394
102	203.6	4.3	14.	1.5394
103	193.4	4.3	14.	1.5394
104	183.2	4.3	14.	1.5394
105	173.1	4.3	14.	1.5394
106	162.9	4.3	14.	1.5394
107	152.7	4.3	14.	1.5394
108	142.5	4.3	14.	1.5394
109	132.3	4.3	14.	1.5394
110	122.2	4.3	14.	1.5394
111	112.	4.3	14.	1.5394
112	101.8	4.3	14.	1.5394
113	91.6	4.3	14.	1.5394
114	81.4	4.3	14.	1.5394
115	71.3	4.3	14.	1.5394
116	61.1	4.3	14.	1.5394
117	50.9	4.3	14.	1.5394
118	40.7	4.3	14.	1.5394
119	30.5	4.3	14.	1.5394
120	20.4	4.3	14.	1.5394
121	10.2	4.3	14.	1.5394
122	0.	4.3	14.	1.5394
123	-10.2	4.3	14.	1.5394
124	-20.4	4.3	14.	1.5394
125	-30.5	4.3	14.	1.5394
126	-40.7	4.3	14.	1.5394
127	-50.9	4.3	14.	1.5394
128	-61.1	4.3	14.	1.5394
129	-71.3	4.3	14.	1.5394
130	-81.4	4.3	14.	1.5394
131	-91.6	4.3	14.	1.5394
132	-101.8	4.3	14.	1.5394
133	-112.	4.3	14.	1.5394
134	-122.2	4.3	14.	1.5394
135	-132.3	4.3	14.	1.5394
136	-142.5	4.3	14.	1.5394
137	-152.7	4.3	14.	1.5394
138	-162.9	4.3	14.	1.5394
139	-173.1	4.3	14.	1.5394



140	-183.2	4.3	14.	1.5394
141	-193.4	4.3	14.	1.5394
142	-203.6	4.3	14.	1.5394
143	-213.8	4.3	14.	1.5394
144	-224.	4.3	14.	1.5394
145	-234.1	4.3	14.	1.5394
146	-244.3	4.3	14.	1.5394
147	-254.5	4.3	14.	1.5394
148	-264.7	4.3	14.	1.5394
149	-274.9	4.3	14.	1.5394
150	-285.	4.3	14.	1.5394
151	-295.2	4.3	14.	1.5394
152	-305.4	4.3	14.	1.5394
153	-315.6	4.3	14.	1.5394
154	-325.8	4.3	14.	1.5394
155	-335.9	4.3	14.	1.5394
156	-346.1	4.3	14.	1.5394
157	-356.3	4.3	14.	1.5394
158	-366.5	4.3	14.	1.5394
159	-376.7	4.3	14.	1.5394
160	-386.8	4.3	14.	1.5394
161	-397.	4.3	14.	1.5394
162	-407.2	4.3	14.	1.5394

## SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12.5 (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | 0. | -20023142. | 0. | Mz:-20023142./-18761450.=1.0672  
 2 | 0. | 9747434. | 0. | Mz+:9747434./4271192.=2.2821

## RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

sol.	muz	muy	lambda
1.	.00049918395	0.	-.00350206227
2.	-.00069929476	0.	.01398405748

Deformazioni massime sui materiali:

sol	Cls			Acciaio lento		
	vert.	D cls	S cls  Ve	ferro	D ferri	S ferri  Ve
1	1- 3	-3.5021	-188.1 si	54.	6.3319	3965.3 si
2	1- 1	-3.4983	-188.1 si	82.	10.9771	4020.8 si

Il minimo fattore di sicurezza ottenuto è pari a 1.0672 e pertanto la verifica risulta essere soddisfatta.

### 10.1.2 Verifica a SLerara – Limitazione delle tensioni

Le rotazioni alle estremità restituite dal modello locale della soletta sono riportate nel tabulato seguente.

## SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 2 SLErara

COMBINAZIONE

N. 2 CONDIZIONI ANALISI STATICA

1	Perm_II_fase	+	1.00
2	Var._traffico	+	1.00

1) +1.00\*c001 +1.00\*c002  
 Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00231	0.00000
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00231	0.00000
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00231	0.00000
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00066	0.00000

I valori di rotazione imposti sono verificati. Si riportano ora le sollecitazioni sviluppate all'interno dell'asta soletta.

**SEZIONI ASTE O NODI**

ASTE: 2,2-3 TUTTE CERCA  
 PROG.: 1-9 TUTTE  
 NODI: 1 TUTTI CERCA  
 COMPONI STRINGA DI ELEMENTI ANALIZZATI DA RICERCA

**SOLLECITAZIONI**

CASI DI CARICO: 2 TUTTI A  
 SESTETTI: 0 TUTTI  
 CONDIZ.: 0 TUTTI A  
 Esempio per selezionare: 1,3,5-7

