



**LA SPEZIA  
CONTAINER TERMINAL**



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Orientale  
Porti di La Spezia e  
Marina di Carrara



PORTO DI LA SPEZIA  
AMPLIAMENTO TERMINAL RAVANO

## PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO

### CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE COPERTURA FOSSO MELARA

CODICE ELABORATO

21 08 PE R416 00

Rev.	Data	Causale
0	05/05/2023	Emissione finale per verificatore
1		
2		
3		

IL COMMITTENTE



LSCT S.p.a.  
Viale San Bartolomeo, 20  
19126 - La Spezia (SP)  
C.F.00072960115 - P.IVA 00859620114

IL PROGETTISTA



Modimar Project S.r.l.  
Via Asmara, 72 - 00199 Roma (RM)  
P. IVA 16016151009



GES - Geotechnical Engineering Service S.r.l.  
Via Sandro Totti, 7/A - 60131 Ancona (AN)  
P. IVA 02528430420



GeoEquipe - Studio Tecnico Associato  
Via Sandro Pertini, 55 - 62029 Tolentino (MC)  
P. IVA 00817500432

Dimensioni foglio:

**A4**

Redatto:

Controllato:

Approvato:

Defina

Sanzone

Tartaglini

Note: Ing. M. Defina - MITING stpas, Via Maravegia n.3 - 30173 Mestre (VE)



NUOVO TERMINAL RAVANO  
PORTO DI LA SPEZIA


Progetto Esecutivo

**REGIONE LIGURIA**

**COMUNE DI LA SPEZIA**

**PORTO MERCANTILE DELLA SPEZIA  
IMPALCATO DI COPERTURA DEL  
PROLUNGAMENTO DEL FOSSO MELARA**

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE TRAVI PREFABBRICATE  
DELL'IMPALCATO DI COPERTURA**

2	5 Dicembre 2022	Costruzione	M. Defina - MITING	M. Defina - MITING	 Mestre Italia INGegneria Ing. Michele Defina Via Maravegia 3 30173 Mestre Venezia
1	25 Novembre 2022	Costruzione	M. Defina - MITING	M. Defina - MITING	
0	Aprile 2022	Costruzione	M. Defina - Poltek Bau	M. Defina	
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Emesso per</b>	<b>Autore</b>	<b>Approvato</b>	



## SOMMARIO

<b>PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 RELAZIONE GENERALE .....</b>	<b>5</b>
<b>2 NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
2.1 NORME VIGENTI .....	8
2.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI NORMATIVI .....	8
<b>3 CLASSIFICAZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>9</b>
3.1 CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO PER LA COSTRUZIONE PER L'AZIONE SISMICA	9
3.2 LIVELLI DI SICUREZZA E PRESTAZIONI RICHIESTI.....	9
<b>4 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE.....</b>	<b>10</b>
4.1 METODO DI ANALISI E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	10
4.2 CRITERI DI CALCOLO DELLE STRUTTURE.....	10
4.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
4.4 AZIONI DI CALCOLO SULLE OPERE .....	13
4.4.1 DEFINIZIONE DELLE CATEGORIE DELLE AZIONI DI BASE .....	13
4.4.2 AZIONI DI PROGETTO PER LE OPERE.....	14
4.4.3 COMBINAZIONI DI CARICO .....	24
4.5 VERIFICA IMPALCATO COPERTURA .....	29
4.5.1 RAPPRESENTAZIONE DELLE STRUTTURE .....	29
4.5.2 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 1 .....	30
4.5.3 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 4 .....	45
4.5.4 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 6 .....	63
4.5.5 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 7 .....	82
4.5.6 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 11 – BORDO GRIGLIATO .....	100
4.5.7 TRAVE PRECOMPRESSA – TR1 .....	115
4.5.8 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE.....	126
4.5.9 GIUNTO TECNICO.....	129
4.5.10 CONTINUITA' CON I CORDOLI SUI DIAFRAMMI DI TESTA .....	130
4.5.11 TRAVI DI SUPPORTO DEI GRIGLIATI.....	141
4.5.12 VERIFICA DEI GRIGLIATI DI COPERTURA .....	148
<b>5 CONCLUSIONI.....</b>	<b>150</b>
<b>6 ADDENDUM.....</b>	<b>151</b>
6.1 PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ADDENDUM.....	151
6.2 SEQUENZA DELLE VERIFICHE DI CALCOLO.....	152
6.2.1 VARO DELLE LASTRE .....	152



<b>6.2.2</b>	<b>GETTO IN OPERA DELLA SOLETTA STRUTTURALE DI COMPLETAMENTO .....</b>	<b>153</b>
<b>6.2.3</b>	<b>SOVRACCARICO PERMANENTE .....</b>	<b>154</b>
<b>6.2.4</b>	<b>SOVRACCARICHI VARIABILI .....</b>	<b>155</b>
<b>6.3</b>	<b>OPERATIVE DI COSTRUZIONE .....</b>	<b>156</b>



## PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO

Il documento raccoglie le verifiche strutturali di progetto per la copertura del tratto terminale del fosso Melara.

Il presente elaborato si compone di una *Relazione Generale* e della *Relazione di Calcolo delle Strutture*, i cui rispettivi contenuti sono specificati di seguito. Vengono verificate le lastre prefabbricate precomprese che realizzano l'impalcato soggetto ai carichi previsti a progetto e i getti in opera di completamento dell'impalcato.

Nella *Relazione Generale* viene data una descrizione delle opere in progetto, vengono indicate le norme di riferimento adottate e viene riportata la classificazione delle opere, precisando i livelli di sicurezza e le prestazioni attese per le strutture in oggetto.

Nella *Relazione di Calcolo delle Strutture* vengono esposti il metodo di analisi, le caratteristiche dei materiali, i criteri di calcolo, le azioni di progetto, i risultati dell'analisi strutturale e le verifiche relative alle opere oggetto del presente elaborato.

Per l'analisi e la verifica delle strutture in esame sono stati utilizzati sia metodi di calcolo manuale che *codici di calcolo* con elaborazione dei dati eseguita da calcolatore elettronico.

I metodi di calcolo manuale saranno descritti in fase di esposizione delle analisi e delle verifiche.

Codice di calcolo utilizzato

per l'elaborazione mediante

procedure di calcolo automatico :

**AxisVM, ver. 13 Release 4j**

<http://www.stadata.com/>

Inter-CAD Ltd.

Estremi licenza d'uso :

codice utente **206015**

Intestata a: ETRA SRL

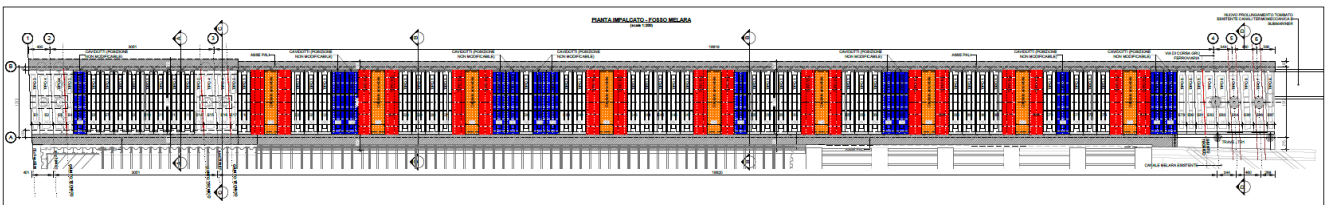
P. IVA 03288000270

Calle Seconda del Campiello, 7 – 30026 Portogruaro (VE)

## 1 RELAZIONE GENERALE

Vengono verificate le lastre prefabbricate che realizzano un impalcato continuo di copertura del nuovo tratto terminale del fosso Melara, che viene prolungato fino al limite massimo fronte mare.

La figura seguente individua il contesto in cui si colloca l'oggetto:



L'impalcato è a campata unica in continuità strutturale con i cordoli che sormontano i diaframmi di riva.

La copertura in oggetto ha tracciato in retto e presenta larghezza (luce netta) di 11.15m. La lunghezza totale, in asse impalcato, è di circa 231,7 m con 4 giunti tecnici.

Le lastre sono suddivise in 11 tipologie: lastre tipo 1 standard, lastre a trapezio tipo 2, 5 e 9, che assicurano alcune compensazioni delle dimensioni in pianta dettate dall'inclinazione di binari e vie di corsa, lastra tipo 3 di testa fronte mare, lastre tipo 4 e 6 porta binari gru, lastra tipo 7 e 8 porta binari ferrovia, tipo 10 porta cavidotti e



tipo 11a e 11b porta grigliati. Vengono verificate singolarmente le tipologie principali 1, 4, 6, 7, 10 e 11 potendo le altre essere ricondotte alle prime.

La struttura presenta uno spessore costante di 80cm di lastra alleggerita, prefabbricata e precompressa, su cui viene eseguito in opera un getto dello spessore di 20 cm come soletta di ripartizione, compresi traversi di redistribuzione in campata e cordoli di testata per la continuità strutturale in seconda fase con i diaframmi.

Le lastre sono pertanto isostatiche per il peso proprio e per il getto della soletta di continuità; in seguito, realizzati i cordoli di testata, la struttura diventa iperstatica per i successivi carichi permanenti e per i carichi di servizio.

Il getto in opera comprende in un'unica fase la realizzazione della soletta, dei cordoli di testata, dei traversi interni e delle nervature di giunzione tra le lastre accostate.

Si realizza in tal modo un impalcato monolitico a comportamento ortotropo, plurinervato sia in direzione longitudinale che trasversale e chiuso sia inferiormente che superiormente, con grande beneficio in termini di deformabilità e di redistribuzione degli sforzi.

Le lastre, costruite nello stabilimento di prefabbricazione, vengono successivamente trasportate a piè d'opera e varate. Il sistema di precompressione è del tipo a fili aderenti. I trefoli che costituiscono l'armatura di precompressione vengono tesati sino alla tensione di calcolo prevista nella presente relazione.

Disposta l'armatura lenta per gli sforzi di taglio, ultimata la tesatura e fissata la cassetatura, si procede al getto del calcestruzzo.

Una volta raggiunta la resistenza  $R_{ck}$  prevista, si procede all'allentamento delle testate di tesatura, al taglio dei trefoli e alla movimentazione e stoccaggio del manufatto.

Sopra la soletta gettata in opera graveranno infine i carichi permanenti dati dal ricoprimento e dalle opere di completamento e i carichi variabili di progetto.

Le lastre sono autoportanti: non necessitano quindi di rompitratta o puntellamento provvisorio durante l'esecuzione dell'impalcato.

Si distinguono due fasi successive di lavoro:

Prima fase :

Le lastre semplicemente appoggiate alle teste sopportano il peso proprio e quello della soletta gettata in opera.

Seconda fase:

Il sistema misto lastre precomprese e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, è in grado di portare il peso delle sovrastrutture e dei carichi variabili.

Per gli effetti della continuità con le strutture portanti vengono comunque aggiunte le armature a momento negativo verso i diaframmi e integrate quelle a taglio.



Naturalmente, per il calcolo delle armature al negativo alle teste, di continuità con i cordoli di bordo, le lastre in seconda fase vanno considerate con vincolo ad incastro elasticamente cedevole, come indicato nella relazione generale.

Vengono utilizzate le seguenti unità di misura:

lunghezze: cm  
pesi: daN  
tensioni: MPa  
diametri barre di armatura: mm  
diametri trefoli acciaio armonico: pollici

Le tensioni sono positive se di compressione e negative se di trazione.





## 2 NORME DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORME VIGENTI

- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 *Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale, precompresso ed a struttura metallica*
- Legge 2 febbraio 1974, n° 64 *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*
- D.P.R. 6 giugno 2001 n° 380 *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia (in particolare: Parte II – Normativa tecnica per l'edilizia)*
- NTC2018 – Decreto 17 gennaio 2018 Ministero delle Infrastrutture *Norme tecniche per le costruzioni*

### 2.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI NORMATIVI

Si elencano di seguito alcuni riferimenti normativi cui potrà essere fatto riferimento per i casi in cui le norme *cogenti* – ovvero quelle applicate in via transitoria – non fornissero indicazioni.

#### Riferimenti per l'edilizia in zona sismica

- EC8 – UNI EN 1998 *EuroCodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture*

#### Riferimenti per le strutture in calcestruzzo

- EC 2 – UNI EN 1992 *EuroCodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo*

#### Riferimenti per le strutture in acciaio

- EC 3 – UNI EN 1993 *EuroCodice 3 Progettazione delle strutture in acciaio*



### 3 CLASSIFICAZIONE DELLE OPERE

L'intervento si caratterizza come Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari.

Coerentemente con la normativa di riferimento, si attribuisce alle strutture una Vita **Nominale pari a 50 anni** e una classe d'uso III:

“Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”

#### 3.1 CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO PER LA COSTRUZIONE PER L'AZIONE SISMICA

L'evento sismico che deve essere verificato è legato alla vita nominale dell'opera, amplificata dal coefficiente d'uso  $C_U$ .

Nel caso in esame abbiamo:

Classe d'Uso.....	<i>Classe III</i>
Coefficiente d'Uso.....	$C_U = 1,5$
Periodo di Riferimento Azione Sismica.....	$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \text{ anni}$

#### 3.2 LIVELLI DI SICUREZZA E PRESTAZIONI RICHIESTI

Le opere in oggetto non presentano caratteristiche peculiari che le distinguano dalla generalità delle opere rispondenti ai parametri di classificazione riportati al paragrafo precedente, né sono state avanzate dalla Committente particolari richieste prestazionali. Pertanto i *Livelli di Sicurezza Richiesti* e le *Prestazioni Richieste* sono quelli ordinari previsti dalle Norme di Riferimento.

Più esplicitamente:

- Va garantita la *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*, quali crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali;
- Va garantita la *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*, per garantire le prestazioni nelle condizioni di esercizio;
- Va garantita la *robustezza*, per evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti *azioni eccezionali*, quali incendio, esplosioni, urti ed impatti;
- Va garantita la *durabilità*, cioè la conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, affinché i livelli di sicurezza vengano garantiti durante tutta la vita dell'opera.

#### 4 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Nel presente paragrafo *Relazione di Calcolo delle Strutture* vengono esposti il metodo di analisi, le caratteristiche dei materiali, i criteri di calcolo, le azioni di progetto agenti.

##### 4.1 METODO DI ANALISI E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il metodo di analisi e verifica delle strutture e delle fondazioni, è *il metodo semi-probabilistico agli stati limite*, per come questo è inteso dalle normative di riferimento.

Tutte le strutture in esame sono state studiate con *modelli a comportamento elastico lineare*, salvo diversa specifica.

##### 4.2 CRITERI DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Per l'analisi e la verifica delle strutture in esame sono stati utilizzati sia metodi di calcolo manuale che *codici di calcolo* con elaborazione dei dati eseguita da *calcolatore elettronico*.

I metodi di calcolo manuale saranno descritti in fase di esposizione delle analisi o verifiche.

##### 4.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

###### CALCESTRUZZO PER ELEMENTI PREFABRICATI PRECOMPRESSI:

- Calcestruzzo – C45/55 (Rck 55) – XC4-XD3-XF1; rapporto a/c = 0.45 max;

A 28 giorni di maturazione:  $R_{ck} \geq 55 \text{ MPa}$   
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 45.6 \text{ MPa}$   
 $\alpha_{cc} = 0.85; \quad \gamma_c = 1.4 \text{ (prefabb. in CdQ)}$   
 $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 27.7 \text{ MPa}$

Al rilascio dei trefoli di precompressione:  $R_{ckj} \geq 40 \text{ MPa}$   
 $f_{ckj} = 0.83 R_{ckj} = 33.2 \text{ MPa}$   
 $\alpha_{ccj} = 1.0; \quad \gamma_c = 1.4 \text{ (prefabb. in CdQ)}$   
 $f_{cdj} = \alpha_{ccj} f_{ckj} / \gamma_c = 23.7 \text{ MPa}$

Per le verifiche a rottura si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con valore massimo di tensione pari a:

- $f_{cd} = 27.7 \text{ MPa}$

Per gli stati limite di esercizio, nell'ipotesi di ambiente ordinario, si hanno i seguenti limiti delle tensioni:

Tensioni di compressione in esercizio, a tempo finale:

Combinazione di azioni rara:..... $\sigma_c \leq 0.60 f_{ck} = 27.4 \text{ MPa}$

Combinazione di azioni quasi permanente:..... $\sigma_c \leq 0.45 f_{ck} = 20.5 \text{ MPa}$

Tensioni di trazione in esercizio: .....  $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 3.83 \text{ MPa}$

$$\sigma_c \leq f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c \quad f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = 2.68 \text{ MPa}$$

Combinazione di azioni rara: .....  $\gamma_c = 3.2$  .....  $\sigma_c \leq -0.8 \text{ MPa}$

Con armatura sussidiaria: .....  $\gamma_c = 1.6$  .....  $\sigma_c \leq -1.6 \text{ MPa}$

Tensioni di compressione al taglio dei trefoli: .....  $\sigma_c \leq 0.7 f_{ckj} = 23.2 \text{ MPa}$

Tensioni di trazione al taglio dei trefoli: .....  $\sigma_c \leq -0.7 f_{ctkj} = -1.72 \text{ MPa}$

Con armatura sussidiaria: .....  $\sigma_c \leq -1.4 f_{ctkj} = -3.44 \text{ MPa}$

### CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA DI SOLETTA E DI UNIONE PREFABRICATI:

- Calcestruzzo – C35/45 ( $R_{ck} 45$ ) – XS3; rapporto a/c = 0.50 max;

A 28 giorni di maturazione:  $R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$   
 $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 37.35 \text{ MPa}$   
 $\alpha_{cc} = 0.85$ ;  $\gamma_c = 1.5$   
 $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ MPa}$

Per le verifiche a rottura si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con valore massimo di tensione pari a:

- $0.85 f_{cd} = 17.99 \text{ MPa}$

Per gli stati limite di esercizio, nell'ipotesi di ambiente ordinario, si hanno i seguenti limiti delle tensioni:

Tensioni di compressione in esercizio, a tempo finale  $\sigma_c \leq R_{ck} / (\gamma_{m,c} \times \gamma_{Ec})$ :

Combinazione di azioni rara: .....  $\gamma_{m,c} = 1.5$ ;  $\gamma_{Ec} = 1.4$  .....  $\sigma_c \leq 22.41 \text{ MPa}$

Combinazione di azioni quasi permanente: ...  $\gamma_{m,c} = 1.5$ ;  $\gamma_{Ec} = 1.8$  .....  $\sigma_c \leq 16.81 \text{ MPa}$

### ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le opere in oggetto si prevede l'utilizzo di un acciaio per cemento armato laminato a caldo saldabile conforme ai parametri forniti dal Decreto 17 gennaio 2018 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – "Norme tecniche per le costruzioni", per la classe indicata come B450C.

Descrizione:

Acciaio per cemento armato ad aderenza migliorata, laminato a caldo, saldabile, conforme alla UNI EN 10080, del tipo **B450C**, classificabile anche come Fe B 44 k, in barre sciolte e reti elettrosaldate, con diametro delle barre  $\varnothing$  compreso fra 6 e 40 mm.

Tensione nominale di snervamento.....  $f_{y\text{nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura.....  $f_{t\text{nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento.....  $f_{yk} \geq f_{y\text{nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura.....  $f_{tk} \geq f_{t\text{nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$



Rapporto di sovraresistenza caratteristico....	$(f_t / f_y)_k \geq 1,13$
	$(f_t / f_y)_k \leq 1,35$
Fattore di sicurezza effettivo caratteristico...	$(f_y / f_{y nom})_k \leq 1,25$
Allungamento $A_{gt}$ caratteristico.....	$(A_{gt})_k \geq 7,5 \%$
Tensione caratteristica di snervamento di progetto.....	$f_{yk} = f_{y nom} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza del materiale.....	$\gamma_s = 1,15$
Resistenza di calcolo:	
Tensione caratteristica di snervamento di calcolo.....	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo.....	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità di calcolo.....	$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

### ACCIAIO ARMONICO PER PRECOMPRESSIONE:

L'acciaio usato per la precompressione di lastre e piastre e' trefolo da 0.6" stabilizzato a basso rilassamento.

Carico di rottura:.....	$f_{ptk} \geq 1860 \text{ MPa}$
Carico caratteristico all'1%.....	$f_{p1k} \geq 1670 \text{ MPa}$
Tensione di tesatura al martinetto:.....	$\sigma_{spi} \leq f_{p1k} / \gamma_{m,s} = 1670 / 1.12 = 1490 \text{ MPa}$
Si stabilisce:.....	$\sigma_{spi} = 1440 \text{ MPa}$
Perdita al martinetto per rientro dei cunei:.....	3%
Tensione di tesatura applicata iniziale:.....	$\sigma_{spi,c} = 1397 \text{ MPa}$

Cadute di tensione per rilassamento per  $\sigma_{spi} = 0.75 f_{ptk}$ :

- a 1000 ore:..... 2.20 %
- a 5000 ore:..... 2.80 %

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

- $f_{ptk} / \gamma_s = 1860 / 1.15 = 1617 \text{ MPa}$



#### 4.4 AZIONI DI CALCOLO SULLE OPERE

##### 4.4.1 DEFINIZIONE DELLE CATEGORIE DELLE AZIONI DI BASE

###### **Carichi permanenti – $G$**

###### **Peso proprio degli elementi strutturali – $G_1$**

Comprende il peso proprio di tutti gli elementi strutturali.

###### **Sovraccarichi permanenti – $G_2$**

Comprende il peso proprio di tutti gli elementi non-strutturali e tutti gli altri carichi di natura permanente.

###### **Azioni di pretensione e precompressione – $\varepsilon I$**

Comprendono le azioni di pretensione e precompressione applicate alle strutture.

###### **Effetti reologici – $\varepsilon 2, \varepsilon 3$**

Comprendono gli effetti di ritiro e viscosità.

###### **Carichi variabili – $Q$**

###### **Carichi mobili – $q1$**

Comprendono i carichi mobili associati alla categoria di impiego della struttura.

###### **Azioni sismiche – $E$**

Comprendono le azioni associate sia ai moti sismici orizzontali sia ai moti sismici verticali, nel caso le caratteristiche dell'elemento preso in esame rendano opportuno considerare anche questi ultimi.

###### **Entità delle azioni di calcolo**

Allo scopo di fornire tutti i dati necessari alla valutazione dell'entità dei carichi, prima di indicare i valori specifici delle azioni di progetto agenti sulle opere, si riportano i parametri fondamentali che definiscono le varie voci di carico.

Si precisa che i valori indicati qui di seguito per le diverse voci di carico, sono da intendersi come *valori caratteristici* e che per brevità di notazione, ai simboli rappresentanti i carichi non verrà posposto il pedice  $k$ .

#### 4.4.2 AZIONI DI PROGETTO PER LE OPERE

Di seguito si precisano i dati fondamentali che definiscono le specifiche azioni di progetto applicate alle opere;

##### 4.4.2.1 Carichi permanenti – G

Si precisa che di seguito si indicano separatamente il *peso proprio degli elementi strutturali* ( $G_1$ ), e i *sovraccarichi permanenti* ( $G_2$ ). Ciò perché alle due sottoclassi possono corrispondere coefficienti di sicurezza diversi.

Qui si riportano le voci di carico più significative; altre voci potranno essere specificate in seguito in fase di analisi di singoli elementi o sotto-sistemi strutturali.

##### Pesi unitari dei materiali

Elementi strutturali:

Calcestruzzo  $w_c = 25,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Acciaio  $w_s = 78,50 \text{ kN} / \text{m}^3$

Elementi non-strutturali:

Polistirolo (EPS)  $w_{eps} = 0,10 \text{ kN} / \text{m}^3$

Pavimentazione stradale  $w_p = 3,00 \text{ kN} / \text{m}^2$

- **Carichi permanenti – G1-1 – peso elementi prefabbricati**

Peso lastra tipo 1 (h 80cm)	6,39 kN / m <sup>2</sup>
Peso lastra tipo 4 (h 80cm)	8,57 kN / m <sup>2</sup>
Peso lastra tipo 6 (h 80cm)	9,29 kN / m <sup>2</sup>
Peso lastra tipo 7 (h 80cm)	14,71 kN / m <sup>2</sup>
Peso lastra tipo 11 (h 80cm)	7,05 kN / m <sup>2</sup>
Trave TR1 (h 80cm)	55,65 kN / m

- **Carichi permanenti – G1-2 – peso getto integrativo – soletta e nervature**

Su lastra tipo 1 (h 20cm)	6,00 kN / m <sup>2</sup>
Su lastra tipo 4 (h 20cm)	6,87 kN / m <sup>2</sup>
Su lastra tipo 6 (h 20cm)	7,35 kN / m <sup>2</sup>
Su lastra tipo 7 (h 20cm)	10,60 kN / m <sup>2</sup>
Su lastra tipo 11 (h 20cm)	6,70 kN / m <sup>2</sup>

- **Sovraccarichi permanenti – G2:**

Zona corrente	$p_{G,2} = 3,00 \text{ kN} / \text{m}^2$
Zona ferrovia	$p_{G,2} = 6,60 \text{ kN} / \text{m}^2$

##### 4.4.2.2 Azioni di pretensione e precompressione – $\epsilon I$

Vengono utilizzati trefoli da 0.6” in acciaio armonico stabilizzato, pretensionati a 1440 MPa (tensione al martinetto). La precompressione totale varia da elemento ad elemento, in funzione del numero e della posizione dei trefoli rispetto ai baricentri dei singoli elementi prefabbricati. Per ogni elemento verificato vengono specificate le caratteristiche di precompressione.

##### 4.4.2.3 Effetti reologici di ritiro e viscosità $\epsilon 2$ , $\epsilon 3$

Le perdite di precompressione vengono suddivise in tre tempi:

- perdite elastiche e reologiche al momento del trasferimento della precompressione;
- perdite reologiche al momento del varo dei prefabbricati e del getto in opera della soletta;
- perdite reologiche a tempo infinito.

Gli effetti vengono calcolati separatamente, assieme al rilassamento dell'acciaio armonico e composti in combinazione tra loro.

#### 4.4.2.4 Carichi variabili – Q - categoria E

##### 4.4.2.4.1 Sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti

Sulla copertura al di fuori del fascio di binari è stato considerato un carico uniforme distribuito di 40 kN/m<sup>2</sup>, in grado di portare sia carichi stradali di prima categoria sia il peso di containers come previsto sulle altre strutture di copertura dei canali sotto il terminal, sicuramente più gravoso dei carichi stradali.

Facendo riferimento alle Linee Guida Pianc e Br. Standard si ha:

Stacking Height	Reduction In Gross Weight	Contact Stress		Load on Pavement For Each Stacking Arrangement					
				Singly		Rows		Blocks	
		(N/mm <sup>2</sup> )	(lb./in <sup>2</sup> )	(kN)	(kips)	(kN)	(kips)	(kN)	(kips)
1	0	2.6	375.7	76.2	17.1	152.4	34.3	304.8	68.5
2	10 %	4.7	677.3	137.2	30.8	274.3	61.7	548.6	123.3
3	20 %	6.2	903.6	182.9	41.1	365.7	82.2	731.5	164.4
4	30 %	7.3	1,054.4	213.4	48.0	426.7	95.9	853.4	191.9
5	40 %	7.8	1,128.4	228.6	51.4	457.2	102.8	914.4	205.6
6	40 %	9.3	1,353.2	274.3	61.7	548.6	123.3	1,097.2	246.7
7	40 %	10.9	1,580.9	320.0	71.9	640.1	143.9	1,280.1	287.8
8	40 %	12.5	1,813.0	365.7	82.2	731.5	164.4	1,463.0	328.9

Note: Using 31,080 kg (68,520 lb.) container with equal distribution

Stacking Height	Reduction in Gross Weight	Contact Stress (N/mm <sup>2</sup> )	Load on Pavement (kN) for each stacking arrangement		
			Singly	Rows	Blocks
1	0	2.59	76.2	152.4	304.8
2	10%	4.67	137.2	274.3	548.6
3	20%	6.23	182.9	365.8	731.5
4	30%	7.27	213.4	426.7	853.4
5	40%	7.78	228.6	457.2	914.4
6	40%	9.33	274.3	548.6	1097
7	40%	10.9	320.0	640.0	1280
8	40%	12.5	365.8	731.6	1463

Le norme Pianc al paragrafo 6.6.2 nella sezione riguardante Weight (max, full load probability in stack) definiscono i pesi massimi lordi per i container da 20 e da 40 ft:

20ft container – 24000 kg  
40ft container – 30480 kg

Considerando una distribuzione volumetrica di 50% container da 20 ft e 50% da 40 ft è possibile ricavare analiticamente la pressione equivalente al suolo dovuta ai container:

Carico per piedino container 5 fila: 228.6 kN  
Dimensioni container 20 ft: 6 x 2.5 m



Dimensioni container 40 ft: 12 x 2.5 m

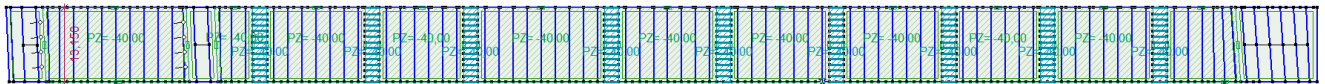
$$A_{20'} = 6 \cdot 2.5 = 15 \text{ m}^2$$

$$A_{40'} = 12 \cdot 2.5 = 30 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{media}} = (A_{20'} + A_{40'})/2 = 22.5 \text{ m}^2$$

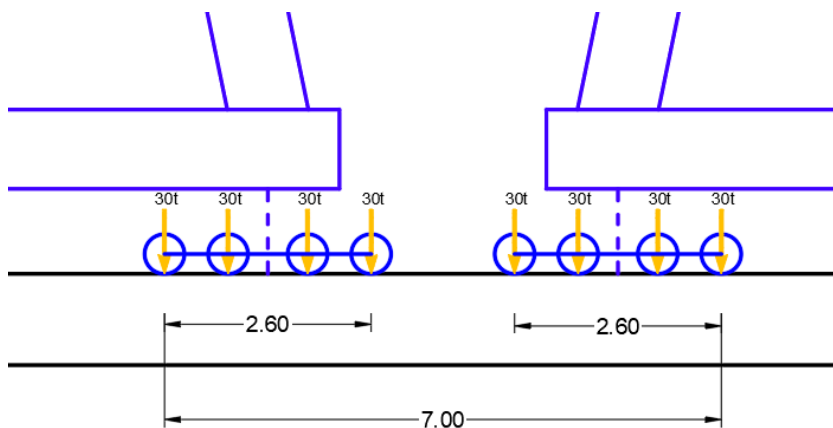
$$Q = (228.6 \cdot 4) / A_{\text{media}} = 40.64 \text{ kN/m}^2 \approx 40 \text{ kN/m}^2$$

La copertura del canale è inserita in un'area adibita a terminal container e, ad esclusione dei grigliati, è soggetta quindi a un carico distribuito pari a 40 kN/m<sup>2</sup>.



#### 4.4.2.4.2 Sovraccarichi verticali concentrati

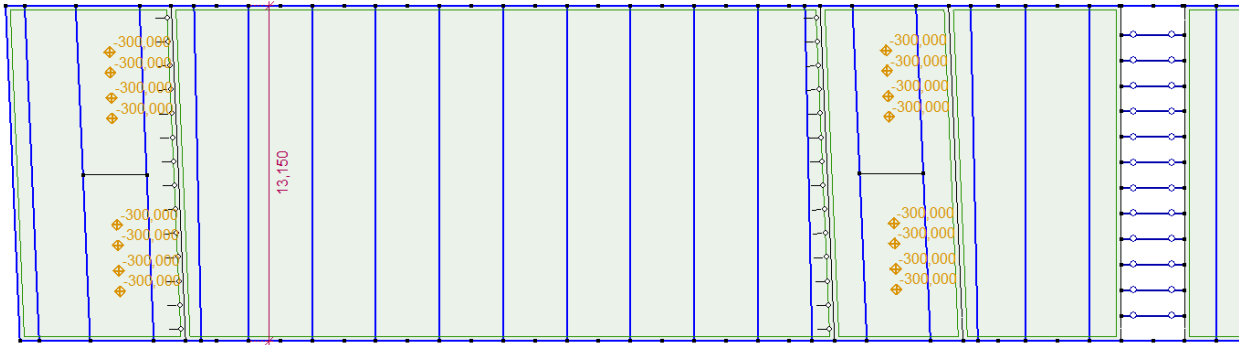
Passaggio gru su binari ASC A 4 RUOTE – 4x4 ruote x 30 kN/ ruota



4x4 ruote x 30 kN/ ruota

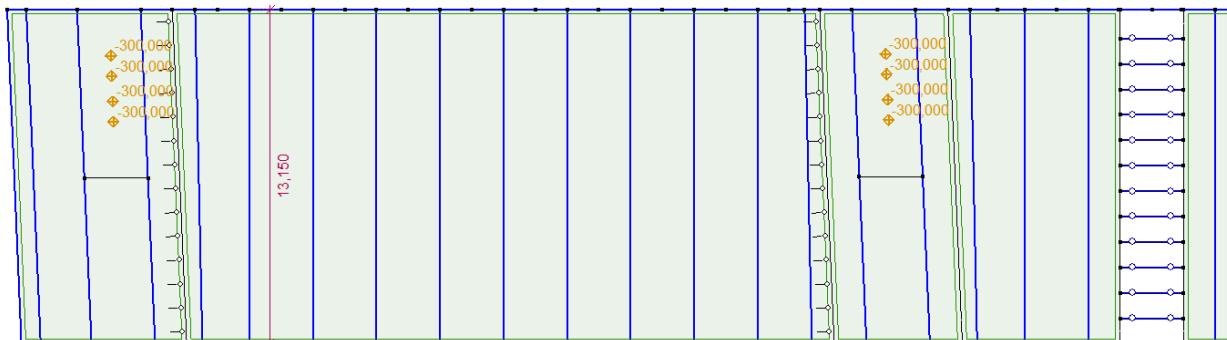


Codice	NTC
Caso	: Q1
Parti	: (2)
Impalcato	
Trave/Traverso	



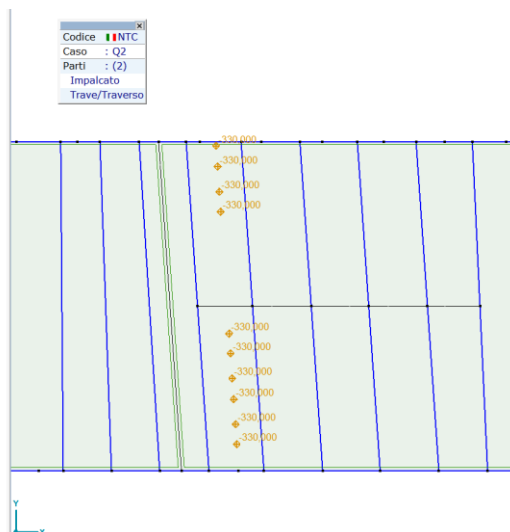
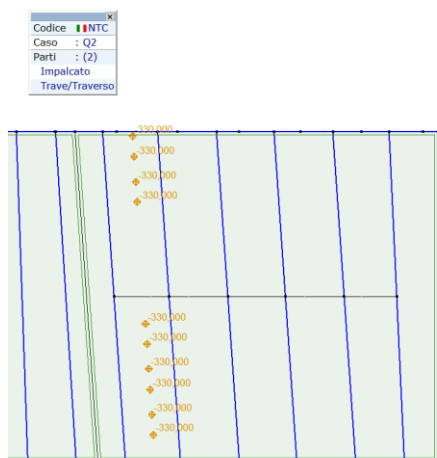
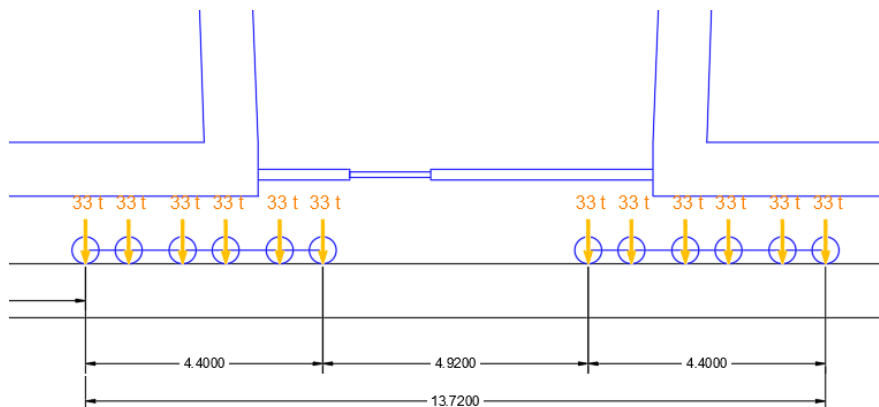
4x4 ruote x 30 kN/ ruota

Codice	NTC
Caso	: Q2
Parti	: (2)
Impalcato	
Trave/Traverso	



**Passaggio gru su binari ASC A 6 RUOTE:**

- 4x4 ruote x 25 t / ruota max. statico
- 4x4 ruote x 33 t / ruota max. dinamico



## Caso 5 – Carico ferroviario – viene impegnato il modello di carico LM71

### 5.2.2.2.1.1 Modello di carico LM71

Questo modello di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale come mostrato nella Fig. 5.2.1 e risulta costituito da:

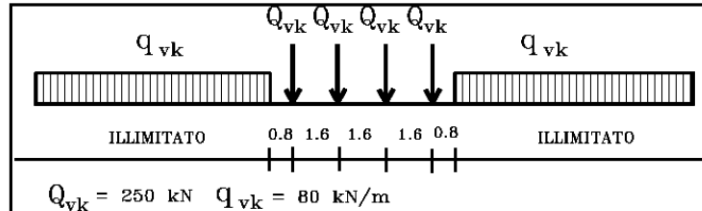


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

I carichi da traffico ferroviario vengano amplificati per tener conto sia del coefficiente di adattamento “ $\alpha$ ” che degli effetti dinamici.

Il valore del coefficiente di adattamento “ $\alpha$ ” da adottarsi per il modello di carico LM71 nella progettazione di ferrovie ordinarie è pari a 1,1.

Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture del ponte dall'applicazione statica dei modelli di carico debbono essere incrementati per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Il coefficiente dinamico  $\Phi$  per la linee con ridotto standard manutentivo vale:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

Dove:

TRAVI PRINCIPALI	
5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate)	luce nella direzione delle travi principali

$L_\Phi = 13,35$  m la lunghezza caratteristica in metri

$$\Phi = 1,36$$

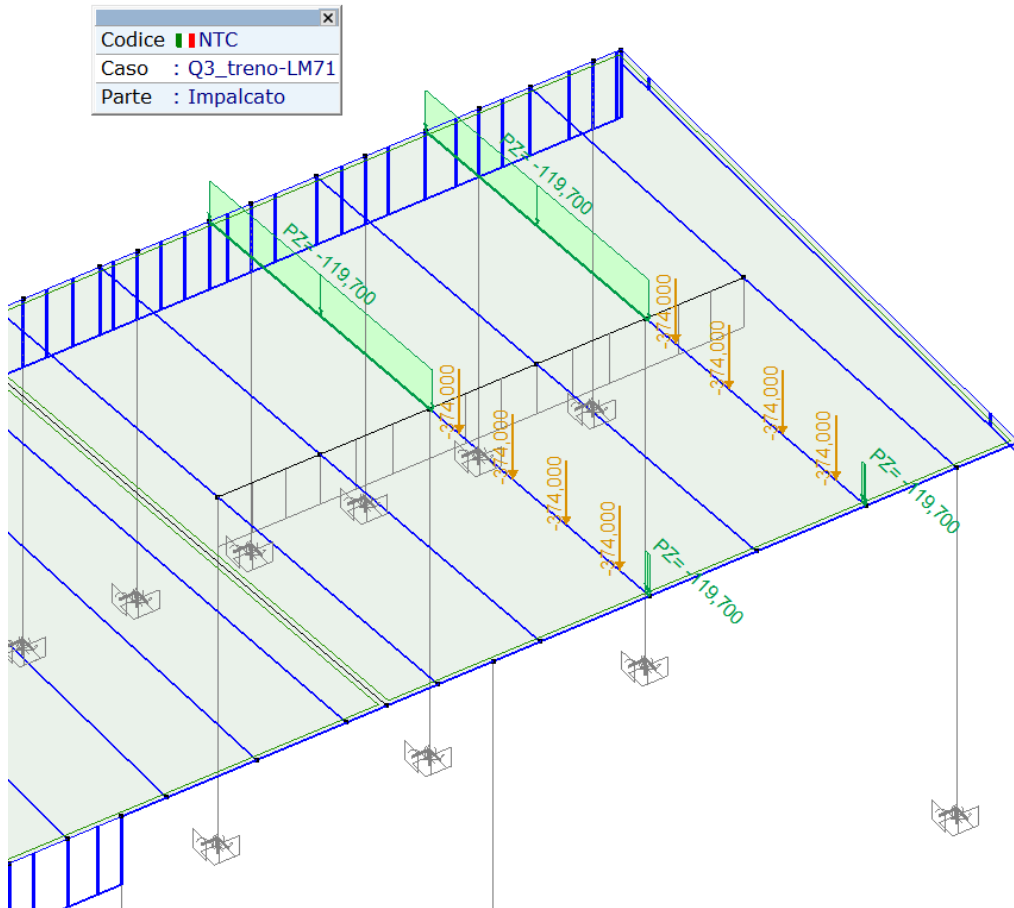
I carichi amplificati da utilizzare per le verifiche sono pertanto:

$$q_{rk} = 80 \times 1,1 \times 1,36 = 119,7 \text{ kN/m}$$

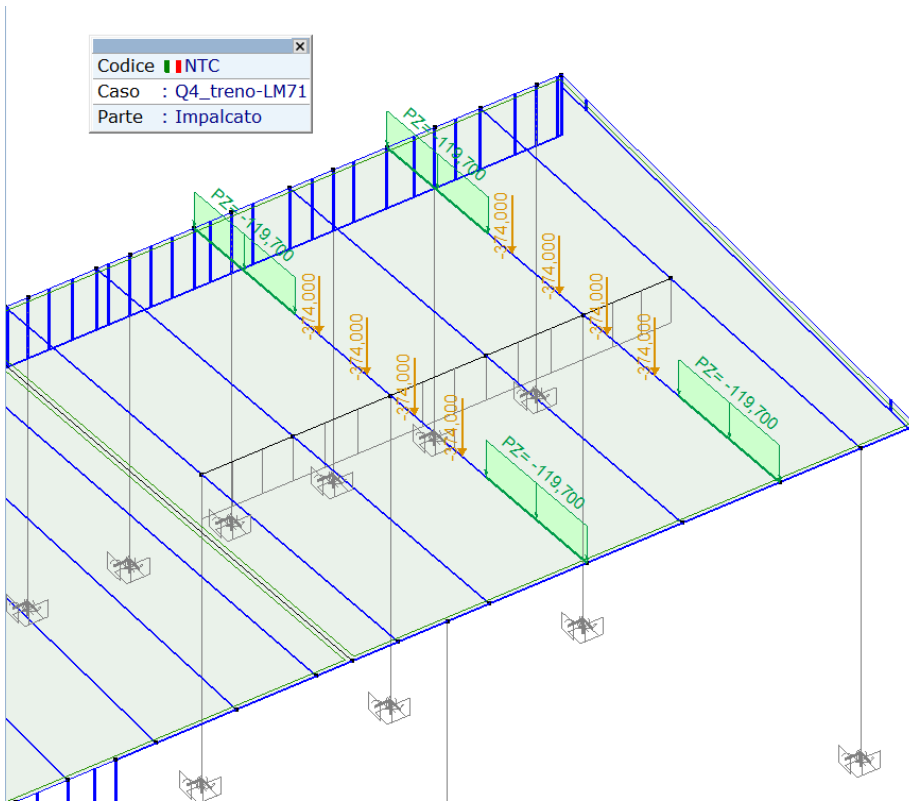
$$Q_{vk} = 250 \times 1,1 \times 1,36 = 374 \text{ kN}$$

Di seguito vengono indicati tutte gli schemi di analisi:

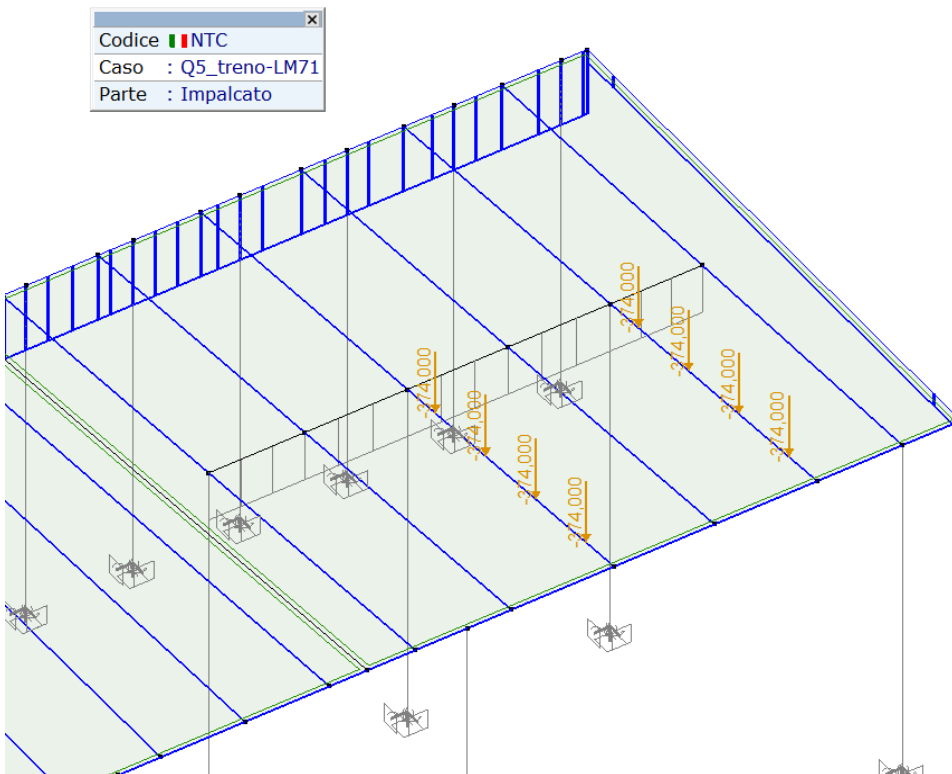
**Schema Q1** – 4 assi da 374 kN + carico distribuito da 119,70 kN/m



**Schema Q2** – 4 assi da 374 kN + carico distribuito da 119,70 kN/m



**Schema Q3** – 4 assi da 374 kN



#### 4.4.2.5 Azioni sismiche – E

##### Stati Limite di progetto per le azioni sismiche

Le opere in oggetto sono da considerarsi appartenenti alla *Classe d'Uso III*.

Stati Limite di progetto:

##### SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita

##### Tipo di analisi

Tenuto conto delle caratteristiche sismiche delle strutture, si sceglie di utilizzare per tutti gli stati limite di progetto, il metodo di analisi *ordinario*, cioè una *analisi dinamica in campo lineare*, di tipo *modale*, con *spettri di risposta* valutati facendo uso di un *fattore di struttura*. Si precisa che non verranno introdotte *ridistribuzioni* delle azioni sismiche. Riassumendo, il metodo di analisi utilizzato è il seguente.

Metodo di analisi sismica: *Analisi dinamica in campo lineare, di tipo modale, con spettri di risposta e fattore di struttura, senza ridistribuzioni*

L'analisi sismica è stata eseguita per mezzo di codice di calcolo con il *Modello Globale*, già richiamato in precedenza, e utilizzato anche per l'analisi di tutte le altre azioni di calcolo

- **Fattore di struttura**

Si è optato per ottenere una **risposta elastica anche in presenza di sismi distruttivi (SLV)**. Pertanto si è adottato un fattore di struttura  $q = 1$  per le componenti sismiche orizzontali e un fattore di struttura  $q_v = 1$  per la componente verticale.

Fattore di struttura per le componenti sismiche orizzontali.....  $q = 1$

Fattore di struttura per la componente sismica verticale.....  $q_v = 1$

Di seguito si riportano i parametri di base per la valutazione delle azioni sismiche; gli spettri di risposta verranno definiti in seguito, dopo avere caratterizzato sismicamente la struttura.

Comune amministrativo.....LA SPEZIA

##### Parametri di pericolosità sismica

Definizione dei tempi di ritorno per i diversi Stati Limite :

Dati di base:

I dati che seguono sono quelli già indicati al § 1.3 *Classificazione delle opere*.

Vita Nominale.....  $V_N = 50$  anni

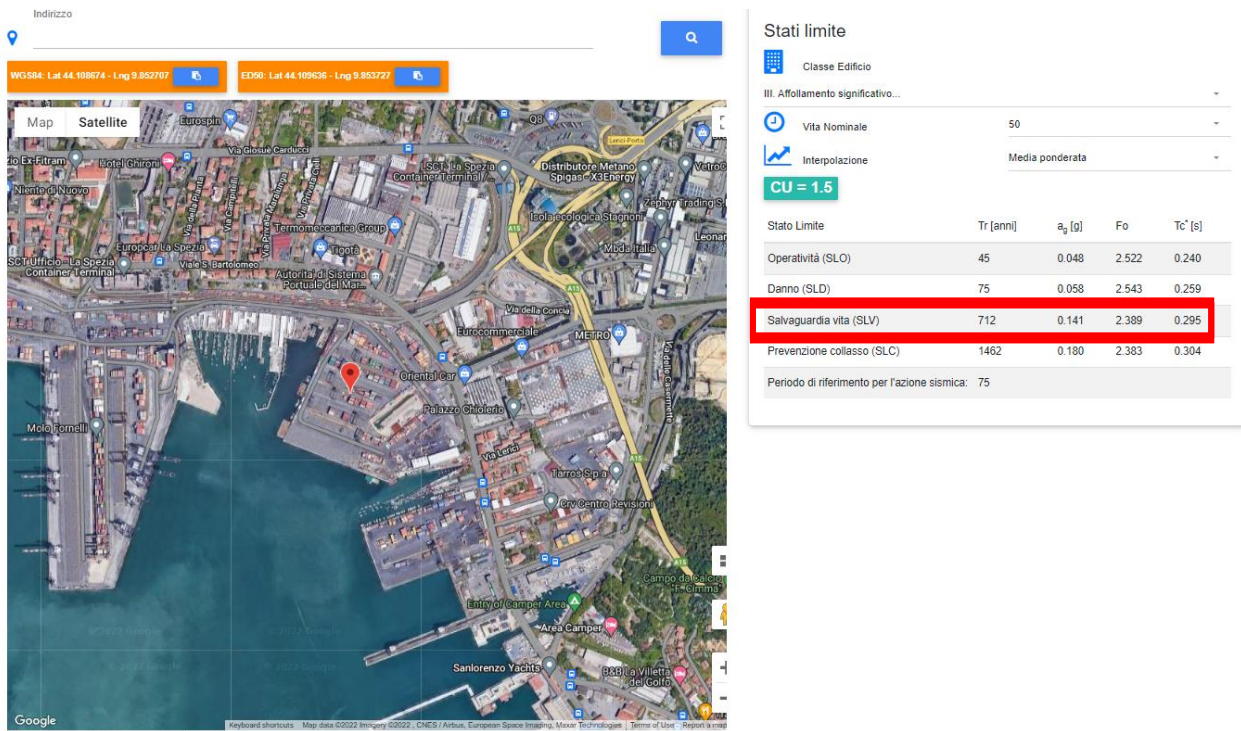
Coefficiente d'Uso.....  $C_U = 1,5$

Periodo di Riferimento.....  $V_R = V_N \cdot C_U = 75$  anni

Tempi di ritorno di progetto:

SLV.....  $T_{R,V} = 712$  anni

Parametri sismici di base di progetto (Le accelerazioni  $a_g$  sono espresse in  $m/s^2$ ).



### Caratteristiche del suolo di fondazione

Categoria suolo di fondazione:

Categoria suolo di fondazione..... C

Coefficiente di amplificazione relativo al suolo di fondazione:

Categoria topografica..... T1 – Superficie pianeggiante (incl. < 15°)

Coefficiente di amplificazione topografica..  $S_T = 1$

- Identificativo delle azioni sismiche**

Nel prosieguo ci si riferirà alle azioni sismiche complessive ed alle singole componenti con gli identificativi di seguito riportati.

Azioni sismiche allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) – E* :

Azioni sismiche allo SLV – E :

Azioni sismiche complessive..... E

Componente // Direzione x.....  $E_x$

Componente // Direzione y.....  $E_y$

Componente verticale.....  $E_z$





## Masse sismiche

### ▪ Criteri di valutazione delle masse sismiche

Le masse sismiche sono quelle associate ai carichi medi associati alle situazioni sismiche, che saranno indicati come  $G_E$ .

Carichi medi di calcolo in presenza di sisma:

*Per la determinazione degli effetti di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico.*

Carichi medi di calcolo in pres. di sisma.....  $G_E = G_1 + G_2$

Masse sismiche.....  $M_E = \text{masse} ( G_E )$

## 4.4.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni indicate di seguito sono valide per tutte le verifiche, salvo diversa specifica che si rendesse necessaria od opportuna in particolari situazioni o per particolari elementi; ogni variazione rispetto alle seguenti combinazioni sarà segnalata.

Si precisa che nelle espressioni riportate in seguito, i coefficienti di combinazione  $\psi$  – per ciascuna verifica – assumono i valori che determinano la condizione più gravosa.

### 4.4.3.1 Criteri di combinazione

#### Combinazioni fondamentali agli Stati Limite Ultimi

Si definiscono combinazioni *fondamentali* agli *Stati Limite Ultimi* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche. Tali combinazioni comprendono i carichi *statici* o *pseudo-statici* e vengono quindi indicate anche come *combinazioni agli Stati Limite Ultimi Statiche*, ed identificate come *SLU*

Coefficienti di sicurezza sulle azioni – carichi ponti stradali:

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

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

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Coefficienti di sicurezza sulle azioni – carichi ponti ferroviari:

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

Nella Tab. 5.2.V il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_B$  coefficiente parziale del peso proprio del ballast;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili

$\gamma_P$  coefficiente parziale delle azioni di precompressione

$\gamma_{Ced}$  coefficiente parziale delle azioni di ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{T1}$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$g_{T2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
	$g_{T3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	$g_{T4}$	1,00	1,00 <sup>(2)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico variano assunti pari a 0,0.

Tab. 5.2.VII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni

	Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(1)</sup>	<sup>(1)</sup>	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 <sup>(1)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(1)</sup>	-	-
	Centrifuga	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(1)</sup>	0,80	0,0

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

<sup>(3)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Espressione generale delle combinazioni.....  $SLU_{ST,i} = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P +$   
 $+ \gamma_Q (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$

Combinazione di calcolo.....  $SLU_{ST} = \text{involuppo} \{ SLU_{ST,i} \}$

### Combinazioni sismiche

Si definiscono combinazioni *sismiche* quelle che comprendono le azioni sismiche, i carichi permanenti con il proprio valore *caratteristico*, quelli variabili con il proprio valore *medio*, e che non includono e le azioni eccezionali.

Si distingue fra combinazioni sismiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio. Come precisato al precedente § *Stati Limite di progetto per le azioni sismiche*, nel caso specifico gli stati limite da considerarsi sono i seguenti:

SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita

I criteri di combinazione delle azioni sismiche con le altre azioni sono riportati di seguito. I coefficienti di combinazione da usarsi per tutte le combinazioni sismiche sono i seguenti.

- **Premesse**

Carichi medi di calcolo in presenza di sisma:

Per *carichi medi di calcolo in presenza di sisma* si intende l'insieme dei carichi da considerare comprensenti alle azioni sismiche. Tali carichi vengono identificati come  $G_E$ , e sono definiti di seguito.

Carichi medi di calcolo in pres. di sisma.....  $G_E = G_1 + G_2 + P + \sum_i \psi_{2,E,Qi} Q_i$

- **Identificativi delle azioni sismiche**

Come indicato al precedente § *Definizione delle azioni sismiche di progetto* le azioni sismiche di calcolo sono identificate come indicato di seguito.



Azioni sismiche allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita* : E

- **Combinazioni sismiche di calcolo**

Azioni sismiche di calcolo allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita*

**Combinazioni fondamentali agli Stati Limite di Esercizio**

Si definiscono combinazioni *fondamentali* agli *Stati Limite di Esercizio* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche.

- **Combinazioni rare –  $SLE_R$**

Combinazioni *rare* :

Espressione generale delle combinazioni.....	$SLE_{R,i} = G_1 + G_2 + P +$ $+ (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$
Combinazione di calcolo.....	$SLE_R = \text{involuppo} \{ SLE_{R,i} \}$

- **Combinazioni frequenti –  $SLE_F$**

Combinazioni *frequenti* :

Espressione generale delle combinazioni.....	$SLE_{F,i} = G_1 + G_2 + P +$ $+ (\psi_{1,Qi} Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{2,Qj} Q_j)$
Combinazione di calcolo.....	$SLE_F = \text{involuppo} \{ SLE_{F,i} \}$

- **Combinazioni quasi permanenti –  $SLE_{QP}$**

Combinazioni *quasi permanenti*:

Combinazione di calcolo.....	$SLE_{QP} = G_1 + G_2 + P + \sum_i \psi_{2,Qi} Q_i$
------------------------------	---

## 4.5 VERIFICA IMPALCATO COPERTURA

Le lastre in c.a.p. presentano sezioni scatolari chiuse che, una volta completati i getti in opera, vengono a formare un impalcato a sezione pluricellulare. Tale tipologia offre una grande rigidità torsionale e una notevole capacità ridistributiva dei carichi mobili in senso trasversale, grazie alla quale non sono necessari traversi intermedi. Questi vengono comunque realizzati, in stabilimento entro le singole travi e in opera tra le travi stesse al fine di contrastare la “perdita di forma” della sezione chiusa.

### 4.5.1 RAPPRESENTAZIONE DELLE STRUTTURE

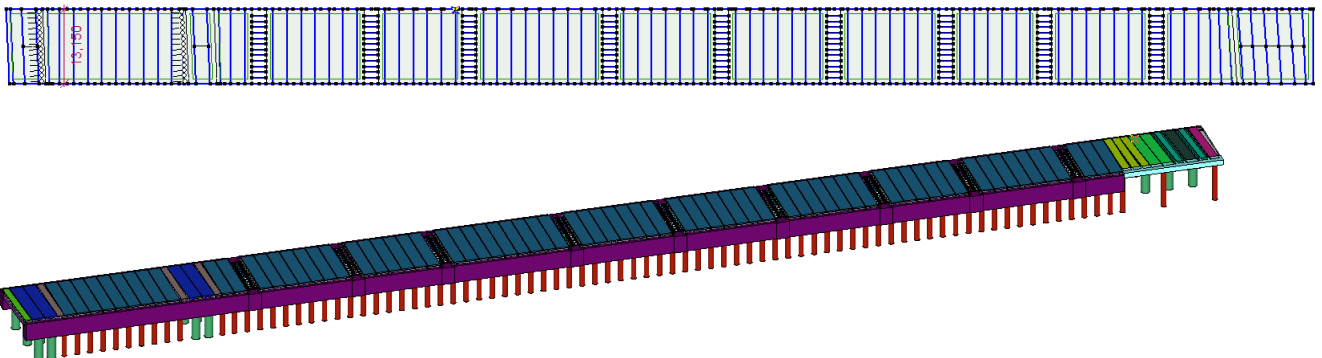
L’analisi della struttura è stata eseguita prevalentemente con l’utilizzo di codici di calcolo elaborati per mezzo di calcolatore elettronico. L’affidabilità dei citati codici e l’attendibilità dei risultati è stata verificata dallo scrivente progettista delle strutture. E’ stato costruito il Modello Numerico già descritto in precedenza, che comprende gli elementi strutturali principali; sono stati inoltre utilizzati alcuni altri modelli locali, allo scopo di analizzare singoli elementi o sottosistemi strutturali esclusi dal Modello Numerico, ovvero quello di fornire un’analisi di maggior dettaglio o con ipotesi di calcolo più cautelative. Tali modelli locali nei casi più semplici saranno analizzati con un calcolo manuale, in altri casi di maggiore complessità potranno essere elaborati con codici di calcolo.

#### Rappresentazione grafica dei Modelli Numerici - fase iniziale e finale

Vengono scelte per le verifiche le quattro classi principali con le lastre più prestanti, rappresentative di tutte le tipologie previste a progetto.

In fase finale viene analizzata la struttura completa e collaborante dell’impalcato. Nelle analisi i valori meccanici, per le travi longitudinali a sezione collaborante.

In fase finale si sono introdotti opportuni elementi beam (a massa nulla e rigidità opportuna) atti a schematizzare il comportamento della soletta nella ripartizione trasversale dei carichi tra le travi d’impalcato.



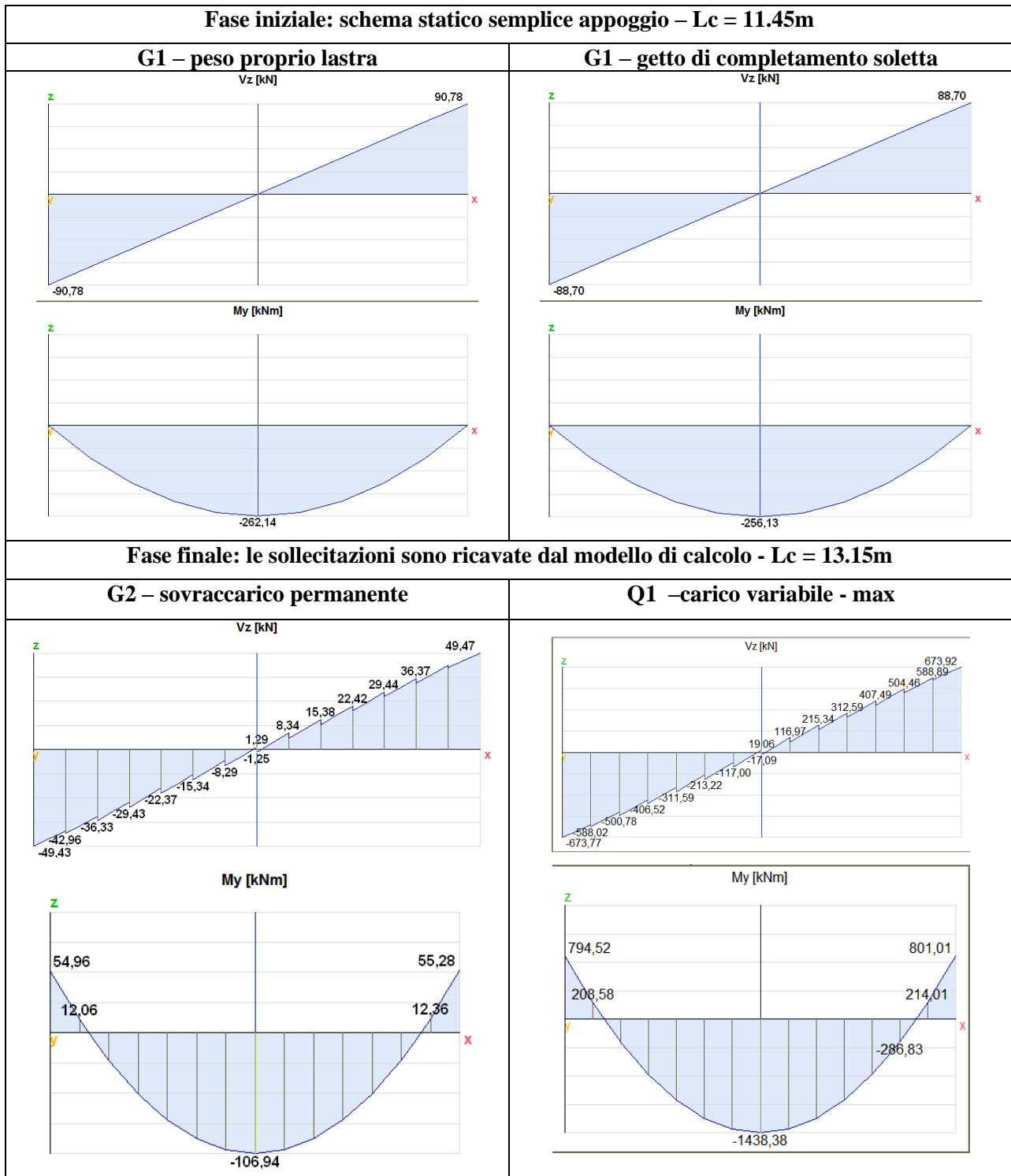
Rappresentazione grafica del Modello Numerico - fase finale

#### 4.5.2 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 1

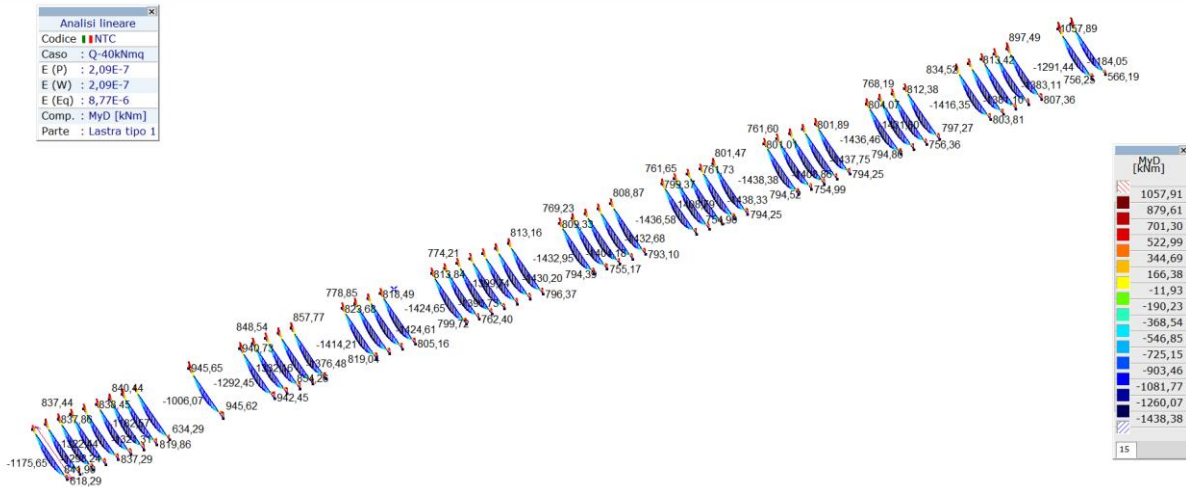
##### 4.5.2.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

L'analisi è condotta sulla lastra da 2.50m di larghezza.

G1-p = 15.98 kN/m;      G1-s = 15.0 kN/m



**Q1 – carico variabile**



▪  **$\epsilon I$  – Precompressione**

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 24

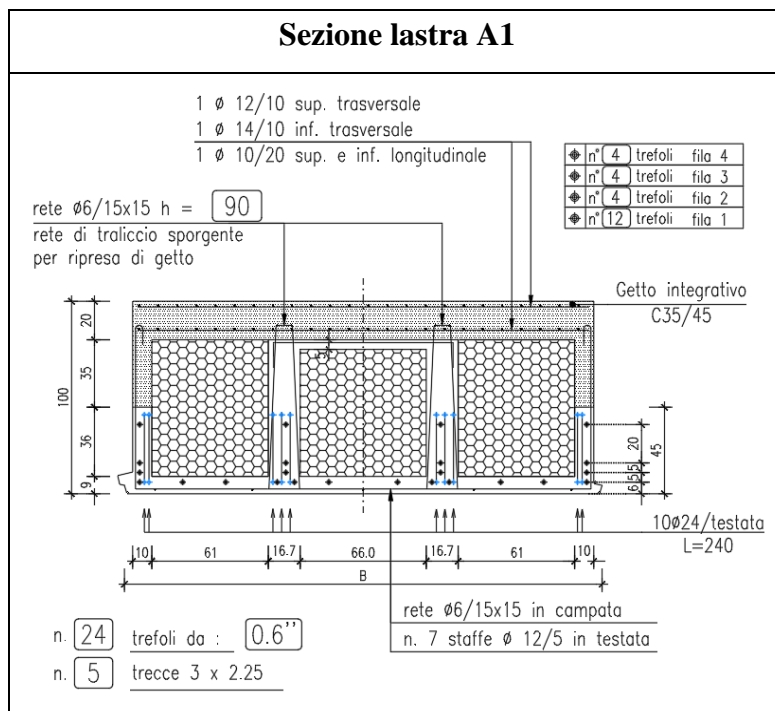
I trefoli vengono sistemati su 4 livelli:

- n° 12 trefoli a 60 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 110 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 160 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 360 mm dall'intradosso soletta;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1091.4 Mpa.

$N_p = 1169.5 \times 139 \times 24 = \mathbf{390156 \text{ daN}}$

$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = -390156 \times (0,278 - 0,135) = \mathbf{- 55902,94 \text{ daNm}}$





#### 4.5.2.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95:  $250 \times 0,95 = 237,5$  cm. ( $E_c, \text{soletta} / E_c, \text{lastra}$ )

$$M_{Ed}: \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_Q M_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria	262,14	256,13	106,94	1438,38	<b>2991,73</b>

– sezione di mezzeria

The screenshot shows the software interface for a reinforced concrete slab design. Key parameters are highlighted in green:

- Materials:** B450C (steel), C45/55 (concrete).  $E_{su} = 67,5$ ‰,  $f_{yd} = 391,3$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_s = 200.000$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_s/E_c = 15$ ,  $f_{cc}/f_{cd} = 0,8$ .
- Design Parameters:**  $M_{Rd} = 3.892$  kNm,  $\sigma_c = -25,5$  N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s =$  (empty),  $\epsilon_c = 3,5$ ‰,  $\epsilon_s =$  (empty),  $d = 94$  cm,  $x = 9,61$ ,  $x/d = 0,1022$ ,  $\delta = 0,7$ .
- Calculation Method:** S.L.U. + Metodo n.
- Reinforcement:**  $N^* \text{ rett.} = 100$ .
- Precompression:**  $\sigma_{sp} = 1.409$  N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_{sp} = 36,58$ ‰ compressa pref.

$M_{Rd} = 3892 \text{ kNm} > 2991,73 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta



#### 4.5.2.3 Verifiche allo S.L.U. per taglio e torsione

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed} = \gamma_{G1} V_{G1} + \gamma_{G2} V_{G2} + \gamma_Q V_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

Il momento torcente, dovuto solo a disuniformità dei carichi permanenti portati e ad eventuale presenza di carichi mobili, rappresenta una sollecitazione minore e non essenziale all'equilibrio della struttura; viene pertanto trascurata.

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	90,78	88,70	43,78	606,52	<b>1208,8</b>
0,5	1,2	90,78	81,02	40,68	547,50	<b>1105,6</b>
1,8	2,5	62,49	61,06	30,12	436,00	<b>859,8</b>
2	2,7	59,34	57,98	28,10	409,17	<b>808,4</b>

<b>Caratteristiche Calcestruzzo:</b>		
Classe di resistenza :		<b>C45/55</b>
Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>55 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficienti di sicurezza e parametri di riduzione della resistenza:</b>		
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1,50</b>
Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1,25</b>
Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0,85</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	<b>45,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>25,87 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. media. a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2 =$	<b>53,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione media di progetto:	$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3} =$	<b>3,83 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione caratt. di progetto:	$f_{ctk} = 0,70 f_{ctm} =$	<b>2,68 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. tangenziale caratt. di aderenza di progetto:	$f_{bk} = 2,25 f_{ctk} =$	<b>6,04 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	<b>1,79 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Acciaio per cemento armato:</b>		
Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1,15</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Tensione carat. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391,3 N/mm<sup>2</sup></b>



Sezione di testa x = 0                      0,8 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	1208,8 kN	
	ls =	66,62%	

Sezione di testa x = 0,5                      1,3 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1280 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	7450,1 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	1105,6 kN	
	ls =	60,93%	

Sezione di testa x = 1,8                      2,6 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	620 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	3608,6 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	859,8 kN	
	ls =	47,39%	

Sezione di testa x = 270cm (200 fase 0)

altezza utile	d =	1000 mm
base equivalente	b <sub>w</sub> =	620 mm
	f <sub>ctd</sub> =	1,79 MPa
	N <sub>p</sub> =	606818 daN
	A <sub>c</sub> =	5571 cm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> = N <sub>p</sub> / A <sub>c</sub> =	10,89 MPa
	V <sub>Rd</sub> = 0.7 · d · b <sub>w</sub> · (f <sub>ctd</sub> <sup>2</sup> + σ <sub>cp</sub> · f <sub>ctd</sub> ) <sup>1/2</sup> =	2214,3 kN
	V <sub>Sd</sub> =	1569,9 kN
	l <sub>s</sub> =	70,90%

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).

Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo per una lunghezza di 75 cm a partire dalla testata della trave, per cui all'appoggio la precompressione è ancora molto bassa. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7.

Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Taglio totale di calcolo			V <sub>Ed</sub> =	1208,8 kN
Numero di trefoli attivi			24	
			Tensione finale trefoli =	1170 MPa
			Compressione totale =	619,03 kN
				< V <sub>Ed</sub>
L'armatura longitudinale	n <sub>i</sub>	Φ <sub>i</sub>		
	[-]	[mm]		
si predispongono ad testata	10	24	A <sub>s</sub> =	45,24 cm <sup>2</sup>
			V <sub>Rd</sub> = A <sub>s</sub> × f <sub>yd</sub> =	1770,2 kN
			l <sub>s</sub> =	68,28%

#### 4.5.2.4 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ - per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ - per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} \text{ - per armatura pre-tesa.}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione di mezzeria**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	5671	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,3	cm
Momento di inerzia	Jc =	3786684	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	5870	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,8	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3828823	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	73389	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	137587	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	11576	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	56,2	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	14278385	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	342952	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	600265	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	254004	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	σspf =	1170	Mpa
Sezione trefoli	24	da 0.6")	33,4 cmq
Baricentro da intradosso			13,5 cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	σspt =	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	Δσspm =	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	Δσspe =	44	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	σspi =	1353	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	N0 =	σspi x Ai =	4514 kN
momento in. di precomp.:	M0 =	N0 x (Yp-Yt) =	64682 kNcm

Cadute di tensione			
Fluage	2 x Δσspe =	87	Mpa
Ritiro εr = 0,00025	εr x Ep =	50	Mpa
Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))%σspi	0.046 σspi =	62	Mpa
Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/σspi) =		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	σspf =	1170	MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	55	97

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 658 cm**

fase	[Mpa]	N	M	σss	σs	σi	Ac'	cmq
peso proprio		0	2662960,892		3,63	-1,94	Ws' =	73389 cm <sup>3</sup>
precompressione		451428	-6468216		-1,12	12,39	Wi' =	137587 cm <sup>3</sup>
caduta di tensione		-10371	148598		0,03	-0,28		
<b>totale fase 0</b>		<b>441057</b>	<b>-3656657</b>		<b>2,53</b>	<b>10,17</b>		
<b>fase 1</b>	<b>[Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>σss</b>	<b>σs</b>	<b>σi</b>		
getto integrativo		0	2501713,758		3,41	-1,82		
caduta di tensione		-18420	263931		0,05	-0,51		
<b>totale fase 0+1</b>		<b>422637</b>	<b>-891013</b>		<b>5,99</b>	<b>7,85</b>		
<b>fase 2</b>	<b>[Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>σss</b>	<b>σs</b>	<b>σi</b>	<b>Ac"</b>	<b>cmq</b>
carico permanente		0	1054100	0,31	0,18	-0,41	Wss" =	342952 cm <sup>3</sup>
carichi mobili		0	14383800	4,19	2,40	-5,66	Ws" =	600265 cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>		<b>422637</b>	<b>14546887</b>	<b>4,50</b>	<b>8,56</b>	<b>1,77</b>	Wi" =	254004 cm <sup>3</sup>
<b>fase 3</b>	<b>[Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>σss</b>	<b>σs</b>	<b>σi</b>		
caduta di tensione		-32481	1387349	0,12	-0,05	-0,83		
<b>totale fase 0+1+2+3</b>		<b>390156</b>	<b>15934236</b>	<b>4,63</b>	<b>8,51</b>	<b>0,94</b>		

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra < 0.6 f<sub>ck</sub> = 27.39 MPa

$\sigma$  getto in opera < 0.6 f<sub>ck</sub> = 22.41 MPa



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 4.2m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1170	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	24 da 0.6")	33,4	cmq
Sezione lastra	Ac =	5671	cmq	Baricentro da intradosso		13,5	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,3	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	3786684	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	44	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1353	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	5870	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	4514	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,8	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	64682	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	3828823	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	73389	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	87	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	137587	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	0.046 $\sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =		46	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1170	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	11576	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	56,2	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	14278385	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	342952	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	600265	cm <sup>3</sup>	perdite	31	55	97
Modulo resistenza inf.	Wi" =	254004	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 420$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	5870	cmq
peso proprio	0	2212571,618		3,01	-1,61	Ws' =	73389	cm <sup>3</sup>
precompressione	451428	-6468216		-1,12	12,39	Wi' =	137587	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-10371	148598		0,03	-0,28			
<b>totale fase 0</b>	<b>441057</b>	<b>-4107047</b>		<b>1,92</b>	<b>10,50</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	2078596,375		2,83	-1,51			
caduta di tensione	-18420	263931		0,05	-0,51			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>422637</b>	<b>-1764520</b>		<b>4,80</b>	<b>8,48</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	11576	cmq
carico permanente	0	835100	0,24	0,14	-0,33	Wss" =	342952	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	11320100	3,30	1,89	-4,46	Ws" =	600265	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>422637</b>	<b>10390680</b>	<b>3,54</b>	<b>6,82</b>	<b>3,70</b>	Wi" =	254004	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-32481	1387349	0,12	-0,05	-0,83			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>390156</b>	<b>11778030</b>	<b>3,67</b>	<b>6,77</b>	<b>2,87</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 2.2m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1170	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	24 da 0.6")	33,4	cmq
Sezione lastra	Ac =	5671	cmq	Baricentro da intradosso		13,5	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,3	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	3786684	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	44	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1353	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	5870	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	4514	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,8	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	64682	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	3828823	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	73389	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	87	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	137587	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	0.046 $\sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =		46	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1170	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	11576	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	56,2	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	14278385	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	342952	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	600265	cm <sup>3</sup>	perdite	31	55	97
Modulo resistenza inf.	Wi" =	254004	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 220$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	5870	cmq
peso proprio	0	1134631,638		1,55	-0,82	Ws' =	73389	cm <sup>3</sup>
precompressione	451428	-6468216		-1,12	12,39	Wi' =	137587	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-10371	148598		0,03	-0,28			
<b>totale fase 0</b>	<b>441057</b>	<b>-5184987</b>		<b>0,45</b>	<b>11,28</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	1065927,625		1,45	-0,77			
caduta di tensione	-18420	263931		0,05	-0,51			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>422637</b>	<b>-3855128</b>		<b>1,95</b>	<b>10,00</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	11576	cmq
carico permanente	0	330500	0,10	0,06	-0,13	Wss" =	342952	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	4318500	1,26	0,72	-1,70	Ws" =	600265	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>422637</b>	<b>793872</b>	<b>1,36</b>	<b>2,72</b>	<b>8,17</b>	Wi" =	254004	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-32481	1387349	0,12	-0,05	-0,83			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>390156</b>	<b>2181221</b>	<b>1,48</b>	<b>2,67</b>	<b>7,35</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$





**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.5m dall’asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	9530	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,0	cm
Momento di inerzia	Jc =	4849973	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	9630	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	31,9	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	4865753	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	101123	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	152613	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	18171	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	53,1	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	16361279	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	366735	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	746393	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	308241	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{pf} =$	1170	Mpa
Sezione trefoli	12 da 0.6")	16,7	cmq
Baricentro da intradosso		19,3	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{pt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{pe} =$	44	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{pi} =$	1353	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	2257	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	28326	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{pe} =$	87	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{pi}$	$0.046 \sigma_{pi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{pi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{pf} =$	1170	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	55	97

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio x = 150 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	9630	cmq
peso proprio	0	606441,048		0,60	-0,40	Ws' =	101123	cm <sup>3</sup>
precompressione	225714	-2832625		-0,46	4,20	Wi' =	152613	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-5185	65075		0,01	-0,10			
<b>totale fase 0</b>	<b>220528</b>	<b>-2161109</b>		<b>0,15</b>	<b>3,71</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	569719,9375		0,56	-0,37			
caduta di tensione	-9210	115583		0,02	-0,17			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>211318</b>	<b>-1475806</b>		<b>0,74</b>	<b>3,16</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	18171	cmq
carico permanente	0	82000	0,02	0,01	-0,03	Wss" =	366735	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	898500	0,24	0,12	-0,29	Ws" =	746393	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>211318</b>	<b>-495306</b>	<b>0,27</b>	<b>0,87</b>	<b>2,84</b>	Wi" =	308241	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-16240	548048	0,06	-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>195078</b>	<b>52742</b>	<b>0,33</b>	<b>0,85</b>	<b>2,58</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.0m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	6548	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	19,3	cm
Momento di inerzia	Jc =	1227101	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	6648	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	19,3	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1227101	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	47692	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	63679	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	15661	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	52,5	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	16272330	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	360281	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-2170022	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	309957	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1170	Mpa
Sezione trefoli	12 da 0.6")	16,7	cmq
Baricentro da intradosso		19,3	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	44	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1353	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.: N0 =	$\sigma_{spi} \times A_i =$	2257	kN
momento in. di precomp.: M0 = N0 x (Yp-Yt) =		-143	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	2 x $\Delta\sigma_{spe} =$	87	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	0.046 $\sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1170	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	55	97

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio x = 100 cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	6648	cmq
peso proprio	0	181253,6114		0,38	-0,28	Ws' =	47692	cm <sup>3</sup>
precompressione	225714	14281		3,43	3,37	Wi' =	63679	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-5185	-328		-0,08	-0,08			
<b>totale fase 0</b>	<b>220528</b>	<b>195207</b>		<b>3,73</b>	<b>3,01</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	170278,375		0,36	-0,27			
caduta di tensione	-9210	-583		-0,14	-0,14			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>211318</b>	<b>364902</b>		<b>3,94</b>	<b>2,61</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	15661	cmq
carico permanente	0	-110900	-0,03	0,01	0,04	Wss" =	360281	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-1751300	-0,49	0,08	0,57	Ws" =	-2170022	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>211318</b>	<b>-1497298</b>	<b>-0,52</b>	<b>4,03</b>	<b>3,21</b>	Wi" =	309957	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-16240	538615	0,05	-0,13	-0,28			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>195078</b>	<b>-958683</b>	<b>-0,47</b>	<b>3,90</b>	<b>2,93</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione di appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	11250	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	1898438	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	11349	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,5	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1899423	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	84315	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	84523	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	24423	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,3	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	20400232	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	422785	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-4797096	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	414196	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1170	Mpa
Sezione trefoli	12 da 0.6"	16,7	cmq
Baricentro da intradosso		19,3	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	44	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1353	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	2257	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	7085	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	87	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1170	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	55	97

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 80$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	11349	cmq
peso proprio	0	0		0,00	0,00	Ws' =	84315	cm <sup>3</sup>
precompressione	225714	-708516		1,15	2,83	Wi' =	84523	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-5185	16277		-0,03	-0,06			
<b>totale fase 0</b>	<b>220528</b>	<b>-692239</b>		<b>1,12</b>	<b>2,76</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	0		0,00	0,00			
caduta di tensione	-9210	28910		-0,05	-0,12			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>211318</b>	<b>-663328</b>		<b>1,08</b>	<b>2,65</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	24423	cmq
carico permanente	0	-244500	-0,06	0,01	0,06	Wss" =	422785	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-3578500	-0,85	0,07	0,86	Ws" =	-4797096	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>211318</b>	<b>-4486328</b>	<b>-0,90</b>	<b>1,15</b>	<b>3,57</b>	Wi" =	414196	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-16240	485898	0,05	-0,08	-0,18			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>195078</b>	<b>-4000430</b>	<b>-0,86</b>	<b>1,08</b>	<b>3,39</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$

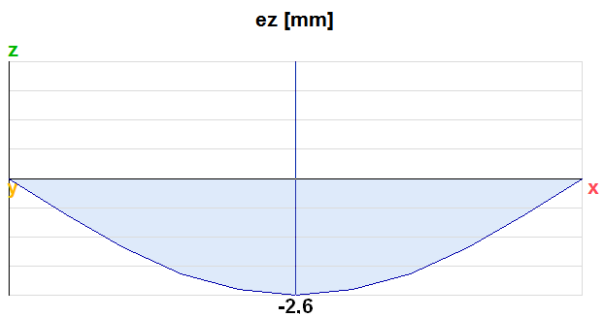
#### 4.5.2.4.1 Verifiche SLE – fessurazione

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

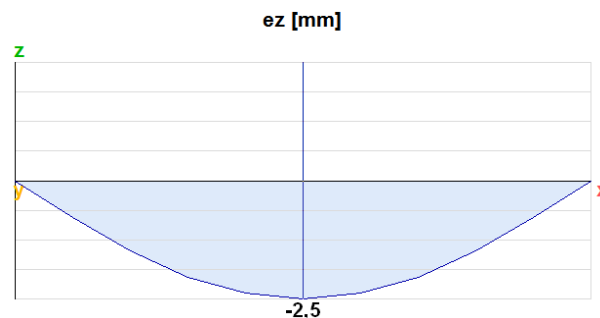
### 4.5.2.5 Verifica delle deformazioni

#### Calcolo delle frecce nelle diverse ipotesi

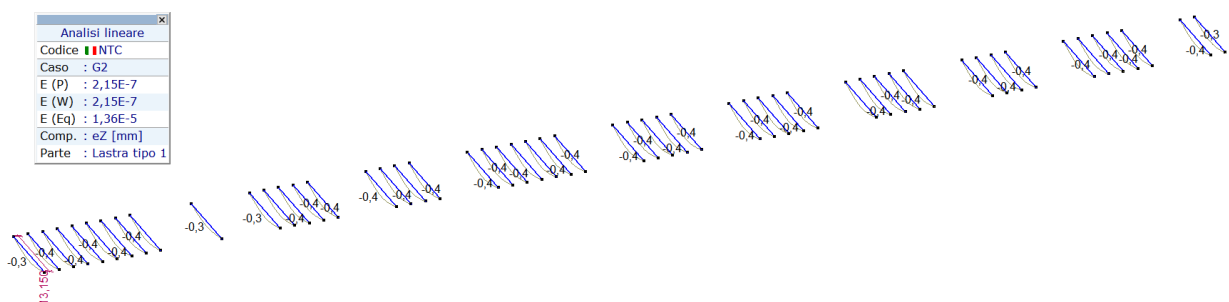
- **G1 – peso proprio lastra**



- **G1 – peso getto di completamento soletta**

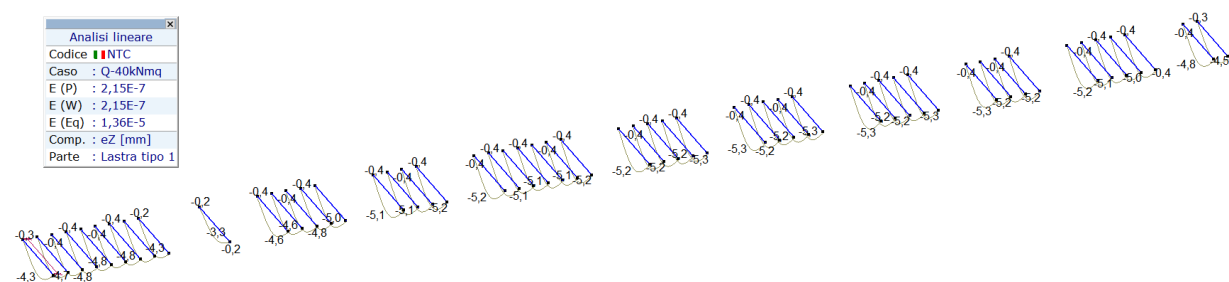


- **G2 – sovraccarico permanente**



*[[], > 4 parti, Lineare, G2, ez, Diagramma*

- **qi – sovraccarico variabile**



*[[], > Lineare, Involuppo (Involuppo q1), ez, Diagramma*

- **$\epsilon l$  – Precompressione**

$$ez = Mp l^2 / [4 \cdot E \cdot I]$$



<b>24</b>	n° trefoli 0,6"	$E_c$	36416,1	$N/mm^2$
<b>1,39</b>	area trefolo $cm^2$			
<b>27,83</b>	$Y_{gci}$ [cm] da intradosso - baricentro sezione iniziale			
<b>13,50</b>	$Y_{gi}$ [cm] da intradosso - baricentro trefoli			
<b>56,21</b>	$Y_{gt}$ [cm] da intradosso - baricentro sezione finale			
<b>3828822,88</b>	$J_{ci}$ [ $cm^4$ ] - Momento di inerzia iniziale - sezione lastra omogeneizzata			
<b>14278385,43</b>	$J_{ct}$ [ $cm^4$ ] - Momento di inerzia finale - sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			

Trave	L	Tensioni		Npi	Mpi	Ii	$e_{z,p}$
	m	Mpa		kN	kNm	$cm^4$	mm
A1	13,15	tensione iniziale nei trefoli	1353,2	4514,3	646,8	3828822,9	-10,03
		perdite a tempo iniziale:	-31,1	-103,7	-14,9	3828822,9	0,46
		perdite al getto della soletta:	-55,2	-184,2	-26,4	3828822,9	0,82
		perdite a tempo finale	-97,4	-324,8	-138,7	14278385,4	1,15
		<b><math>e_{z,p}</math> finale</b>					<b>-7,59</b>

### Verifica delle deformazioni nel SLE<sub>R</sub>

Si conduce una verifica allo Stato Limite di Servizio per la deformazione della campata di riva, più sollecitata. Per la precompressione, per le azioni permanenti e per le azioni variabili, si assumono nelle combinazioni di carico allo stato limite di deformazione i coefficienti  $\gamma_p = \gamma_g = \gamma_q = 1$ .