RICERCA IMPORTA CHIUDI  ELIMINA DOPPI AUTOMATICO 0 NUMERO DECIMALI  
 ELIMINA PREESISTENTI

MASSIMO	Mdz	Mdy	Nor	Tz	Ty	Mt	Caso	Ses.	Con.	Asta	Prog.
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz -	-13897370	0	0	0	85306	2	1	-	3	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz +	3163846	0	0	0	85306	2	1	-	3	9
<input type="checkbox"/>	Mdy -	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mdy +	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor -	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor +	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Tdz -	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdz +	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy -	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy +	-13897370	0	0	0	85306	2	1	-	3	1
<input type="checkbox"/>	Mt -	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mt +	-8348297	0	0	0	0	2	1	-	2	1

Sollecitazioni soletta di continuità a SLerara

La sezione risulta essere armata con  $\Phi 22/10$  lato superiore e con  $\Phi 14/10$  lato inferiore. Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLerara:

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELASS  
 Nome file : Soletta continuità SLerara.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm<sup>2</sup>; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm<sup>2</sup>.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;;Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ;Samm= 2550. ;; n=15 .

## SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cl:

vert.	Z	Y	Acciaio lento:				
			ferro	Z	Y	d[mm]	Af[cm2]
1-	1 -412.5	25.	1	407.2	19.7	22.	3.8013
1-	2  412.5	25.	2	397.	19.7	22.	3.8013
1-	3  412.5	0.	3	386.8	19.7	22.	3.8013
1-	4 -412.5	0.	4	376.7	19.7	22.	3.8013
			5	366.5	19.7	22.	3.8013
			6	356.3	19.7	22.	3.8013
			7	346.1	19.7	22.	3.8013
			8	335.9	19.7	22.	3.8013
			9	325.8	19.7	22.	3.8013
			10	315.6	19.7	22.	3.8013
			11	305.4	19.7	22.	3.8013
			12	295.2	19.7	22.	3.8013
			13	285.	19.7	22.	3.8013
			14	274.9	19.7	22.	3.8013
			15	264.7	19.7	22.	3.8013
			16	254.5	19.7	22.	3.8013
			17	244.3	19.7	22.	3.8013
			18	234.1	19.7	22.	3.8013
			19	224.	19.7	22.	3.8013
			20	213.8	19.7	22.	3.8013
			21	203.6	19.7	22.	3.8013
			22	193.4	19.7	22.	3.8013
			23	183.2	19.7	22.	3.8013
			24	173.1	19.7	22.	3.8013
			25	162.9	19.7	22.	3.8013
			26	152.7	19.7	22.	3.8013
			27	142.5	19.7	22.	3.8013
			28	132.3	19.7	22.	3.8013
			29	122.2	19.7	22.	3.8013
			30	112.	19.7	22.	3.8013
			31	101.8	19.7	22.	3.8013
			32	91.6	19.7	22.	3.8013
			33	81.4	19.7	22.	3.8013
			34	71.3	19.7	22.	3.8013
			35	61.1	19.7	22.	3.8013
			36	50.9	19.7	22.	3.8013
			37	40.7	19.7	22.	3.8013
			38	30.5	19.7	22.	3.8013
			39	20.4	19.7	22.	3.8013
			40	10.2	19.7	22.	3.8013
			41	0.	19.7	22.	3.8013
			42	-10.2	19.7	22.	3.8013
			43	-20.4	19.7	22.	3.8013
			44	-30.5	19.7	22.	3.8013
			45	-40.7	19.7	22.	3.8013
			46	-50.9	19.7	22.	3.8013
			47	-61.1	19.7	22.	3.8013
			48	-71.3	19.7	22.	3.8013
			49	-81.4	19.7	22.	3.8013
			50	-91.6	19.7	22.	3.8013
			51	-101.8	19.7	22.	3.8013
			52	-112.	19.7	22.	3.8013
			53	-122.2	19.7	22.	3.8013
			54	-132.3	19.7	22.	3.8013
			55	-142.5	19.7	22.	3.8013
			56	-152.7	19.7	22.	3.8013
			57	-162.9	19.7	22.	3.8013
			58	-173.1	19.7	22.	3.8013
			59	-183.2	19.7	22.	3.8013
			60	-193.4	19.7	22.	3.8013
			61	-203.6	19.7	22.	3.8013
			62	-213.8	19.7	22.	3.8013
			63	-224.	19.7	22.	3.8013
			64	-234.1	19.7	22.	3.8013
			65	-244.3	19.7	22.	3.8013
			66	-254.5	19.7	22.	3.8013
			67	-264.7	19.7	22.	3.8013
			68	-274.9	19.7	22.	3.8013
			69	-285.	19.7	22.	3.8013
			70	-295.2	19.7	22.	3.8013
			71	-305.4	19.7	22.	3.8013
			72	-315.6	19.7	22.	3.8013
			73	-325.8	19.7	22.	3.8013
			74	-335.9	19.7	22.	3.8013
			75	-346.1	19.7	22.	3.8013
			76	-356.3	19.7	22.	3.8013
			77	-366.5	19.7	22.	3.8013

78	-376.7	19.7	22.	3.8013
79	-386.8	19.7	22.	3.8013
80	-397.	19.7	22.	3.8013
81	-407.2	19.7	22.	3.8013
82	407.2	4.3	14.	1.5394
83	397.	4.3	14.	1.5394
84	386.8	4.3	14.	1.5394
85	376.7	4.3	14.	1.5394
86	366.5	4.3	14.	1.5394
87	356.3	4.3	14.	1.5394
88	346.1	4.3	14.	1.5394
89	335.9	4.3	14.	1.5394
90	325.8	4.3	14.	1.5394
91	315.6	4.3	14.	1.5394
92	305.4	4.3	14.	1.5394
93	295.2	4.3	14.	1.5394
94	285.	4.3	14.	1.5394
95	274.9	4.3	14.	1.5394
96	264.7	4.3	14.	1.5394
97	254.5	4.3	14.	1.5394
98	244.3	4.3	14.	1.5394
99	234.1	4.3	14.	1.5394
100	224.	4.3	14.	1.5394
101	213.8	4.3	14.	1.5394
102	203.6	4.3	14.	1.5394
103	193.4	4.3	14.	1.5394
104	183.2	4.3	14.	1.5394
105	173.1	4.3	14.	1.5394
106	162.9	4.3	14.	1.5394
107	152.7	4.3	14.	1.5394
108	142.5	4.3	14.	1.5394
109	132.3	4.3	14.	1.5394
110	122.2	4.3	14.	1.5394
111	112.	4.3	14.	1.5394
112	101.8	4.3	14.	1.5394
113	91.6	4.3	14.	1.5394
114	81.4	4.3	14.	1.5394
115	71.3	4.3	14.	1.5394
116	61.1	4.3	14.	1.5394
117	50.9	4.3	14.	1.5394
118	40.7	4.3	14.	1.5394
119	30.5	4.3	14.	1.5394
120	20.4	4.3	14.	1.5394
121	10.2	4.3	14.	1.5394
122	0.	4.3	14.	1.5394
123	-10.2	4.3	14.	1.5394
124	-20.4	4.3	14.	1.5394
125	-30.5	4.3	14.	1.5394
126	-40.7	4.3	14.	1.5394
127	-50.9	4.3	14.	1.5394
128	-61.1	4.3	14.	1.5394
129	-71.3	4.3	14.	1.5394
130	-81.4	4.3	14.	1.5394
131	-91.6	4.3	14.	1.5394
132	-101.8	4.3	14.	1.5394
133	-112.	4.3	14.	1.5394
134	-122.2	4.3	14.	1.5394
135	-132.3	4.3	14.	1.5394
136	-142.5	4.3	14.	1.5394
137	-152.7	4.3	14.	1.5394
138	-162.9	4.3	14.	1.5394
139	-173.1	4.3	14.	1.5394
140	-183.2	4.3	14.	1.5394
141	-193.4	4.3	14.	1.5394
142	-203.6	4.3	14.	1.5394
143	-213.8	4.3	14.	1.5394
144	-224.	4.3	14.	1.5394
145	-234.1	4.3	14.	1.5394
146	-244.3	4.3	14.	1.5394
147	-254.5	4.3	14.	1.5394
148	-264.7	4.3	14.	1.5394
149	-274.9	4.3	14.	1.5394
150	-285.	4.3	14.	1.5394
151	-295.2	4.3	14.	1.5394
152	-305.4	4.3	14.	1.5394
153	-315.6	4.3	14.	1.5394
154	-325.8	4.3	14.	1.5394
155	-335.9	4.3	14.	1.5394
156	-346.1	4.3	14.	1.5394
157	-356.3	4.3	14.	1.5394
158	-366.5	4.3	14.	1.5394
159	-376.7	4.3	14.	1.5394
160	-386.8	4.3	14.	1.5394
161	-397.	4.3	14.	1.5394
162	-407.2	4.3	14.	1.5394

## SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12.5 (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata

1	0.	-13897370.	0.	
2	0.	3163846.	0.	

## RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

Sol.	muz	muy	lambda
1.	.0000541074	0.	-.00051707961
2.	-.0000205548	0.	.00037330039

Tensioni massime sui materiali:

sol	Cls			Acciaio lento		
	vert.	s cls	Ve	ferro	ferri	Ve
1	1- 3	-174.	si	1	2769.7	si
2	1- 2	-47.3	si	141	1437.8	si

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE rara pari a:

- Lato CLSrara:  $\sigma_{c,max} = 0.60 * f_{ck} = 0.60 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 199.2 \text{ kg/cm}^2$
- Lato ACCIAIORara:  $\sigma_{s,max} = 0.8 * f_{yk} = 0.8 * 4500 \text{ kg/cm}^2 = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLE rara delle azioni risulta essere soddisfatta.

### 10.1.3 Verifica a SLEfreq – Fessurazione

Le rotazioni alle estremità restituite dal modello locale della soletta sono riportate nel tabulato seguente.

## SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO : 3 SLEfreq

COMBINAZIONE

N. 2 CONDIZIONI ANALISI STATICA

1	Perm_II_fase	+	1.00
2	Var._traffico	+	0.75

1) +1.00\*c001 +0.75\*c002

Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RV,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00190	0.00000
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00190	0.00000
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00190	0.00000
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00066	0.00000

I valori di rotazione imposti sono verificati. Si riportano ora le sollecitazioni sviluppate all'interno dell'asta soletta.