Fase 0: rilascio della precompressione

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio e precompressione:  $\eta_0$

Fase 1: getto della soletta integrativa

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio, precompressione + getto:  $\eta_1$

Fase 2: carichi permanenti

Deformazione in mezzeria:  $\eta_2$

Fase 3: carichi mobili massimi

Deformazione totale massima in mezzeria:  $\eta_3$

Tabella

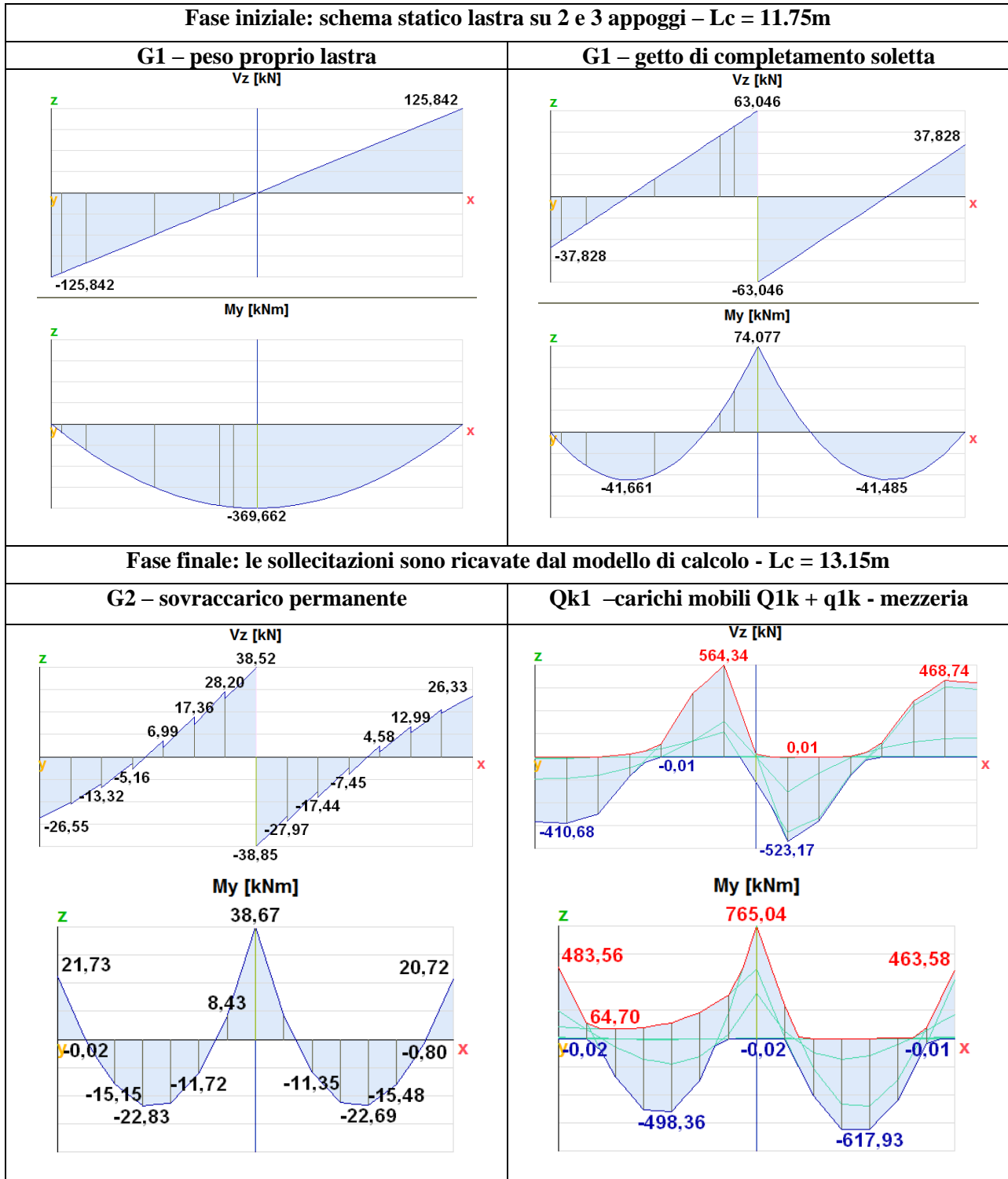
Ipotesi	G1-1	$e_{z,p}$	G1-2	G2	Q1	$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	MAX SLE	L / $e_{z}(Q1)$
Trave	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
A1	2,6	-7,595	2,5	0,4	5,3	-7,0	-3,6	-2,1	3,2	<b>3,2</b>	<b>2481</b>

### 4.5.3 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 4

#### 4.5.3.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

L'analisi è condotta sulla lastra da 2.50m di larghezza.

G1-p = 21.43 kN/m;      G1-s = 17.18 kN/m



▪  $\varepsilon I$  – Precompressione

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 38

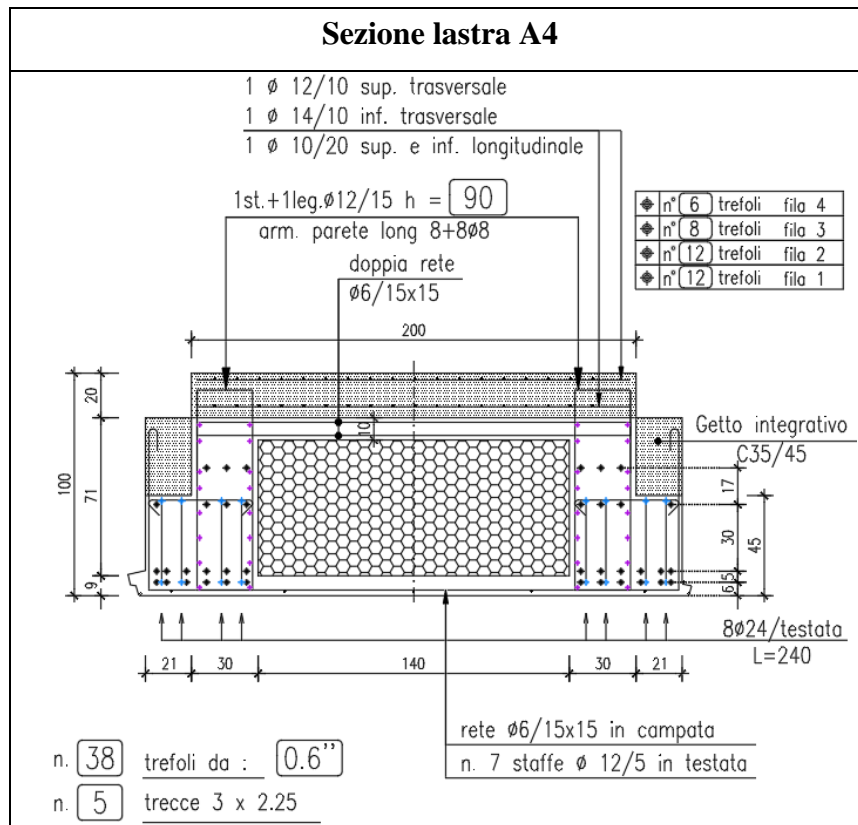
I trefoli vengono sistemati su 4 livelli:

- n° 12 trefoli a 60 mm dall'intradosso soletta;
- n° 12 trefoli a 110 mm dall'intradosso soletta;
- n° 8 trefoli a 410 mm dall'intradosso soletta;
- n° 6 trefoli a 575 mm dall'intradosso soletta;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1141.6 Mpa.

$$N_p = 1141.6 \times 139 \times 38 = 6030131 \text{ daN}$$

$$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = -6030131 \times (0,328 - 0,324) = - 24120,05 \text{ daNm}$$



#### 4.5.3.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95:  $250 \times 0,92 = 237.5$  cm. ( $E_c, \text{soletta}/E_c, \text{lastra}$ )

$$M_{Ed} = \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_QM_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

#### – sezione appoggio centrale

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria	369,66	-74,10	-38,67	-765,04	<b>-821,3</b>

**Titolo:** Lastra Tipo4

N° figure elementari: 4       N° strati barre: 0

N°	b [cm]	h [cm]
1	237,5	20
2	60	35
3	101,4	36
4	250	9

**Sollecitazioni**  
S.L.U.      Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0      0 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0      0 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0      0

**Materiali**  
B450C      C45/55

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰       $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>       $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>       $f_{cd}$ : 25,5 ‰  
 $E_s/E_c$ : 15       $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8 [?]  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰       $C_{c,adm}$ : 16  
 $C_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>       $\tau_{co}$ : 0,9333  
    $\tau_{c1}$ : 2,543

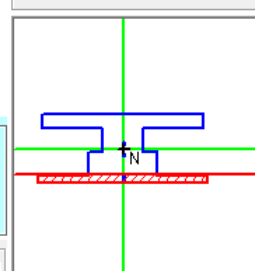
**P.to applicazione N**  
 Centro       Baricentro cls  
 Coord.[cm]      xN: 0      yN: 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Cavo snervato

**M<sub>Rd</sub>**: -1.316 kNm

$\sigma_c$ : -25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ :      N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3,5 ‰  
 $\epsilon_s$ :      ‰  
d: 57,5 cm  
x: 12,22      x/d: 0,2125  
                                  $\delta$ : 0,7056

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



**Armatura Precompressione**  
N° strati cavi: 4

N°	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	16,7	94	1141,6
2	16,7	89	1141,6
3	11,1	59	1141,6
4	8,3	42,5	1141,6

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

**Tipo flessione**  
 Retta       Deviata

**Trefolo**  
 $\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  
 $f_{yd}$ : 1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 6  
 $\epsilon_{syd}$ : 7,043 ‰  
 $C_{s,adm}$ : 1.080 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{sp}$ : 1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$ : 18,68 ‰ compressa predef.

       
        
       Precompresso

**$M_{Rd} = 1316$  kNm >  $821.3$  kNm => verifica soddisfatta**





- sezione in mezzeria semicampata

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
l/4	179,09	41,66	22,83	617,93	<b>1248,1</b>

**Titolo:** Lastra Tipo4

N° figure elementari: 4 Zoom N° strati barre: 0 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	237,5	20
2	60	35
3	101,4	36
4	250	9

**Armatura Precompressione**

N° strati cavi: 4 Zoom

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sc}$ [MPa]
1	16,7	94	1141,6
2	16,7	89	1141,6
3	11,1	59	1141,6
4	8,3	42,5	1141,6

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**

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

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Cavo snervato

**Materiali**

B450C C45/55

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  25,5 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $C_{c,adm}$  16  
 $C_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,9333  
 $\tau_{c1}$  2,543

**Metodo di calcolo**

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

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura

Precompresso

**Trefolo**

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  
 $f_{yd}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  6  
 $\epsilon_{syd}$  7.043 ‰  
 $C_{s,adm}$  1.080 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{sp}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$  23,91 ‰ compresa prefer.

M<sub>xRd</sub> 5.256 kNm  
 $\sigma_c$  -25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  ‰  
d 94 cm  
x 15,16 x/d 0,1613  
 $\delta$  0,7

$M_{Rd} = 5256 \text{ kNm} > 1248.1 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta

In tutte le verifiche sono indicate e combinate le azioni manuale facendo vedere il carico di calcolo massimo

#### 4.5.3.3 Verifiche allo S.L.U. per taglio e torsione

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed}: \gamma_{G1}V_{G1} + \gamma_{G2}V_{G2} + \gamma_QV_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

Il momento torcente, dovuto solo a disuniformità dei carichi permanenti portati e ad eventuale presenza di carichi mobili, rappresenta una sollecitazione minore e non essenziale all'equilibrio della struttura; viene pertanto trascurata.

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	125,84	37,83	6,18	408,96	<b>835,5</b>
0,5	1,2	115,13	29,24	3,21	381,57	<b>764,9</b>
1,8	2,5	87,29	6,92	7,38	129,42	<b>327,7</b>
2	2,7	83,00	3,50	9,44	75,77	<b>240,3</b>

<b>Caratteristiche Calcestruzzo:</b>		
Classe di resistenza :		<b>C45/55</b>
Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>55 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficienti di sicurezza e parametri di riduzione della resistenza:</b>		
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1,50</b>
Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1,25</b>
Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0,85</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	<b>45,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>25,87 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. media. a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8N/mm^2 =$	<b>53,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione media di progetto:	$f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3} =$	<b>3,83 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione caratt. di progetto:	$f_{ctk} = 0,70f_{ctm} =$	<b>2,68 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. tangenziale caratt. di aderenza di progetto:	$f_{bk} = 2,25f_{ctk} =$	<b>6,04 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	<b>1,79 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Acciaio per cemento armato:</b>		
Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1,15</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Tensione carat. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391,3 N/mm<sup>2</sup></b>



Sezione di testa x = 0cm (precompressione non ancora attiva, cls in opera)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	835,5 kN	
	ls =	46,05%	

Sezione di testa x = 120cm (50 fase 1)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1100 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	6402,4 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	835,5 kN	
	ls =	46,05%	

Sezione di testa x = 250cm (180 fase 0)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1100 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$ [-]	$\Phi_{wi}$ [mm]	$s_{wi}$ [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1} =$	3,02 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw2} =$	1,70 cm <sup>2</sup>	
	$A_{sw} =$	4,71 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	6402,4 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	1814,5 kN	
	$V_{Rd} =$	1814,5 kN	
	$V_{Sd} =$	764,9 kN	
	ls =	42,15%	



Sezione di testa x = 270cm (200 fase 0)

altezza utile	d =	1000 mm
base equivalente	b <sub>w</sub> =	1100 mm
	f <sub>ctd</sub> =	1,79 MPa
	N <sub>p</sub> =	602993 daN
	A <sub>c</sub> =	8022 cm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> = N <sub>p</sub> / A <sub>c</sub> =	7,52 MPa
	V <sub>Rd</sub> = 0.7 · d · b <sub>w</sub> · (f <sub>ctd</sub> <sup>2</sup> + σ <sub>cp</sub> · f <sub>ctd</sub> ) <sup>1/2</sup> =	3365,3 kN
	V <sub>Sd</sub> =	240,3 kN
	l <sub>s</sub> =	7,14%

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).

Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo per una lunghezza di 75 cm a partire dalla testata della trave, per cui all'appoggio la precompressione è ancora molto bassa. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7.

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Taglio totale di calcolo		V <sub>Ed</sub> =	835,5 kN
Numero di trefoli attivi	38	Tensione finale trefoli =	1142 MPa
		Compressione totale =	956,75 kN
			< V <sub>Ed</sub>
L'armatura longitudinale	n <sub>i</sub> [-]	Φ <sub>i</sub> [mm]	
si predispongono ad testata	8	24	
		A <sub>s</sub> =	36,19 cm <sup>2</sup>
		V <sub>Rd</sub> = A <sub>s</sub> × f <sub>yd</sub> =	1416,2 kN
		l <sub>s</sub> =	59,00%

#### 4.5.3.4 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} - \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} - \text{per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} - \text{per armatura pre-tesa.}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione di mezzeria**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	160	cm
Sezione lastra	Ac =	7212	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,8	cm
Momento di inerzia	Jc =	3749853	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	7526	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	32,4	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3778549	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	79443	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	116489	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	23395	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	58,5	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	15127820	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	383559	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	704266	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	258508	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Sezione trefoli	38	da 0.6")	52,8 cmq
Baricentro da intradosso			23,1 cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	7094	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	66381	kNcm

Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1142	MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	30	61	110

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 658 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	7526	cmq
peso proprio	0	3696900,422		4,65	-3,17	Ws' =	79443	cm <sup>3</sup>
precompressione	709352	-6638138		1,07	15,12	Wi' =	116489	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-15823	148076		-0,02	-0,34			
<b>totale fase 0</b>	<b>693528</b>	<b>-2793161</b>		<b>5,70</b>	<b>11,61</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
getto integrativo	0	-742000		-0,93	0,64			
caduta di tensione	-32287	302147		-0,05	-0,69			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>661241</b>	<b>-3233014</b>		<b>4,72</b>	<b>11,56</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac" =	23395	cmq
carico permanente	0	-386700	-0,10	-0,05	0,15	Wss" =	383559	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-7650400	-1,99	-1,09	2,96	Ws" =	704266	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>661241</b>	<b>-11270114</b>	<b>-2,10</b>	<b>3,58</b>	<b>14,67</b>	Wi" =	258508	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
caduta di tensione	-58228	2063644	0,29	0,04	-1,05			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>603013</b>	<b>-9206470</b>	<b>-1,81</b>	<b>3,62</b>	<b>13,62</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 5.9m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	38 da 0.6")	52,8	cmq
Sezione lastra	Ac =	8022	cmq	Baricentro da intradosso		23,1	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	30,0	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	4340372	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	8336	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	7094	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	29,7	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	47125	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	4354773	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	86615	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	146515	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1142	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	24205	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	73,2	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	39233513	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	656907	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	916389	cm <sup>3</sup>	perdite	30	61	110
Modulo resistenza inf.	Wi" =	536073	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 590$  cm

fase	[Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac'	Ws'	Wi'
fase 0							8336	86615	146515
peso proprio		0	3648099,328		4,21	-2,49			
precompressione		709352	-4712529		3,07	11,73			
caduta di tensione		-15823	105122		-0,07	-0,26			
<b>totale fase 0</b>		<b>693528</b>	<b>-959308</b>		<b>7,21</b>	<b>8,97</b>			
fase 1									
getto integrativo		0	-355500		-0,41	0,24			
caduta di tensione		-32287	214499		-0,14	-0,53			
<b>totale fase 0+1</b>		<b>661241</b>	<b>-1100308</b>		<b>6,66</b>	<b>8,68</b>			
fase 2									
carico permanente		0	-167600	-0,03	-0,02	0,03	24205	656907	
carichi mobili		0	-3913200	-0,60	-0,43	0,73	916389	916389	
<b>totale fase 0+1+2</b>		<b>661241</b>	<b>-5181108</b>	<b>-0,62</b>	<b>6,22</b>	<b>9,44</b>		536073	
fase 3									
caduta di tensione		-58228	2917678	0,20	0,08	-0,78			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>		<b>603013</b>	<b>-2263431</b>	<b>-0,42</b>	<b>6,29</b>	<b>8,66</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 5.5m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	9422	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	36,7	cm
Momento di inerzia	Jc =	6767676	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	9736	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	36,2	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	6823820	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	155913	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	188331	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	16154	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,8	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	16497640	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	383547	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	653690	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	301259	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Sezione trefoli	38	da 0.6")	52,8 cmq
Baricentro da intradosso			23,1 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	7094	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	93309	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1142	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	30	61	110

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 550$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	9736	cmq
peso proprio	0	3573123,711		2,29	-1,90	Ws' =	155913	cm <sup>3</sup>
precompressione	709352	-9330937		1,30	12,24	Wi' =	188331	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-15823	208144		-0,03	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>693528</b>	<b>-5549670</b>		<b>3,56</b>	<b>10,07</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	-163270		-0,10	0,09			
caduta di tensione	-32287	424714		-0,06	-0,56			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>661241</b>	<b>-5288225</b>		<b>3,40</b>	<b>9,60</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	16154	cmq
carico permanente	0	-53500	-0,01	-0,01	0,02	Wss" =	383547	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-2768900	-0,72	-0,42	0,92	Ws" =	653690	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>661241</b>	<b>-8110625</b>	<b>-0,74</b>	<b>2,97</b>	<b>10,54</b>	Wi" =	301259	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-58228	1844856	0,12	-0,08	-0,97			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>603013</b>	<b>-6265769</b>	<b>-0,62</b>	<b>2,89</b>	<b>9,56</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$





### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 3.0m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	38 da 0.6")	52,8	cmq
Sezione lastra	Ac =	9422	cmq	Baricentro da intradosso		23,1	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	36,7	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	6767676	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{pe} =$	54	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{pi} =$	1343	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	9736	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	7094	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	36,2	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	93309	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	6823820	cm <sup>4</sup>	Cadute di tensione			
Modulo resistenza sup	Ws' =	155913	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{pe} =$	108	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	188331	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{pi}$	$0.046 \sigma_{pi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{pi}) =$		44	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{pf} =$	1142	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
Sezione ideale totale	Ac" =	16154	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,8	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	16497640	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	383547	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	653690	cm <sup>3</sup>	perdite	30	61	110
Modulo resistenza inf.	Wi" =	301259	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 300$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	9736	cmq
peso proprio	0	2327992,921		1,49	-1,24	Ws' =	155913	cm <sup>3</sup>
precompressione	709352	-9330937		1,30	12,24	Wi' =	188331	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-15823	208144		-0,03	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>693528</b>	<b>-6794800</b>		<b>2,77</b>	<b>10,73</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	368200		0,24	-0,20			
caduta di tensione	-32287	424714		-0,06	-0,56			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>661241</b>	<b>-6001886</b>		<b>2,94</b>	<b>9,98</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	16154	cmq
carico permanente	0	219400	0,06	0,03	-0,07	Wss" =	383547	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	4983600	1,30	0,76	-1,65	Ws" =	653690	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>661241</b>	<b>-798886</b>	<b>1,36</b>	<b>3,74</b>	<b>8,25</b>	Wi" =	301259	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-58228	1844856	0,12	-0,08	-0,97			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>603013</b>	<b>1045970</b>	<b>1,48</b>	<b>3,66</b>	<b>7,28</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.7m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	38 da 0.6")	52,8	cmq
Sezione lastra	Ac =	9422	cmq	Baricentro da intradosso		23,1	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	36,7	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	6767676	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	9736	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	7094	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	36,2	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	93309	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	6823820	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	155913	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	188331	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1142	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	16896	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	55,7	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	16794239	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	398264	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	689720	cm <sup>3</sup>	perdite	30	61	110
Modulo resistenza inf.	Wi" =	301780	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 170$  cm

fase	[Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac'	Ws'	Wi'
<b>fase 0</b>							9736	155913	188331
peso proprio		0	1151411,268		0,74	-0,61			
precompressione		709352	-9330937		1,30	12,24			
caduta di tensione		-15823	208144		-0,03	-0,27			
<b>totale fase 0</b>		<b>693528</b>	<b>-7971382</b>		<b>2,01</b>	<b>11,36</b>			
<b>fase 1</b>									
getto integrativo		0	292200		0,19	-0,16			
caduta di tensione		-32287	424714		-0,06	-0,56			
<b>totale fase 0+1</b>		<b>661241</b>	<b>-7254468</b>		<b>2,14</b>	<b>10,64</b>			
<b>fase 2</b>							16896	398264	301780
carico permanente		0	122800	0,03	0,02	-0,04			
carichi mobili		0	1915500	0,48	0,28	-0,63			
<b>totale fase 0+1+2</b>		<b>661241</b>	<b>-5216168</b>	<b>0,51</b>	<b>2,43</b>	<b>9,97</b>			
<b>fase 3</b>									
caduta di tensione		-58228	1896583	0,13	-0,07	-0,97			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>		<b>603013</b>	<b>-3319585</b>	<b>0,64</b>	<b>2,36</b>	<b>9,00</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.0m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	38 da 0.6")	52,8	cmq
Sezione lastra	Ac =	11250	cmq	Baricentro da intradosso		23,1	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	1898438	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	11564	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	7094	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,5	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	-3995	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	1898540	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	84439	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	84321	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{pf} =$	1142	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	24638	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,0	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	20525461	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	423601	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	662955	cm <sup>3</sup>	perdite	30	61	110
Modulo resistenza inf.	Wi" =	418550	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 100$  cm

fase	[Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac'	Ws'	Wi'
<b>fase 0</b>							11564	84439	84321
peso proprio		0	367916,0655		0,44	-0,44			
precompressione		709352	399526		6,61	5,66			
caduta di tensione		-15823	-8912		-0,15	-0,13			
<b>totale fase 0</b>		<b>693528</b>	<b>758530</b>		<b>6,90</b>	<b>5,10</b>			
<b>fase 1</b>									
getto integrativo		0	105700		0,13	-0,13			
caduta di tensione		-32287	-18185		-0,30	-0,26			
<b>totale fase 0+1</b>		<b>661241</b>	<b>846045</b>		<b>6,72</b>	<b>4,71</b>			
<b>fase 2</b>							24638	423601	662955
carico permanente		0	11400	0,00	0,00	0,00			
carichi mobili		0	-999500	-0,24	-0,15	0,24			
<b>totale fase 0+1+2</b>		<b>661241</b>	<b>-142055</b>	<b>-0,23</b>	<b>6,57</b>	<b>4,95</b>		418550	
<b>fase 3</b>									
caduta di tensione		-58228	1511627	0,12	-0,01	-0,60			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>		<b>603013</b>	<b>1369571</b>	<b>-0,11</b>	<b>6,56</b>	<b>4,35</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione all’attacco delle nervature al traverso di testa**

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1142	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	38 da 0.6")	52,8	cmq
Sezione lastra	Ac =	11250	cmq	Baricentro da intradosso		23,1	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	1898438	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	54	MPa
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1343	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	11564	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	7094	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,5	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	-3995	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	1898540	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	84439	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	108	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	84321	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		44	MPa
Altezza lastra	Ht =	45	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1142	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	24638	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,0	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	20525461	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	423601	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	662955	cm <sup>3</sup>	perdite	30	61	110
Modulo resistenza inf.	Wi" =	418550	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 70 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	11564	cmq
peso proprio	0	0		0,00	0,00	Ws' =	84439	cm <sup>3</sup>
precompressione	709352	399526		6,61	5,66	Wi' =	84321	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-15823	-8912		-0,15	-0,13			
<b>totale fase 0</b>	<b>693528</b>	<b>390614</b>		<b>6,46</b>	<b>5,53</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	0		0,00	0,00			
caduta di tensione	-32287	-18185		-0,30	-0,26			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>661241</b>	<b>372429</b>		<b>6,16</b>	<b>5,28</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	24638	cmq
carico permanente	0	-55400	-0,01	-0,01	0,01	Wss" =	423601	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-2015300	-0,48	-0,30	0,48	Ws" =	662955	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>661241</b>	<b>-1698271</b>	<b>-0,49</b>	<b>5,85</b>	<b>5,77</b>	Wi" =	418550	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-58228	1511627	0,12	-0,01	-0,60			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>603013</b>	<b>-186645</b>	<b>-0,37</b>	<b>5,84</b>	<b>5,17</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$

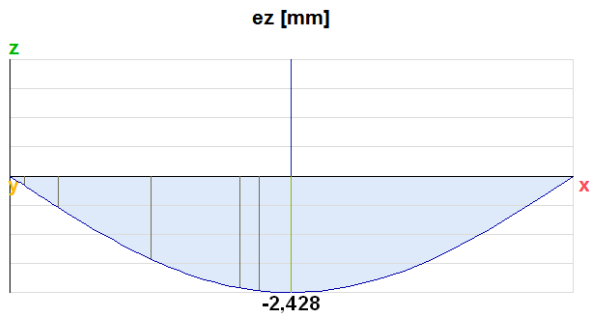
**4.5.3.4.1 Verifiche SLE – fessurazione**

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

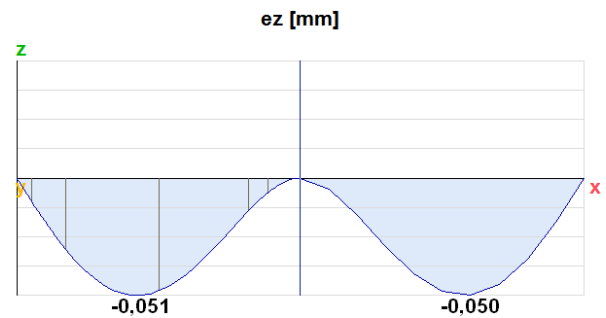
#### 4.5.3.5 Verifica delle deformazioni

##### Calcolo delle frecce nelle diverse ipotesi

- **G1 – peso proprio lastra**

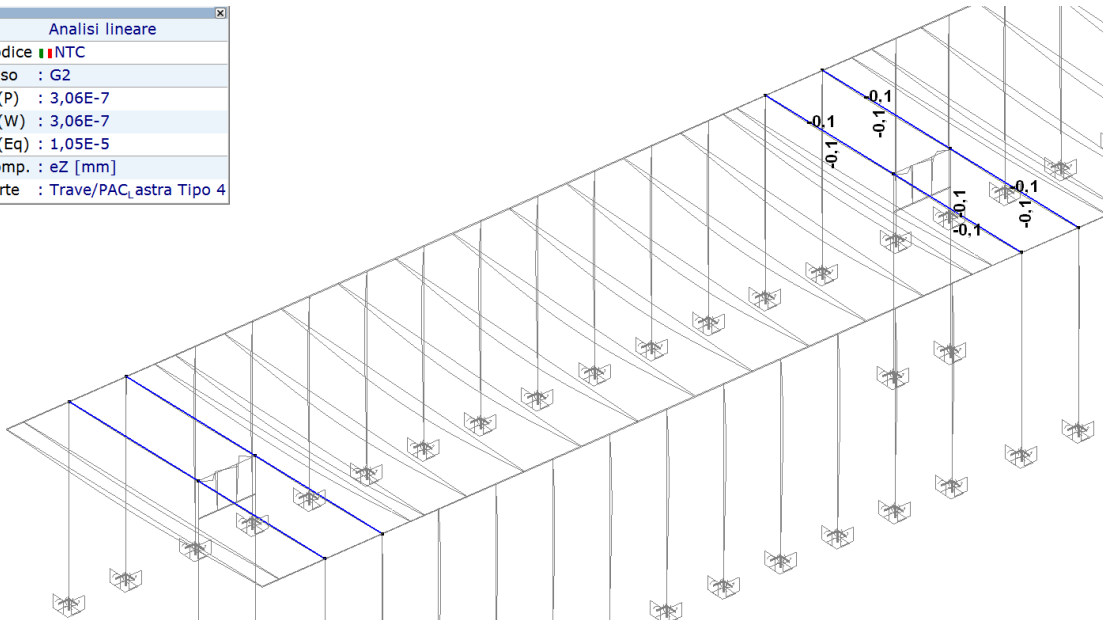


- **G1 – peso getto di completamento soletta**



- **G2 – sovraccarico permanente**

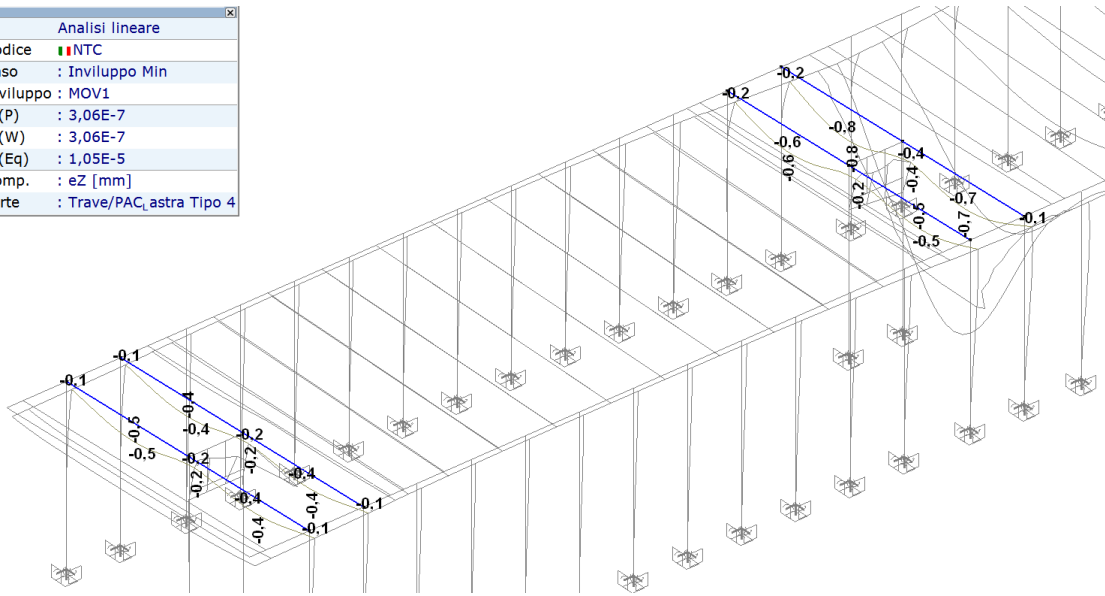
Analisi lineare	
Codice	INTC
Caso	G2
E (P)	3,06E-7
E (W)	3,06E-7
E (Eq)	1,05E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Trave/PAC, astra Tipo 4



[I], > 4 parti, Lineare, G2, eZ, Diagramma

▪  $q_i$  – sovraccarico variabile

Analisi lineare	
Codice	NTC
Caso	Inviluppo Min
Inviluppo	MOV1
E (P)	3,06E-7
E (W)	3,06E-7
E (Eq)	1,05E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Trave/PAC_astra Tipo 4



▪  $\varepsilon_l$  – Precompressione

$$e_z = M_p l^2 / [4 \cdot E \cdot I]$$

Trave	L m	Tensioni		N <sub>pi</sub> kN	M <sub>pi</sub> kNm	I <sub>i</sub> cm <sup>4</sup>	e <sub>z,p</sub> mm
		M <sub>pa</sub>					
Tipo 4	13,15	tensione iniziale nei trefoli	1343,0	7093,5	663,8	3778549,0	-10,43
		perdite a tempo iniziale:	-30,0	-158,2	-14,8	3778549,0	0,47
		perdite al getto della soletta:	-61,1	-322,9	-30,2	3778549,0	0,95
		perdite a tempo finale	-110,2	-582,3	-206,4	15127819,6	1,62
<b>e<sub>z,p</sub> finale</b>							<b>-7,39</b>

### Verifica delle deformazioni nel SLE<sub>R</sub>

Si conduce una verifica allo Stato Limite di Servizio per la deformazione della campata di riva, più sollecitata. Per la precompressione, per le azioni permanenti e per le azioni variabili, si assumono nelle combinazioni di carico allo stato limite di deformazione i coefficienti  $\gamma_p = \gamma_g = \gamma_q = 1$ .

Fase 0: rilascio della precompressione

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio e precompressione:  $\eta_0$

Fase 1: getto della soletta integrativa

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio, precompressione + getto:  $\eta_1$

Fase 2: carichi permanenti

Deformazione in mezzeria:  $\eta_2$

Fase 3: carichi mobili massimi

Deformazione totale massima in mezzeria:  $\eta_3$

Tabella

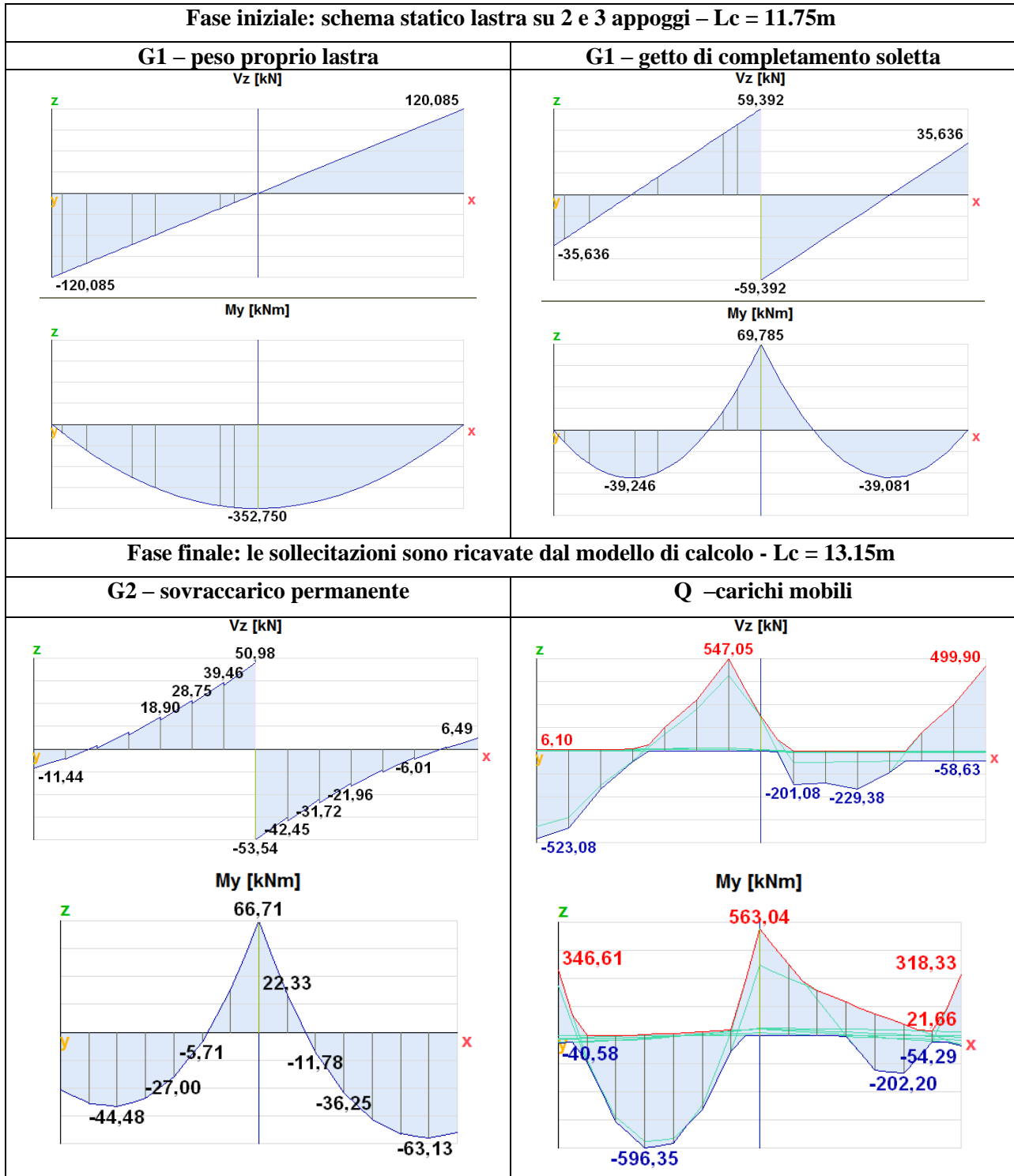
Ipotesi	G1-1	ez,p	G1-2	G2	Q1	$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	MAX SLE	L / ez(Q1)
Trave	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
<b>Tipo 4</b>	1,75	-7,394	0,05	0,1	0,7	-8,2	-7,2	-5,5	-4,8	<b>-4,8</b>	<b>18786</b>

#### 4.5.4 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 6

##### 4.5.4.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

L'analisi è condotta sulla lastra da 2.20m di larghezza.

G1-p = 20.44 kN/m;      G1-s = 16.17 kN/m





▪  $\varepsilon I$  – Precompressione

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 34

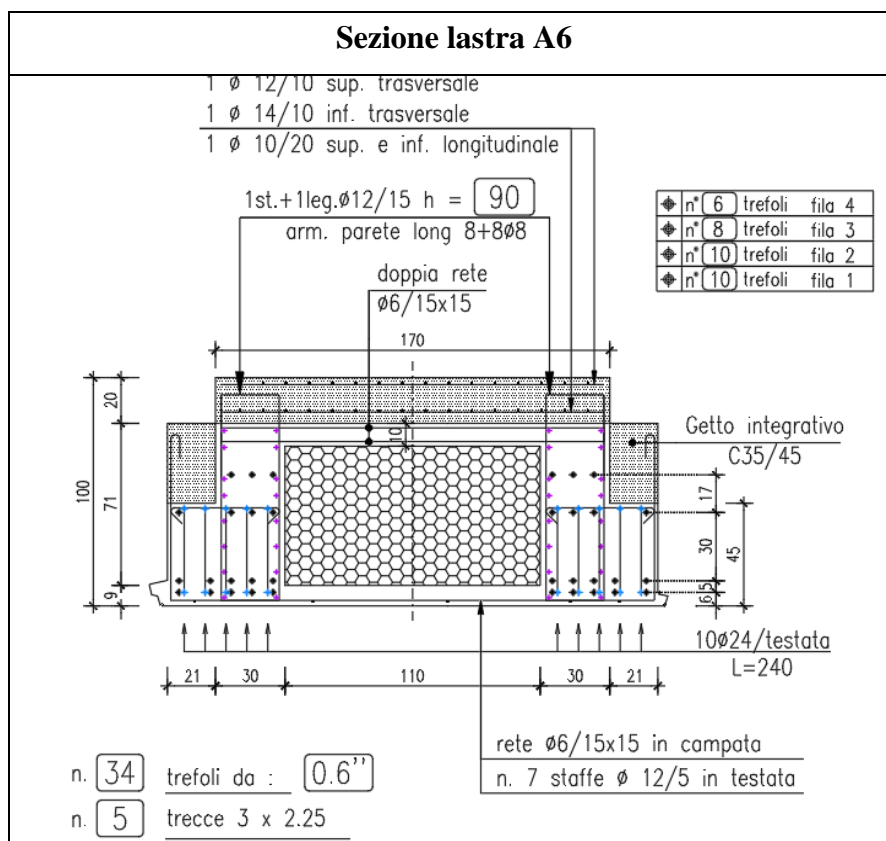
I trefoli vengono sistemati su 4 livelli:

- n° 10 trefoli a 60 mm dall'intradosso soletta;
- n° 10 trefoli a 110 mm dall'intradosso soletta;
- n° 8 trefoli a 410 mm dall'intradosso soletta;
- n° 6 trefoli a 575 mm dall'intradosso soletta;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1159.6 Mpa.

$$N_p = 1159.6 \times 139 \times 34 = 5480269.6 \text{ daN}$$

$$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = -5480269.6 \times (0,322 - 0,319) = - 16440,81 \text{ daNm}$$



#### 4.5.4.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95:  $250 \times 0,95 = 209$  cm. ( $E_{c,soletta}/E_{c,lastra}$ )

$$M_{Ed}: \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_QM_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,35$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

– sezione su appoggio centrale

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria	400,73	-69,79	-66,71	-563,04	<b>-638,11</b>

**Titolo:** Lastra Tipo 6

N° figure elementari: 4    Zoom    N° strati barre: 0    Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	209	20
2	60	35
3	101,4	36
4	220	9

**Armadura Precompressione**

N° strati cavi: 4    Zoom

N°	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	13,9	94	1141,6
2	13,9	89	1141,6
3	11,1	59	1141,6
4	8,3	42,5	1141,6

**Materiali**

B450C    C45/55

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰     $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>     $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>     $f_{cd}$  25,5 ‰  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰     $\sigma_{c,adm}$  16  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>     $\tau_{co}$  0,9333  
 $\tau_{c1}$  2,543

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

**Calcola MRd**    **Domio M-N**  
**Col. modello**  
 Precompresso

**Parametri di calcolo:**  
 $M_{xRd}$  -1.285 kNm  
 $\sigma_c$  -25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  ‰  
d 57,5 cm  
x 12,6    x/d 0,2192  
 $\delta$  0,714

**Trefolo**

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  
 $f_{yd}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  6  
 $\epsilon_{syd}$  7,043 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  1.080 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{sp}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$  18,18 ‰ compressa pref.