**IMPORTA SOLLECITAZIONI DA 3D**

**SEZIONI ASTE O NODI**

ASTE:  TUTTE CERCA

PROGR.:  TUTTE

NODI:  TUTTI CERCA

COMPMONI STRINGA DI ELEMENTI ANALIZZATI DA RICERCA

**SOLLECITAZIONI**

CASI DI CARICO:  TUTTI A

SESTETTI:  TUTTI

CONDIZ.:  TUTTI A

Esempio per selezionare: 1,3, 5 - 7

ELIMINA DOPPI AUTOMATICO  NUMERO DECIMALI

ELIMINA PREESISTENTI

MASSIMO	Mdz	Mdy	Nor	Tz	Ty	Mt	Caso	Ses.	Coa.	Asta	Prog.
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz -	-11019334	0	0	0	63980	3	1	-	3	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz +	1776577	0	0	0	63980	3	1	-	3	9
<input type="checkbox"/>	Mdy -	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mdy +	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor -	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor +	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Tdz -	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdz +	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy -	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy +	-11019334	0	0	0	63980	3	1	-	3	1
<input type="checkbox"/>	Mt -	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mt +	-6857529	0	0	0	0	3	1	-	2	1

### Sollecitazioni soletta di continuità a SLEfreq

La sezione risulta essere armata con  $\Phi 22/10$  lato superiore e con  $\Phi 14/10$  lato inferiore. Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLEfreq:

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELASS  
 Nome file : Soletta continuità SLEfreq.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

#### MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;; E = 336428. ;; Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ;; Samm= 2550. ;; n=15 .

#### SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.  
 Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:				Acciaio lento:				
vert.	Z	Y		ferro	Z	Y	d[mm]	AF[cm2]
1- 1	-412.5	25.		1	407.2	19.7	22.	3.8013
1- 2	412.5	25.		2	397.	19.7	22.	3.8013
1- 3	412.5	0.		3	386.8	19.7	22.	3.8013
1- 4	-412.5	0.		4	376.7	19.7	22.	3.8013
				5	366.5	19.7	22.	3.8013
				6	356.3	19.7	22.	3.8013
				7	346.1	19.7	22.	3.8013
				8	335.9	19.7	22.	3.8013
				9	325.8	19.7	22.	3.8013
				10	315.6	19.7	22.	3.8013
				11	305.4	19.7	22.	3.8013
				12	295.2	19.7	22.	3.8013
				13	285.	19.7	22.	3.8013
				14	274.9	19.7	22.	3.8013
				15	264.7	19.7	22.	3.8013
				16	254.5	19.7	22.	3.8013
				17	244.3	19.7	22.	3.8013
				18	234.1	19.7	22.	3.8013
				19	224.	19.7	22.	3.8013
				20	213.8	19.7	22.	3.8013
				21	203.6	19.7	22.	3.8013
				22	193.4	19.7	22.	3.8013
				23	183.2	19.7	22.	3.8013
				24	173.1	19.7	22.	3.8013
				25	162.9	19.7	22.	3.8013
				26	152.7	19.7	22.	3.8013
				27	142.5	19.7	22.	3.8013
				28	132.3	19.7	22.	3.8013
				29	122.2	19.7	22.	3.8013
				30	112.	19.7	22.	3.8013
				31	101.8	19.7	22.	3.8013
				32	91.6	19.7	22.	3.8013
				33	81.4	19.7	22.	3.8013
				34	71.3	19.7	22.	3.8013
				35	61.1	19.7	22.	3.8013
				36	50.9	19.7	22.	3.8013
				37	40.7	19.7	22.	3.8013
				38	30.5	19.7	22.	3.8013
				39	20.4	19.7	22.	3.8013
				40	10.2	19.7	22.	3.8013
				41	0.	19.7	22.	3.8013
				42	-10.2	19.7	22.	3.8013
				43	-20.4	19.7	22.	3.8013
				44	-30.5	19.7	22.	3.8013
				45	-40.7	19.7	22.	3.8013
				46	-50.9	19.7	22.	3.8013
				47	-61.1	19.7	22.	3.8013
				48	-71.3	19.7	22.	3.8013
				49	-81.4	19.7	22.	3.8013
				50	-91.6	19.7	22.	3.8013
				51	-101.8	19.7	22.	3.8013
				52	-112.	19.7	22.	3.8013
				53	-122.2	19.7	22.	3.8013
				54	-132.3	19.7	22.	3.8013
				55	-142.5	19.7	22.	3.8013
				56	-152.7	19.7	22.	3.8013
				57	-162.9	19.7	22.	3.8013
				58	-173.1	19.7	22.	3.8013
				59	-183.2	19.7	22.	3.8013
				60	-193.4	19.7	22.	3.8013
				61	-203.6	19.7	22.	3.8013
				62	-213.8	19.7	22.	3.8013
				63	-224.	19.7	22.	3.8013
				64	-234.1	19.7	22.	3.8013
				65	-244.3	19.7	22.	3.8013
				66	-254.5	19.7	22.	3.8013
				67	-264.7	19.7	22.	3.8013
				68	-274.9	19.7	22.	3.8013
				69	-285.	19.7	22.	3.8013
				70	-295.2	19.7	22.	3.8013
				71	-305.4	19.7	22.	3.8013
				72	-315.6	19.7	22.	3.8013
				73	-325.8	19.7	22.	3.8013
				74	-335.9	19.7	22.	3.8013
				75	-346.1	19.7	22.	3.8013
				76	-356.3	19.7	22.	3.8013
				77	-366.5	19.7	22.	3.8013
				78	-376.7	19.7	22.	3.8013
				79	-386.8	19.7	22.	3.8013
				80	-397.	19.7	22.	3.8013
				81	-407.2	19.7	22.	3.8013
				82	407.2	4.3	14.	1.5394
				83	397.	4.3	14.	1.5394
				84	386.8	4.3	14.	1.5394

85	376.7	4.3	14.	1.5394
86	366.5	4.3	14.	1.5394
87	356.3	4.3	14.	1.5394
88	346.1	4.3	14.	1.5394
89	335.9	4.3	14.	1.5394
90	325.8	4.3	14.	1.5394
91	315.6	4.3	14.	1.5394
92	305.4	4.3	14.	1.5394
93	295.2	4.3	14.	1.5394
94	285.	4.3	14.	1.5394
95	274.9	4.3	14.	1.5394
96	264.7	4.3	14.	1.5394
97	254.5	4.3	14.	1.5394
98	244.3	4.3	14.	1.5394
99	234.1	4.3	14.	1.5394
100	224.	4.3	14.	1.5394
101	213.8	4.3	14.	1.5394
102	203.6	4.3	14.	1.5394
103	193.4	4.3	14.	1.5394
104	183.2	4.3	14.	1.5394
105	173.1	4.3	14.	1.5394
106	162.9	4.3	14.	1.5394
107	152.7	4.3	14.	1.5394
108	142.5	4.3	14.	1.5394
109	132.3	4.3	14.	1.5394
110	122.2	4.3	14.	1.5394
111	112.	4.3	14.	1.5394
112	101.8	4.3	14.	1.5394
113	91.6	4.3	14.	1.5394
114	81.4	4.3	14.	1.5394
115	71.3	4.3	14.	1.5394
116	61.1	4.3	14.	1.5394
117	50.9	4.3	14.	1.5394
118	40.7	4.3	14.	1.5394
119	30.5	4.3	14.	1.5394
120	20.4	4.3	14.	1.5394
121	10.2	4.3	14.	1.5394
122	0.	4.3	14.	1.5394
123	-10.2	4.3	14.	1.5394
124	-20.4	4.3	14.	1.5394
125	-30.5	4.3	14.	1.5394
126	-40.7	4.3	14.	1.5394
127	-50.9	4.3	14.	1.5394
128	-61.1	4.3	14.	1.5394
129	-71.3	4.3	14.	1.5394
130	-81.4	4.3	14.	1.5394
131	-91.6	4.3	14.	1.5394
132	-101.8	4.3	14.	1.5394
133	-112.	4.3	14.	1.5394
134	-122.2	4.3	14.	1.5394
135	-132.3	4.3	14.	1.5394
136	-142.5	4.3	14.	1.5394
137	-152.7	4.3	14.	1.5394
138	-162.9	4.3	14.	1.5394
139	-173.1	4.3	14.	1.5394
140	-183.2	4.3	14.	1.5394
141	-193.4	4.3	14.	1.5394
142	-203.6	4.3	14.	1.5394
143	-213.8	4.3	14.	1.5394
144	-224.	4.3	14.	1.5394
145	-234.1	4.3	14.	1.5394
146	-244.3	4.3	14.	1.5394
147	-254.5	4.3	14.	1.5394
148	-264.7	4.3	14.	1.5394
149	-274.9	4.3	14.	1.5394
150	-285.	4.3	14.	1.5394
151	-295.2	4.3	14.	1.5394
152	-305.4	4.3	14.	1.5394
153	-315.6	4.3	14.	1.5394
154	-325.8	4.3	14.	1.5394
155	-335.9	4.3	14.	1.5394
156	-346.1	4.3	14.	1.5394
157	-356.3	4.3	14.	1.5394
158	-366.5	4.3	14.	1.5394
159	-376.7	4.3	14.	1.5394
160	-386.8	4.3	14.	1.5394
161	-397.	4.3	14.	1.5394
162	-407.2	4.3	14.	1.5394

## SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12.5 (baricentro CLS)  
 Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.  
 N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata  
 1 | 0. | -11019334. | 0. |  
 2 | 0. | 1776577. | 0. |



RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz \* y +muy \* z + lam):

sol.	muz	muy	lambda
1.	.00004290218	0.	-.00040999649
2.	-.00001154202	0.	.00020961731

Tensioni massime sui materiali:

sol	cls			Acciaio lento		
	vert.	cls	Ve	ferro	ferri	Ve
1	1- 3		-137.9 si	1		2196.1 si
2	1- 2		-26.6 si	127		807.4 si

Le NTC2008 stabiliscono, per una condizione ambientale aggressiva (XF3) i seguenti limiti di apertura delle fessure.