$M_{Rd} = 1285 \text{ kNm} > 638,11 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta



- sezione in mezzeria della semicampata

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
L/4	294,48	39,25	34,90	596,35	<b>1397,38</b>

**Titolo:** Lastra Tipo 6

N° figure elementari: 4 Zoom N° strati barre: 0 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	209	20
2	60	35
3	101,4	36
4	220	9

**Armadura Precompressione**

N° strati cavi: 4 Zoom

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	13,9	94	1141,6
2	13,9	89	1141,6
3	11,1	59	1141,6
4	8,3	42,5	1141,6

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

**Tipologia Cavo:** Trefolo

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  
 $f_{yd}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  6  
 $\epsilon_{syd}$  7,045 ‰  
 $C_{s,adm}$  1080 N/mm

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

**Tipologia flessione:**  Retta  Deviata

**Materiali:** B450C C45/55

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $C_{c,adm}$  16  
 $C_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,9333  
 $\tau_{c1}$  2,543

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

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Cavo snervato

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

**Tipologia flessione:**  Retta  Deviata

**Calcoli:**  $M_{xRd}$  4.577 kNm  $\sigma_c$  -25,5 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_c$  3,5 ‰  $\epsilon_s$  ‰  
 $d$  94 cm  $x$  15,4  $x/d$  0,1639  $\delta$  0,7

**Armatura Precompressione:**  $\sigma_{sp}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{sp}$  23,57 ‰ compressa prefer.

**Parametri:** N° rett. 100  $L_o$  0 cm Col. modello M-curvatura  Precompresso

$M_{Rd} = 4577 \text{ kNm} > 1397.38 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta

#### 4.5.4.3 Verifiche allo S.L.U. per taglio e torsione

##### 1) Lato spalla

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed}: \gamma_{G1}V_{G1} + \gamma_{G2}V_{G2} + \gamma_QV_Q$$

$$\text{con: } \gamma_{G1} = 1,3 \quad \gamma_{G2} = 1,5 \quad \gamma_Q = 1,5$$

Il momento torcente, dovuto solo a disuniformità dei carichi permanenti portati e ad eventuale presenza di carichi mobili, rappresenta una sollecitazione minore e non essenziale all'equilibrio della struttura; viene pertanto trascurata.

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	120,09	35,64	18,13	477,79	<b>946,3</b>
0,5	1,2	109,87	27,55	13,73	398,15	<b>796,5</b>
1,8	2,5	83,29	6,52	1,78	249,5	<b>493,7</b>
2	2,7	79,21	3,89	4,64	208,72	<b>428,1</b>

<u>Caratteristiche Calcestruzzo:</u>		
Classe di resistenza :		<b>C45/55</b>
Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>55 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficienti di sicurezza e parametri di riduzione della resistenza:</b>		
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1,50</b>
Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1,25</b>
Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0,85</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	<b>45,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>25,87 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. media. a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8N/mm^2 =$	<b>53,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione media di progetto:	$f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3} =$	<b>3,83 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione caratt. di progetto:	$f_{ctk} = 0,70f_{ctm} =$	<b>2,68 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. tangenziale caratt. di aderenza di progetto:	$f_{bk} = 2,25f_{ctk} =$	<b>6,04 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	<b>1,79 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Acciaio per cemento armato:</b>		
Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1,15</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Tensione carat. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391,3 N/mm<sup>2</sup></b>



Sezione di testa x = 0cm (precompressione non ancora attiva, cls in opera)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2200 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$	$\Phi_{wi}$	$s_{wi}$
	[-]	[mm]	[cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1}$	=	3,02 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw2}$	=	1,70 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw}$	=	4,71 cm <sup>2</sup>
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta)$	=	12804,8 kN
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta$	=	1814,5 kN
	$V_{Rd}$	=	1814,5 kN
	$V_{Sd}$	=	946,3 kN
	ls	=	52,15%

Sezione di testa x = 120cm (50 fase 1)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1100 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$	$\Phi_{wi}$	$s_{wi}$
	[-]	[mm]	[cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1}$	=	3,02 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw2}$	=	1,70 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw}$	=	4,71 cm <sup>2</sup>
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta)$	=	6402,4 kN
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta$	=	1814,5 kN
	$V_{Rd}$	=	1814,5 kN
	$V_{Sd}$	=	946,3 kN
	ls	=	52,15%

Sezione di testa x = 250cm (180 fase 0)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1100 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	$n_{brwi}$	$\Phi_{wi}$	$s_{wi}$
	[-]	[mm]	[cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	$A_{sw1}$	=	3,02 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw2}$	=	1,70 cm <sup>2</sup>
	$A_{sw}$	=	4,71 cm <sup>2</sup>
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta)$	=	6402,4 kN
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta$	=	1814,5 kN
	$V_{Rd}$	=	1814,5 kN
	$V_{Sd}$	=	796,5 kN
	ls	=	43,90%



Sezione di testa x = 270cm (200 fase 0)

altezza utile	d =	1000 mm
base equivalente	b <sub>w</sub> =	1100 mm
	f <sub>ctd</sub> =	1,79 MPa
	N <sub>p</sub> =	539520 daN
	A <sub>c</sub> =	8092 cm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> = N <sub>p</sub> / A <sub>c</sub> =	6,67 MPa
	V <sub>Rd</sub> = 0.7 · d · b <sub>w</sub> · (f <sub>ctd</sub> <sup>2</sup> + σ <sub>cp</sub> · f <sub>ctd</sub> ) <sup>1/2</sup> =	3208,0 kN
	V <sub>Sd</sub> =	428,1 kN
	ls =	13,34%

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).

Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo per una lunghezza di 75 cm a partire dalla testata della trave, per cui all'appoggio la precompressione è ancora molto bassa. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7.

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Taglio totale di calcolo		V <sub>Ed</sub> =	946,3 kN
Numero di trefoli attivi	34	Tensione finale trefoli =	1142 MPa
		Compressione totale =	856,04 kN
			< V <sub>Ed</sub>
L'armatura longitudinale	n <sub>i</sub>	Φ <sub>i</sub>	
	[-]	[mm]	
si predispongono ad testata	10	24	
		A <sub>s</sub> =	45,24 cm <sup>2</sup>
		V <sub>Rd</sub> = A <sub>s</sub> × f <sub>yd</sub> =	1770,2 kN
		ls =	53,46%

## 2) Lato trave

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed} = \gamma_{G1} V_{G1} + \gamma_{G2} V_{G2} + \gamma_Q V_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	120,08	35,64	26,94	524,48	<b>1029,57</b>

### VERIFICA ELEMENTI TOZZI

AZIONI	$V_{sd}$ (KN)	<b>1029,57</b>											
	$H_{sd}$ (KN)	<b>0</b>											
GEOMETRIA	h (cm)	<b>40</b>											
	c (cm)	<b>5</b>											
	d (cm)	<b>35</b>											
	a (cm)	<b>20</b>											
	b (cm)	<b>220</b>											
CLS	Rck (MPa)	C45/55	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Elemento senza staffe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\gamma</math></td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td><math>\lambda = L/0,9d</math></td> <td>0,86</td> </tr> <tr> <td><math>\alpha</math> (°)</td> <td><b>0,00</b></td> </tr> <tr> <td><math>\psi</math> (°)</td> <td>49,4</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento senza staffe		$\gamma$	1,00	$\lambda = L/0,9d$	0,86	$\alpha$ (°)	<b>0,00</b>	$\psi$ (°)	49,4
	Elemento senza staffe												
	$\gamma$	1,00											
$\lambda = L/0,9d$	0,86												
$\alpha$ (°)	<b>0,00</b>												
$\psi$ (°)	49,4												
fck (MPa)	45,65												
fcd (MPa)	25,87												
ARMATURA superiore (lombo teso)	fyk (MPa)	<b>450</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">As</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\phi</math></td> <td><b>24</b></td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td><b>10,00</b></td> </tr> <tr> <td>cm<sup>2</sup></td> <td><b>45,24</b></td> </tr> </tbody> </table>	As		$\phi$	<b>24</b>	n°	<b>10,00</b>	cm <sup>2</sup>	<b>45,24</b>		
	As												
	$\phi$	<b>24</b>											
	n°	<b>10,00</b>											
	cm <sup>2</sup>	<b>45,24</b>											
fyd (MPa)	391,3												
$\phi$	<b>24</b>												
n°	<b>10,00</b>												
cm <sup>2</sup>	<b>45,24</b>												
ARMATURA inferiore (lombo compresso) oriz o inclinato	fyk (MPa)	<b>450</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">As</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\phi</math></td> <td><b>26</b></td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td><b>12,00</b></td> </tr> <tr> <td>cm<sup>2</sup></td> <td><b>63,71</b></td> </tr> </tbody> </table>	As		$\phi$	<b>26</b>	n°	<b>12,00</b>	cm <sup>2</sup>	<b>63,71</b>		
	As												
	$\phi$	<b>26</b>											
	n°	<b>12,00</b>											
	cm <sup>2</sup>	<b>63,71</b>											
fyd (MPa)	391,3												
$\phi$	<b>26</b>												
n°	<b>12,00</b>												
cm <sup>2</sup>	<b>63,71</b>												
<b>VERIFICHE</b>													
<b>NTC 2008</b>													
$P_{Rc}$ (KN)		4593,00	(KN)										
$P_{Rs}$ (KN)		2065,26	(KN)										
$\Delta P_{Rc}$ (KN)	$\Delta P_{Rc} = 0,2 b d f_{cd} \text{tg} \alpha \geq \Delta P_{Rs}$	0,00	(KN)										
$\Delta P_{Rs}$ (KN)	$\Delta P_{R} = A_s f_{sd} \sin \alpha$	0,00	(KN)										
$P_{Rd}$ (KN)	$P_R = P_{Rs} + 0,8 \Delta P_R$	<b>2065,26</b>	(KN)										
Verifica	$\eta = V_{sd} / P_{Rd} =$	<b>0,499</b>	<b>&lt; 1</b>										
<b>Verificato</b>													

#### 4.5.4.4 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ - per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ - per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} \text{ - per armatura pre-tesa.}$$





**Verifiche SLE – stato di tensione sezione di mezzeria**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	7392	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,2	cm
Momento di inerzia	Jc =	3892160	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	7673	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	31,9	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3906822	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	81197	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	122530	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	18520	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	72,0	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	32310080	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	530913	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	734241	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	448781	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cmq
Baricentro da intradosso			24,8 cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	45224	kNcm

Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 658 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	7673	cmq
peso proprio	0	3526830,699		4,34	-2,88	Ws' =	81197	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	-4522370		2,74	12,00	Wi' =	122530	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	102825		-0,06	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>-892714</b>		<b>7,02</b>	<b>8,85</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
getto integrativo	0	-699040		-0,86	0,57			
caduta di tensione	-27091	192092		-0,12	-0,51			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>-1399662</b>		<b>6,05</b>	<b>8,91</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac" =	18520	cmq
carico permanente	0	-624200	-0,12	-0,09	0,14	Wss" =	530913	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-5630400	-1,06	-0,77	1,25	Ws" =	734241	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>-7654262</b>	<b>-1,18</b>	<b>5,19</b>	<b>10,31</b>	Wi" =	448781	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
caduta di tensione	-48183	2274304	0,17	0,05	-0,77			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>-5379957</b>	<b>-1,01</b>	<b>5,24</b>	<b>9,54</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 5.9m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	7392	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,2	cm
Momento di inerzia	Jc =	3892160	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	7673	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	31,9	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3906822	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	81197	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	122530	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	18520	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	72,0	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	32310080	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	530913	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	734241	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	448781	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cmq
Baricentro da intradosso			24,8 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	45224	kNcm

**Cadute di tensione**

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio**  $x = 590$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	7673	cmq
peso proprio	0	3480274,617		4,29	-2,84	Ws' =	81197	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	-4522370		2,74	12,00	Wi' =	122530	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	102825		-0,06	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>-939270</b>		<b>6,97</b>	<b>8,89</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	-334850		-0,41	0,27			
caduta di tensione	-27091	192092		-0,12	-0,51			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>-1082028</b>		<b>6,44</b>	<b>8,65</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	18520	cmq
carico permanente	0	-333800	-0,06	-0,05	0,07	Wss" =	530913	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	2303100	0,43	0,31	-0,51	Ws" =	734241	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>887272</b>	<b>0,37</b>	<b>6,71</b>	<b>8,21</b>	Wi" =	448781	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	2274304	0,17	0,05	-0,77			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>3161576</b>	<b>0,54</b>	<b>6,76</b>	<b>7,45</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 5.5m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Larghezza totale	b =	180	cm	Sezione trefoli	34 da 0.6")	47,3	cmq
Sezione lastra	Ac =	8092	cmq	Baricentro da intradosso		24,8	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	35,9	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	5071864	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	8373	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6378	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	35,5	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	68213	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	5105117	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		45	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	14221	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,7	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	13818921	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	320735	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	545916	cm <sup>3</sup>	perdite	31	57	102
Modulo resistenza inf.	Wi" =	252692	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 550$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	8373	cmq
peso proprio	0	3408748,128		2,97	-2,37	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	-6821340		1,67	12,36	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	155097		-0,04	-0,28			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>-3257495</b>		<b>4,60</b>	<b>9,71</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	-153800		-0,13	0,11			
caduta di tensione	-27091	289744		-0,07	-0,52			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>-3121551</b>		<b>4,40</b>	<b>9,29</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	14221	cmq
carico permanente	0	36800	0,01	0,01	-0,01	Wss" =	320735	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	3609400	1,13	0,66	-1,43	Ws" =	545916	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>524649</b>	<b>1,14</b>	<b>5,07</b>	<b>7,85</b>	Wi" =	252692	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	1440322	0,11	-0,07	-0,91			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>1964971</b>	<b>1,25</b>	<b>4,99</b>	<b>6,94</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 3.0m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	8092	cm <sup>2</sup>
Baricentro da intrad.	Ygc =	35,9	cm
Momento di inerzia	Jc =	5071864	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	8373	cm <sup>2</sup>
Baricentro da intrad.	Ygc' =	35,5	cm
Momento di inerzia id.	Jc' =	5105117	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	14221	cm <sup>2</sup>
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,7	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	13818921	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	320735	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	545916	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	252692	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{pf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cm <sup>2</sup>
Baricentro da intradosso			24,8 cm
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{pt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{pe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{pi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	68213	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{pe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{pi}$	$0.046 \sigma_{pi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{pi}) =$		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{pf} =$	1160	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio x = 300 cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	8373	cm <sup>2</sup>
peso proprio	0	2220897,499		1,94	-1,54	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	-6821340		1,67	12,36	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	155097		-0,04	-0,28			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>-4445346</b>		<b>3,57</b>	<b>10,53</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	391330		0,34	-0,27			
caduta di tensione	-27091	289744		-0,07	-0,52			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>-3764272</b>		<b>3,84</b>	<b>9,74</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	14221	cm <sup>2</sup>
carico permanente	0	354300	0,11	0,06	-0,14	Wss" =	320735	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	5963500	1,86	1,09	-2,36	Ws" =	545916	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>2553528</b>	<b>1,97</b>	<b>5,00</b>	<b>7,24</b>	Wi" =	252692	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	1440322	0,11	-0,07	-0,91			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>3993850</b>	<b>2,08</b>	<b>4,92</b>	<b>6,33</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.7m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	8092	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	35,9	cm
Momento di inerzia	Jc =	5071864	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	8373	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	35,5	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	5105117	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	15533	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	57,0	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	14781748	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	361149	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	641392	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	259540	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cmq
Baricentro da intradosso			24,8 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	68213	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio**  $x = 170$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	8373	cmq
peso proprio	0	1248230,133		1,09	-0,87	Ws' =	114694	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	-6821340		1,67	12,36	Wi' =	143850	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	155097		-0,04	-0,28			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>-5418013</b>		<b>2,72</b>	<b>11,21</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	275280		0,24	-0,19			
caduta di tensione	-27091	289744		-0,07	-0,52			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>-4852989</b>		<b>2,89</b>	<b>10,49</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	15533	cmq
carico permanente	0	404500	0,11	0,06	-0,16	Wss" =	361149	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	3911300	1,08	0,61	-1,51	Ws" =	641392	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>-537189</b>	<b>1,20</b>	<b>3,56</b>	<b>8,83</b>	Wi" =	259540	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	1549550	0,12	-0,07	-0,91			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>1012360</b>	<b>1,31</b>	<b>3,49</b>	<b>7,92</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.0m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	8100	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	1366875	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	8381	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,6	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1368304	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	61022	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	60606	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	17794	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,0	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	14791067	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	304938	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	476923	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	301942	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cmq
Baricentro da intradosso			24,8 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	-14141	kNcm

**Cadute di tensione**

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio x = 100 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	8381	cmq
peso proprio	0	287174,2107		0,47	-0,47	Ws' =	61022	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	1414132		9,93	5,28	Wi' =	60606	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	-32153		-0,23	-0,12			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>1669153</b>		<b>10,17</b>	<b>4,68</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	99570		0,16	-0,16			
caduta di tensione	-27091	-60067		-0,42	-0,22			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>1708657</b>		<b>9,91</b>	<b>4,29</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	17794	cmq
carico permanente	0	382200	0,13	0,08	-0,13	Wss" =	304938	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	1638700	0,54	0,34	-0,54	Ws" =	476923	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>3729557</b>	<b>0,66</b>	<b>10,34</b>	<b>3,63</b>	Wi" =	301942	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	1165667	0,11	-0,03	-0,66			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>4895224</b>	<b>0,77</b>	<b>10,31</b>	<b>2,97</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione all'attacco delle nervature al traverso di testa

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	180	cm
Sezione lastra	Ac =	8100	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	1366875	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	8381	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,6	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1368304	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	61022	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	60606	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	17794	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,0	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	14791067	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	304938	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	476923	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	301942	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1160	Mpa
Sezione trefoli	34	da 0.6")	47,3 cmq
Baricentro da intradosso			24,8 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	47	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1350	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.: N0 =	$\sigma_{pi} \times A_i =$	6378	kN
momento in. di precomp.: M0 = N0 x (Yp-Yt') =		-14141	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	2 x $\Delta\sigma_{spe} =$	95	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	0.046 $\sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =		45	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1160	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	57	102

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio

x = 70 cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	8381	cmq
peso proprio	0	0		0,00	0,00	Ws' =	61022	cm <sup>3</sup>
precompressione	637797	1414132		9,93	5,28	Wi' =	60606	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-14502	-32153		-0,23	-0,12			
<b>totale fase 0</b>	<b>623296</b>	<b>1381979</b>		<b>9,70</b>	<b>5,16</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	0		0,00	0,00			
caduta di tensione	-27091	-60067		-0,42	-0,22			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>596205</b>	<b>1321912</b>		<b>9,28</b>	<b>4,93</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	17794	cmq
carico permanente	0	355900	0,12	0,07	-0,12	Wss" =	304938	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-560000	-0,18	-0,12	0,19	Ws" =	476923	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>596205</b>	<b>1117812</b>	<b>-0,07</b>	<b>9,24</b>	<b>5,00</b>	Wi" =	301942	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-48183	1165667	0,11	-0,03	-0,66			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>548021</b>	<b>2283480</b>	<b>0,04</b>	<b>9,21</b>	<b>4,34</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$

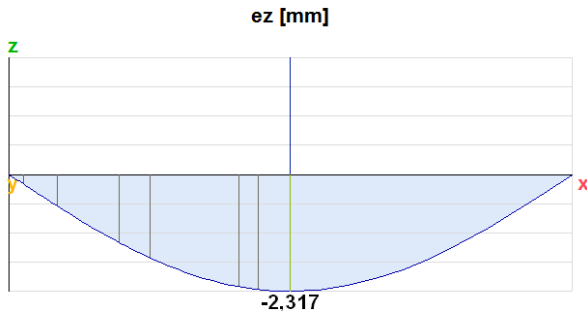
#### 4.5.4.4.1 Verifiche SLE – fessurazione

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

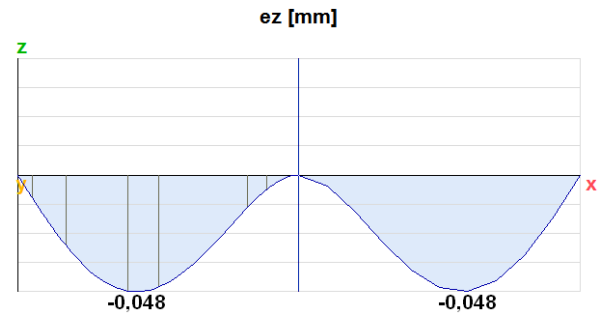
#### 4.5.4.5 Verifica delle deformazioni

##### Calcolo delle frecce nelle diverse ipotesi

- **G1 – peso proprio lastra**

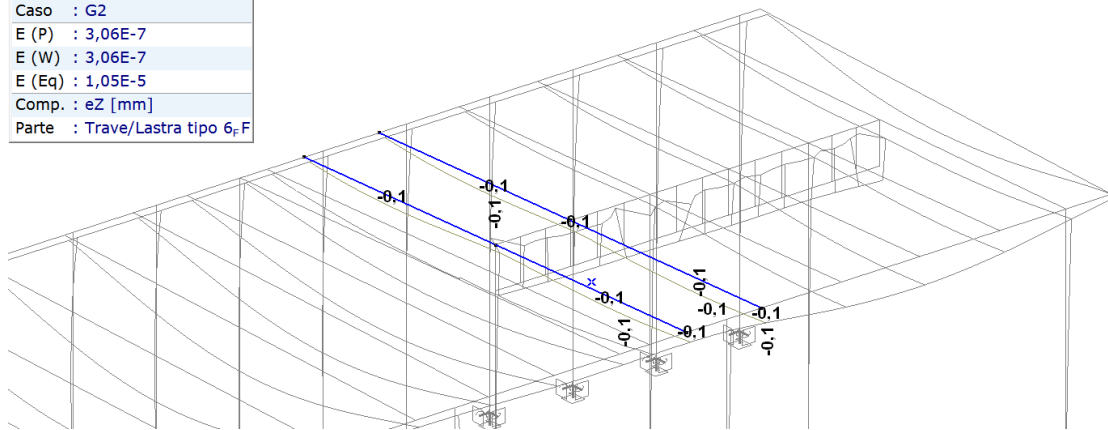


- **G1 – peso getto di completamento soletta**



- **G2 – sovraccarico permanente**

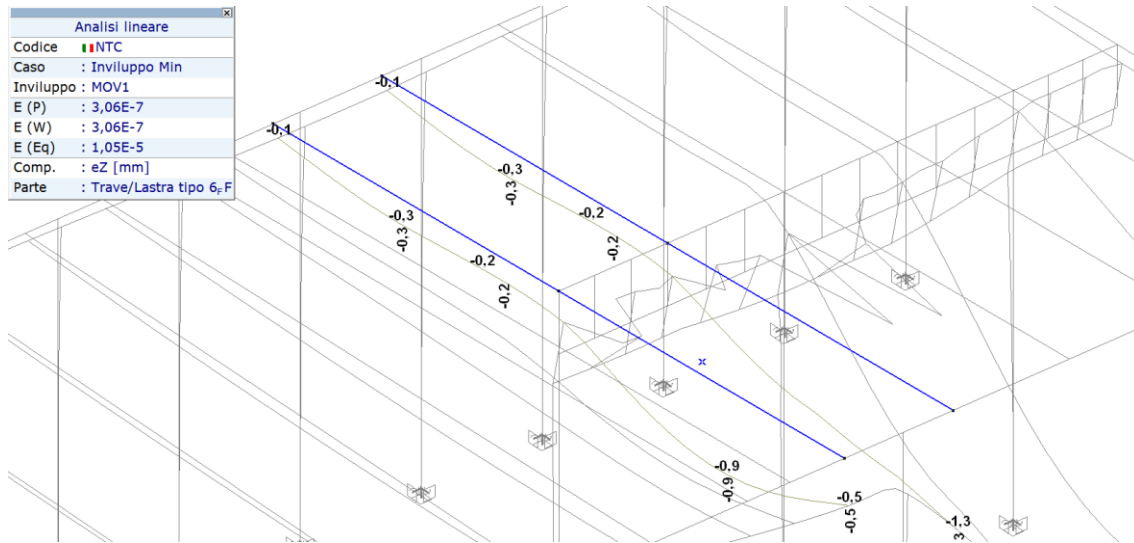
Analisi lineare	
Codice	NTC
Caso	G2
E (P)	3,06E-7
E (W)	3,06E-7
E (Eq)	1,05E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Trave/Lastra tipo 6 <sub>F</sub> F



[I], > 4 parti, Lineare, G2, eZ, Diagramma



▪ **qi – sovraccarico variabile**



▪  **$\varepsilon l$  – Precompressione**

$$e_z = M_p l^2 / [4 \cdot E \cdot I]$$

Trave	L m	Tensioni		Npi kN	Mpi kNm	Ii cm <sup>4</sup>	e <sub>z,p</sub> mm
		Mpa					
Tipo 6	13,15	tensione iniziale nei trefoli	1349,5	6378,0	452,2	3906822,4	-6,87
		perdite a tempo iniziale:	-30,7	-145,0	-10,3	3906822,4	0,31
		perdite al getto della soletta:	-57,3	-270,9	-19,2	3906822,4	0,58
		perdite a tempo finale	-102,0	-481,8	-227,4	32310080,0	0,84
		<b>e<sub>z,p</sub> finale</b>					

**Verifica delle deformazioni nel SLE<sub>R</sub>**

Si conduce una verifica allo Stato Limite di Servizio per la deformazione della campata di riva, più sollecitata. Per la precompressione, per le azioni permanenti e per le azioni variabili, si assumono nelle combinazioni di carico allo stato limite di deformazione i coefficienti  $\gamma_p = \gamma_g = \gamma_q = 1$ .

Fase 0: rilascio della precompressione

Deformazione in mezzzeria della lastra per peso proprio e precompressione:  $\eta_0$

Fase 1: getto della soletta integrativa

Deformazione in mezzzeria della lastra per peso proprio, precompressione + getto:  $\eta_1$



Fase 2: carichi permanenti

Deformazione in mezzeria:  $\eta_2$

Fase 3: carichi mobili massimi

Deformazione totale massima in mezzeria:  $\eta_3$

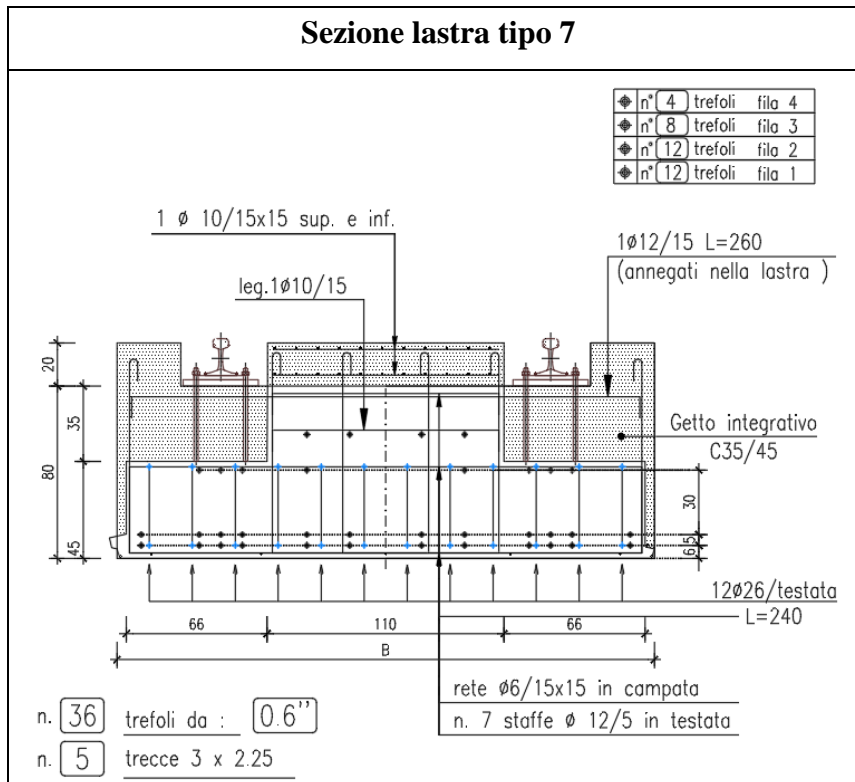
Tabella

Ipotesi	G1-1	ez,p	G1-2	G2	Q1
Trave	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Tipo 6	1,65	-5,139	0,05	0,1	0,9

$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
-4,9	-4,3	-3,3	-2,4

MAX SLE	L / ez(Q1)
[mm]	[-]
-2,4	14611

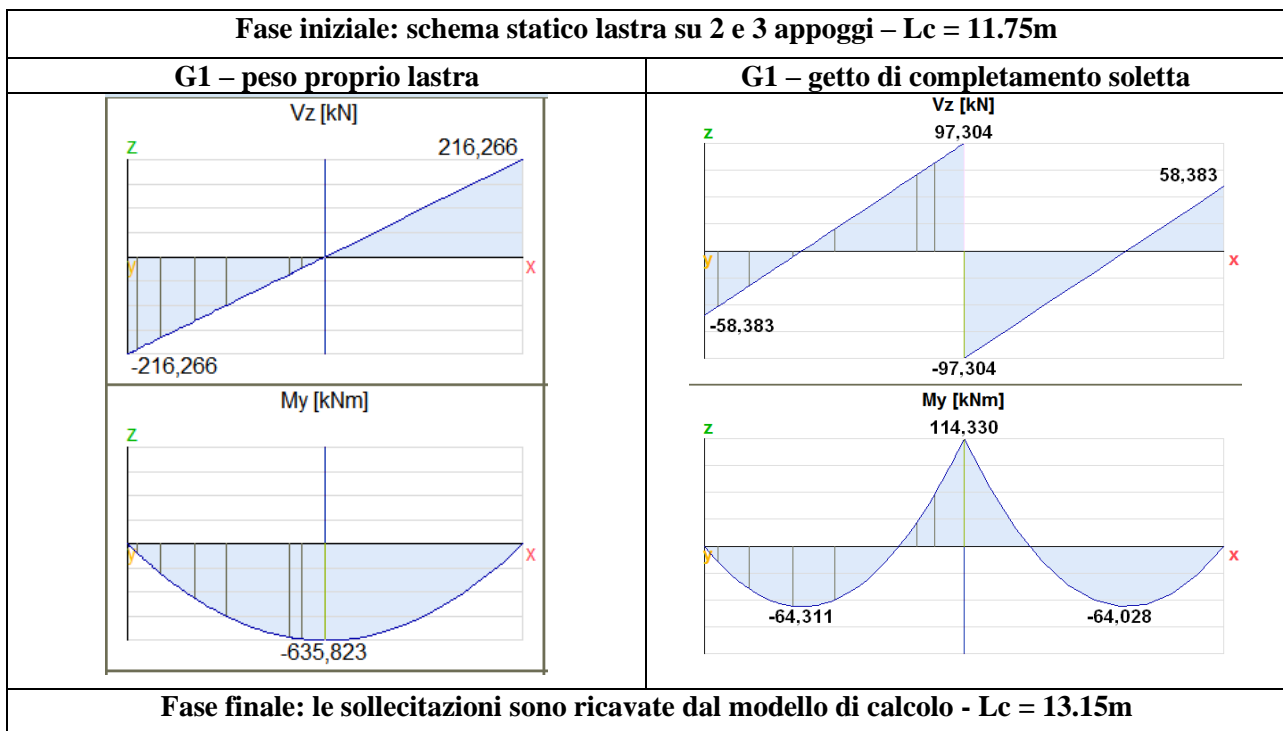
#### 4.5.5 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 7

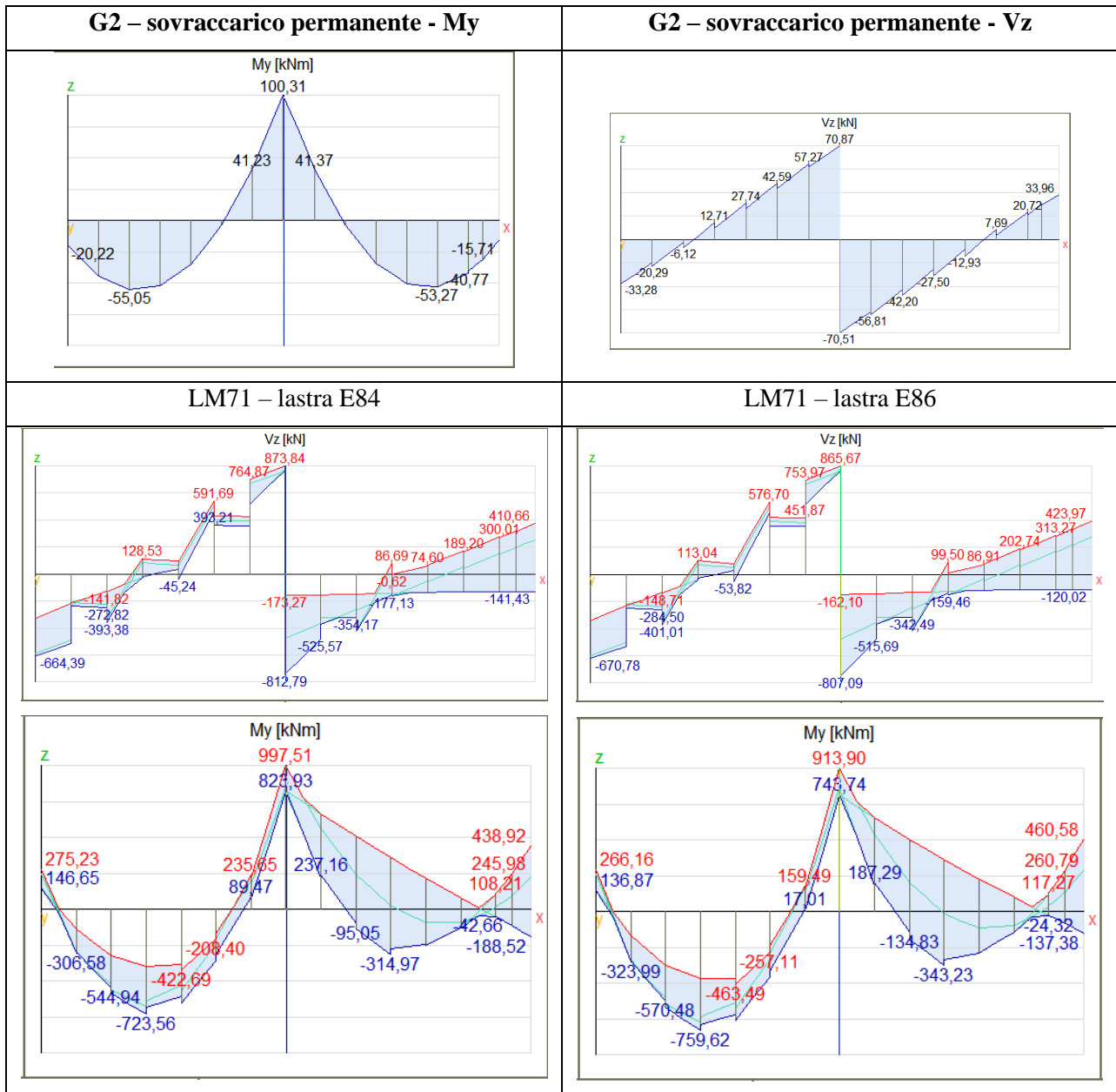


##### 4.5.5.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

L'analisi è condotta sulla lastra da 2.50m di larghezza.

G1-p = 36.78 kN/m;      G1-s = 26.50 kN/m





▪  $\epsilon l$  – Precompressione

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 36

I trefoli vengono sistemati su 4 livelli:

- n° 12 trefoli a 60 mm dall'intradosso soletta;
- n° 12 trefoli a 110 mm dall'intradosso soletta;
- n° 8 trefoli a 410 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 575 mm dall'intradosso soletta;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1200,3 Mpa.

$$N_p = 1200,3 \times 139 \times 36 = \mathbf{600648 \text{ daN}}$$

$$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = -600648 \times (0,306 - 0,212) = \mathbf{- 56619,89 \text{ daNm}}$$

#### 4.5.5.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95: ( $E_{c,soletta}/E_{c,lastra}$ )

$$M_{Ed}: \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_QM_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,35$  sfav       $\gamma_{G2} = 1,5$        $\gamma_Q = 1,45$

$\gamma_{G1} = 1,00$  fav

– sezione su appoggio centrale

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria	635,82	-114,33	-100,31	-997,51	<b>-1116,3</b>

The screenshot shows the software interface for a structural analysis. Key sections include:

- Titolo:** Lastra Tipo 7
- N° figure elementari:** 3
- N° strati barre:** 0
- Armatura Precompressione:** N° strati cavi 4
- Materiali:** B450C and C45/55. Properties shown include  $\epsilon_{su}$  (67,5‰),  $f_{yd}$  (391,3 N/mm<sup>2</sup>),  $E_s$  (200.000 N/mm<sup>2</sup>),  $E_s/E_c$  (15),  $\epsilon_{syd}$  (1,957‰),  $\sigma_{s,adm}$  (255 N/mm<sup>2</sup>),  $\tau_{co}$  (0,9333), and  $\tau_{c1}$  (2,543).
- Metodo di calcolo:** S.L.U. + Metodo n
- Tipo flessione:** Retta
- Calcoli:**  $M_{xRd} = -1.129$  kNm,  $\sigma_c = -25,5$  N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$  (empty),  $\epsilon_c = 3,5$ ‰,  $\epsilon_s$  (empty),  $d = 57,5$  cm,  $x = 11,22$ ,  $x/d = 0,1951$ ,  $\delta = 0,7$ .
- Armatura Precompressione Table:**

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	16,7	94	1200,3
2	16,7	89	1200,3
3	11,1	59	1200,3
4	5,6	42,5	1200,3
- Precompressione Properties:** Tipo cavo Trefolo,  $\epsilon_{su}$  (67,5‰),  $f_{yd}$  (1.409 N/mm<sup>2</sup>),  $E_s/E_c$  (6),  $\epsilon_{syd}$  (7,045‰),  $\sigma_{s,adm}$  (1080 N/mm<sup>2</sup>),  $\sigma_{sp}$  (1.409 N/mm<sup>2</sup>),  $\epsilon_{sp}$  (20,45‰ compressa predef).

$M_{Rd} = 1129 \text{ kNm} > 1116,3 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta

- sezione in mezzeria della semicampata

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
L/4	477,27	64,31	55,05	759,62	<b>1915,16</b>

**Titolo:** Lastra Tipo 7

N° figure elementari: 3 Zoom N° strati barre: 0 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	169,7	20
2	110,4	40
3	250	40

**Armatura Precompressione**

N° strati cavi: 4 Zoom

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	16,7	94	1200,3
2	16,7	89	1200,3
3	11,1	59	1200,3
4	5,6	42,5	1200,3

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Cavo snervato

**Materiali**

B450C C45/55

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm  $f_{cd}$  25,5 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  16  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm  $\tau_{co}$  0,9333  
 $\tau_{c1}$  2,543

**Metodo di calcolo**

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

**Tipo flessione**

Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

**M**  $M_{xRd}$  4.972 kNm

$\sigma_c$  -25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  ‰  
d 94 cm  
x 20,14 x/d 0,2143  
 $\delta$  0,7079

**Tipo cavo**

Trefolo

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  
 $f_{yd}$  1.409 N/mm  
 $E_s/E_c$  6  
 $\epsilon_{syd}$  7,045 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  1080 N/mm

$\sigma_{sp}$  1.409 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$  18,83 ‰ compressa predef.

$M_{Rd} = 4972 \text{ kNm} > 1888,1 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta



### 4.5.5.3 Verifiche allo S.L.U. per taglio e torsione

#### 1) Lato spalla

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed}: \gamma_{G1}V_{G1} + \gamma_{G2}V_{G2} + \gamma_QV_Q$$

$$\text{con: } \gamma_{G1} = 1,35 \quad \gamma_{G2} = 1,5 \quad \gamma_Q = 1,45$$

Il momento torcente, dovuto solo a disuniformità dei carichi permanenti portati e ad eventuale presenza di carichi mobili, rappresenta una sollecitazione minore e non essenziale all'equilibrio della struttura; viene pertanto trascurata.

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	216,14	58,38	21,32	670,78	<b>1375,2</b>
0,5	1,2	197,75	45,13	14,79	618,78	<b>1247,3</b>
1,8	2,5	149,92	10,68	3,26	509,90	<b>961,0</b>
2	2,7	142,56	5,38	55,47	401,01	<b>864,4</b>

<u>Caratteristiche Calcestruzzo:</u>		
Classe di resistenza :		<b>C45/55</b>
Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>55 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficienti di sicurezza e parametri di riduzione della resistenza:</b>		
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1,50</b>
Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1,25</b>
Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0,85</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	<b>45,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>25,87 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. media. a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8N/mm^2 =$	<b>53,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione media di progetto:	$f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3} =$	<b>3,83 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione caratt. di progetto:	$f_{ctk} = 0,70f_{ctm} =$	<b>2,68 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. tangenziale caratt. di aderenza di progetto:	$f_{bk} = 2,25f_{ctk} =$	<b>6,04 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	<b>1,79 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Acciaio per cemento armato:</b>		
Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1,15</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Tensione carat. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistenza di calcolo:	$f_{ytd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391,3 N/mm<sup>2</sup></b>



Sezione di testa x = 70cm (0 fase 1)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	S <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	10	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	4,71 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	6,41 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2611,1 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2611,1 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	1375,2 kN	
	ls =	52,67%	

Sezione di testa x = 120cm (50 fase 1)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	S <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	10	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	4,71 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	6,41 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2611,1 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2611,1 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	1247,3 kN	
	ls =	47,77%	

Sezione di testa x = 250cm (180 fase 0)

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	S <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	6	10	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	4,71 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	6,41 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2611,1 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2611,1 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	961,0 kN	
	ls =	36,81%	





Sezione di testa  $x = 270\text{cm}$  (200 fase 0)

altezza utile	$d =$	<b>1000 mm</b>
base equivalente	$b_w =$	<b>2500 mm</b>
	$f_{ctd} =$	<b>1,79 MPa</b>
	$N_p =$	<b>600480 daN</b>
	$A_c =$	<b>14790 cm<sup>2</sup></b>
	$\sigma_{cp} = N_p / A_c =$	4,06 MPa
	$V_{Rd} = 0.7 \cdot d \cdot b_w \cdot (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd})^{1/2} =$	<b>6063,5 kN</b>
	$V_{Sd} =$	<b>864,4 kN</b>
	$l_s =$	<b>14,26%</b>

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).

Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo per una lunghezza di 75 cm a partire dalla testata della trave, per cui all'appoggio la precompressione è ancora molto bassa. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7.

Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Taglio totale di calcolo			$V_{Ed} =$	<b>1375,2 kN</b>
Numero di trefoli attivi	<input type="text" value="36"/>		Tensione finale trefoli =	<b>1200 MPa</b>
			Compressione totale =	<b>952,76 kN</b> < $V_{Ed}$
L'armatura longitudinale	$n_i$ [-]	$\Phi_i$ [mm]		
si predispongono ad testata	<b>12</b>	<b>26</b>	$A_s =$	<b>63,71 cm<sup>2</sup></b>
			$V_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} =$	<b>2493,1 kN</b>
			$l_s =$	<b>55,16%</b>

**2) Lato trave**

Taglio sollecitante ultimo:

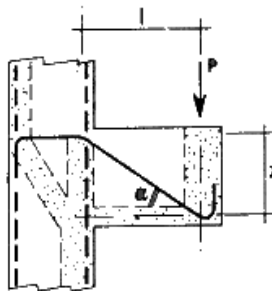
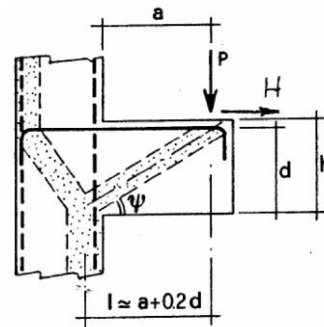
$$V_{Ed}: \gamma_{G1} V_{G1} + \gamma_{G2} V_{G2} + \gamma_Q V_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,35$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,45$

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	120,08	58,38	33,96	670,78	<b>1257,74</b>

**VERIFICA ELEMENTI TOZZI**

<b>AZIONI</b>	$V_{sd}$ (KN)	<b>1257,74</b>
	$H_{sd}$ (KN)	<b>0</b>
<b>GEOMETRIA</b>	h (cm)	<b>40</b>
	c (cm)	<b>5</b>
	d (cm)	<b>35</b>
	a (cm)	<b>20</b>
	b (cm)	<b>250</b>
<b>CLS</b>	Rck (MPa)	<b>C45/55</b>
	fck (MPa)	45,65
	fc'd (MPa)	25,87
<b>ARMATURA superiore (lombo teso)</b>	f <sub>yk</sub> (MPa)	<b>450</b>
	f <sub>yd</sub> (MPa)	391,3
	<b>As</b>	
	φ	<b>26</b>
	n°	<b>12,00</b>
<b>ARMATURA inferiore (lombo compresso) oriz o inclinato</b>	f <sub>yk</sub> (MPa)	<b>450</b>
	f <sub>yd</sub> (MPa)	391,3
	<b>As</b>	
	φ	<b>26</b>
	n°	<b>12,00</b>
	cm <sup>2</sup>	<b>63,71</b>



Elemento senza staffe

$\gamma$	1,00
$\lambda = L/0,9d$	0,86
$\alpha$ (°)	<b>0,00</b>
$\psi$ (°)	49,4

**VERIFICHE**
**NTC 2008**

$P_{Rc}$ (KN)		5219,32	(KN)
$P_{Rs}$ (KN)		2908,57	(KN)
$\Delta P_{Rc}$ (KN)	$\Delta P_{Rc} = 0,2 b d f_{cd} \operatorname{tg} \alpha \geq \Delta P_{Rs}$	0,00	(KN)
$\Delta P_{Rs}$ (KN)	$\Delta P_{R} = A'_{s} f_{sd} \sin \alpha$	0,00	(KN)
$P_{Rd}$ (KN)	$P_{R} = P_{Rs} + 0,8 \Delta P_{R}$	<b>2908,57</b>	(KN)
Verifica	$\eta = V_{Sd} / P_{Rd} =$	<b>0,432</b>	<b>&lt; 1</b>

**Verificato**

#### 4.5.5.4 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ - per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ - per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} \text{ - per armatura pre-tesa.}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione di mezzeria**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	210	cm
Sezione lastra	Ac =	11590	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	30,8	cm
Momento di inerzia	Jc =	4919861	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	11888	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	30,6	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	4946973	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	100127	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	161702	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	21111	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	48,7	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	16218701	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	332789	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	518898	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	332732	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	σspf =	1200	Mpa
Sezione trefoli	36	da 0.6")	50,0 cmq
Baricentro da intradosso			21,2 cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	σspt =	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	Δσspm =	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	Δσspe =	32	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	σspi =	1365	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	N0 =	σspi x Ai =	6828 kN
momento in. di precomp.:	M0 =	N0 x (Yp-Yt) =	64364 kNcm

Cadute di tensione			
Fluage	2 x Δσspe =	65	Mpa
Ritiro εr = 0,00025	εr x Ep =	50	Mpa
Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))%σspi	0.046 σspi =	63	Mpa
Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/σspi) =		50	MPa
Tensione finale nei trefoli	σspf =	1200	MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	49	83

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 658 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi	Ac' =	11888	cmq
peso proprio	0	6133705,995		6,13	-3,79	Ws' =	100127	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-6436392		-0,68	9,72	Wi' =	161702	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	152530		0,02	-0,23			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-150156</b>		<b>5,46</b>	<b>5,70</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi			
getto integrativo	0	-1145250		-1,14	0,71			
caduta di tensione	-24364	229668		0,02	-0,35			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-1065739</b>		<b>4,34</b>	<b>6,06</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi	Ac" =	21111	cmq
carico permanente	0	-1003100	-0,30	-0,19	0,30	Wss" =	332789	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-9975100	-3,00	-1,92	3,00	Ws" =	518898	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-12043939</b>	<b>-3,30</b>	<b>2,22</b>	<b>9,36</b>	Wi" =	332732	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi			
caduta di tensione	-41607	1147406	0,15	0,02	-0,54			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>-10896533</b>	<b>-3,15</b>	<b>2,25</b>	<b>8,82</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 5.9m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	14790	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,8	cm
Momento di inerzia	Jc =	6837161	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	15088	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	32,6	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	6876748	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	22980	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	46,7	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	17688992	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	349232	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	531672	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	378540	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Sezione trefoli	36 da 0.6")	50,0	cmq
Baricentro da intradosso		21,2	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6828	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	77987	kNcm

**Cadute di tensione**

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		50	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1200	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	49	83

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio**  $x = 590$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	15088	cmq
peso proprio	0	6049909,371		4,17	-2,87	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-7798654		-0,85	8,22	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	184813		0,02	-0,19			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-1563932</b>		<b>3,34</b>	<b>5,16</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
getto integrativo	0	-548600		-0,38	0,26			
caduta di tensione	-24364	278277		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-1834255</b>		<b>2,99</b>	<b>5,13</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac" =	22980	cmq
carico permanente	0	-372400	-0,11	-0,07	0,10	Wss" =	349232	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-7250700	-2,08	-1,36	1,92	Ws" =	531672	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-9457355</b>	<b>-2,18</b>	<b>1,56</b>	<b>7,14</b>	Wi" =	378540	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
caduta di tensione	-41607	1063590	0,12	0,02	-0,46			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>-8393765</b>	<b>-2,06</b>	<b>1,58</b>	<b>6,68</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 3.65m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	36 da 0.6")	50,0	cmq
Sezione lastra	Ac =	14790	cmq	Baricentro da intradosso		21,2	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,8	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	6837161	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	15088	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	6828	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	32,6	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	77987	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	6876748	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		50	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{sp} =$	1200	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	26640	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	48,9	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	18848029	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	387894	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	605978	cm <sup>3</sup>	perdite	32	49	83
Modulo resistenza inf.	Wi" =	385468	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 365$  cm

fase	[Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac'	Ws'	Wi'
<b>fase 0</b>							15088	145043	211019
peso proprio		0	4560191,605		3,14	-2,16			
precompressione		682800	-7798654		-0,85	8,22			
caduta di tensione		-16181	184813		0,02	-0,19			
<b>totale fase 0</b>		<b>666619</b>	<b>-3053650</b>		<b>2,31</b>	<b>5,87</b>			
<b>fase 1</b>									
getto integrativo		0	-251990		-0,17	0,12			
caduta di tensione		-24364	278277		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0+1</b>		<b>642255</b>	<b>-3027363</b>		<b>2,17</b>	<b>5,69</b>			
<b>fase 2</b>							26640	387894	605978
carico permanente		0	422600	0,11	0,07	-0,11			
carichi mobili		0	-6383500	-1,65	-1,05	1,66			
<b>totale fase 0+1+2</b>		<b>642255</b>	<b>-8988263</b>	<b>-1,54</b>	<b>1,19</b>	<b>7,24</b>			
<b>fase 3</b>									
caduta di tensione		-41607	1153754	0,14	0,03	-0,46			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>		<b>600648</b>	<b>-7834509</b>	<b>-1,40</b>	<b>1,22</b>	<b>6,78</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 2.7m dall'asse appoggio

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm	Sezione trefoli	36 da 0.6")	50,0	cmq
Sezione lastra	Ac =	14790	cmq	Baricentro da intradosso		21,2	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,8	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	6837161	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorcimento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	15088	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6828	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	32,6	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	77987	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	6876748	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	$0,046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =		50	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1200	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	26640	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	48,9	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	18848029	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	387894	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	605978	cm <sup>3</sup>	perdite	32	49	83
Modulo resistenza inf.	Wi" =	385468	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 270$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	15088	cmq
peso proprio	0	3372095,708		2,32	-1,60	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-7798654		-0,85	8,22	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	184813		0,02	-0,19			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-4241745</b>		<b>1,49</b>	<b>6,43</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	568300		0,39	-0,27			
caduta di tensione	-24364	278277		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-3395169</b>		<b>1,92</b>	<b>5,87</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	26640	cmq
carico permanente	0	489600	0,13	0,08	-0,13	Wss" =	387894	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-2434700	-0,63	-0,40	0,63	Ws" =	605978	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-5340269</b>	<b>-0,50</b>	<b>1,59</b>	<b>6,37</b>	Wi" =	385468	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-41607	1153754	0,14	0,03	-0,46			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>-4186515</b>	<b>-0,36</b>	<b>1,63</b>	<b>5,91</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.7m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	14790	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	32,8	cm
Momento di inerzia	Jc =	6837161	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	15088	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	32,6	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	6876748	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	26640	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	48,9	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	18848029	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	387894	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	605978	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	385468	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Sezione trefoli	36	da 0.6")	50,0 cmq
Baricentro da intradosso			21,2 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6828	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	77987	kNcm

**Cadute di tensione**

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		50	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1200	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	49	83

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio**  $x = 170$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	15088	cmq
peso proprio	0	1762832,689		1,22	-0,84	Ws' =	145043	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-7798654		-0,85	8,22	Wi' =	211019	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	184813		0,02	-0,19			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-5851008</b>		<b>0,38</b>	<b>7,19</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	451000		0,31	-0,21			
caduta di tensione	-24364	278277		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-5121732</b>		<b>0,73</b>	<b>6,68</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	26640	cmq
carico permanente	0	430000	0,11	0,07	-0,11	Wss" =	387894	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-533300	-0,14	-0,09	0,14	Ws" =	605978	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-5225032</b>	<b>-0,03</b>	<b>0,71</b>	<b>6,71</b>	Wi" =	385468	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-41607	1153754	0,14	0,03	-0,46			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>-4071278</b>	<b>0,11</b>	<b>0,74</b>	<b>6,26</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa





### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.0m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	10940	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,4	cm
Momento di inerzia	Jc =	1858554	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	11238	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,3	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1858975	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	82040	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	83210	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	24312	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,3	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	20359288	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	422450	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-4718948	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	412847	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Sezione trefoli	36	da 0.6")	50,0 cmq
Baricentro da intradosso			21,2 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6828	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	8017	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		50	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1200	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	49	83

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio x = 100 cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	11238	cmq
peso proprio	0	417488,8059		0,51	-0,50	Ws' =	82040	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-801652		5,10	7,04	Wi' =	83210	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	18998		-0,12	-0,17			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-365165</b>		<b>5,49</b>	<b>6,37</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	163130		0,20	-0,20			
caduta di tensione	-24364	28605		-0,18	-0,25			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-173430</b>		<b>5,50</b>	<b>5,92</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	24312	cmq
carico permanente	0	314200	0,07	-0,01	-0,08	Wss" =	422450	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-895800	-0,21	0,02	0,22	Ws" =	-4718948	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-755030</b>	<b>-0,14</b>	<b>5,52</b>	<b>6,06</b>	Wi" =	412847	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-41607	1171139	0,11	-0,20	-0,45			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>416108</b>	<b>-0,03</b>	<b>5,32</b>	<b>5,61</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione all'attacco delle nervature al traverso di testa

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	10940	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,4	cm
Momento di inerzia	Jc =	1858554	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	11238	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,3	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1858975	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	82040	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	83210	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	24312	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,3	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	20359288	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	422450	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-4718948	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	412847	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1200	Mpa
Sezione trefoli	36	da 0.6"	50,0 cmq
Baricentro da intradosso			21,2 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	32	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1365	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	6828	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	8017	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	65	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		50	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1200	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	49	83

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 80$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	11238	cmq
peso proprio	0	0		0,00	0,00	Ws' =	82040	cm <sup>3</sup>
precompressione	682800	-801652		5,10	7,04	Wi' =	83210	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-16181	18998		-0,12	-0,17			
<b>totale fase 0</b>	<b>666619</b>	<b>-782654</b>		<b>4,98</b>	<b>6,87</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	0		0,00	0,00			
caduta di tensione	-24364	28605		-0,18	-0,25			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>642255</b>	<b>-754049</b>		<b>4,80</b>	<b>6,62</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	24312	cmq
carico permanente	0	232100	0,05	0,00	-0,06	Wss" =	422450	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-1854100	-0,44	0,04	0,45	Ws" =	-4718948	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>642255</b>	<b>-2376049</b>	<b>-0,38</b>	<b>4,83</b>	<b>7,01</b>	Wi" =	412847	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-41607	1171139	0,11	-0,20	-0,45			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>600648</b>	<b>-1204911</b>	<b>-0,28</b>	<b>4,63</b>	<b>6,56</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$

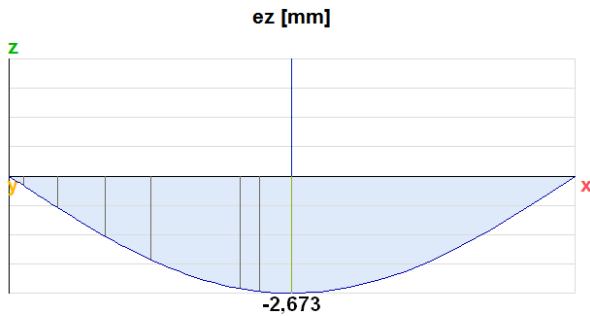
#### 4.5.5.4.1 Verifiche SLE – fessurazione

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

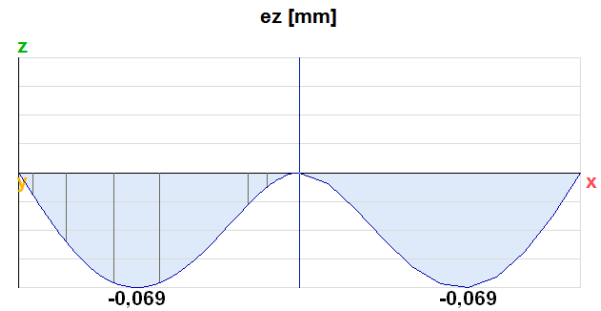
#### 4.5.5.5 Verifica delle deformazioni

##### Calcolo delle frecce nelle diverse ipotesi

- **G1 – peso proprio lastra**

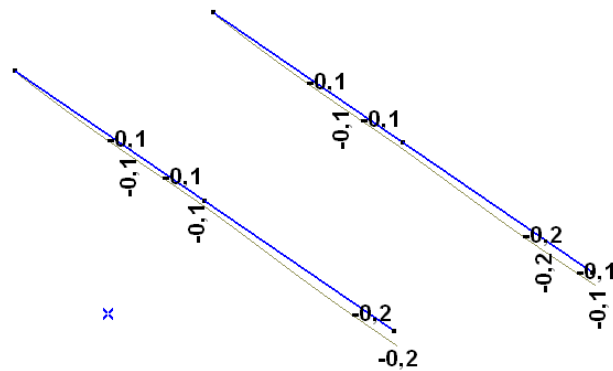


- **G1 – peso getto di completamento soletta**



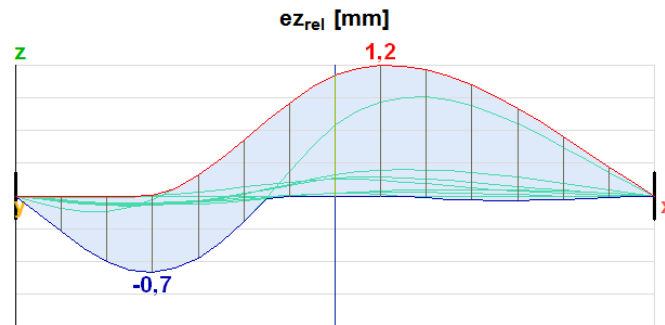
- **G2 – sovraccarico permanente**

Analisi lineare	
Codice	NTC
Caso	G2
E (P)	3,06E-7
E (W)	3,06E-7
E (Eq)	1,05E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Trave/Lastra tipo 7 <sub>F</sub> F



[I], > 4 parti, Lineare, G2, eZ, Diagramma

▪  $q_i$  – sovraccarico variabile



▪  $\varepsilon_l$  – Precompressione

$$e_z = M_p l^2 / [4 \cdot E \cdot I]$$

Trave	L	Tensioni		N <sub>pi</sub>	M <sub>pi</sub>	I <sub>i</sub>	e <sub>z,p</sub>
	m	Mpa		kN	kNm	cm <sup>4</sup>	mm
Tipo 7	13,15	tensione iniziale nei trefoli	1364,5	6828,0	643,6	4946972,8	-7,72
		perdite a tempo iniziale:	-32,3	-161,8	-15,3	4946972,8	0,37
		perdite al getto della soletta:	-48,7	-243,6	-23,0	4946972,8	0,55
		perdite a tempo finale	-83,1	-416,1	-114,7	16218700,6	0,84
		<b>e<sub>z,p</sub> finale</b>					<b>-5,97</b>

**Verifica delle deformazioni nel SLE<sub>R</sub>**

Si conduce una verifica allo Stato Limite di Servizio per la deformazione della campata di riva, più sollecitata. Per la precompressione, per le azioni permanenti e per le azioni variabili, si assumono nelle combinazioni di carico allo stato limite di deformazione i coefficienti  $\gamma_p = \gamma_g = \gamma_q = 1$ .

Fase 0: rilascio della precompressione

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio e precompressione:  $\eta_0$

Fase 1: getto della soletta integrativa

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio, precompressione + getto:  $\eta_1$

Fase 2: carichi permanenti

Deformazione in mezzeria:  $\eta_2$

Fase 3: carichi mobili massimi

Deformazione totale massima in mezzeria:  $\eta_3$

Tabella

Ipotesi Trave	G1-1	e <sub>z,p</sub>	G1-2	G2	Q1	$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	MAX SLE	L / e <sub>z</sub> (Q1)
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]						
Tipo 7	2,673	-5,966	0,069	0,2	0,7	-4,7	-4,1	-3,0	-2,3	<b>-2,3</b>	<b>18786</b>

#### 4.5.6 LASTRE PRECOMPRESSE – LASTRA TIPO 11 – BORDO GRIGLIATO

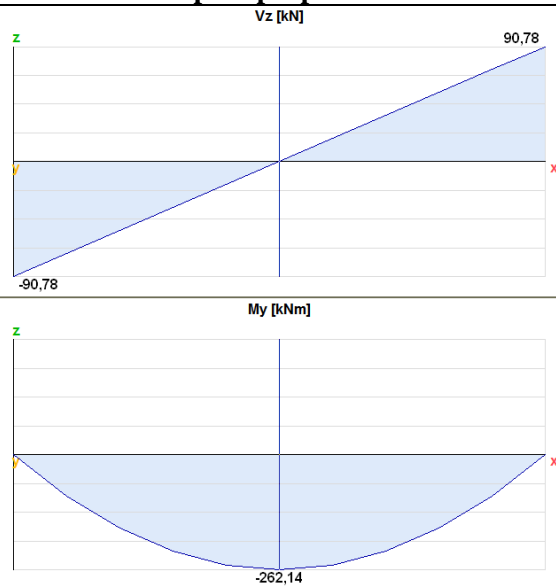
##### 4.5.6.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

L'analisi è condotta sulla lastra da 2.50m di larghezza.

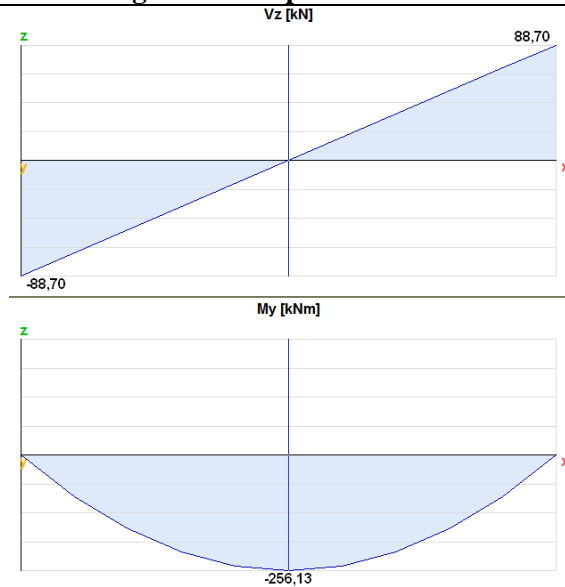
G1-p = 17.63 kN/m;            G1-s = 16.75 kN/m

**Fase iniziale: schema statico semplice appoggio – Lc = 11.45m**

##### G1 – peso proprio lastra

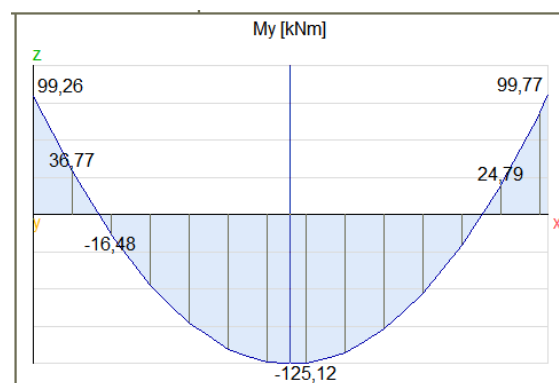
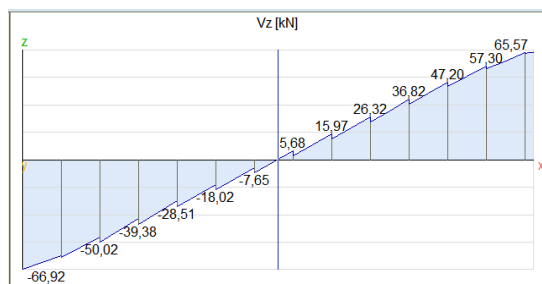


##### G1 – getto di completamento soletta



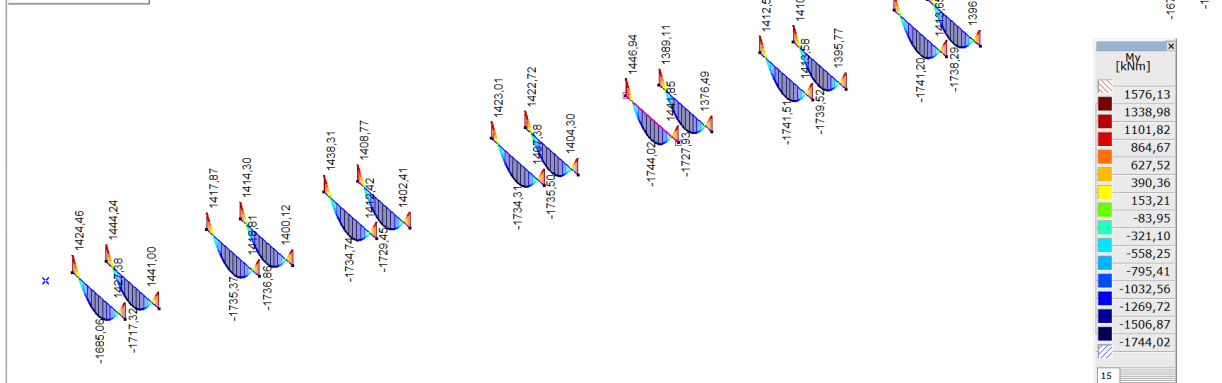
**Fase finale: le sollecitazioni sono ricavate dal modello di calcolo - Lc = 13.15m**

##### G2 – sovraccarico permanente

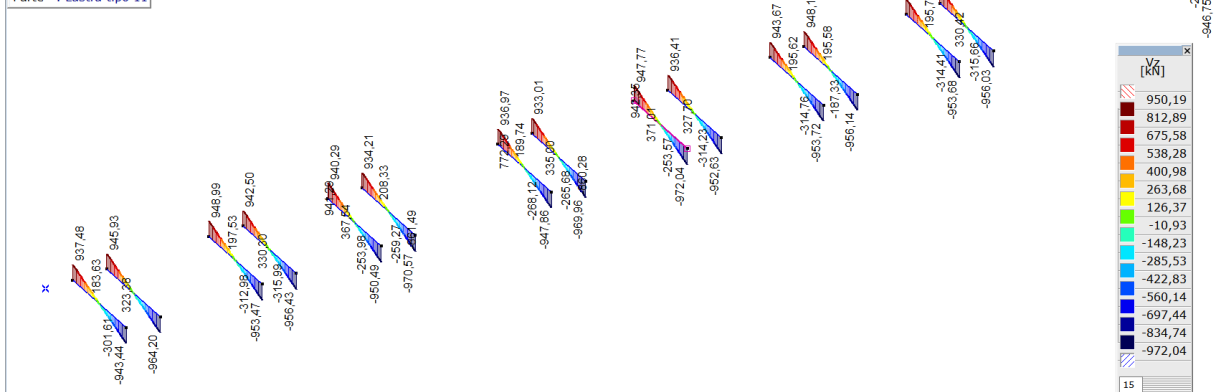


### Q1 – carico variabile

Analisi lineare  
Codice : I NTC  
Caso : Q-40kNmq  
E (P) : 3,57E-7  
E (W) : 3,57E-7  
E (Eq) : 1,06E-5  
Comp. : My [kNm]  
Parte : Lastra tipo 11



Analisi lineare  
Codice : I NTC  
Caso : Q-40kNmq  
E (P) : 3,57E-7  
E (W) : 3,57E-7  
E (Eq) : 1,06E-5  
Comp. : Vz [kN]  
Parte : Lastra tipo 11



#### εI – Precompressione

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 28

I trefoli vengono sistemati su 4 livelli:

- n° 14 trefoli a 60 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 110 mm dall'intradosso soletta;
- n° 4 trefoli a 160 mm dall'intradosso soletta;
- n° 6 trefoli a 360 mm dall'intradosso soletta;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1165.5 Mpa.

$$N_p = 1165.5 \times 139 \times 28 = \mathbf{453610 \text{ daN}}$$

$$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = -453610 \times (0,277 - 0,146) = \mathbf{- 59571.67 \text{ daNm}}$$

#### 4.5.6.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95:  $250 \times 0,95 = 237,5$  cm. ( $E_c, \text{soletta} / E_c, \text{lastra}$ )

$$M_{Ed}: \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_Q M_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

#### – sezione di mezzeria

d	G1-1	G1-2	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria	262,14	256,13	125,10	1751,48	<b>3488,62</b>

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: **Lastra Tipo11**

N° figure elementari **5** Zoom      N° strati barre **0** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	237,5	20
2	99,4	5
3	33,4	30
4	73,4	36
5	250	9

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Cavo snervato

M<sub>xRd</sub> **4.440** kNm  
 $\sigma_c$  **-25,5** N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$     N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  **3,5** ‰  
 $\epsilon_s$     ‰  
d **94** cm  
x **11,19**    x/d **0,1191**  
 $\delta$  **0,7**

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

Armatura Precompressione  
N° strati cavi **4** Zoom

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	19,5	94	1165,5
2	5,6	89	1165,5
3	5,6	84	1165,5
4	8,3	64	1165,5

Tipo cavo **Trefolo**  
 $\epsilon_{su}$  **67,5** ‰  
 $f_{yd}$  **1.409** N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s / E_c$  **6**  
 $\epsilon_{syd}$  **7,045** ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  **1080** N/mm<sup>2</sup>

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

Tipo flessione  
 Retta     Deviata

N° rett. **100**  
Calcola MRd    Dominio M-N  
L<sub>0</sub> **0** cm    Col. modello  
M-curvatura  
 Precompresso

$\sigma_{sp}$  **1.409** N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$  **31,72** ‰ compressa pref.

**$M_{Rd} = 4440 \text{ kNm} > 3488,62 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta**



#### 4.5.6.3 Verifiche allo S.L.U. per taglio e torsione

Taglio sollecitante ultimo:

$$V_{Ed} = \gamma_{G1} V_{G1} + \gamma_{G2} V_{G2} + \gamma_Q V_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

Il momento torcente, dovuto solo a disuniformità dei carichi permanenti portati e ad eventuale presenza di carichi mobili, rappresenta una sollecitazione minore e non essenziale all'equilibrio della struttura; viene pertanto trascurata.

d F1	d F2	G1-p	G1-g	G2	Qk	SLU
m		kN	kN	kN	kN	kN
0	0,7	90,78	88,70	60,58	867,22	<b>1625,0</b>
0,5	1,2	90,78	81,02	56,06	796,11	<b>1501,6</b>
1,8	2,5	62,49	61,06	41,77	586,93	<b>1103,7</b>
2	2,7	59,34	57,98	37,68	528,89	<b>1002,4</b>

<b>Caratteristiche Calcestruzzo:</b>		
Classe di resistenza :		<b>C45/55</b>
Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>55 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Coefficienti di sicurezza e parametri di riduzione della resistenza:</b>		
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1,50</b>
Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1,25</b>
Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0,85</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	<b>45,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>25,87 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. media. a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2 =$	<b>53,65 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione media di progetto:	$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3} =$	<b>3,83 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione caratt. di progetto:	$f_{ctk} = 0,70 f_{ctm} =$	<b>2,68 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. tangenziale caratt. di aderenza di progetto:	$f_{bk} = 2,25 f_{ctk} =$	<b>6,04 N/mm<sup>2</sup></b>
Res. a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	<b>1,79 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Acciaio per cemento armato:</b>		
Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>
Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1,15</b>
<b>Resistenze di calcolo:</b>		
Tensione carat. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>
Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391,3 N/mm<sup>2</sup></b>





Sezione di testa x = 0                      0,8 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	2500 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	s <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	7	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	3,52 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	5,22 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	14550,9 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2050,5 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2050,5 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	1625,0 kN	
	ls =	79,25%	

Sezione di testa x = 0,5                      1,3 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	1394 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	s <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	7	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	3,52 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	5,22 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	8113,6 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2050,5 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2050,5 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	1501,6 kN	
	ls =	73,23%	

Sezione di testa x = 1,8                      2,6 fase 1

altezza utile	d	1000 mm	
base equivalente	bw	777 mm	
<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b>			
Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :			
Armature resistenti a taglio	n <sub>brwi</sub> [-]	Φ <sub>wi</sub> [mm]	s <sub>wi</sub> [cm]
<b>staffe/molle:</b>	7	8	7,5
<b>tralicci</b>	6	6	15
	A <sub>sw1</sub> =	3,52 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw2</sub> =	1,70 cm <sup>2</sup>	
	A <sub>sw</sub> =	5,22 cm <sup>2</sup>	
	$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot \alpha_c \cdot ctg\theta / (1 + ctg^2\theta) =$	4522,4 kN	
	$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot ctg\theta =$	2050,5 kN	
	V <sub>Rd</sub> =	2050,5 kN	
	V <sub>Sd</sub> =	1103,7 kN	
	ls =	53,82%	



Sezione di testa x = 2                      2,8 fase 1

altezza utile	d =	1000 mm
base equivalente	b <sub>w</sub> =	777 mm
	f <sub>ctd</sub> =	1,79 MPa
	N <sub>p</sub> =	453613 daN
	A <sub>c</sub> =	6391 cm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp} = N_p / A_c =$	7,10 MPa
	$V_{Rd} = 0.7 \cdot d \cdot b_w \cdot (f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd})^{1/2} =$	2323,0 kN
	V <sub>Sd</sub> =	1002,4 kN
	l <sub>s</sub> =	43,15%

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Si verifica lo stato tensionale dell'armatura longitudinale inferiore all'appoggio che garantisce il funzionamento del modello a traliccio in quella zona del manufatto, soggetta alla forza concentrata rappresentata dalla reazione dell'appoggio.

La verifica viene eseguita nelle ipotesi che lo sforzo longitudinale inferiore sia pari al taglio e che tale sforzo sia mitigato dalla presenza dello sforzo di compressione longitudinale esercitato dai trefoli attivi (non inguainati).

Per valutare la compressione data dai trefoli si ipotizza una legge lineare di trasferimento del carico dai trefoli al calcestruzzo per una lunghezza di 75 cm a partire dalla testata della trave, per cui all'appoggio la precompressione è ancora molto bassa. Si adotta prudenzialmente un coefficiente riduttivo per tale compressione pari a 0.7.

### Verifiche allo S.L.U. armatura all'appoggio

Taglio totale di calcolo		V <sub>Ed</sub> =	1625,0 kN
Numero di trefoli attivi	<input type="text" value="16"/>	Tensione finale trefoli =	1166 MPa
		Compressione totale =	411,28 kN < V <sub>Ed</sub>
L'armatura longitudinale	n <sub>i</sub> [-]	Φ <sub>i</sub> [mm]	
si predispongono ad testata	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="24"/>	
		A <sub>s</sub> =	54,29 cm <sup>2</sup>
		$V_{Rd} = A_s \times f_{yd} =$	2124,3 kN
		l <sub>s</sub> =	76,50%

#### 4.5.6.4 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} - \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} - \text{per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} - \text{per armatura pre-tesa.}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione di mezzeria**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	6391	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,2	cm
Momento di inerzia	Jc =	3865573	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	6623	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,7	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3906922	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	12994	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,8	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	15079273	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	351074	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	599025	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	275034	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	σspf =	1165	Mpa
Sezione trefoli	28	da 0.6")	38,9 cmq
Baricentro da intradosso			14,6 cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	σspt =	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	Δσspm =	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	Δσspe =	45	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	σspi =	1352	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	N0 =	σspi x Ai =	5261 kN
momento in. di precomp.:	M0 =	N0 x (Yp-Yt) =	69090 kNcm

Cadute di tensione			
Fluage		2 x Δσspe =	90 Mpa
Ritiro εr = 0,00025		εr x Ep =	50 Mpa
Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))%σspi		0.046 σspi =	62 Mpa
Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/σspi) =			46 MPa
Tensione finale nei trefoli		σspf =	1165 MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	56	99

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 658 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi	Ac' =	6623	cmq
peso proprio	0	2939852,223		3,94	-2,08	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>
precompressione	526089	-6909011		-1,30	12,84	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-12036	158062		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0</b>	<b>514053</b>	<b>-3811097</b>		<b>2,66</b>	<b>10,46</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi			
getto integrativo	0	2793531,727		3,74	-1,98			
caduta di tensione	-21823	286601		0,05	-0,53			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>492230</b>	<b>-730965</b>		<b>6,45</b>	<b>7,95</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi	Ac" =	12994	cmq
carico permanente	0	1251000	0,36	0,21	-0,45	Wss" =	351074	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	17514900	4,99	2,92	-6,37	Ws" =	599025	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>492230</b>	<b>18034935</b>	<b>5,35</b>	<b>9,59</b>	<b>1,13</b>	Wi" =	275034	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	σss	σs	σi			
caduta di tensione	-38620	1554650	0,15	-0,04	-0,86			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>453610</b>	<b>19589585</b>	<b>5,49</b>	<b>9,55</b>	<b>0,27</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$

$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 4.2m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	6391	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,2	cm
Momento di inerzia	Jc =	3865573	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	6623	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,7	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	3906922	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	12994	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,8	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	15079273	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	351074	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	599025	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	275034	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1165	Mpa
Sezione trefoli	28 da 0.6")	38,9	cmq
Baricentro da intradosso		14,6	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcimento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	45	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1352	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	5261	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	69090	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	90	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1165	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	56	99

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 420$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	6623	cmq
peso proprio	0	2442632,038		3,27	-1,73	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>
precompressione	526089	-6909011		-1,30	12,84	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-12036	158062		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0</b>	<b>514053</b>	<b>-4308318</b>		<b>2,00</b>	<b>10,82</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
getto integrativo	0	2321058,875		3,11	-1,65			
caduta di tensione	-21823	286601		0,05	-0,53			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>492230</b>	<b>-1700658</b>		<b>5,16</b>	<b>8,64</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac" =	12994	cmq
carico permanente	0	961200	0,27	0,16	-0,35	Wss" =	351074	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	13408200	3,82	2,24	-4,88	Ws" =	599025	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>492230</b>	<b>12668742</b>	<b>4,09</b>	<b>7,55</b>	<b>3,41</b>	Wi" =	275034	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
caduta di tensione	-38620	1554650	0,15	-0,04	-0,86			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 2.2m dall'asse appoggio

totale fase 0+1+2+3	453610	14223392	4,24	7,52	2,55		
<b>geometria della trave di solo calcestruzzo</b>						<b>precompressione</b>	
Altezza lastra	Ht =	80	cm			Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} = 1165$ Mpa
Larghezza totale	b =	250	cm			Sezione trefoli	28 da 0.6") 38,9 cmq
Sezione lastra	Ac =	6391	cmq			Baricentro da intradosso	14,6 cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	28,2	cm			Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} = 1440$ Mpa
Momento di inerzia	Jc =	3865573	cm <sup>4</sup>			Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} = 43$ Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>						Perdita per accorciamento elastico $\Delta\sigma_{spe} = 45$ MPa	
Altezza lastra	Ht =	80	cm			Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} = 1352$ Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	6623	cmq			Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i = 5261$ kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	27,7	cmq			momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) = 69090$ kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	3906922	cm <sup>4</sup>			Cadute di tensione	
Modulo resistenza sup	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>			Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} = 90$ Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>			Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p = 50$ Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>						Rilassamento (2.8+3x(2.8-2.2))% $\sigma_{spi}$	
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95				Rilassamento ridotto Ril x (1-2.5x(Flu+Rit)/ $\sigma_{spi}$ ) =	46 MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm			Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} = 1165$ MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm			suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi	
Sezione ideale totale	Ac" =	12994	cmq			Mpa	al taglio dei trefoli
Baricentro da intrad.	Ygc" =	54,8	cm			Fluage	0
Momento di inerzia tot	Jc" =	15079273	cm <sup>4</sup>			Rilassam.	40%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	351074	cm <sup>3</sup>			Ritiro	25%
Modulo resistenza sup	Ws" =	599025	cm <sup>3</sup>			perdite	31
Modulo resistenza inf.	Wi" =	275034	cm <sup>3</sup>				56
							99

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio **x = 220 cm**

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	6623	cmq
peso proprio	0	1252609,212		1,68	-0,89	Ws' =	74708	cm <sup>3</sup>
precompressione	526089	-6909011		-1,30	12,84	Wi' =	141023	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-12036	158062		0,03	-0,29			
<b>totale fase 0</b>	<b>514053</b>	<b>-5498340</b>		<b>0,40</b>	<b>11,66</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>								
getto integrativo	0	1190265,125	$\sigma_{ss}$	1,59	-0,84			
caduta di tensione	-21823	286601		0,05	-0,53			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>492230</b>	<b>-4021474</b>		<b>2,05</b>	<b>10,28</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>								
carico permanente	0	256600	$\sigma_{ss}$	0,07	0,04	-0,09	Ac" =	12994
carichi mobili	0	3411400		0,97	0,57	-1,24	Wss" =	351074
							Ws" =	599025
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>492230</b>	<b>-353474</b>		<b>1,04</b>	<b>2,66</b>	<b>8,95</b>	Wi" =	275034
<b>fase 3 [Mpa]</b>								
caduta di tensione	-38620	1554650	$\sigma_{ss}$	0,15	-0,04	-0,86		
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>453610</b>	<b>1201175</b>		<b>1,19</b>	<b>2,62</b>	<b>8,09</b>		

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.5m dall'asse appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	10250	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	31,7	cm
Momento di inerzia	Jc =	4944560	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	10383	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	31,5	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	4963079	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	102352	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	157510	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	17227	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,8	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	16996845	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	371043	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	733343	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	327980	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{pf} =$	1165	Mpa
Sezione trefoli	16 da 0.6")	22,2	cmq
Baricentro da intradosso		19,8	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{pt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{pe} =$	45	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{pi} =$	1352	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{pi} \times A_i =$	3006	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	35352	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{pe} =$	90	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{pi}$	$0.046 \sigma_{pi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{pi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{pf} =$	1165	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	56	99

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio

x = 150 cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	10383	cmq
peso proprio	0	669498,027		0,65	-0,43	Ws' =	102352	cm <sup>3</sup>
precompressione	300622	-3535225		-0,56	5,14	Wi' =	157510	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-6878	80877		0,01	-0,12			
<b>totale fase 0</b>	<b>293745</b>	<b>-2784850</b>		<b>0,11</b>	<b>4,60</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	636176,1875		0,62	-0,40			
caduta di tensione	-12470	146649		0,02	-0,21			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>281274</b>	<b>-2002025</b>		<b>0,75</b>	<b>3,98</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	17227	cmq
carico permanente	0	-95800	-0,03	-0,01	0,03	Wss" =	371043	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	1587200	0,43	0,22	-0,48	Ws" =	733343	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>281274</b>	<b>-510625</b>	<b>0,40</b>	<b>0,96</b>	<b>3,53</b>	Wi" =	327980	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-22068	707792	0,06	-0,03	-0,34			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>259206</b>	<b>197167</b>	<b>0,46</b>	<b>0,92</b>	<b>3,18</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione a 1.0m dall'asse appoggio**

**geometria della trave di solo calcestruzzo**

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	7268	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	20,0	cm
Momento di inerzia	Jc =	1343630	cm <sup>4</sup>

**sezione lastra omogeneizzata**

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	7401	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	20,0	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1343640	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	53810	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	67082	cm <sup>3</sup>

**sezione omogeneizzata completa del getto di soletta**

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	17080	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,8	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	16975959	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	370048	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-2513994	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	328021	cm <sup>3</sup>

**precompressione**

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1165	Mpa
Sezione trefoli	16 da 0.6")	22,2	cmq
Baricentro da intradosso		19,8	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	45	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1352	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	3006	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	841	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	90	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1165	MPa

**suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi**

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	56	99

**Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio**  $x = 100$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	7401	cmq
peso proprio	0	200100,1345		0,37	-0,30	Ws' =	53810	cm <sup>3</sup>
precompressione	300622	-84123		3,91	4,19	Wi' =	67082	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-6878	1925		-0,09	-0,10			
<b>totale fase 0</b>	<b>293745</b>	<b>117902</b>		<b>4,19</b>	<b>3,79</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	190140,875		0,35	-0,28			
caduta di tensione	-12470	3490		-0,16	-0,17			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>281274</b>	<b>311533</b>		<b>4,38</b>	<b>3,34</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	17080	cmq
carico permanente	0	-361700	-0,10	0,01	0,11	Wss" =	370048	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-5379200	-1,45	0,21	1,64	Ws" =	-2513994	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>281274</b>	<b>-5429367</b>	<b>-1,55</b>	<b>4,61</b>	<b>5,09</b>	Wi" =	328021	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-22068	706243	0,06	-0,16	-0,34			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>259206</b>	<b>-4723125</b>	<b>-1,49</b>	<b>4,45</b>	<b>4,74</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa





### Verifiche SLE – stato di tensione sezione di appoggio

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Larghezza totale	b =	250	cm
Sezione lastra	Ac =	11250	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	22,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	1898438	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	45	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	11382	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	22,5	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	1899426	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	84299	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	84539	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	45	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	24456	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	49,2	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	20426511	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	423011	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	-4846795	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	415051	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1165	Mpa
Sezione trefoli	16 da 0.6"	22,2	cmq
Baricentro da intradosso		19,8	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcimento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	45	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1352	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.: N0 =	$\sigma_{spi} \times A_i =$	3006	kN
momento in. di precomp.: M0 =	$N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	8171	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	90	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	62	Mpa
Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		46	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1165	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	31	56	99

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 80$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	11382	cmq
peso proprio	0	0		0,00	0,00	Ws' =	84299	cm <sup>3</sup>
precompressione	300622	-817108		1,67	3,61	Wi' =	84539	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-6878	18693		-0,04	-0,08			
<b>totale fase 0</b>	<b>293745</b>	<b>-798414</b>		<b>1,63</b>	<b>3,53</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	0		0,00	0,00			
caduta di tensione	-12470	33895		-0,07	-0,15			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>281274</b>	<b>-764519</b>		<b>1,56</b>	<b>3,38</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	24456	cmq
carico permanente	0	-552900	-0,13	0,01	0,13	Wss" =	423011	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-8163400	-1,93	0,17	1,97	Ws" =	-4846795	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>281274</b>	<b>-9480819</b>	<b>-2,06</b>	<b>1,74</b>	<b>5,48</b>	Wi" =	415051	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-22068	650230	0,06	-0,10	-0,25			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>259206</b>	<b>-8830589</b>	<b>-2,00</b>	<b>1,64</b>	<b>5,23</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$

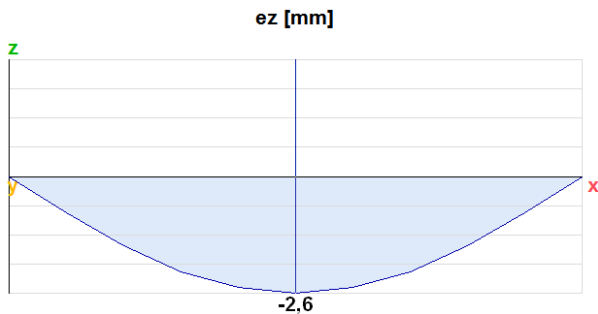
#### 4.5.6.4.1 Verifiche SLE – fessurazione

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

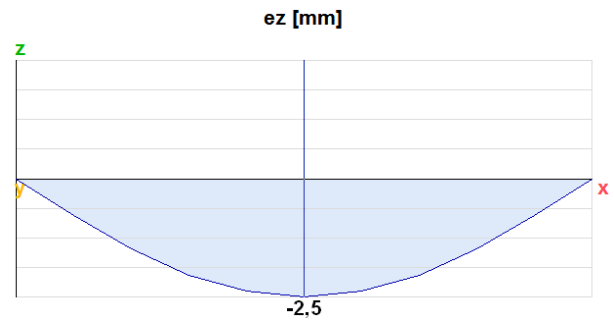
#### 4.5.6.5 Verifica delle deformazioni

##### Calcolo delle frecce nelle diverse ipotesi

- **G1 – peso proprio lastra**

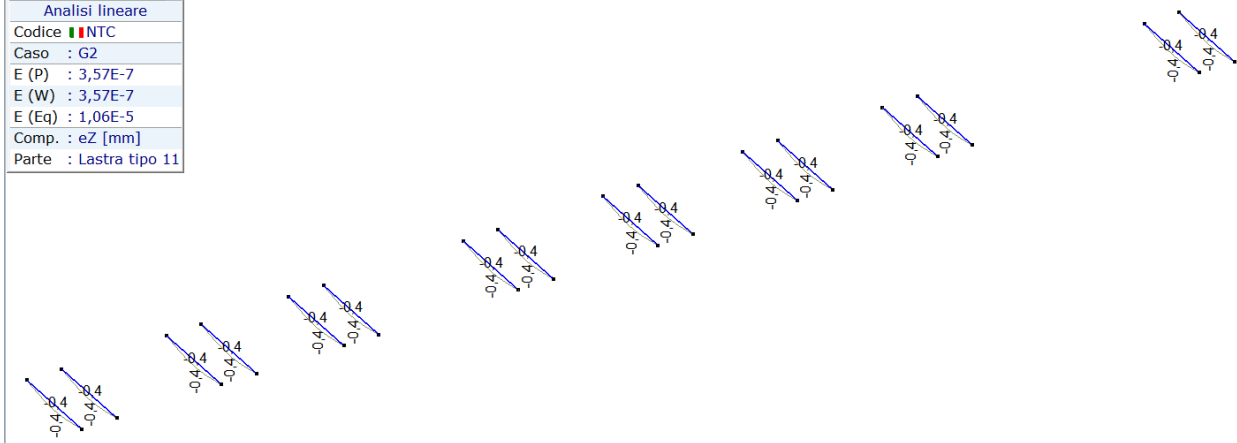


- **G1 – peso getto di completamento soletta**



- **G2 – sovraccarico permanente**

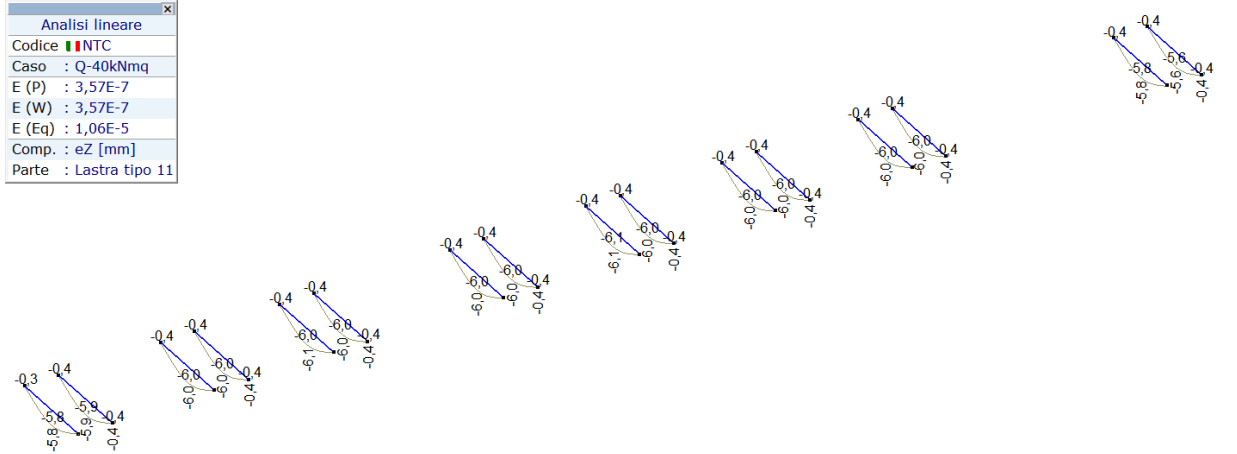
Analisi lineare	
Codice	NTC
Caso	G2
E (P)	3,57E-7
E (W)	3,57E-7
E (Eq)	1,06E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Lastra tipo 11



*[I], > 4 parti, Lineare, G2, eZ, Diagramma*

- **qi – sovraccarico variabile**

Analisi lineare	
Codice	NTC
Caso	Q-40kNmq
E (P)	3,57E-7
E (W)	3,57E-7
E (Eq)	1,06E-5
Comp.	eZ [mm]
Parte	Lastra tipo 11



*[I], > Lineare, Involuppo (Involuppo q1), eZ, Diagramma*



▪  $\varepsilon l$  – Precompressione

$$e_z = M_p l^2 / [4 \cdot E \cdot I]$$

<b>28</b>	n° trefoli 0,6"	$E_c$	36416,1	$N/mm^2$
<b>1,39</b>	area trefolo $cm^2$			
<b>27,70</b>	$Y_{gci}$ [cm] da intradosso - baricentro sezione iniziale			
<b>14,57</b>	$Y_{gi}$ [cm] da intradosso - baricentro trefoli			
<b>54,83</b>	$Y_{gt}$ [cm] da intradosso - baricentro sezione finale			
<b>3906922,39</b>	$J_{ci}$ [ $cm^4$ ] - Momento di inerzia iniziale - sezione lastra omogeneizzata			
<b>15079272,99</b>	$J_{ct}$ [ $cm^4$ ] - Momento di inerzia finale - sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			

Trave	L	Tensioni		Npi	Mpi	Ii	$e_{z,p}$
	m	Mpa		kN	kNm	$cm^4$	mm
A11	13,15	tensione iniziale nei trefoli	1351,7	5260,9	690,9	3906922,4	-10,50
		perdite a tempo iniziale:	-30,9	-120,4	-15,8	3906922,4	0,48
		perdite al getto della soletta:	-56,1	-218,2	-28,7	3906922,4	0,87
		perdite a tempo finale	-99,2	-386,2	-155,5	15079273,0	1,22
		<b><math>e_{z,p}</math> finale</b>					<b>-7,92</b>

**Verifica delle deformazioni nel SLE<sub>R</sub>**

Si conduce una verifica allo Stato Limite di Servizio per la deformazione della campata di riva, più sollecitata. Per la precompressione, per le azioni permanenti e per le azioni variabili, si assumono nelle combinazioni di carico allo stato limite di deformazione i coefficienti  $\gamma_p = \gamma_g = \gamma_q = 1$ .