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	XC0, 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 <sub>a</sub>	Stato limite	w <sub>a</sub>
<b>a</b>	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>3</sub>
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
<b>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>	ap. fessure	≤ w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w <sub>1</sub>

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

I momenti di prima fessurazione per la soletta, valutati considerando un cls C32/40 (fctm/1.2 = 25.8 kg/cm<sup>2</sup>) sono pari a:

- M<sub>fess-</sub> = -3100000 kg\*cm
- M<sub>fess+</sub> = +2790000 kg\*cm

Il momento positivo sollecitante è inferiore al momento positivo di prima fessurazione e pertanto la verifica di apertura delle fessure risulta essere automaticamente soddisfatta.

Lato momento negativo sollecitante, essendo quest'ultimo maggiore del momento di prima fessurazione si riporta il calcolo diretto di apertura delle fessure.

## FESSURAZIONE

C	51 [mm]	copriferro
S	100 [mm]	distanza fra le due file di barre
n°ferri	81 [-]	numero ferri
phi	22 [mm]	diametro delle barre
bw=	8250 [mm]	larghezza anima
d,eff=	51.46666667 [mm]	altezza zona efficace intorno alle barre
Ac,eff=	424600 [mmq]	area di cls efficace intorno alle barre
k2	0.4 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
k3	0.125 [-]	coefficiente per diagramma triangolare presso-flessione
pr	0.0725 [-]	rapporto fra armatura e area efficace di cls
σs	219.6 [N/mmq]	tensione acciaio sez parzializzata
σsr	61.8 [N/mmq]	tensione acciaio sez con fctm
Es	210000 [N/mmq]	modulo elasticità acciaio
β1	1 [-]	coefficiente per barre ad aderenza migliorata
β2	0.5 [-]	coefficiente per azioni di lunga durata
ε_sm	0.0010 [-]	deformazione media
Srm	137.17 [mm]	distanza media fra le fessure
Wm	0.14 [mm]	valore medio apertura delle fessure
Wk	0.23 [mm]	valore di calcolo apertura delle fessure

Ambiente **aggressivo**

LIMITE DI NORMA wk < 0.3

VERIFICA **VERIFICA SUPERATA**

L'apertura delle fessure prevista per la combinazione SLEfreq è pari a 0.23mm < 0.30mm e pertanto la verifica risulta essere superata.

### 10.1.4 Verifica a SLEqp – Limitazione delle tensioni e fessurazione

Le rotazioni alle estremità restituite dal modello locale della soletta sono riportate nel tabulato seguente.

SPOSTAMENTI NODI

CASO DI CARICO :	4 SLEqp	COMBINAZIONE
N. 1 CONDIZIONI ANALISI STATICA		
1 Perm_II_fase	+	1.00

1) +1.00\*c001  
 Unità di misura: SX,SY,SZ [cm]; RX,RY,RZ [rad]

Coefficiente moltiplicativo: 1.000000

Nodo	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00066	0.00000
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00066	0.00000
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	-0.00066	0.00000
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	0.00066	0.00000

I valori di rotazione imposti sono verificati. Si riportano ora le sollecitazioni sviluppate all'interno dell'asta soletta.

**IMPORTA SOLLECITAZIONI DA 3D**

**SEZIONI ASTE O NODI**

ASTE:  TUTTE CERCA

PROGR.:  TUTTE

NODI:  TUTTI CERCA

COMPONENTI STRINGA DI ELEMENTI ANALIZZATI DA RICERCA

**SOLLECITAZIONI**

CASI DI CARICO:  TUTTI A

SESTETTI:  TUTTI

CONDIZ.:  TUTTI A

Esempio per selezionare: 1,3, 5 - 7

RICERCA

IMPORTA

CHIUDI

ELIMINA DOPPI AUTOMATICO

NUMERO DECIMALI

ELIMINA PREESISTENTI

MASSIMO	Mdz	Mdy	Nor	Tz	Ty	Mt	Caso	Ses.	Coa.	Asta	Prog.
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Mdz •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mdy -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mdy •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Nor •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Z •	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Ecc.Y •	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	Tdz -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdz •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Tdy •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mt -	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1
<input type="checkbox"/>	Mt •	-2385228	0	0	0	0	4	1	-	2	1

Sollecitazioni soletta di continuità a SLEqp

La sezione risulta essere armata con  $\Phi 22/10$  lato superiore e con  $\Phi 14/10$  lato inferiore. Di seguito si riporta il tabulato di verifica a SLEqp:

Descrizione : Sezione in C.A.  
 Nome lavoro : MELASS  
 Nome file : soletta continuità SLEqp.VSE  
 Tipo verifica : tensioni ammissibili - pressoflessione deviata.  
 Unità di misura generiche: daN; cm; daNcm; daN/cm2; d in mm; deformazioni\*1000.  
 ferri : diametri in mm; aree in cm2.

Simboli:  
 Vert. = contorno\_vertice del CLS; d = diametro;  
 S = Sigma (tensioni sui materiali);  
 Ve = colonna che indica se la verifica e' soddisfatta.