Fase 0: rilascio della precompressione

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio e precompressione:  $\eta_0$

Fase 1: getto della soletta integrativa

Deformazione in mezzeria della lastra per peso proprio, precompressione + getto:  $\eta_1$

Fase 2: carichi permanenti

Deformazione in mezzeria:  $\eta_2$

Fase 3: carichi mobili massimi

Deformazione totale massima in mezzeria:  $\eta_3$

Tabella

Ipotesi Trave	G1-1	$e_{z,p}$	G1-2	G2	Q1	$\eta_0$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	MAX SLE	L / $e_{z}(Q1)$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
A11	2,6	-7,922	2,5	0,4	6,1	-7,4	-4,0	-2,4	3,7	<b>3,7</b>	<b>2156</b>

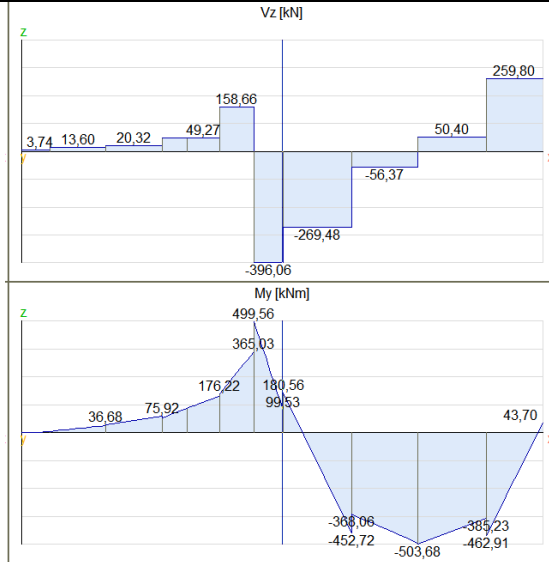
#### 4.5.7 TRAVE PRECOMPRESSA – TR1

##### 4.5.7.1 Sollecitazioni di calcolo per ciascun carico

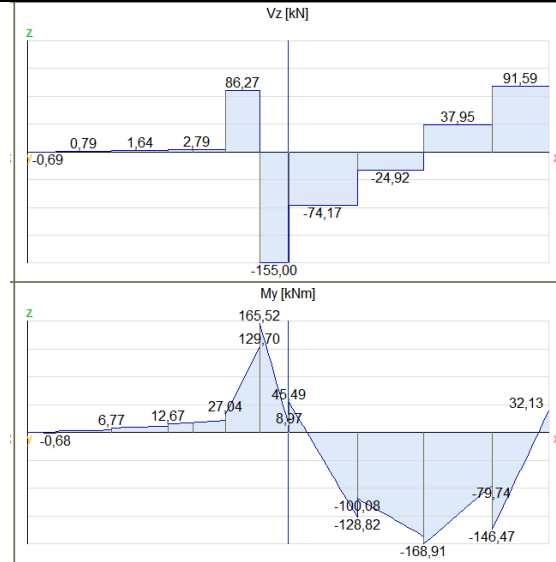
L'analisi è condotta sulla trave da 2.20m di larghezza.

**Fase iniziale: le sollecitazioni sono ricavate dal modello di calcolo**

##### G1 – peso proprio lastre

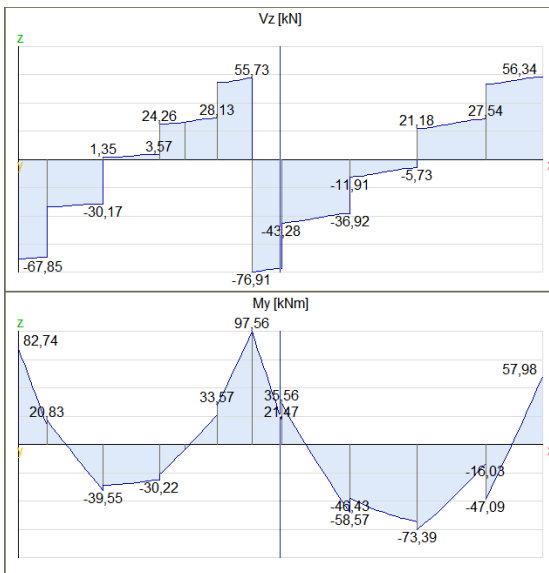


##### G1 – getto di completamento soletta

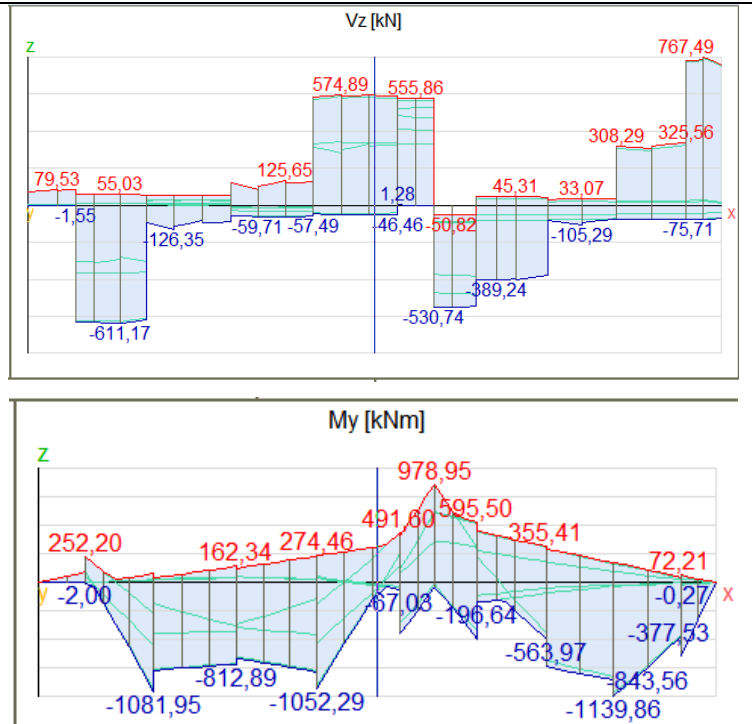


**Fase finale: le sollecitazioni sono ricavate dal modello di calcolo**

##### G2 – sovraccarico permanente



##### Qk1 – carichi mobili Q1k + q1k - mezzeria



▪  $\epsilon I$  – Precompressione

Tipo acciaio armonico: trefolo 0.6" stabilizzato.

Numero trefoli : 78

I trefoli vengono sistemati su 6 livelli:

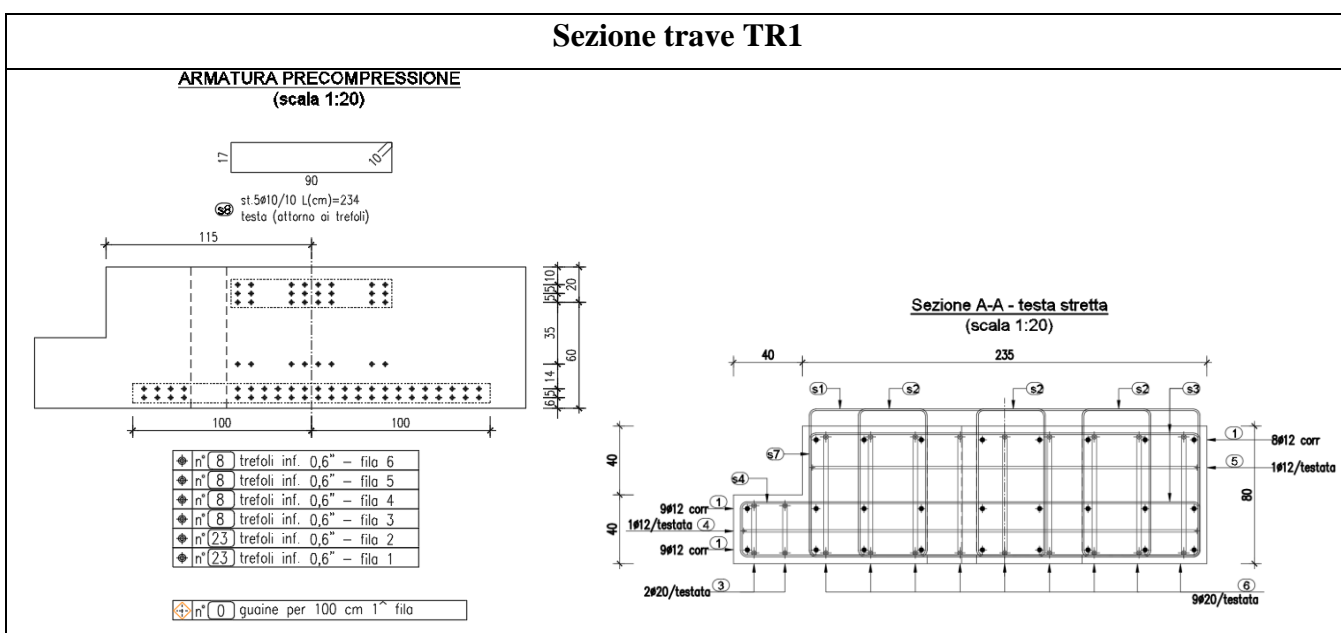
- n° 23 trefoli a 60 mm dall'intradosso;
- n° 23 trefoli a 110 mm dall'intradosso;
- n° 8 trefoli a 250 mm dall'intradosso;
- n° 8 trefoli a 600 mm dall'intradosso;
- n° 8 trefoli a 650 mm dall'intradosso;
- n° 8 trefoli a 700 mm dall'intradosso;

La tensione nei trefoli a tempo infinito è di 1187.4 Mpa.

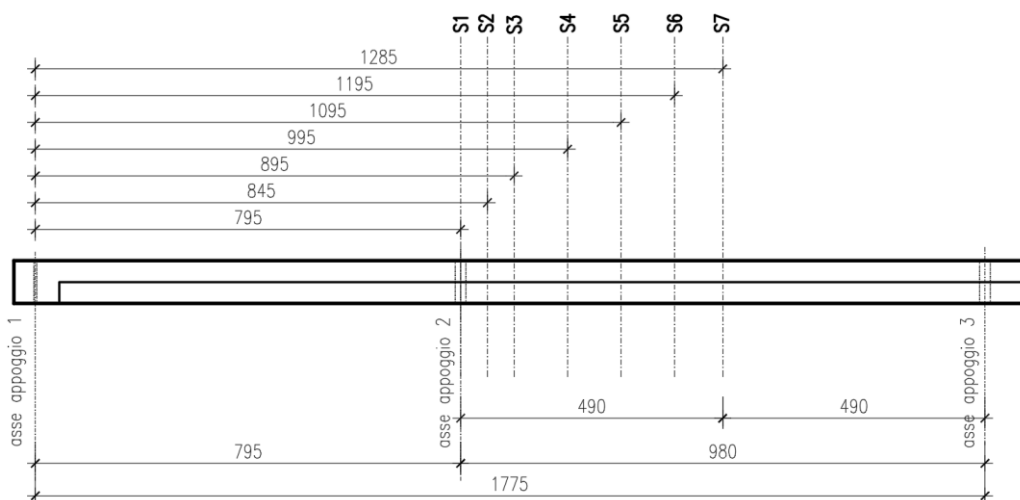
$$N_p = 1215.2 \times 139 \times 78 = - 12873,29 \text{ kN}$$

$$M_p = - N_p \times (Y_{gci} - Y_{gi}) = - 12873,29 \times (0,382 - 0,276) = - 139979,42 \text{ kNm}$$

Sezione trave TR1



Sezioni di calcolo:



#### 4.5.7.2 Verifiche allo S.L.U.

La verifica viene eseguita sulla sezione equivalente a rettangoli sovrapposti, costituita dal sistema lastra+soletta. Le dimensioni della soletta vengono ridotte del coefficiente di omogeneizzazione 0,95:  $262 \times 0,95 = 249$  cm. ( $E_{c,soletta}/E_{c,lastra}$ )

$$M_{Ed}: \gamma_{G1}M_{G1} + \gamma_{G2}M_{G2} + \gamma_QM_Q$$

con:  $\gamma_{G1} = 1,3$                        $\gamma_{G2} = 1,5$                        $\gamma_Q = 1,5$

#### - Sezione in mezzeria

d	G1-pp	G1-lastre	G1-getto	G2	q1	SLU
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
Mezzeria C2	1751,24	503,68	168,91	73,39	1139.86	<b>5092.05</b>

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	249	40
2	262	20
3	302	40

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

Armatura Precompressione  
 N° strati cavi  Zoom

N°	As [cm.]	d [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
1	32	74	1187
2	32	69	1187
3	11,1	55	1187
4	11,1	20	1187
5	11,1	15	1187
6	11,1	10	1187

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Tipologia roltura: Lato calcestruzzo - Cavo snervato

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

Tipologia flessione:  Retta  Deviata

Calcola MRd      Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm      Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

Materiali: B450C      C45/55

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰       $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>       $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>       $f_{cd}$  25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15       $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰       $\sigma_{c,adm}$  16 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>       $\tau_{co}$  0,9333  
 $\tau_{c1}$  2,543

M<sub>xRd</sub> 6.605 kNm  
 $\sigma_c$  -25,5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$       N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$       ‰  
 d 74 cm  
 x 27,54      x/d 0,3721  
 $\delta$  0,9051

Tipologia cavo: Trefolo

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  
 $f_{yd}$  1.500 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  6  
 $\epsilon_{syd}$  7,5 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  1080 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{sp}$  1.500 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{sp}$  11,84 ‰ compressa predef.

$M_{Rd} = 66051 \text{ kNm} > 5092.05 \text{ kNm} \Rightarrow$  verifica soddisfatta

#### 4.5.7.3 Verifiche SLE – verifica delle tensioni

Tensioni iniziali nel calcestruzzo

$$\sigma_c < 0,70 f_{ckj},$$

essendo  $f_{ckj}$  la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} - \text{per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} - \text{per combinazione quasi permanente.}$$

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali  $\sigma_c$  prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:  $\sigma_c < 0,90 f_{ckj}$ .

Tensioni limite per gli acciai da precompressione

$$\sigma_{spi} < 0,90 f_{p(0,1)k} \quad \sigma_{spi} < 0,80 f_{ptk} - \text{per armatura pre-tesa.}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione S1 a 7.95m dall'asse appoggio 1**

geometria della trave di solo calcestruzzo			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	292,5	cm
Sezione lastra	Ac =	21800	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	11579694	cm <sup>4</sup>

sezione lastra omogeneizzata			
Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	22445	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,2	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	11654828	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws' =	278940	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	304960	cm <sup>3</sup>

sezione omogeneizzata completa del getto di soletta			
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	29528	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,2	cm
Momento di inerzia tot.	Jc" =	27822665	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	599069	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup.	Ws" =	964561	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	543889	cm <sup>3</sup>

precompressione			
Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Sezione trefoli	78 da 0.6")	108,4	cmq
Baricentro da intradosso		27,6	cmq
precompressione			
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{sp} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{sp} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.: $N_0 =$	$\sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
momento in. di precomp.: $M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$		156867	kNcm

Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0,046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $R_{il} \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa

suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi			
	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	51	89

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 795$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	22445	cmq
peso proprio	0	21669061,16		7,77	-7,11	Ws' =	278940	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15686711		0,94	11,71	Wi' =	304960	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	366977		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>6349327</b>		<b>8,69</b>	<b>4,33</b>			
fase 1 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
getto integrativo	0	-6650800		-2,38	2,18			
caduta di tensione	-55771	593440		-0,04	-0,44			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>291967</b>		<b>6,27</b>	<b>6,07</b>			
fase 2 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac" =	29528	cmq
carico permanente	0	-975600	-0,16	-0,10	0,18	Wss" =	599069	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-9789500	-1,63	-1,01	1,80	Ws" =	964561	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>-10473133</b>	<b>-1,80</b>	<b>5,15</b>	<b>8,05</b>	Wi" =	543889	cm <sup>3</sup>
fase 3 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$			
caduta di tensione	-96644	2278695	0,05	-0,09	-0,75			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>-8194438</b>	<b>-1,74</b>	<b>5,06</b>	<b>7,30</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$





### Verifiche SLE – stato di tensione sezione S2 a 8.45m dall'asse appoggio 1

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	293,55	cm
Sezione lastra	Ac =	21884	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	11624674	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	22529	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,2	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	11699893	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	280064	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	306086	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	29632	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	27908711	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	600855	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	967361	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	545629	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Sezione trefoli	78	da 0.6")	108,4 cmq
Baricentro da intradosso			27,6 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	156965	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	51	89

#### Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio $x = 845$ cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	22529	cmq
peso proprio	0	21856798,5		7,80	-7,14	Ws' =	280064	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15696509		0,94	11,67	Wi' =	306086	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	367207		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>6527496</b>		<b>8,72</b>	<b>4,26</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	-3895500		-1,39	1,27			
caduta di tensione	-55771	593811		-0,04	-0,44			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>3225806</b>		<b>7,30</b>	<b>5,09</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	29632	cmq
carico permanente	0	-595400	-0,10	-0,06	0,11	Wss" =	600855	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-7458800	-1,24	-0,77	1,37	Ws" =	967361	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>-4828394</b>	<b>-1,34</b>	<b>6,46</b>	<b>6,57</b>	Wi" =	545629	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2278169	0,05	-0,09	-0,74			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>-2550225</b>	<b>-1,29</b>	<b>6,37</b>	<b>5,82</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione S3 a 8.95m dall'asse appoggio 1

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	294,6	cm
Sezione lastra	Ac =	21968	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,5	cm
Momento di inerzia	Jc =	11669653	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	22613	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,2	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	11744957	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	281187	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	307212	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	29736	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	27994756	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	602641	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	970162	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	547369	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Sezione trefoli	78	da 0.6")	108,4 cmq
Baricentro da intradosso			27,6 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	157062	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	51	89

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 895$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	22613	cmq
peso proprio	0	21905471,15		7,79	-7,13	Ws' =	281187	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15706235		0,93	11,63	Wi' =	307212	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	367434		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>6566671</b>		<b>8,70</b>	<b>4,23</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	-1140100		-0,41	0,37			
caduta di tensione	-55771	594179		-0,04	-0,44			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>6020749</b>		<b>8,26</b>	<b>4,16</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	29736	cmq
carico permanente	0	-222100	-0,04	-0,02	0,04	Wss" =	602641	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-4931500	-0,82	-0,51	0,90	Ws" =	970162	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>867149</b>	<b>-0,86</b>	<b>7,73</b>	<b>5,10</b>	Wi" =	547369	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2277646	0,05	-0,09	-0,74			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>3144795</b>	<b>-0,80</b>	<b>7,64</b>	<b>4,36</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



**Verifiche SLE – stato di tensione sezione S4 a 9.95m dall'asse appoggio 1**

geometria della trave di solo calcestruzzo				precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Larghezza totale	b =	296,7	cm	Sezione trefoli	78 da 0.6")	108,4	cmq
Sezione lastra	Ac =	22136	cmq	Baricentro da intradosso		27,6	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,6	cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Momento di inerzia	Jc =	11759607	cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>				Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Altezza lastra	Ht =	80	cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sezione ideale lastra	Ac' =	22781	cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,2	cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	157255	kNcm
Momento di inerzia id.	Jc' =	11835079	cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	283433	cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Modulo resistenza inf.	Wi' =	309464	cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>				Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95		Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Altezza lastra	Ht=	80	cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa
Spessore soletta	Hs =	20	cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	29944	cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1	cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	28166841	cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	606213	cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	975763	cm <sup>3</sup>	perdite	32	51	89
Modulo resistenza inf.	Wi" =	550849	cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 995$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	22781	cmq
peso proprio	0	21585622,34		7,62	-6,98	Ws' =	283433	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15725470		0,92	11,55	Wi' =	309464	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	367884		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>6228036</b>		<b>8,52</b>	<b>4,31</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	1141700		0,40	-0,37			
caduta di tensione	-55771	594906		-0,03	-0,44			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>7964643</b>		<b>8,89</b>	<b>3,50</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	29944	cmq
carico permanente	0	62700	0,01	0,01	-0,01	Wss" =	606213	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	-3366200	-0,56	-0,34	0,61	Ws" =	975763	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>4661143</b>	<b>-0,54</b>	<b>8,55</b>	<b>4,10</b>	Wi" =	550849	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2276612	0,05	-0,09	-0,74			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>6937754</b>	<b>-0,49</b>	<b>8,46</b>	<b>3,37</b>			

La sezione è sempre compressa

$\sigma$  lastra  $< 0.6 f_{ck} = 27.39$  MPa

$\sigma$  getto in opera  $< 0.6 f_{ck} = 22.41$  MPa



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione S5 a 10.95m dall'asse appoggio 1

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	298,8	cm
Sezione lastra	Ac =	22304	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,6	cm
Momento di inerzia	Jc =	11849556	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	22949	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,3	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	11925194	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	285679	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	311716	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	30152	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	28338919	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	609784	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	981366	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	554328	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Sezione trefoli	78	da 0.6")	108,4 cmq
Baricentro da intradosso			27,6 cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorcimento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	157444	kNcm

#### Cadute di tensione

Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3x(2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5x(Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	51	89

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 1095$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	22949	cmq
peso proprio	0	20709514,75		7,25	-6,64	Ws' =	285679	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15744424		0,91	11,47	Wi' =	311716	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	368327		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>5333418</b>		<b>8,14</b>	<b>4,56</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	4578300		1,60	-1,47			
caduta di tensione	-55771	595623		-0,03	-0,43			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>10507342</b>		<b>9,71</b>	<b>2,66</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	30152	cmq
carico permanente	0	452200	0,07	0,05	-0,08	Wss" =	609784	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	8879300	1,46	0,90	-1,60	Ws" =	981366	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>19838842</b>	<b>1,53</b>	<b>10,66</b>	<b>0,98</b>	Wi" =	554328	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2275591	0,05	-0,09	-0,73			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>22114433</b>	<b>1,58</b>	<b>10,57</b>	<b>0,25</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{lastra} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{getto \text{ in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione S6 a 11.95m dall'asse appoggio 1

#### geometria della trave di solo calcestruzzo

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Larghezza totale	b =	300,9	cm
Sezione lastra	Ac =	22472	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,6	cm
Momento di inerzia	Jc =	11939499	cm <sup>4</sup>

#### sezione lastra omogeneizzata

Altezza lastra	Ht =	80	cm
Sezione ideale lastra	Ac' =	23117	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,3	cmq
Momento di inerzia id.	Jc' =	12015301	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sup	Ws' =	287925	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi' =	313967	cm <sup>3</sup>

#### sezione omogeneizzata completa del getto di soletta

E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	
Altezza lastra	Ht=	80	cm
Spessore soletta	Hs =	20	cm
Sezione ideale totale	Ac" =	30360	cmq
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1	cm
Momento di inerzia tot	Jc" =	28510990	cm <sup>4</sup>
Modulo resistenza sol.	Wss" =	613356	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza sup	Ws" =	986968	cm <sup>3</sup>
Modulo resistenza inf.	Wi" =	557808	cm <sup>3</sup>

#### precompressione

Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187	Mpa
Sezione trefoli	78 da 0.6")	108,4	cmq
Baricentro da intradosso		27,6	cmq
Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440	Mpa
Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{pm} =$	43	Mpa
Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37	MPa
Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360	Mpa
Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742	kN
momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	157631	kNcm
Cadute di tensione			
Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74	Mpa
Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50	Mpa
Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63	Mpa
Rilassamento ridotto $Ril \times (1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48	MPa
Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187	MPa

#### suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi

Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Fluage	0	33%	67%
Rilassam.	40%	30%	30%
Ritiro	25%	25%	50%
perdite	32	51	89

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 1195$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	23117	cmq
peso proprio	0	19277148,36		6,70	-6,14	Ws' =	287925	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15763102		0,90	11,40	Wi' =	313967	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	368764		-0,02	-0,27			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>3882811</b>		<b>7,58</b>	<b>4,99</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	5201600		1,81	-1,66			
caduta di tensione	-55771	596330		-0,03	-0,43			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>9680741</b>		<b>9,35</b>	<b>2,90</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	30360	cmq
carico permanente	0	537400	0,09	0,05	-0,10	Wss" =	613356	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	8527700	1,39	0,86	-1,53	Ws" =	986968	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>18745841</b>	<b>1,48</b>	<b>10,27</b>	<b>1,28</b>	Wi" =	557808	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2274585	0,05	-0,09	-0,73			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>21020426</b>	<b>1,53</b>	<b>10,18</b>	<b>0,55</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$



### Verifiche SLE – stato di tensione sezione S7 a 12.85m dall'asse appoggio 1

geometria della trave di solo calcestruzzo			precompressione			
Altezza lastra	Ht =	80 cm	Tensione trefoli a tempo infinito:	$\sigma_{spf} =$	1187 Mpa	
Larghezza totale	b =	303 cm	Sezione trefoli	78 da 0.6")	108,4 cmq	
Sezione lastra	Ac =	22640 cmq	Baricentro da intradosso		27,6 cmq	
Baricentro da intrad.	Ygc =	38,6 cm	Tensione iniziale di tesatura	$\sigma_{spt} =$	1440 Mpa	
Momento di inerzia	Jc =	12029437 cm <sup>4</sup>	Perdita di tensione al martinetto 3%	$\Delta\sigma_{spm} =$	43 Mpa	
<b>sezione lastra omogeneizzata</b>			Perdita per accorciamento elastico	$\Delta\sigma_{spe} =$	37 MPa	
Altezza lastra	Ht =	80 cm	Tensione iniziale nei trefoli	$\sigma_{spi} =$	1360 Mpa	
Sezione ideale lastra	Ac' =	23285 cmq	Sforzo iniziale di precomp.:	$N_0 = \sigma_{spi} \times A_i =$	14742 kN	
Baricentro da intrad.	Ygc' =	38,3 cmq	momento in. di precomp.:	$M_0 = N_0 \times (Y_p - Y_t) =$	157815 kNcm	
Momento di inerzia id.	Jc' =	12105400 cm <sup>4</sup>	<b>Cadute di tensione</b>			
Modulo resistenza sup	Ws' =	290171 cm <sup>3</sup>	Fluage	$2 \times \Delta\sigma_{spe} =$	74 Mpa	
Modulo resistenza inf.	Wi' =	316218 cm <sup>3</sup>	Ritiro $\epsilon_r = 0,00025$	$\epsilon_r \times E_p =$	50 Mpa	
<b>sezione omogeneizzata completa del getto di soletta</b>			Rilassamento $(2.8+3 \times (2.8-2.2))\% \sigma_{spi}$	$0.046 \sigma_{spi} =$	63 Mpa	
E(getto)/E(lastra)	n" =	0,95	Rilassamento ridotto Ril x $(1-2.5 \times (Flu+Rit)/\sigma_{spi}) =$		48 MPa	
Altezza lastra	Ht=	80 cm	Tensione finale nei trefoli	$\sigma_{spf} =$	1187 MPa	
Spessore soletta	Hs =	20 cm	<b>suddivisione delle cadute di tensione nelle varie fasi</b>			
Sezione ideale totale	Ac" =	30568 cmq	Mpa	al taglio dei trefoli	al getto della soletta	a tempo infinito
Baricentro da intrad.	Ygc" =	51,1 cm	Fluage	0	33%	67%
Momento di inerzia tot	Jc" =	28683055 cm <sup>4</sup>	Rilassam.	40%	30%	30%
Modulo resistenza sol.	Wss" =	616928 cm <sup>3</sup>	Ritiro	25%	25%	50%
Modulo resistenza sup	Ws" =	992572 cm <sup>3</sup>	perdite	32	51	89
Modulo resistenza inf.	Wi" =	561287 cm <sup>3</sup>				

Distanza della sezione di verifica dalla sezione di appoggio  $x = 1285$  cm

fase 0 [Mpa]	N	M	$\sigma_{ss}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$	Ac' =	23285	cmq
peso proprio	0	17512417,35		6,04	-5,54	Ws' =	290171	cm <sup>3</sup>
precompressione	1474233	-15781511		0,89	11,32	Wi' =	316218	cm <sup>3</sup>
caduta di tensione	-34488	369195		-0,02	-0,26			
<b>totale fase 0</b>	<b>1439745</b>	<b>2100102</b>		<b>6,91</b>	<b>5,52</b>			
<b>fase 1 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
getto integrativo	0	6725900		2,32	-2,13			
caduta di tensione	-55771	597026		-0,03	-0,43			
<b>totale fase 0+1</b>	<b>1383974</b>	<b>9423028</b>		<b>9,19</b>	<b>2,96</b>			
<b>fase 2 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>	Ac" =	30568	cmq
carico permanente	0	733900	0,12	0,07	-0,13	Wss" =	616928	cm <sup>3</sup>
carichi mobili	0	11398600	1,85	1,15	-2,03	Ws" =	992572	cm <sup>3</sup>
<b>totale fase 0+1+2</b>	<b>1383974</b>	<b>21555528</b>	<b>1,97</b>	<b>10,41</b>	<b>0,80</b>	Wi" =	561287	cm <sup>3</sup>
<b>fase 3 [Mpa]</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{ss}</math></b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b><math>\sigma_i</math></b>			
caduta di tensione	-96644	2273592	0,05	-0,09	-0,72			
<b>totale fase 0+1+2+3</b>	<b>1287329</b>	<b>23829121</b>	<b>2,02</b>	<b>10,33</b>	<b>0,08</b>			

La sezione è sempre compressa

$$\sigma_{\text{lastra}} < 0.6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{getto in opera}} < 0.6 f_{ck} = 22.41 \text{ MPa}$$

#### 4.5.7.3.1 Verifiche SLE – fessurazione

Le sezioni di calcestruzzo delle lastre risultano sempre compresse; non si ha mai apertura delle fessure.

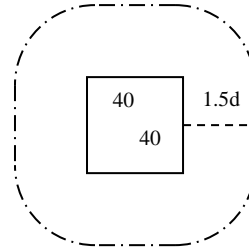
#### 4.5.8 VERIFICA SOLETTA SUPERIORE

Si verifica a punzonamento la soletta da 20 cm di spessore gettata in opera sui blocchi di alleggerimento in EPS per il carico di 150 kN su impronta 40cm x 40cm – schema di carico 3

Perimetro critico:

20 cm soletta ( $h' = 17$  cm)

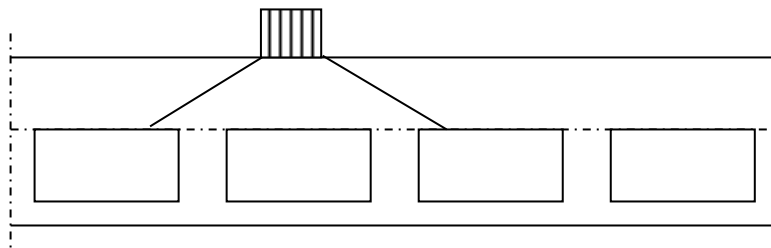
$1.5d = 1.5 \times 17 = 25.5$  cm



La larghezza di diffusione del carico entro lo spessore della soletta vale:

$b = 40 + 2 \times 25.5 = 91$  cm, pari all'interasse tra due nervature successive.

In tali condizioni non si instaura un effetto di punzonamento, in quanto il carico è portato direttamente dalle nervature.



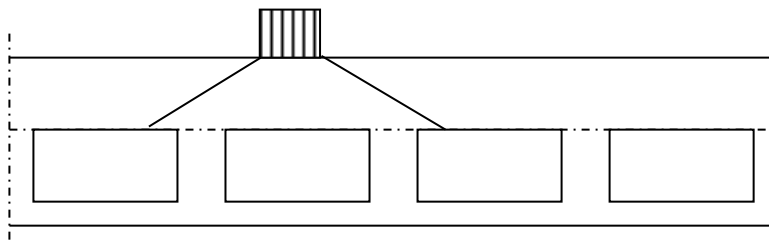
- **Verifica flessione della soletta:**

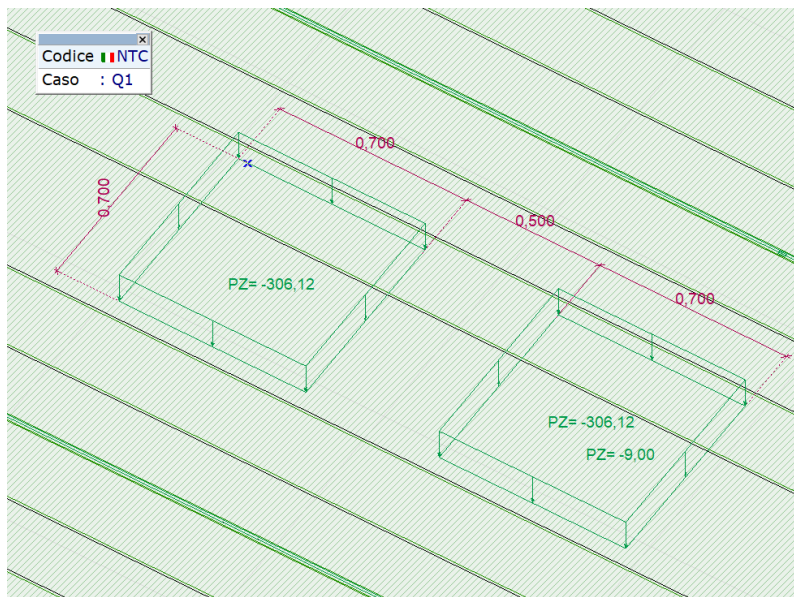
**Analisi dei carichi:**

- G1 – carico permanente - peso proprio considerando il peso specifico del c.a. pari a  $25 \text{ kN/m}^3$
- G2 – sovraccarico permanente -  $6 \text{ kN/m}^2$
- Q – sovraccarico variabile -  $2 \times 150 \text{ kN}$  interasse 120cm su impronta 40cm x 40cm

Considerando una diffusione dei carichi a  $45^\circ$  su una soletta da 20cm risulta un carico distribuito

$$q = 150 / 0,70 / 0,70 = 306,12 \text{ kN/m}^2$$

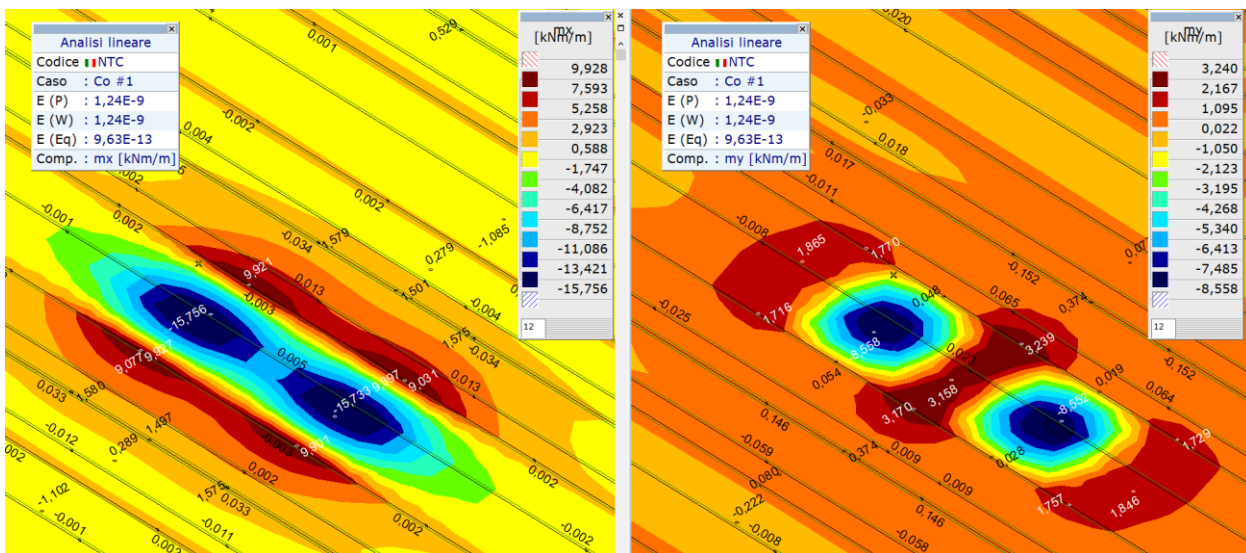




### Sollecitazioni di calcolo

Vengono prima riportati i diagrammi relativi all'intera soletta, dai quali è possibile identificare le aree maggiormente sollecitate;

Combinazioni  $SLU_{STR} : 1.35G1+1.5G2+1.35Q$

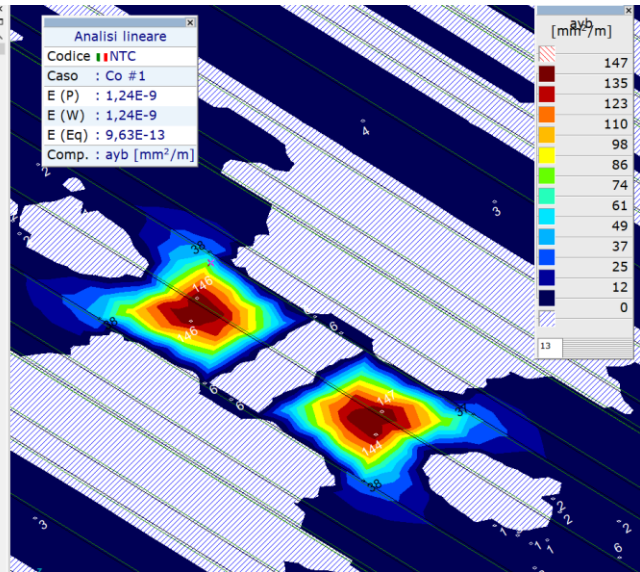
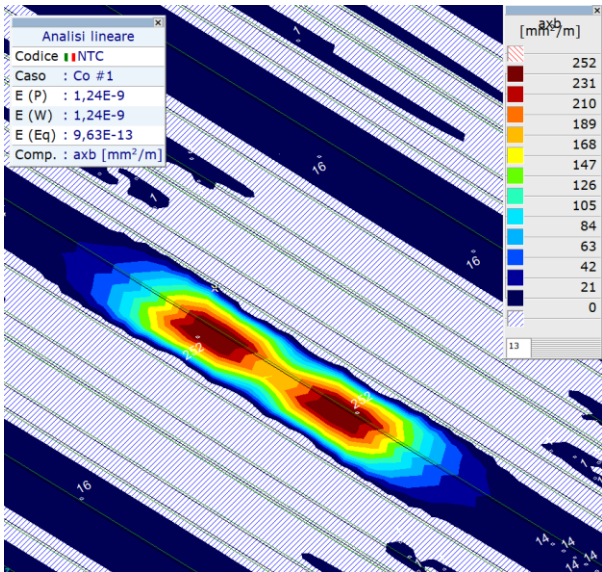


### Armature minime a flessione

Di seguito si riportano i diagrammi con indicazione dell'armatura minima da disporre per ottenere una verifica a flessione positiva.