MATERIALI

Calcestruzzo: Rck = 400. ;;E =336428. ;; Samm= 122.5  
 Acciaio : Tipo= B450C ;;Sam= 2550. ;; n=15 .

## SEZIONE

L'asse Z e' rivolto verso destra, l'asse Y e' rivolto verso l'alto.

Tipo sezione: RETTANGOLARE

Cls:				Acciaio lento:			
vert.	Z	Y		ferro	Z	Y	d[mm]   Af[cm2]
1- 1	-412.5	25.		1	407.2	19.7	22.   3.8013
1- 2	412.5	25.		2	397.	19.7	22.   3.8013
1- 3	412.5	0.		3	386.8	19.7	22.   3.8013
1- 4	-412.5	0.		4	376.7	19.7	22.   3.8013
				5	366.5	19.7	22.   3.8013
				6	356.3	19.7	22.   3.8013
				7	346.1	19.7	22.   3.8013
				8	335.9	19.7	22.   3.8013
				9	325.8	19.7	22.   3.8013
				10	315.6	19.7	22.   3.8013
				11	305.4	19.7	22.   3.8013
				12	295.2	19.7	22.   3.8013
				13	285.	19.7	22.   3.8013
				14	274.9	19.7	22.   3.8013
				15	264.7	19.7	22.   3.8013
				16	254.5	19.7	22.   3.8013
				17	244.3	19.7	22.   3.8013
				18	234.1	19.7	22.   3.8013
				19	224.	19.7	22.   3.8013
				20	213.8	19.7	22.   3.8013
				21	203.6	19.7	22.   3.8013
				22	193.4	19.7	22.   3.8013
				23	183.2	19.7	22.   3.8013
				24	173.1	19.7	22.   3.8013
				25	162.9	19.7	22.   3.8013
				26	152.7	19.7	22.   3.8013
				27	142.5	19.7	22.   3.8013
				28	132.3	19.7	22.   3.8013
				29	122.2	19.7	22.   3.8013
				30	112.	19.7	22.   3.8013
				31	101.8	19.7	22.   3.8013
				32	91.6	19.7	22.   3.8013
				33	81.4	19.7	22.   3.8013
				34	71.3	19.7	22.   3.8013
				35	61.1	19.7	22.   3.8013
				36	50.9	19.7	22.   3.8013
				37	40.7	19.7	22.   3.8013
				38	30.5	19.7	22.   3.8013
				39	20.4	19.7	22.   3.8013
				40	10.2	19.7	22.   3.8013
				41	0.	19.7	22.   3.8013
				42	-10.2	19.7	22.   3.8013
				43	-20.4	19.7	22.   3.8013
				44	-30.5	19.7	22.   3.8013
				45	-40.7	19.7	22.   3.8013
				46	-50.9	19.7	22.   3.8013
				47	-61.1	19.7	22.   3.8013
				48	-71.3	19.7	22.   3.8013
				49	-81.4	19.7	22.   3.8013
				50	-91.6	19.7	22.   3.8013
				51	-101.8	19.7	22.   3.8013
				52	-112.	19.7	22.   3.8013
				53	-122.2	19.7	22.   3.8013
				54	-132.3	19.7	22.   3.8013
				55	-142.5	19.7	22.   3.8013
				56	-152.7	19.7	22.   3.8013
				57	-162.9	19.7	22.   3.8013
				58	-173.1	19.7	22.   3.8013
				59	-183.2	19.7	22.   3.8013
				60	-193.4	19.7	22.   3.8013
				61	-203.6	19.7	22.   3.8013