Armature minime inferiori:

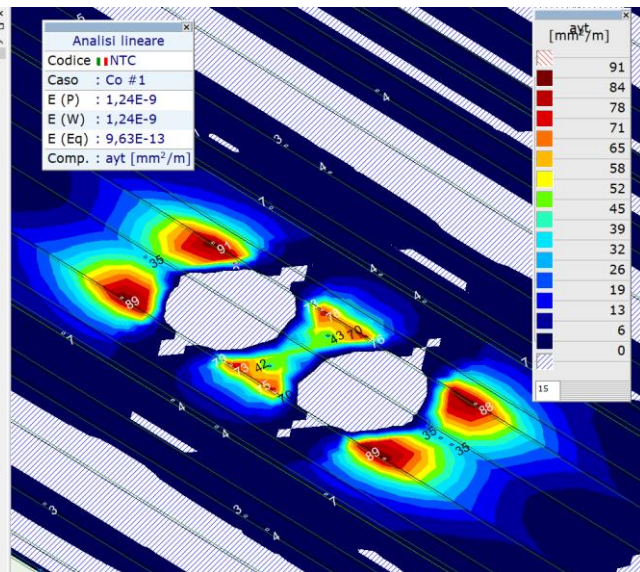
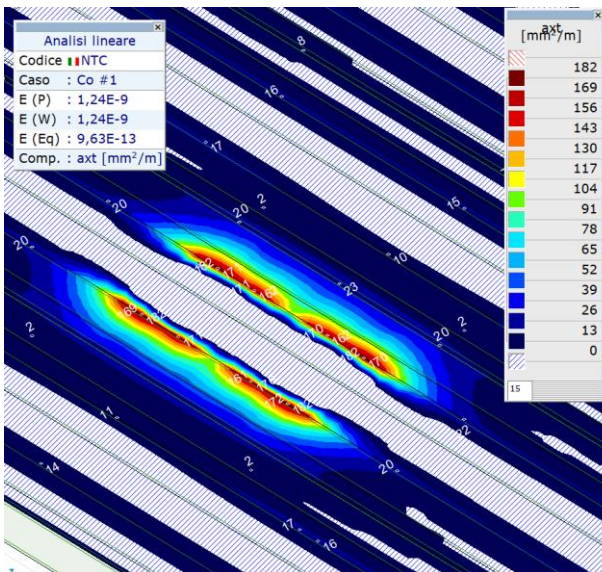




$$a_{xb,min}=252\text{mm}^2 < a_{xb,ef}=1539\text{ mm}^2 (10\text{Ø}14/\text{m})$$

$$a_{yb,min}=147\text{ mm}^2 < a_{yb,ef}=393\text{ mm}^2 (5\text{Ø}10/\text{m})$$

Armature minime superiori:



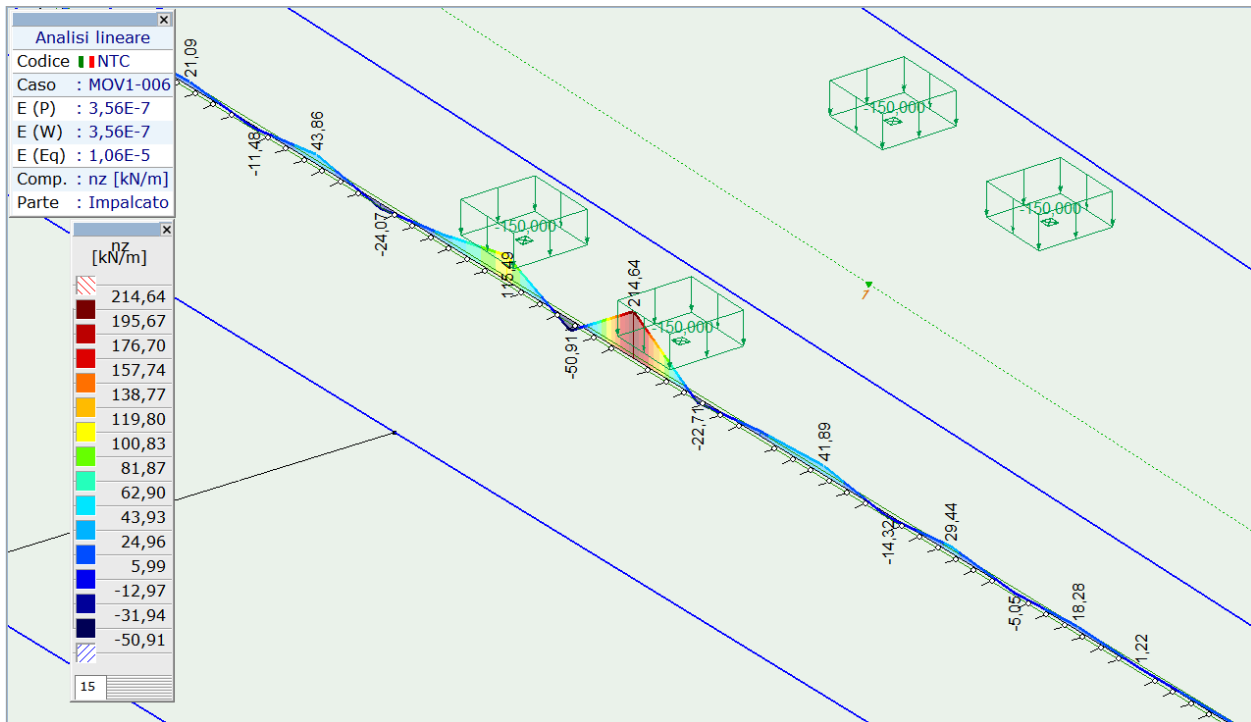
$$a_{xt,min}=182\text{mm}^2 < a_{xt,ef}=1131\text{ mm}^2 (10\text{Ø}12/\text{m})$$

$$a_{yt,min}=91\text{mm}^2 < a_{yt,ef}=393\text{ mm}^2 (5\text{Ø}10/\text{m})$$

#### 4.5.9 GIUNTO TECNICO

Gli sforzi di taglio nel giunto vengono assorbiti da barre  $\varnothing 26$  passo 30cm. Si conduce una verifica a taglio delle barre.

Taglio massimo schema di carico 1:



[I], > Giunto tecnico, Lineare, Schema 1, Vz, Diagramma

Taglio massimo schema di carico 1:

Lo sforzo di taglio massimo risulta:

$$V_b = 1.5 \times 0 + 1.5 \times 214.64 = 321,96 \text{ daN}$$

Quindi per ogni barra  $\varnothing 26$  il taglio vale:

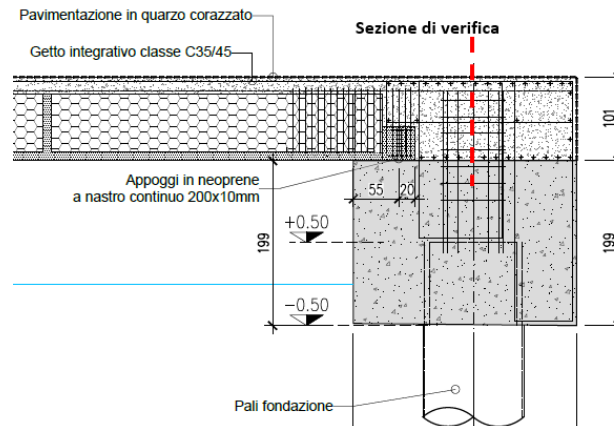
$$V_{Ed} = V_b \times 30 / 100 = 96,59 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = A_s f_{yd} / \sqrt{3} = 5.31 \times 39.13 / \sqrt{3} = 119.96 \text{ kN} > V_{Ed}$$

#### 4.5.10 CONTINUITA' CON I CORDOLI SUI DIAFRAMMI DI TESTA

Per il calcolo della continuità viene analizzata la struttura completa e collaborante dell'impalcato. Per gli effetti della continuità vengono aggiunte le armature a momento negativo verso i diaframmi e integrate quelle a taglio.

La verifica viene eseguita sulla sezione piena gettata in opera alta 100cm, per una larghezza unitaria di 100cm, in asse pali. Non si ha precompressione; data inoltre l'elevata elasticità dei pali gli effetti reologici a tempo finale e termici sono trascurabili.



##### 4.5.10.1 Verifiche a flessione:

##### Lastra tipo 1

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLU	SLU
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio	0,00	0,00	-74,52	-1021,69	<b>-1644,3</b>	<b>-657,7</b>

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]
1	100	100	1	38,01	3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -1.385 kNm

Materiali

B450C	C35/45
$\epsilon_{su}$ 67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391,3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3,5 ‰
$E_s$ 200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 19,83 ‰
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0,8
$\epsilon_{syd}$ 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13,5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0,8
	$\tau_{c1}$ 2,257

$\sigma_c$  -19,83 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  33,22 ‰  
d 97 cm  
x 9,247 w/d 0,09533  
 $\delta$  0,7

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

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
 Precompresso

$$M_{Rd} = 1385 \text{ kNm (10}\phi 22) > 657,7 \text{ kNm} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta}$$

• **Lastra tipo 4**

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLU	SLU
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	-7,85	-399,10	<b>-586,90</b>	<b>-234,8</b>

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm.]	d [cm]
1	100	100	1	19,01	3

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Materiali  
 B450C C35/45  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 19,83  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13,5  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,8  
 τ<sub>c1</sub> 2,257

M<sub>xRd</sub> -707 kN m  
 σ<sub>c</sub> -19,83 N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub> 3,39 ‰  
 ε<sub>s</sub> 67,5 ‰  
 d 97 cm  
 x 4,638 x/d 0,04782  
 δ 0,7

$M_{Rd} = 707 \text{ kNm/m (} 5\phi 22 \text{)} > 234.8 \text{ kNm/m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta}$

• **Lastra tipo 6**

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLU	SLU
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	62,19	348,88	<b>616,6</b>	<b>246,6</b>

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm.]	d [cm]
1	100	100	1	19,01	3

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>o</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

**Materiali**  
 B450C C35/45  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

$M_{Rd} = 707 \text{ kNm/m (5}\phi 22) > 246.6 \text{ kNm/m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta}$

• **Lastra tipo 7**

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLU	SLU
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	45,45	-460,90	<b>-623,2</b>	<b>-249,3</b>

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm <sup>2</sup> ]	d [cm]
1	100	100	1	19,01	3

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

**Materiali**  
 B450C C35/45  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  19,83  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13,5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,8  
 $\tau_{c1}$  2,257

**Lato acciaio - Acciaio snervato**  
 $M_{xRd}$  -707 kN m  
 $\sigma_c$  -19,83 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,39 ‰  
 $\epsilon_s$  67,5 ‰  
 d 97 cm  
 $x$  4,638  $x/d$  0,04782  
 $\delta$  0,7

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.   
 Calcola MRd  Dominio M-N   
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello   
  
 Precompresso

$M_{Rd} = 707 \text{ kNm/m (5}\phi 22) > 249.3 \text{ kNm/m} \Rightarrow \text{verifica soddisfatta}$

#### 4.5.10.2 Verifiche a fessurazione:

Per le verifiche a fessurazione viene impegnata la combinazione SLE frequente

$$SLE_F = G_1 + G_2 + P + \psi_{1,Qi} Q_k$$

$$\psi_{1,Qi} = 0.9$$

#### Lastra tipo 1

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLE	SLE
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	27,85	1021,69	<b>947,4</b>	<b>378,9</b>

$$M_{sd\ max,SLE} = 947,4\ kNm \Rightarrow 378,9\ kNm/m$$

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: **Lastra Tipo1**

N° strati barre: **1** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm.]	d [cm]
1	100	100	1	38,01	5

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

Diagramma della sezione trasversale con barre e centro di gravità.

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

Verifica  
 N° iterazioni: **4**  
 Precompresso

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N <sub>Ed</sub>	0	0	kN
M <sub>xEd</sub>	0	-378,9	kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0	

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

Materiali

B450C		C35/45	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm	$f_{cd}$	19,83
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	13,5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm	$\tau_{co}$	0,8
		$\tau_{c1}$	2,257

Calcoli:

$\sigma_c$  -3,19 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  116,2 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  0,5811 ‰  
 d 95 cm  
 x 27,7 x/d 0,2916  
 $\delta$  0,8045



Descrizione	Formule	Valore U.M.
<b>CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLE</b>		
<b>Dimensioni GEOMETRICHE</b>		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h =$	<b>1000 [mm]</b>
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b =$	<b>1000 [mm]</b>
Copriferro	$d' =$	<b>52 [mm]</b>
Altezza utile della sezione	$d =$	<b>948 [mm]</b>
Area dell'armatura tesa	$A_s =$	<b>3801 [mm<sup>2</sup>]</b>
Area dell'armatura compressa	$A's =$	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	$c =$	<b>40 [mm]</b>
Distanza tra i baricentri delle barre	$s =$	<b>100 [mm]</b>
Distanza massima di riferimento tra le barre	$S_{rif,max} =$	<b>260 [mm]</b>
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>		
<b>Momento sollecitante</b>	$M_{sd,max,SLE} =$	<b>378,9 [kNm]</b>
Durata del carico		<b>lunga [-]</b>
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x =$	<b>277,0 [mm]</b>
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s =$	<b>116,2 [MPa]</b>
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff} =$	<b>3,0 [MPa]</b>
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t =$	<b>0,4 [-]</b>
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	<b>130,00 [mm]</b>
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff} =$	<b>130000,00 [mm<sup>2</sup>]</b>
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff} =$	<b>0,02924 [-]</b>
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	<b>6,3 [-]</b>
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	<b>0,000322 [-]</b> <b>0,000491 [-]</b>
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq} =$	<b>24,00 [mm]</b>
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1 =$	<b>0,8 [-]</b>
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2 =$	<b>0,5 [-]</b>
	$k_3 =$	<b>3,4 [-]</b>
	$k_4 =$	<b>0,425 [-]</b>
Distanza massima tra le fessure	$S_{r,max} =$	<b>275,5 [mm]</b> <b>275,5 [mm]</b>
<b>Ampiezza delle fessure</b>	$w_k =$	<b>0,135 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	$w_{max} =$	<b>0,3 [mm]</b>
<b><math>w_k &lt; w_{max}</math> verifica soddisfatta</b>		





### Lastra tipo 4

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLE	SLE
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	7,85	399,10	<b>407,0</b>	<b>162,8</b>

$$M_{sd \max, SLE} = 407,0 \text{ kNm} \Rightarrow 162,8 \text{ kNm/m}$$

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: **Lastra Tipo4**

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm.]	d [cm]
1	19,01	5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

$N_{Ed}$	0	0	kN
$M_{xEd}$	0	-162,8	kNm
$M_{yEd}$	0	0	

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

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

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

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm  $f_{cd}$  19,83  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13,5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm  $\tau_{co}$  0,8  
 $\tau_{c1}$  2,257

$\sigma_c$  -1,793 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  97,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  0,4858 ‰  
d 95 cm  
x 20,6 x/d 0,2168  
 $\delta$  0,711

**Verifica**  
N° iterazioni: 5  
 Precompresso



Descrizione	Formule	Valore U.M.
<b>CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLE</b>		
<b>Dimensioni GEOMETRICHE</b>		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h =$	<b>1000</b> [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b =$	<b>1000</b> [mm]
Copriferro	$d' =$	<b>52</b> [mm]
Altezza utile della sezione	$d =$	<b>948</b> [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s =$	<b>1901</b> [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's =$	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	$c =$	<b>40</b> [mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	$s =$	<b>100</b> [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$S_{rif,max} =$	<b>260</b> [mm]
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>		
<b>Momento sollecitante</b>	$M_{sd,max,SLE} =$	<b>162,8</b> [kNm]
Durata del carico		<b>lunga</b> [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x =$	<b>206,0</b> [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s =$	<b>97,2</b> [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff} =$	<b>3,0</b> [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t =$	<b>0,4</b> [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	<b>130,00</b> [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff} =$	<b>130000,00</b> [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff} =$	<b>0,01462</b> [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	<b>6,3</b> [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	<b>0,000036</b> [-] <b>0,000491</b> [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq} =$	<b>24,00</b> [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1 =$	<b>0,8</b> [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2 =$	<b>0,5</b> [-]
	$k_3 =$	<b>3,4</b> [-]
	$k_4 =$	<b>0,425</b> [-]
Distanza massima tra le fessure	$S_{r,max} =$	<b>415,0</b> [mm] <b>415,0</b> [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	$w_k =$	<b>0,204</b> [mm]
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	$w_{max} =$	<b>0,3</b> [mm]
<b><math>w_k &lt; w_{max}</math> verifica soddisfatta</b>		

### Lastra tipo 6

Sollecitazioni di calcolo:

lastra	G1-p	G1-g	G2	q	SLE	SLE
$b = 2.50m$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm$	$kNm/m$
appoggio (0,6m)	0,00	0,00	62,19	348,88	<b>411,1</b>	<b>164,4</b>

$$M_{sd \max, SLE} = 411.1 kNm \Rightarrow 164.4 kNm/m$$

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: **Lastra Tipo6**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm.]	d [cm]
1	100	100	1	19,01	5

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 -164,4 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

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

**Materiali**  
 B450C C35/45  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm  $f_{cd}$  19,83  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13,5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm  $\tau_{co}$  0,8  
 $\tau_{c1}$  2,257

$\sigma_c$  -1,811 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  98,12 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  0,4906 ‰  
 d 95 cm  
 $x$  20,6  $x/d$  0,2168  
 $\delta$  0,711

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

**Verifica**  
 N° iterazioni:   
 Precompresso



Descrizione	Formule	Valore U.M.
<b>CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLE</b>		
<b>Dimensioni GEOMETRICHE</b>		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h =$	<b>1000</b> [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b =$	<b>1000</b> [mm]
Copriferro	$d' =$	<b>52</b> [mm]
Altezza utile della sezione	$d =$	<b>948</b> [mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s =$	<b>3801</b> [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's =$	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	$c =$	<b>40</b> [mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	$s =$	<b>100</b> [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	$S_{rif,max} =$	<b>260</b> [mm]
<b>Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente</b>		
<b>Momento sollecitante</b>	$M_{sd,max,SLE} =$	<b>164,4</b> [kNm]
Durata del carico		<b>lunga</b> [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	$x =$	<b>206,0</b> [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s =$	<b>98,1</b> [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff} =$	<b>3,0</b> [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t =$	<b>0,4</b> [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	<b>130,00</b> [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff} =$	<b>130000,00</b> [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff} =$	<b>0,02924</b> [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e =$	<b>6,3</b> [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	<b>0,000236</b> [-] <b>0,000491</b> [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq} =$	<b>24,00</b> [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1 =$	<b>0,8</b> [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2 =$	<b>0,5</b> [-]
	$k_3 =$	<b>3,4</b> [-]
	$k_4 =$	<b>0,425</b> [-]
Distanza massima tra le fessure	$S_{r,max} =$	<b>275,5</b> [mm] <b>275,5</b> [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	$w_k =$	<b>0,135</b> [mm]
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	$w_{max} =$	<b>0,3</b> [mm]
<b><math>w_k &lt; w_{max}</math> verifica soddisfatta</b>		

#### 4.5.10.3 Appoggi

Si riportano di seguito i carichi nominali massimi agenti agli appoggi. Data la tipologia di appoggio, costituita da lastra in neoprene da 10mm di spessore, larga 200mm e disposta lungo tutta la spalla, si ricavano le sollecitazioni per metro lineare.

Pressione sul neoprene

pressione limite  $\sigma_{v,lim} = 1.2 \times S \times G = 100 \text{ daN/cm}^2$

$S = \text{coefficiente di forma} = a \times b / [2 \times sp \times (a + b)] = 9.26$

$G = \text{modulo di elasticità tangenziale} = 9 \text{ daN/cm}^2$  (neoprene Shore A3 60)

ma  $\sigma_{v,lim}$  deve essere anche  $\leq 50 \text{ daN/cm}^2$

Larghezza	lastra	G1-p	G1-g	$Q_{max}$	$q_{max}$	$\sigma_v$
<i>m</i>		<i>kN</i>	<i>kN</i>	<i>kN</i>	<i>kN/m</i>	<i>daN/cm<sup>2</sup></i>
2,5	Tipo 1	90,78	88,70	233,3	93,33	<b>4,67</b>
2,5	Tipo 4	125,84	37,83	212,8	85,11	<b>4,26</b>
2,2	Tipo 6	120,09	35,64	202,4	92,02	<b>4,60</b>
2,5	Tipo 7	216,14	58,38	356,9	142,75	<b>7,14</b>

verifica:

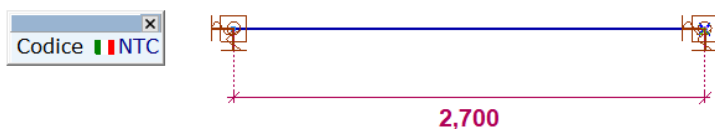
$\sigma_v = 7,14 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{v,lim}$

La verifica è per la fase di esecuzione, in quanto la funzione della lastra di neoprene è limitata al solo carico per peso proprio delle lastre più il getto in opera della soletta e dei traversi.

#### 4.5.11 TRAVI DI SUPPORTO DEI GRIGLIATI

Schema di calcolo:

Viene analizzata la trave considerando lo schema di calcolo in semplice appoggio, luce 2,7m, interasse travi 1,0m

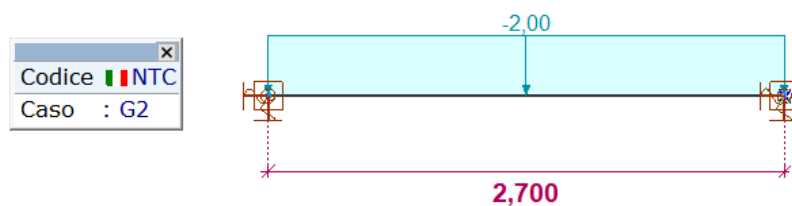


Carichi:

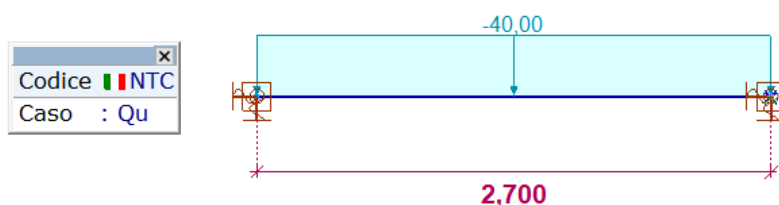
G1 – Peso proprio – calcolato in automatico del programma



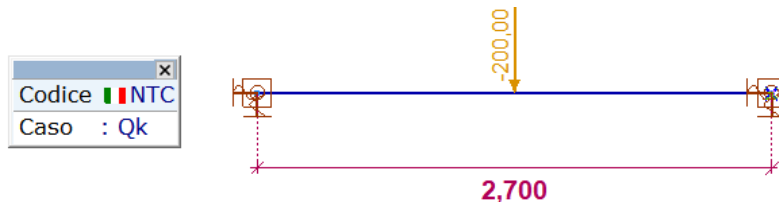
G2 – Sovraccarico permanente – peso grigliato 2kN/mq



Qu – Sovraccarico variabile uniforme – 40 kN/mq



Qu –Carico variabile puntuale in mezzeria – 200 kN

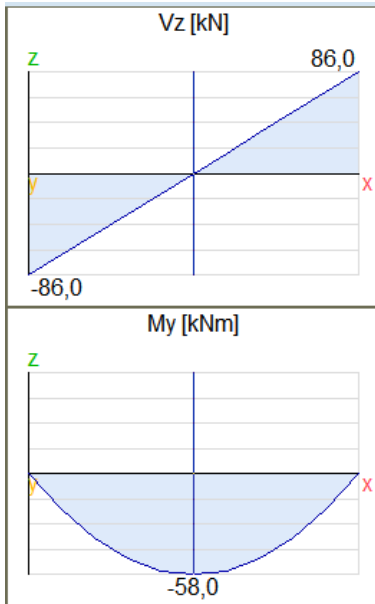




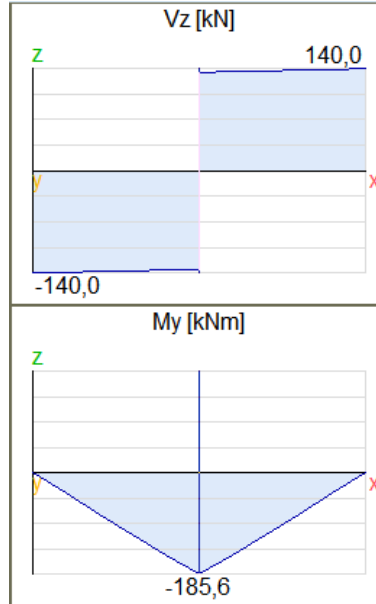
Combinazioni di carico personalizzate per casi di carico

	Nome	Tipo	G1	G2	Qu	Qk
1	Co #1	SLU	1,35	1,50	1,50	0
2	Co #2	SLU	1,35	1,50	0	1,35
3	Co #3	SLE Caratteristica	1,00	1,00	0	1,00
4	Co #4	SLE Caratteristica	1,00	1,00	1,00	0

Sollecitazioni di calcolo:

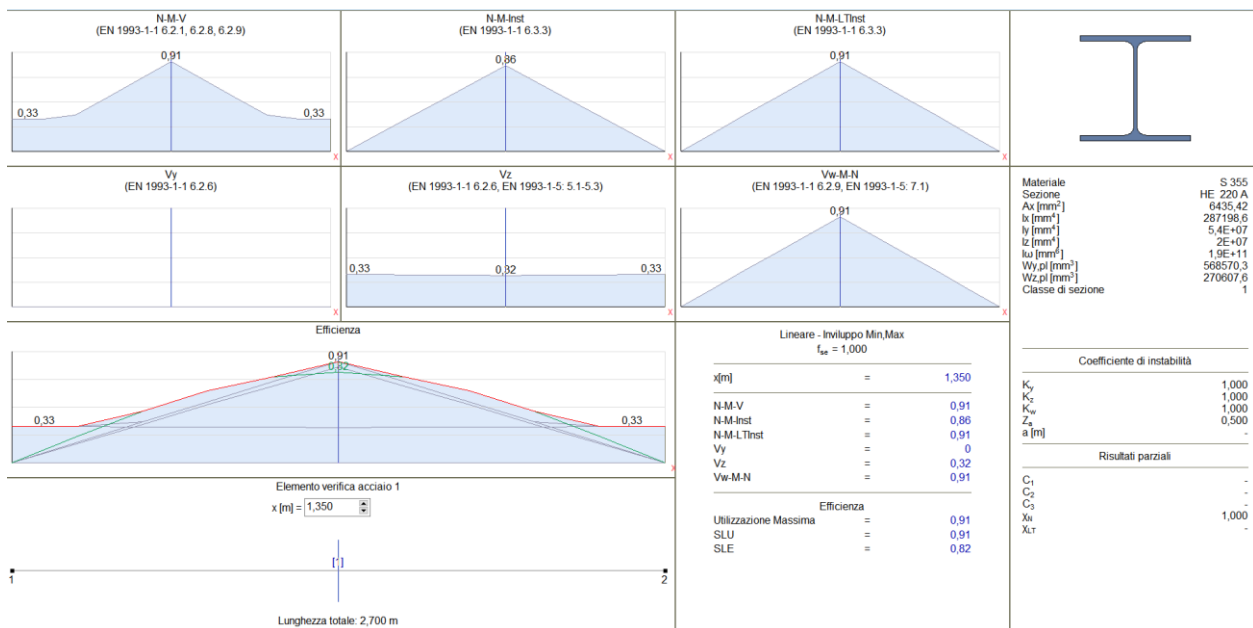


Combinazione 1



Combinazione 2

Efficienza massima:



Tasso di lavoro massimo.....91% < 100% OK

## VERIFICA DELL'ASTA IN ACCIAIO

Elemento di progetto: **1**

Nodi: **1-2**

Codice: **NTC (Italiane)**

Materiale: **S 355**

Sezione: **HE 220 A**

Caso di carico: **Lineare, Involuppo (Combinazioni di carico)**

Coefficiente per le forze sismiche: **1,0**

Classe di sezione: **1** (Progettazione in fase plastica)

### 1. Sforzo normale-Flessione-Taglio

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$$V_{z,Ed_7} = -135,00 \text{ kN} \quad M_{y,Ed_7} = -18559,34 \text{ kNcm} = -185,6 \text{ kNm}$$

$$\eta_{NMV_{pl}} = \max(\eta_N; \eta_{M_{y,pl}}; \eta_{M_{z,pl}}; \eta_{V_z}; \eta_{V_y}) = 91,0\% \quad \text{passato}$$

### 2. Sforzo normale-Flessione-Instabilità flessionale

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$$C_{m_y} = \max(0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{m_y}, 0,9 + 0,1 \cdot \alpha_{m_y}) = \max(0,95 + 0,05 \cdot 0,9 + 0,1 \cdot 0) = 0,95 \geq 0,4 \quad \text{Tabella B.3}$$

$$C_{m_z} = 1 \geq 0,4 \quad \text{Tabella B.3}$$

$$k_{yy} = C_{m_y} \cdot \left( 1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed_7}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} \right) = 0,95 \cdot \left( 1 + 0,185 \cdot \frac{\frac{|0|}{1 \cdot 2284,57}}{1} \right) = 0,95$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57 \quad \text{Tabella Annex B.1}$$

$$\chi_y = 1 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = 1 \quad (6.49)$$

$$\eta_{NMBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed_7}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed_7}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M_1}} = \frac{\frac{|0|}{1 \cdot 2284,57}}{1} + 0,95 \cdot \frac{\frac{|(-18559,34)|}{20397,05}}{1} = 86,4\% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed_7}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M_1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed_7}|}{M_{pl,Rd,y}}}{\gamma_{M_1}} = \frac{\frac{|0|}{1 \cdot 2284,57}}{1} + 0,57 \cdot \frac{\frac{|(-18559,34)|}{20397,05}}{1} = 51,9\% \quad (6.62)$$

$$\eta_{NMBuckl} = 86,4\% \quad \text{passato}$$



### 3. Sforzo normale-Flessione-Instabilità laterale torsionale

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$$N_{Ed_7} = 0 \text{ kN}$$

$$\eta_{NMLTBuckl} = \frac{M_{y,Ed_7}}{M_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed_7}}{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}}} = \frac{(-18559,34)}{20397,05} + \frac{0}{\frac{270,59 \cdot 35,50}{1}} = 91,0 \% \quad \text{passato}$$

### 4. Resistenza a taglio (y) della sezione trasversale:

EN 1993-1-1: 6.2.6

Combinazione critica: **Co #1**

Sezione critica:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 270,00 = 0$  cm

$$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 48,40 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_0}} = \frac{48,40 \cdot 35,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 992,00 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{|V_{y,Ed_1}|}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{|0|}{992,00} = 0 \% \quad (6.17) \quad \text{passato}$$

### 5. Resistenza instabilità taglio anima:

EN 1993-1-5: 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, Annex A: A.3

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 270,00 = 0$  cm

$$\eta_w = 1,2 \quad 5.2 (2) \text{ NOTE 2}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 21,00 - 2 \cdot 1,10 = 18,80 \text{ cm}$$

Nessun rinforzo  $\rightarrow k_\tau = 5,34 \quad (A.5)$

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \frac{31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\tau}}{\eta_w} \rightarrow V_{b,Rd} = V_{pl,Rd,z} = 423,94 = 423,94 \text{ kN} \quad (5.1 (2))$$

$$\eta_{V_w} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{b,Rd}} = \frac{|(-139,95)|}{423,94} = 33,0 \% \quad (5.10) \quad \text{passato}$$

### 6. Taglio-Flessione-Sforzo normale

EN 1993-1-1: 6.2.9; EN 1993-1-5: 7.1

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$$M_{f,Rd} = b \cdot t_f \cdot f_y \cdot (h - t_f) = 22,00 \cdot 1,10 \cdot 35,50 \cdot (21,00 - 1,10) = 17096,09 \text{ kNcm} = 171,0 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed_7} < 0,5 \cdot V_{bw,Rd} \rightarrow \eta_{V_wMN} = \frac{|M_{y,Ed_7}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-18559,34)|}{20397,05} = 91,0 \% \quad (7.1) \quad \text{passato}$$

## 7. Combinazione SLE (Stati Limite di Esercizio)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Combinazione critica: **Co #3**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 134,99$  cm

$$e_z = |e_{z,i} + u_z| = |(-0,74) + 0| = 0,74 \text{ cm}$$

$$e_{z,Limit} = \frac{L}{300,0} = \frac{270,00}{300,0} = 0,90 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0,74}{0,90} = 81,9 \%$$

$$\eta_{SLS} = \max(\eta_{e_z}) = \max(81,9) = 81,9 \% \quad \text{passato}$$

## Risultati parziali

### 8. Resistenza al carico assiale della sezione trasversale :

EN 1993-1-1: 6.2.4

Combinazione critica: **Co #1**

Sezione critica:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 270,00 = 0$  cm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{64,35 \cdot 35,50}{1} = 2284,57 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed1}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{|0|}{2284,57} = 0 \% \quad (6.9) \quad \text{passato}$$

### 9. Resistenza a flessione (yy) della sezione trasversale:

EN 1993-1-1: 6.2.5

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,30 \cdot L = 0,30 \cdot 270,00 = 81,00$  cm

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{574,56 \cdot 35,50}{1} = 20397,05 \text{ kNcm} = 204,0 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed4}|}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{|(-11215,85)|}{20397,05} = 55,0 \% \quad (6.12) \quad \text{passato}$$

### 10. Resistenza a flessione (ZZ) della sezione trasversale:

EN 1993-1-1: 6.2.5

Combinazione critica: **Co #1**

Sezione critica:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 270,00 = 0$  cm

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{270,59 \cdot 35,50}{1} = 9606,11 \text{ kNcm} = 96,1 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed_1}|}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{|0|}{9606,11} = 0\% \quad (6.12) \quad \text{passato}$$

### 11. Resistenza a taglio (z) della sezione trasversale :

EN 1993-1-1: 6.2.6

Combinazione critica: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 270,00 = 0$  cm

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 20,68 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{20,68 \cdot 35,50}{\sqrt{3} \cdot 1} = 423,94 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{pl,Rd,z}} = \frac{|(-139,95)|}{423,94} = 33,0\% \quad (6.17) \quad \text{passato}$$

### 12. Verifica di interazione flessione - taglio

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Combinazione critica per interazione N-M-V: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$V_{z,Ed_7} = -135,00 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,z}/2 = 211,97 \text{ kN} \rightarrow$  L'effetto della forza di taglio sul momento resistente è trascurabile. 6.2.8 (2)

$V_{y,Ed_7} = 0 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd,y}/2 = 496,00 \text{ kN} \rightarrow$  L'effetto della forza di taglio sul momento resistente è trascurabile.

6.2.8 (2)

### 13. Verifica di interazione forza assiale - flessione

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9

Combinazione critica per interazione N-M-V: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

$$n = \frac{|N_{Ed_7}|}{N_{pl,Rd}} = \frac{0}{2284,57} = 0\% \leq 25\%$$

$$|N_{Ed_7}| = 0 \text{ kN} \leq N_{Rd,w}/2 = \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{2 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{18,80 \cdot 0,70 \cdot 35,50}{2 \cdot 1} = 233,59 \text{ kN}$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{y,V,Rd} = 20397,05 = 20397,05 \text{ kNcm} = 204,0 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{z,V,Rd} = 9606,11 = 9606,11 \text{ kNcm} = 96,1 \text{ kNm}$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{M_{y,Ed_7}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{(-18559,34)}{20397,05} = 91,0\%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{M_{z,Ed_7}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{0}{9606,11} = 0\%$$

$$\alpha_{MN} = 2$$

$$\beta_{MN} = \max(5 \cdot n / 100; 1) = \max(5 \cdot 0 / 100; 1) = 1$$

$$\eta_{MN,3} = \left( \frac{M_{y,Ed,7}}{M_{N,y,Rd}} \right)^{\alpha_{MN}} + \left( \frac{M_{z,Ed,7}}{M_{N,z,Rd}} \right)^{\beta_{MN}} = \left( \frac{-18559,34}{20397,05} \right)^2 + \left( \frac{0}{9606,11} \right)^1 = 82,8 \% \quad (6.41)$$

$$\eta_{MN} = \max(\eta_{MN,1}; \eta_{MN,2}; \eta_{MN,3}; \eta_N) = \max(91,0; 0; 82,8; 0) = 91,0 \% \quad \text{passato}$$

#### 14. Resistenza instabilità flessionale:

EN 1993-1-1: 6.3.1

Combinazione critica per interazione N-M-Instab. flessionale: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

Lo sforzo normale risulta pari a zero lungo l'elemento progettato.

$$\rightarrow \chi_y = 1 \quad \chi_z = 1 \quad \chi_{TF} = 1 \rightarrow \chi = 1$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1 \cdot 64,35 \cdot 35,50}{1} = 2284,57 \text{ kN}$$

$$\eta_{N_b} = \frac{|N_{Ed,7}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|0|}{2284,57} = 0 \% \quad (6.46) \quad \text{passato}$$

#### 15. Resistenza instabilità laterale-torsionale:

EN 1993-1-1: 6.3.2

Combinazione critica per interazione N-M-Instabilità laterale torsionale: **Co #2**

Sezione critica:  $x = 0,50 \cdot L = 0,50 \cdot 270,00 = 135,00$  cm

Impostazione utente: L'elemento di progetto è sufficientemente vincolato contro l'instabilità laterale torsionale.

$$\rightarrow \chi_{LT} = 1$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1 \cdot 574,56 \cdot 35,50}{1} = 20397,05 \text{ kNcm} = 204,0 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

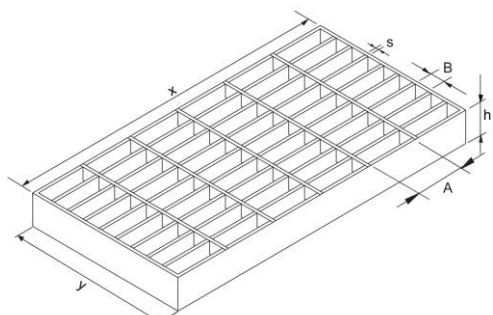
$$\eta_{M_b} = \frac{|M_{y,Ed,7}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|(-18559,34)|}{20397,05} = 91,0 \% \quad (6.54) \quad \text{passato}$$

#### 4.5.12 VERIFICA DEI GRIGLIATI DI COPERTURA

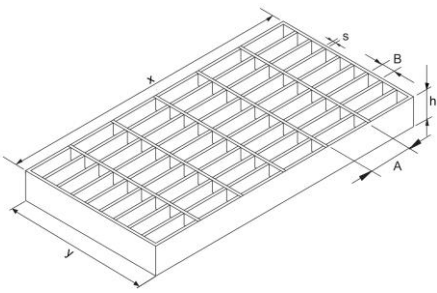
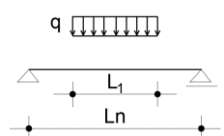
I grigliati di copertura vengono analizzati utilizzando due schemi di carico variabili:

- Caso 1: Carico uniforme cat. E:  $Q_1 = 40 \text{ kN/mq}$
- Caso 2: Carico stradale schema di carico 2:  $Q_{ak} = 2 \times 200 \text{ kN} / 0,35 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$

##### Verifica grigliato caso 1:

Indice	Descrizione	Formule	Valore	U.M.
	Carico dinamico uniforme distribuito (classe 1)	$Q =$	<b>40,00</b>	$\text{kN/m}^2$
	Luce netta tra gli appoggi	$L_n =$	<b>1,00</b>	$m$
	Grigliato tipo Keller		<b>120 x 5 – 25x76</b>	
				
		$h =$	<b>120</b>	$mm$
		$s =$	<b>5</b>	$mm$
		$B =$	<b>25</b>	$mm$
		$A =$	<b>76</b>	$mm$
	Modulo di resistenza	$W =$	<b>12000,0</b>	$mm^3$
	Modulo di inerzia	$J =$	<b>720000,0</b>	$mm^3$
	Numero barre portanti in 1 metro di larghezza	$N =$	<b>40,00</b>	-
	Materiale		<b>S235JR</b>	
	Coefficiente di sicurezza per le sezioni lorde	$\gamma_{M0} =$	<b>1,05</b>	-
	Resistenza nominale di snervamento	$f_{yk} =$	<b>235</b>	$N/mm^2$
	Modulo di elasticità	$E =$	<b>210000</b>	$N/mm^2$
		$\sigma_c = f_{yk} / \gamma_{M0} =$	<b>223,81</b>	$N/mm^2$
	Verifica SLU			
	Coefficiente	$\gamma_{Q1} =$	<b>1,50</b>	-
	Carico amplificato	$Q_1 = Q \cdot \gamma_{Q1} =$	<b>60,00</b>	$\text{kN/m}^2$
	Carico su una barra portante	$q_1 = Q_1 \cdot 1 / N =$	<b>1,50</b>	$\text{kN/m}$
	Momento flettente	$M = q_1 \cdot L_n^2 / 8 =$	<b>0,188</b>	$\text{kNm}$
		$\sigma = M / W =$	<b>15,625</b>	$N/mm^2$
	Verifiche	$\sigma / \sigma_c =$	<b>0,070</b>	<b>&lt; 1 OK</b>
	Verifica SLE			
	Coefficiente	$\gamma_{Q1} =$	<b>1,00</b>	-
	Carico amplificato	$Q_1 = Q \cdot \gamma_{Q1} =$	<b>40,00</b>	$\text{kN/m}^2$
	Carico su una barra portante	$q = Q \cdot 1 / N =$	<b>1,00</b>	$\text{kN/m}$
	Freccia elastica	$f = 5 \cdot q \cdot L_n^4 / 384 \cdot E \cdot J =$	<b>0,09</b>	$mm$
	Rapporto freccia / luce netta	$L_n / 200 =$	<b>5,00</b>	$mm$
	Verifiche	$f < L_n / 200 =$		<b>OK</b>

**Verifica grigliato caso 2:**

Indice	Descrizione	Formule	Valore	U.M.
	Carico dinamico di 200kN su impronta di 600x350mm	$P =$	<b>200,00</b>	<i>kN</i>
	Dim. impronta in direzione longitudinale	$L1 =$	<b>600</b>	<i>mm</i>
	Dim. impronta in direzione trasversale	$B1 =$	<b>350</b>	<i>mm</i>
	Luce tra gli appoggi	$L =$	<b>1,00</b>	<i>m</i>
	Luce netta di calcolo	$L_n =$	<b>0,88</b>	<i>m</i>
	Grigliato tipo Keller		<b>120x5-25x76</b>	
				
		$h =$	<b>120</b>	<i>mm</i>
		$s =$	<b>5</b>	<i>mm</i>
		$B =$	<b>25</b>	<i>mm</i>
		$A =$	<b>76</b>	<i>mm</i>
	Modulo di resistenza	$W =$	<b>12000,0</b>	<i>mm<sup>3</sup></i>
	Modulo di inerzia	$J =$	<b>720000,0</b>	<i>mm<sup>3</sup></i>
	Numero barre portanti in 1 metro di larghezza	$N / 1m =$	<b>40,00</b>	-
	Numero barre portanti / 0,35m	$n_{bp} =$	<b>15,00</b>	-
	Materiale		<b>S235JR</b>	
	Coefficiente di sicurezza per le sezioni lorde	$\gamma_{M0} =$	<b>1,05</b>	-
	Resistenza nominale di snervamento	$f_{yk} =$	<b>235</b>	<i>N/mm<sup>2</sup></i>
	Modulo di elasticità	$E =$	<b>210000</b>	<i>N/mm<sup>2</sup></i>
		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} =$	<b>223,81</b>	<i>N/mm<sup>2</sup></i>
	Verifica SLU			
	Coefficiente	$\gamma_{Qi} =$	<b>1,35</b>	-
		$\gamma_{G1} =$	<b>1,35</b>	-
	Carico su una barra portante	$q = P / (n_{bp} \times L1) =$	<b>22,22</b>	<i>kN/m</i>
				
	Momento flettente	$M_{Sd} = \gamma_{G1} \times M_{G1} + \gamma_{Qi} \times M_{Q1} =$	<b>2,62</b>	<i>kNm</i>
		$M_{Rd} = W \times f_{yk} / \gamma_{M0} =$	<b>2,69</b>	<i>kNm</i>
	Verifiche a flessione:	$M_{Sd} / M_{Rd} =$	<b>0,974 &lt; 1</b>	<b>OK</b>
	Taglio massimo sul appoggio	$V_{Sd} = \gamma_{G1} \times V_{G1} + \gamma_{Qi} \times V_{Q1} =$	<b>10,47</b>	<i>kN</i>
		$V_{pl.Rd} = A_v \times f_{yk} / \sqrt{3} \times \gamma_{M0} =$	<b>77,530</b>	<i>kN</i>
	Verifiche a taglio:	$V_{Sd} / V_{pl.Rd} =$	<b>0,135 &lt; 1</b>	<b>OK</b>
	Verifica SLE			
	Coefficiente	$\gamma_{Qi} =$	<b>1,00</b>	-
	Carico amplificato	$P_1 = P \cdot \gamma_{Qi} =$	<b>200,00</b>	<i>kN</i>
	Carico su una barra portante	$p = P / n_{bp} =$	<b>13,33</b>	<i>kN</i>
	Freccia elastica	$f = p \cdot L_n^3 / 48 \cdot E \cdot J =$	<b>1,25</b>	<i>mm</i>
	Verifiche	$f < 5 \text{ mm}$	<b>1,25 &lt; 5</b>	<b>OK</b>
	Rapporto freccia / luce netta	$L_n / 200 =$	<b>4,40</b>	<i>mm</i>
	Verifiche	$f < L_n / 200 =$	<b>OK</b>	



## 5 CONCLUSIONI

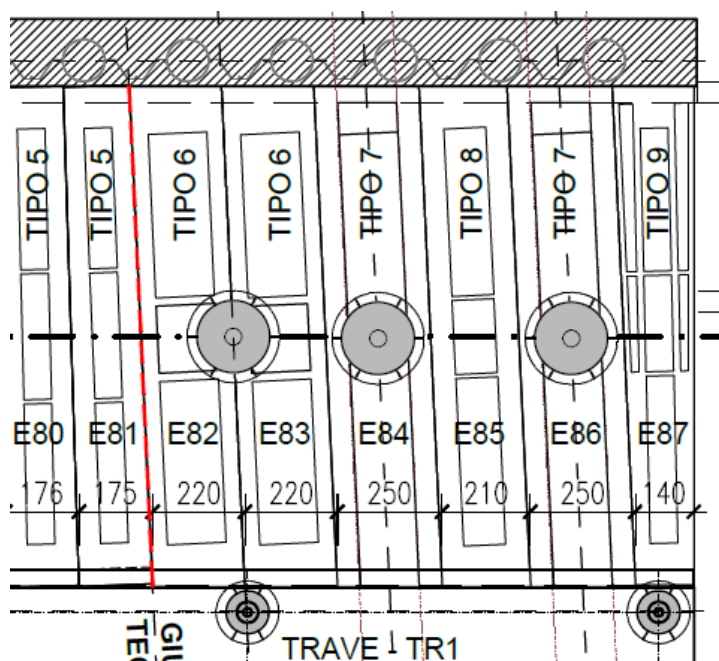
Visto l'esito positivo delle verifiche condotte sulle strutture – di cui al § 4 *Relazione di calcolo delle strutture* – si conclude che le opere risultano conformi alle prescrizioni delle norme di riferimento di cui al § 2 *Norme di riferimento*, e che possono quindi essere realizzate come previste dal presente progetto.

## 6 ADDENDUM

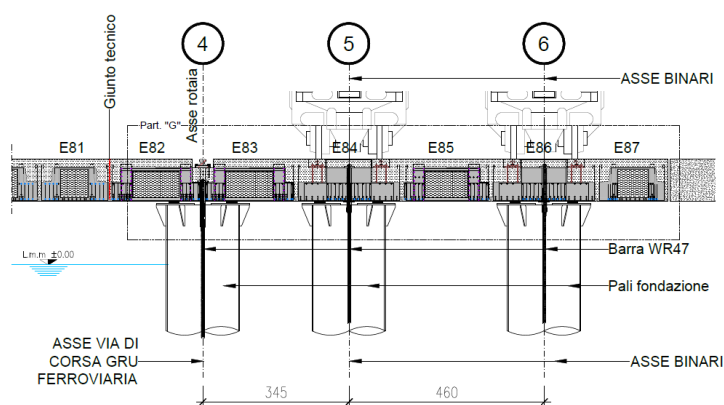
### 6.1 PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ADDENDUM

Il presente capitolo di Addendum è per chiarire la sequenza progettuale e le modalità costruttive delle lastre di impalcato della copertura del Fosso Melara che appoggiano in mezzzeria su pali di grande diametro.

Si tratta in particolare delle travi tipo 6 e tipo 7, numerate E82, E83, E84 e E86:



*planimetria delle travi in oggetto*



*sezione impalcato nella zona interessata*

Per quanto riguarda ogni dettaglio su normative, materiali, criteri di calcolo, analisi delle sollecitazioni e verifica delle sezioni si rimanda alla relazione di calcolo a cui il presente elaborato fa riferimento.



## 6.2 SEQUENZA DELLE VERIFICHE DI CALCOLO

Le lastre tipo 6 e tipo 7 sono state verificate nella relazione di calcolo della copertura del Fosso Melara ai paragrafi 4.5.4 e 4.5.5, come per tutte le altre tipologie, per i seguenti carichi:

G1-1 – Peso proprio della lastra;

G1-2 – Getto strutturale in opera di completamento della soletta;

G2 – Sovraccarico permanente;

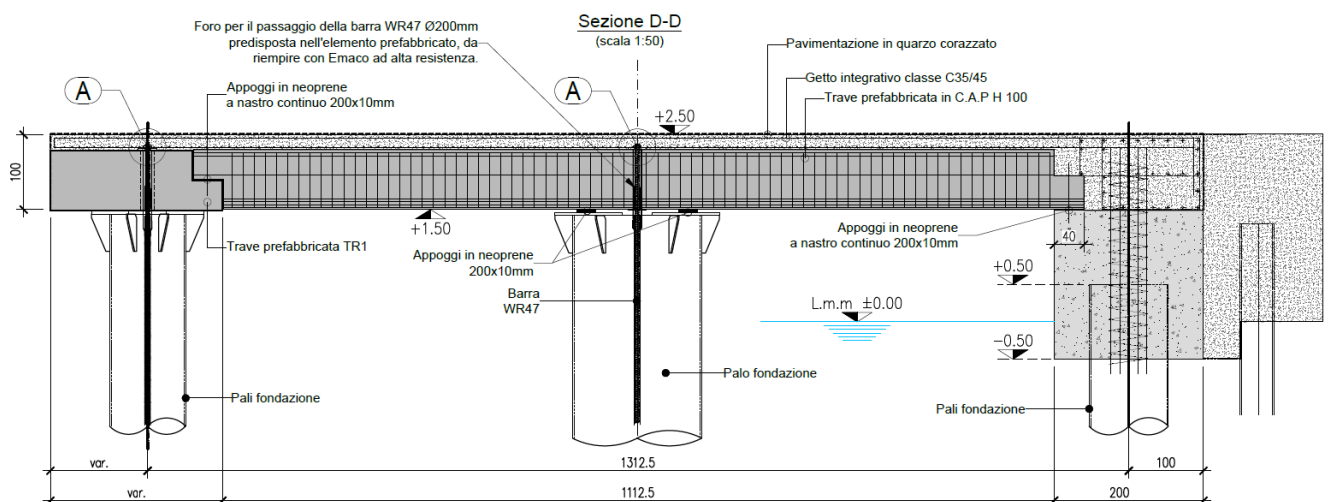
Q – Carichi variabili (gru a portale, carichi ferroviari).

Vengono condotte dapprima le verifiche allo Stato Limite Ultimo per flessione e taglio e successivamente le verifiche allo Stato Limite di Servizio per il controllo delle tensioni e delle eventuali fessurazioni e la verifica delle deformazioni.

Le lastre prefabbricate sono precomprese a trefoli aderenti, sono autoportanti e non hanno necessità di essere puntellate durante la costruzione della struttura. All'atto del trasferimento della precompressione, applicata in stabilimento, le lastre assumono una monta di costruzione di circa 5mm.

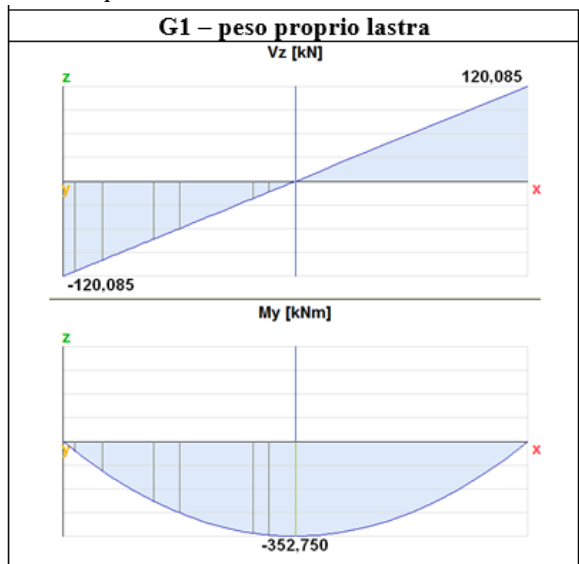
### 6.2.1 VARO DELLE LASTRE

Le lastre vengono varate in semplice appoggio alle due estremità: la testata Ovest poserà sulla trave di coronamento che sormonta il diaframma di pali metallici e palancole di confinamento del Fosso Melara, la testata Est andrà in appoggio sulla trave TR1 in corrispondenza della deviazione del fosso.

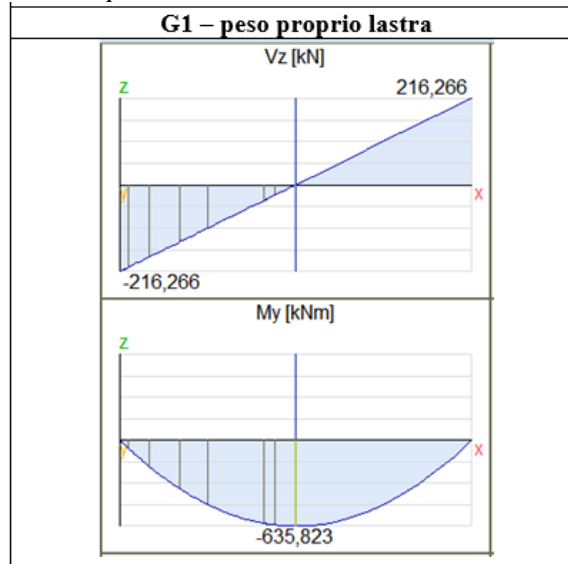


In questa fase, ancora provvisoria, le lastre risulteranno con vincolo isostatico alle due teste in quanto l'appoggio sul palo in mezzzeria sarà ancora scarico.

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7



(N.B.: il segno dei momenti segue la notazione americana, negativo se tende le fibre inferiori)

Prima di eseguire il varo sarà importante rilevare la quota degli appoggi e dell'estradosso del palo in quanto le lastre di neoprene da incollare sulla testa del palo dovranno saturare lo spessore della monta di costruzione e garantire il contatto lastra-palo.

### 6.2.2 GETTO IN OPERA DELLA SOLETTA STRUTTURALE DI COMPLETAMENTO

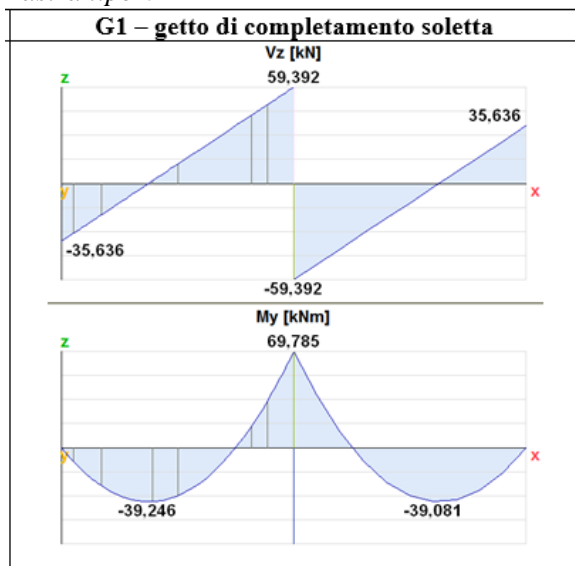
Completato il varo delle lastre si procede con la chiusura delle barre tipo Dywidag WR47 per garantire la formazione della cerniera di appoggio in mezzzeria. L'applicazione del carico di chiusura, dato il sicuro contatto sul palo di fondazione all'intradosso, non comporta sollecitazioni aggiuntive sulla lastra; è necessario per garantire l'ulteriore appoggio per i forti carichi mobili di transito e, allo stesso tempo, garantire l'assenza di battimenti tra lastra e palo.

Eseguita la chiusura delle barre si procede con il getto della soletta, nella conformazione prevista a progetto per ospitare le rotaie della gru e dei binari ferroviari.

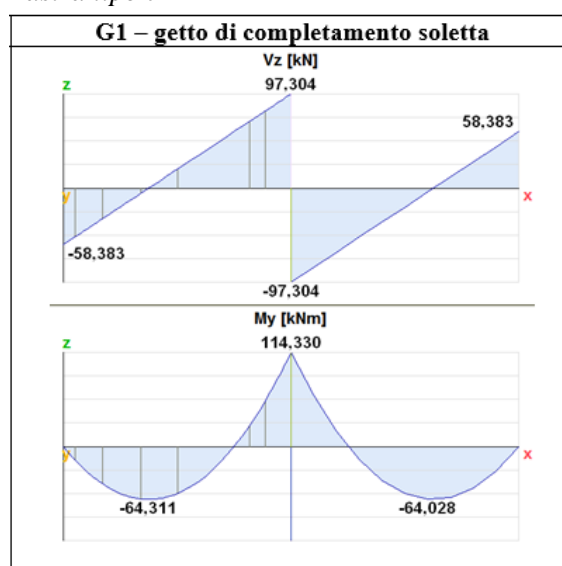
Il getto della soletta è un carico portato ancora dalle lastre prefabbricate, che ora però risultano vincolate su tre appoggi. Le lastre non sono ancora collaboranti tra loro in senso trasversale.

I diagrammi di sollecitazione per i due tipi di lastra, ricavati ancora dalla relazione di calcolo, sono riportati di seguito:

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7

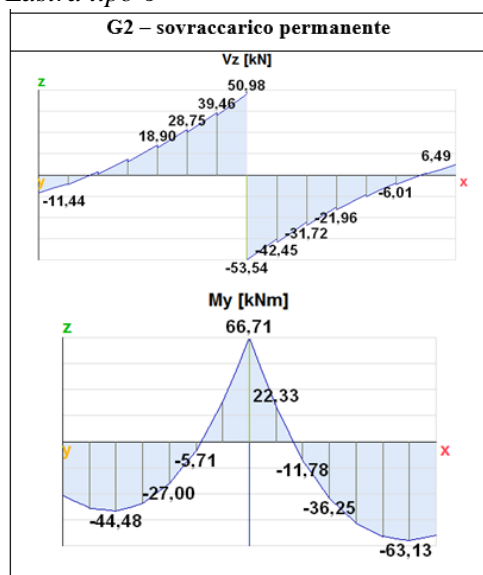


Da questo momento, maturati i getti, l'impalcato è costituito da una struttura omogenea monolitica, per cui tutti i successivi stati di sollecitazione sono ricavati dal modello di calcolo globale. Le lastre adiacenti presentano valori di inerzia di sezione prossimi ma differenti a quella delle sezioni in oggetto; i carichi mobili vengono distribuiti trasversalmente in funzione delle rigidezze di piano.

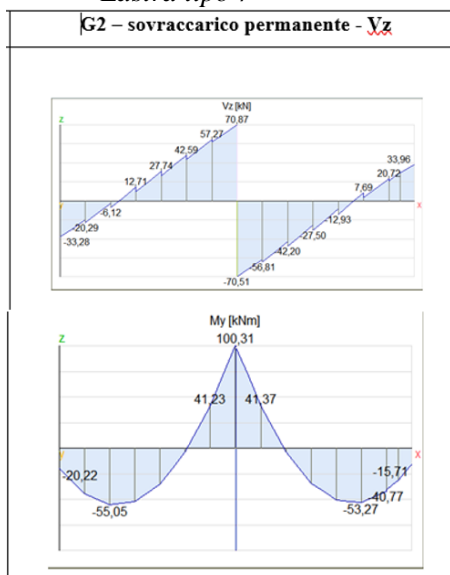
### 6.2.3 SOVRACCARICO PERMANENTE

I diagrammi del sovraccarico permanente ricalcano quelli del getto della soletta ma si differenziano per il fatto di presentare continuità strutturale con le opere di sostegno alle teste:

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7

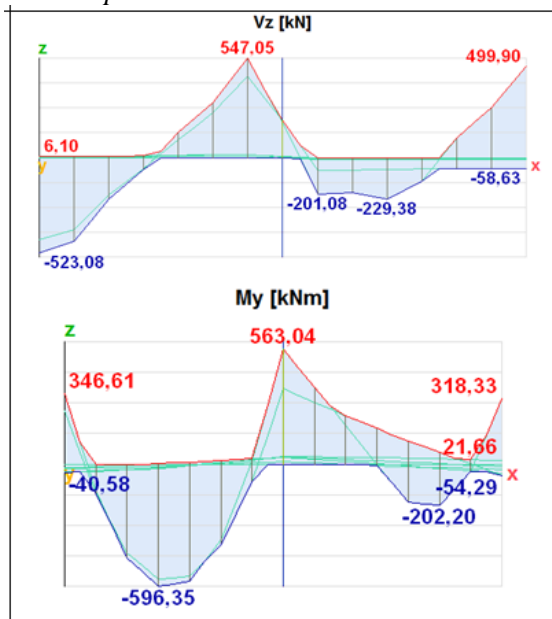


### 6.2.4 SOVRACCARICHI VARIABILI

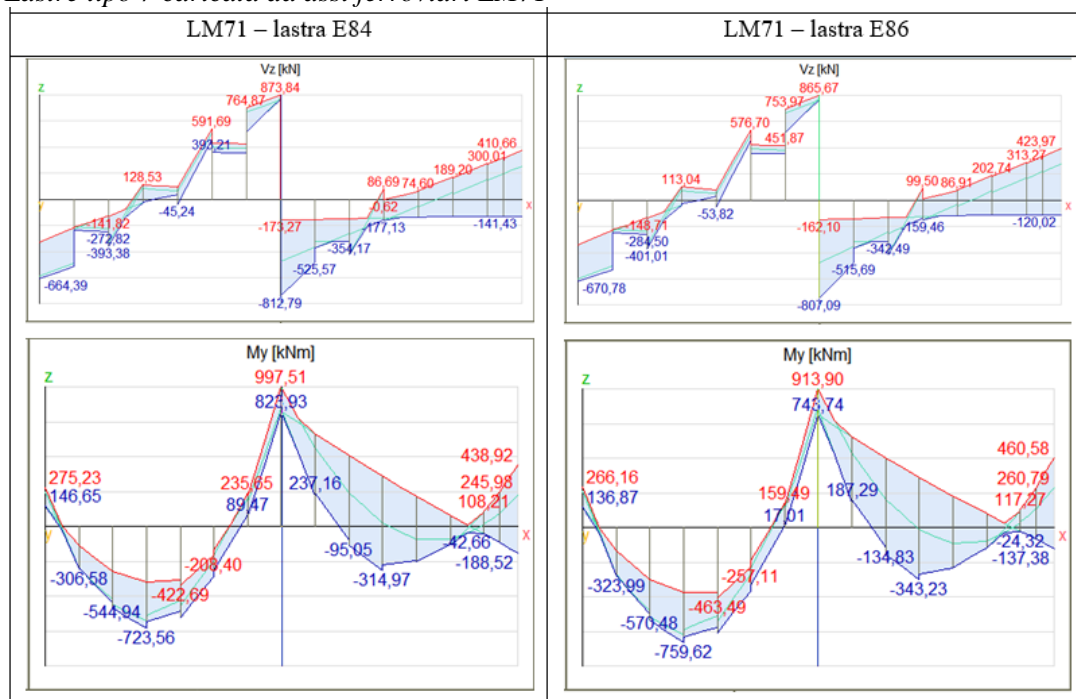
I carichi variabili sono carichi mobili dati da rulliere delle gru e da assi ferroviari, per cui per ogni lastra vengono analizzati diagrammi di involucro.

Anche per questi carichi gli stati di sollecitazione sono ricavati dal modello di calcolo globale sullo schema di impalcato vincolato in continuità alle teste con le strutture di supporto e incernierate in corrispondenza dei pali centrali:

Lastra tipo 6 caricata da rulliera a 6 ruote da 33 ton



Lastre tipo 7 caricata da assi ferroviari LM71



### 6.3 OPERATIVE DI COSTRUZIONE

Si riportano di seguito le modalità costruttive delle lastre di impalcato che si appoggiano anche in mezzeria su pali di grande diametro. La maggior parte della sequenza è valida anche per tutte le altre lastre, escludendo le operative che coinvolgono il vincolo in mezzeria.

Le operative partono dopo la maturazione della trave di coronamento che sormonta il diaframma di pali metallici e palancole di confinamento del Fosso Melara e dopo la posa e solidarizzazione della trave TR1 con i pali di fondazione e in continuità con la trave di coronamento.

- 1) Rilievo delle quote di estradosso delle travi di coronamento, della trave TR1 e dei pali centrali;
- 2) Misura della monta di costruzione delle lastre tipo 6 e 7 e calcolo del dislivello rispetto alle teste;
- 3) Posa delle lastre di neoprene di appoggio sui cordoli e sulla trave TR1;
- 4) Incollaggio con resina epossidica delle lastre di neoprene sui pali centrali, di spessore tale da collimare con l'intradosso delle lastre;
- 5) Varo in sequenza delle lastre prefabbricate. Le lastre, diversificate per tipologia di sezione ed entità di precompressione applicata, potranno presentare un lieve disallineamento delle quote di intradosso;
- 6) Intasamento con betoncino tipo EMACO dei fori di passaggio delle barre;
- 7) Predisposizione piastre e chiusura dei dadi delle barre tipo Dywidag WR47 al carico previsto a progetto;
- 8) Posa dei cavidotti dove previsto;
- 9) Posa delle armature di soletta e di integrazione delle travi di coronamento;
- 10) Posa in quota degli angolari metallici zancati per il supporto dei grigliati;
- 11) Getto di prima fase del calcestruzzo delle nervature tra le lastre a partire dalla mezzeria verso le teste, compresa quota delle travi di coronamento;
- 12) Getto conclusivo della soletta;
- 13) Stesa della superficie di finitura in quarzo corazzato.



PORTO DI LA SPEZIA - AMPLIAMENTO TERMINAL RAVANO  
COPERTURA FOSSO MELARA


Progetto  
Esecutivo

## REGIONE LIGURIA

### COMUNE DI LA SPEZIA

# PORTO MERCANTILE DELLA SPEZIA IMPALCATO DI COPERTURA DEL PROLUNGAMENTO DEL FOSSO MELARA

## ADDENDUM

					 Mestre Italia INGegneria Ing. Michele Defina Via Maravegia 3 30173 Mestre Venezia
0	Novembre 2022	Costruzione	M. Defina - MITING	M. Defina - MITING	
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Emesso per</b>	<b>Autore</b>	<b>Approvato</b>	



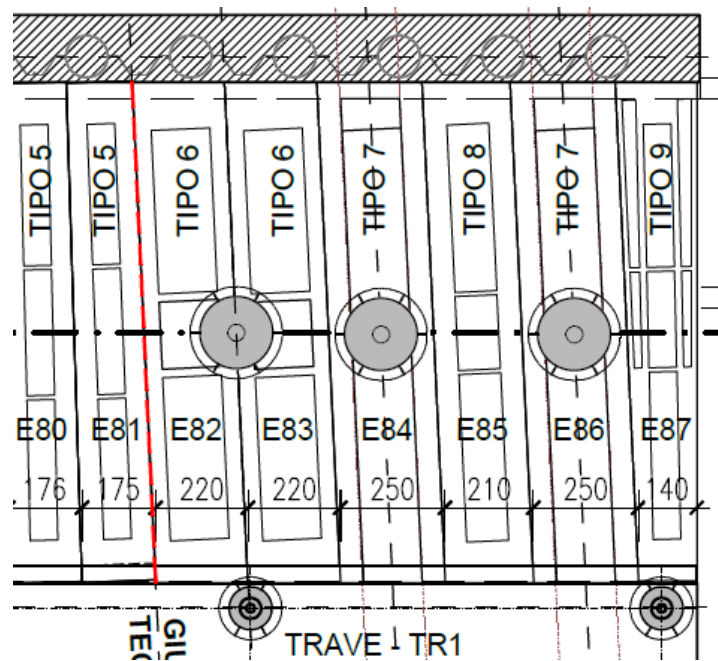
## SOMMARIO

<b>PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO .....</b>	<b>3</b>
<b>1 SEQUENZA DELLE VERIFICHE DI CALCOLO .....</b>	<b>4</b>
1.1 VARO DELLE LASTRE .....	4
1.2 GETTO IN OPERA DELLA SOLETTA STRUTTURALE DI COMPLETAMENTO .....	5
1.3 SOVRACCARICO PERMANENTE .....	6
1.4 SOVRACCARICHI VARIABILI .....	7
<b>2 OPERATIVE DI COSTRUZIONE .....</b>	<b>8</b>

**PREMESSA – OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO**

Si emette il presente elaborato per chiarire la sequenza progettuale e le modalità costruttive delle lastre di impalcato della copertura del Fosso Melara che appoggiano in mezzzeria su pali di grande diametro.

Si tratta in particolare delle travi tipo 6 e tipo 7, numerate E82, E83, E84 e E86:



*planimetria delle travi in oggetto*



*sezione impalcato nella zona interessata*

Per quanto riguarda ogni dettaglio su normative, materiali, criteri di calcolo, analisi delle sollecitazioni e verifica delle sezioni si rimanda alla relazione di calcolo a cui il presente elaborato fa riferimento.



## 1 SEQUENZA DELLE VERIFICHE DI CALCOLO

Le lastre tipo 6 e tipo 7 sono state verificate nella relazione di calcolo della copertura del Fosso Melara ai paragrafi 4.5.4 e 4.5.5, come per tutte le altre tipologie, per i seguenti carichi:

G1-1 – Peso proprio della lastra;

G1-2 – Getto strutturale in opera di completamento della soletta;

G2 – Sovraccarico permanente;

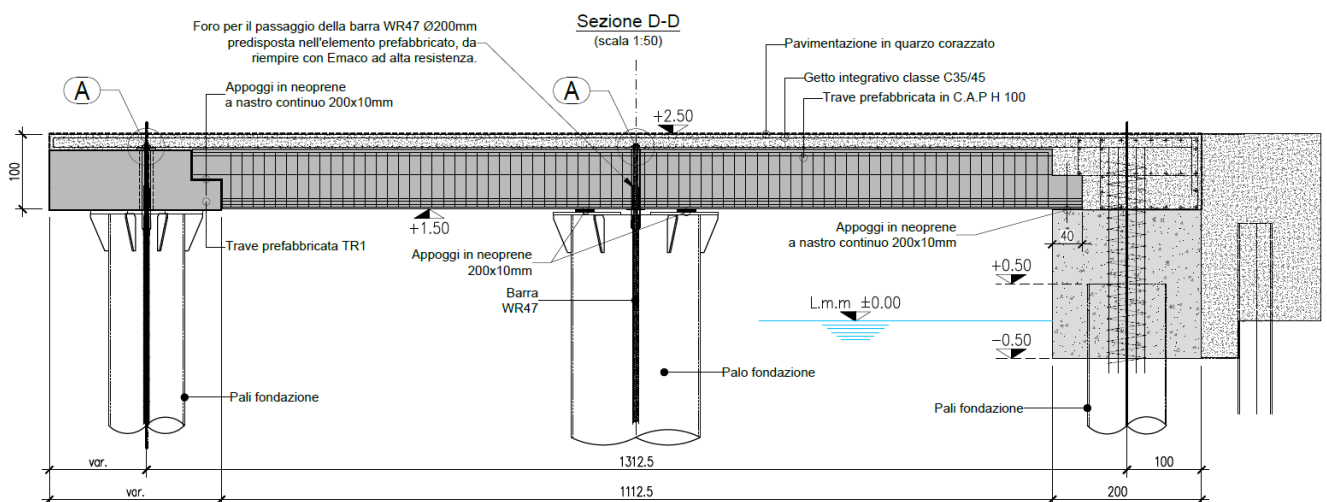
Q – Carichi variabili (gru a portale, carichi ferroviari).

Vengono condotte dapprima le verifiche allo Stato Limite Ultimo per flessione e taglio e successivamente le verifiche allo Stato Limite di Servizio per il controllo delle tensioni e delle eventuali fessurazioni e la verifica delle deformazioni.

Le lastre prefabbricate sono precomprese a trefoli aderenti, sono autoportanti e non hanno necessità di essere puntellate durante la costruzione della struttura. All'atto del trasferimento della precompressione, applicata in stabilimento, le lastre assumono una monta di costruzione di circa 5mm.

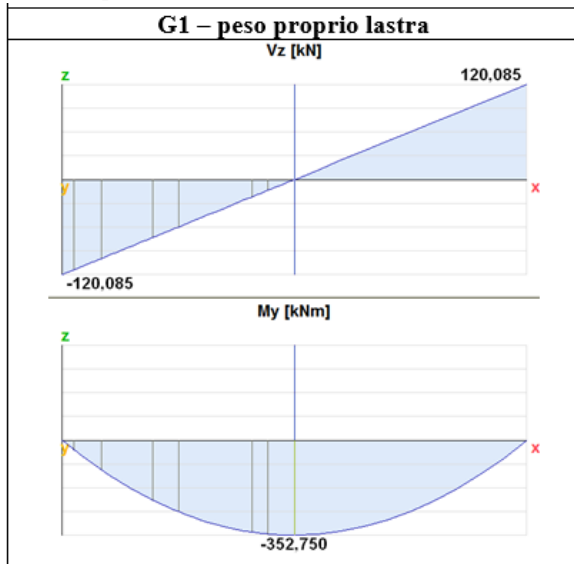
### 1.1 VARO DELLE LASTRE

Le lastre vengono varate in semplice appoggio alle due estremità: la testata Ovest poserà sulla trave di coronamento che sormonta il diaframma di pali metallici e palancole di confinamento del Fosso Melara, la testata Est andrà in appoggio sulla trave TR1 in corrispondenza della deviazione del fosso.

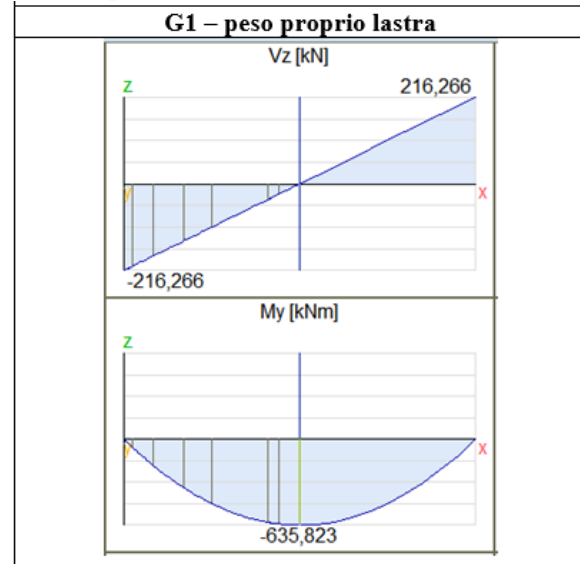


In questa fase, ancora provvisoria, le lastre risulteranno con vincolo isostatico alle due teste in quanto l'appoggio sul palo in mezzeria sarà ancora scarico.

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7



(N.B.: il segno dei momenti segue la notazione americana, negativo se tende le fibre inferiori)

Prima di eseguire il varo sarà importante rilevare la quota degli appoggi e dell'estradosso del palo in quanto le lastre di neoprene da incollare sulla testa del palo dovranno saturare lo spessore della monta di costruzione e garantire il contatto lastra-palo.

## 1.2 GETTO IN OPERA DELLA SOLETTA STRUTTURALE DI COMPLETAMENTO

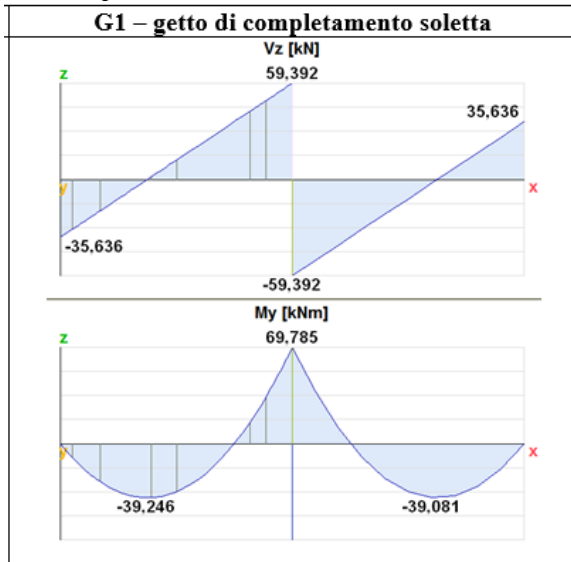
Completato il varo delle lastre si procede con la chiusura delle barre tipo Dywidag WR47 per garantire la formazione della cerniera di appoggio in mezzeria. L'applicazione del carico di chiusura, dato il sicuro contatto sul palo di fondazione all'intradosso, non comporta sollecitazioni aggiuntive sulla lastra; è necessario per garantire l'ulteriore appoggio per i forti carichi mobili di transito e, allo stesso tempo, garantire l'assenza di battimenti tra lastra e palo.

Eseguita la chiusura delle barre si procede con il getto della soletta, nella conformazione prevista a progetto per ospitare le rotaie della gru e dei binari ferroviari.

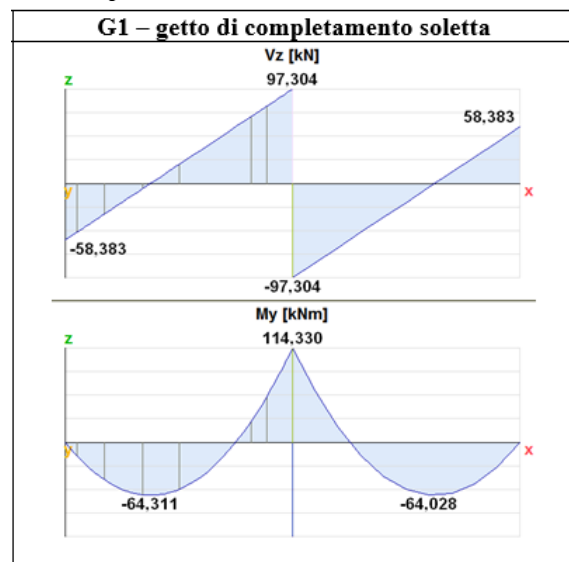
Il getto della soletta è un carico portato ancora dalle lastre prefabbricate, che ora però risultano vincolate su tre appoggi. Le lastre non sono ancora collaboranti tra loro in senso trasversale.

I diagrammi di sollecitazione per i due tipi di lastra, ricavati ancora dalla relazione di calcolo, sono riportati di seguito:

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7

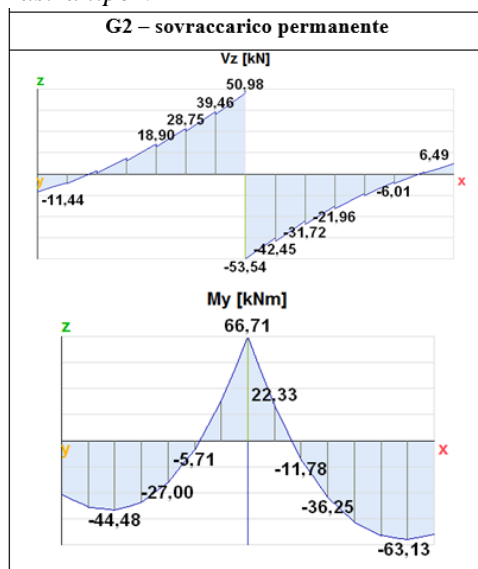


Da questo momento, maturati i getti, l'impalcato è costituito da una struttura omogenea monolitica, per cui tutti i successivi stati di sollecitazione sono ricavati dal modello di calcolo globale. Le lastre adiacenti presentano valori di inerzia di sezione prossimi ma differenti a quella delle sezioni in oggetto; i carichi mobili vengono distribuiti trasversalmente in funzione delle rigidezze di piano.

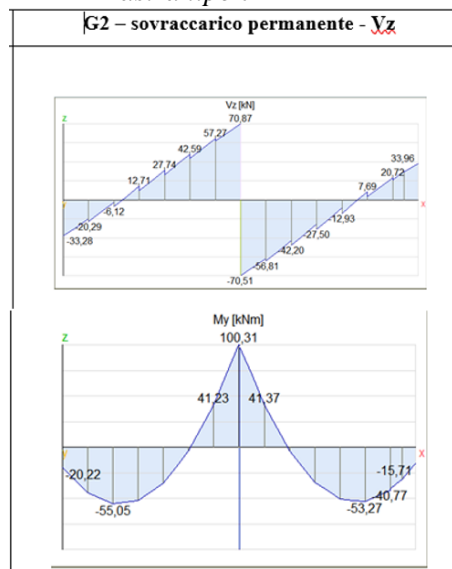
### 1.3 SOVRACCARICO PERMANENTE

I diagrammi del sovraccarico permanente ricalcano quelli del getto della soletta ma si differenziano per il fatto di presentare continuità strutturale con le opere di sostegno alle teste:

Lastra tipo 6



Lastra tipo 7

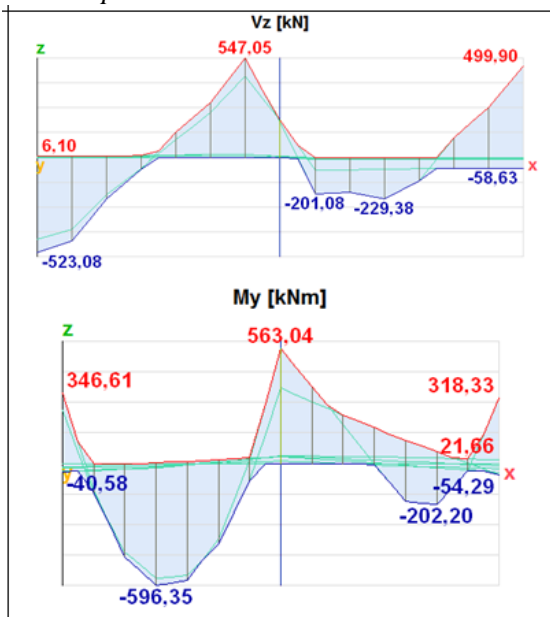


#### 1.4 SOVRACCARICHI VARIABILI

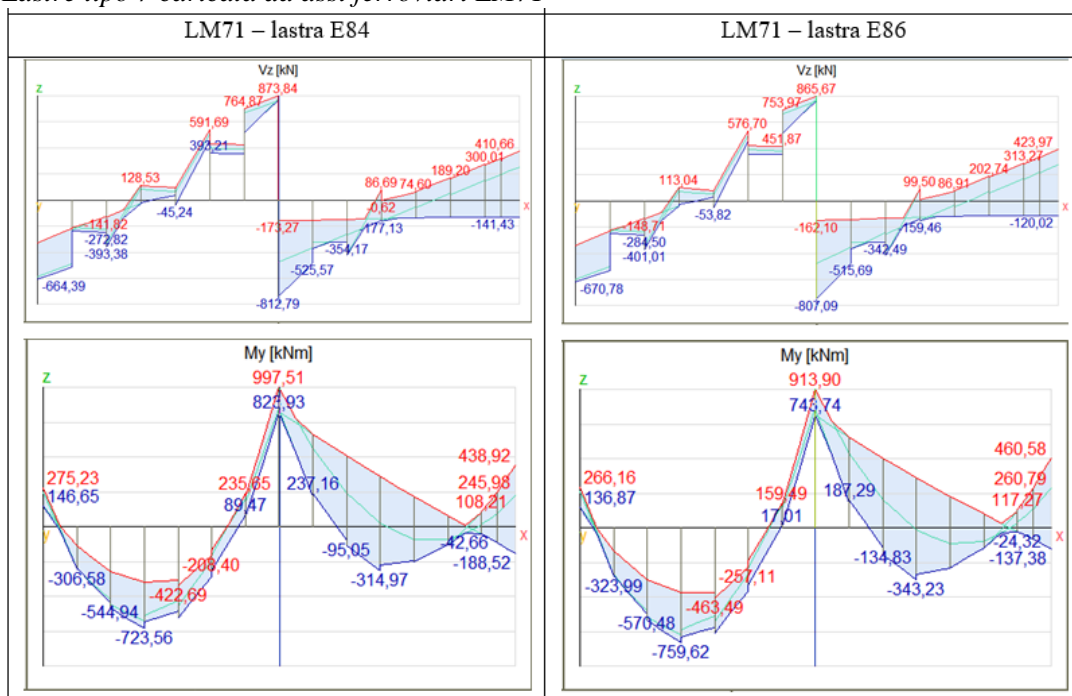
I carichi variabili sono carichi mobili dati da rulliere delle gru e da assi ferroviari, per cui per ogni lastra vengono analizzati diagrammi di involuppo.

Anche per questi carichi gli stati di sollecitazione sono ricavati dal modello di calcolo globale sullo schema di impalcato vincolato in continuità alle teste con le strutture di supporto e incernierate in corrispondenza dei pali centrali:

*Lastra tipo 6 caricata da rulliera a 6 ruote da 33 ton*



*Lastre tipo 7 caricata da assi ferroviari LM71*





## 2 OPERATIVE DI COSTRUZIONE

Si riportano di seguito le modalità costruttive delle lastre di impalcato che si appoggiano anche in mezzeria su pali di grande diametro. La maggior parte della sequenza è valida anche per tutte le altre lastre, escludendo le operative che coinvolgono il vincolo in mezzeria.

Le operative partono dopo la maturazione della trave di coronamento che sormonta il diaframma di pali metallici e palancole di confinamento del Fosso Melara e dopo la posa e solidarizzazione della trave TR1 con i pali di fondazione e in continuità con la trave di coronamento.

- 1) Rilievo delle quote di estradosso delle travi di coronamento, della trave TR1 e dei pali centrali;
- 2) Misura della monta di costruzione delle lastre tipo 6 e 7 e calcolo del dislivello rispetto alle teste;
- 3) Posa delle lastre di neoprene di appoggio sui cordoli e sulla trave TR1;
- 4) Incollaggio con resina epossidica delle lastre di neoprene sui pali centrali, di spessore tale da collimare con l'intradosso delle lastre;
- 5) Varo in sequenza delle lastre prefabbricate. Le lastre, diversificate per tipologia di sezione ed entità di precompressione applicata, potranno presentare un lieve disallineamento delle quote di intradosso;
- 6) Intasamento con betoncino tipo EMACO dei fori di passaggio delle barre;
- 7) Predisposizione piastre e chiusura dei dadi delle barre tipo Dywidag WR47 al carico previsto a progetto;
- 8) Posa dei cavidotti dove previsto;
- 9) Posa delle armature di soletta e di integrazione delle travi di coronamento;
- 10) Posa in quota degli angolari metallici zancati per il supporto dei grigliati;
- 11) Getto di prima fase del calcestruzzo delle nervature tra le lastre a partire dalla mezzeria verso le teste, compresa quota delle travi di coronamento;
- 12) Getto conclusivo della soletta;
- 13) Stesa della superficie di finitura in quarzo corazzato.