62	-213.8	19.7	22.	3.8013
63	-224.	19.7	22.	3.8013
64	-234.1	19.7	22.	3.8013
65	-244.3	19.7	22.	3.8013
66	-254.5	19.7	22.	3.8013
67	-264.7	19.7	22.	3.8013
68	-274.9	19.7	22.	3.8013
69	-285.	19.7	22.	3.8013
70	-295.2	19.7	22.	3.8013
71	-305.4	19.7	22.	3.8013
72	-315.6	19.7	22.	3.8013
73	-325.8	19.7	22.	3.8013
74	-335.9	19.7	22.	3.8013
75	-346.1	19.7	22.	3.8013
76	-356.3	19.7	22.	3.8013
77	-366.5	19.7	22.	3.8013
78	-376.7	19.7	22.	3.8013
79	-386.8	19.7	22.	3.8013
80	-397.	19.7	22.	3.8013
81	-407.2	19.7	22.	3.8013
82	407.2	4.3	14.	1.5394
83	397.	4.3	14.	1.5394
84	386.8	4.3	14.	1.5394
85	376.7	4.3	14.	1.5394
86	366.5	4.3	14.	1.5394
87	356.3	4.3	14.	1.5394
88	346.1	4.3	14.	1.5394
89	335.9	4.3	14.	1.5394
90	325.8	4.3	14.	1.5394
91	315.6	4.3	14.	1.5394
92	305.4	4.3	14.	1.5394
93	295.2	4.3	14.	1.5394
94	285.	4.3	14.	1.5394
95	274.9	4.3	14.	1.5394
96	264.7	4.3	14.	1.5394
97	254.5	4.3	14.	1.5394
98	244.3	4.3	14.	1.5394
99	234.1	4.3	14.	1.5394
100	224.	4.3	14.	1.5394
101	213.8	4.3	14.	1.5394
102	203.6	4.3	14.	1.5394
103	193.4	4.3	14.	1.5394
104	183.2	4.3	14.	1.5394
105	173.1	4.3	14.	1.5394
106	162.9	4.3	14.	1.5394
107	152.7	4.3	14.	1.5394
108	142.5	4.3	14.	1.5394
109	132.3	4.3	14.	1.5394
110	122.2	4.3	14.	1.5394
111	112.	4.3	14.	1.5394
112	101.8	4.3	14.	1.5394
113	91.6	4.3	14.	1.5394
114	81.4	4.3	14.	1.5394
115	71.3	4.3	14.	1.5394
116	61.1	4.3	14.	1.5394
117	50.9	4.3	14.	1.5394
118	40.7	4.3	14.	1.5394
119	30.5	4.3	14.	1.5394
120	20.4	4.3	14.	1.5394
121	10.2	4.3	14.	1.5394
122	0.	4.3	14.	1.5394
123	-10.2	4.3	14.	1.5394
124	-20.4	4.3	14.	1.5394
125	-30.5	4.3	14.	1.5394
126	-40.7	4.3	14.	1.5394
127	-50.9	4.3	14.	1.5394
128	-61.1	4.3	14.	1.5394
129	-71.3	4.3	14.	1.5394
130	-81.4	4.3	14.	1.5394
131	-91.6	4.3	14.	1.5394
132	-101.8	4.3	14.	1.5394
133	-112.	4.3	14.	1.5394
134	-122.2	4.3	14.	1.5394
135	-132.3	4.3	14.	1.5394
136	-142.5	4.3	14.	1.5394
137	-152.7	4.3	14.	1.5394
138	-162.9	4.3	14.	1.5394
139	-173.1	4.3	14.	1.5394
140	-183.2	4.3	14.	1.5394
141	-193.4	4.3	14.	1.5394
142	-203.6	4.3	14.	1.5394
143	-213.8	4.3	14.	1.5394
144	-224.	4.3	14.	1.5394
145	-234.1	4.3	14.	1.5394
146	-244.3	4.3	14.	1.5394
147	-254.5	4.3	14.	1.5394

```

148|-264.7| 4.3| 14. | 1.5394|
149|-274.9| 4.3| 14. | 1.5394|
150|-285. | 4.3| 14. | 1.5394|
151|-295.2| 4.3| 14. | 1.5394|
152|-305.4| 4.3| 14. | 1.5394|
153|-315.6| 4.3| 14. | 1.5394|
154|-325.8| 4.3| 14. | 1.5394|
155|-335.9| 4.3| 14. | 1.5394|
156|-346.1| 4.3| 14. | 1.5394|
157|-356.3| 4.3| 14. | 1.5394|
158|-366.5| 4.3| 14. | 1.5394|
159|-376.7| 4.3| 14. | 1.5394|
160|-386.8| 4.3| 14. | 1.5394|
161|-397. | 4.3| 14. | 1.5394|
162|-407.2| 4.3| 14. | 1.5394|

SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzi normali applicati in z= 0. ; y= 12.5 (baricentro CLS)
Convenzioni: N + trazione; Mz + fib.inferiori tese; My + fib.sinistra tese.
N. | N | Mz | My | Sollecitaz. ultima calcolata
1 | 0. | -2385228. | 0. |

RISULTATI

Piani di equilibrio (eps= muz * y +muy * z + lam):
Sol. | muz | muy | lambda |
1. | .00000928654 | 0. | -.00008874721|

Tensioni massime sui materiali:
sol | Cls | vert. | S cls | |Ve| | Acciaio lento | ferro | S ferri | |Ve|
1 | 1- 4 | -29.9 | |si| | 1 | 475.4 | |si|
    
```

Le NTC2008 stabiliscono delle limitazioni tensionali per la combinazione SLE qp pari a:

- Lato CLSrara:  $\sigma_{c,max} = 0.45 * f_{ck} = 0.45 * 332.0 \text{ kg/cm}^2 = 149.4 \text{ kg/cm}^2$

Le massime tensioni agenti nei materiali risultano essere inferiori ai limiti di normativa e pertanto la verifica di limitazione tensionale per la combinazione SLEqp delle azioni risulta essere soddisfatta.

Le NTC2008 stabiliscono, per una condizione ambientale aggressiva (XF3) i seguenti limiti di apertura delle fessure.

**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	$\leq w_1$

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Il momento negativo di prima fessurazione per la soletta, valutato considerando un cls C32/40 ( $f_{ctm}/1.2 = 25.8 \text{ kg/cm}^2$ ) è pari a:

- $M_{fess-} = -3100000 \text{ kg*cm}$

Essendo il momento sollecitante inferiore al momento di prima fessurazione, la verifica di apertura delle fessure si ritiene automaticamente soddisfatta.