

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
PONTI E VIADOTTI  
PARTE GENERALE  
IMPALCATO  
Relazione di calcolo – impalcato 25m CAP con intervallata 4.50m**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA Iscritto all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: N. 4289	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data:			

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    Progr.    REV.    FOGLIO

I	N	1	7	1	0	E	I	2	C	L	V	I	0	0	0	5	0	0	2	B	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Apr.21	M. Proietti	Apr.21	G. Grimaldi	Apr.21	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI000001C	E.d.in	Gen.22	M. Proietti	Gen.22	G. Grimaldi	Gen.22	


CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710EI2CLVI0005002B
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## INDICE


1	PREMESSA .....	7
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
3.1	NORMATIVE .....	8
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	9
4	MATERIALI .....	10
4.1	CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRAVERSI .....	10
4.2	CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO .....	10
4.3	ACCIAIO PER C.A. ....	11
4.4	ACCIAIO PER C.A.P. ....	11
4.5	CLASSE DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI .....	12
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	13
6	ANALISI DEI CARICHI .....	15
6.1	CARPENTERIA DI BASE .....	15
6.2	PESO PROPRIO (G1) .....	16
6.3	PERMANENTI PORTATI (G2) .....	17
6.3.1	<i>Massicciata, armamento e impermeabilizzazione</i> .....	17
6.3.2	<i>Barriere antirumore</i> .....	17
6.3.3	<i>Impianti e canalette</i> .....	18
6.3.4	<i>Palo TE</i> .....	18
6.3.5	<i>Altre azioni permanenti</i> .....	19
6.4	AZIONI VARIABILI .....	20

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

6.4.1	<i>Treni di carico</i>	20
6.4.2	<i>Carichi sui marciapiedi</i>	26
6.4.3	<i>Effetti dinamici</i>	27
6.4.4	<i>Analisi dinamica</i>	27
6.4.5	<i>Coefficienti di incremento dinamico</i>	27
6.4.6	<i>Forza centrifuga</i>	28
6.4.7	<i>Serpeggio</i>	30
6.4.8	<i>Avviamento e frenatura</i>	31
6.5	AZIONI AMBIENTALI	32
6.5.1	<i>Variazione termica uniforme</i>	32
6.5.2	<i>Variazione termica non uniforme</i>	32
6.5.3	<i>Vento</i>	33
6.6	AZIONI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI	42
6.7	AZIONI ECCEZIONALI	43
6.7.1	<i>Azioni dovute al deragliament</i>	43
6.7.2	<i>Rottura della catenaria</i>	47
6.8	AZIONI INDIRETTE	48
6.8.1	<i>Ritiro</i>	48
6.8.2	<i>Viscosità</i>	51
6.8.3	<i>Rilassamento dei trefoli</i>	55
6.8.4	<i>Resistenze passive dei vincoli</i>	56
6.9	AZIONI SISMICHE	56

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B



6.9.1	<i>Inquadramento sismico</i> .....	57
6.9.2	<i>Definizione della domanda sismica</i> .....	60
7	<b>FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE</b> .....	63
7.1	<b>MODELLAZIONE: GENERALITÀ</b> .....	65
7.1.1	<i>Modello fase 0</i> .....	65
7.1.2	<i>Modello fase 1</i> .....	66
7.1.3	<i>Modello fase 2</i> .....	67
7.1.4	<i>Modello fase 3</i> .....	70
7.2	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	74
8	<b>EFFETTI GLOBALI - IMPALCATO</b> .....	77
8.1	<b>STATO LIMITE DI ESERCIZIO - SLE</b> .....	77
8.1.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	79
8.1.2	<i>Verifiche tensionali</i> .....	86
8.1.3	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	97
8.1.4	<i>Verifica in fase di sollevamento</i> .....	98
8.2	<b>STATO LIMITE ULTIMO - SLU</b> .....	100
8.2.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	100
8.2.2	<i>Verifiche a presso-flessione</i> .....	104
8.2.3	<i>Verifiche a taglio-torsione</i> .....	106
8.2.4	<i>Verifica scorrimento trave-soletta</i> .....	113
9	<b>TRAVERSI PRECOMPRESSI</b> .....	116
9.1	<b>SOLLECITAZIONI</b> .....	116

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

9.2	CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE .....	119
9.2.1	Sezione iniziale .....	119
9.2.2	Sezione composta – breve termine .....	120
9.2.3	Sezione composta – lungo termine .....	121
9.3	VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO – SLE .....	123
9.3.1	Verifiche tensionali.....	123
9.3.2	Verifica a fessurazione.....	130
9.3.3	Verifica a sollevamento.....	130
9.4	VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO - SLU .....	133
9.4.1	Verifiche a presso-flessione.....	133
9.4.2	Verifica a taglio .....	134
10	EFFETTI LOCALI.....	136
10.1	SOLETTA.....	136
10.1.1	Modellazione.....	136
10.1.2	Sollecitazioni.....	138
10.1.3	Sezione in mezzzeria.....	145
10.1.4	Sezione sullo sbalzo .....	156
10.1.5	Sezione sullo sbalzo con il montante barriera .....	167
10.1.6	Sezione sullo sbalzo con palo TE.....	179
10.2	CASSONCINO.....	199
10.2.1	Tasso di lavoro delle anime .....	199
10.2.2	Zona d'appoggio .....	202

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

10.2.3	<i>Bursting</i> .....	205
10.2.4	<i>Spalling</i> .....	208
10.2.5	<i>Spreading</i> .....	210
10.2.6	<i>Splitting</i> .....	211
10.2.7	<i>Calcolo dell'armatura inferiore all'appoggio</i> .....	211
10.2.8	<i>Sollevamento</i> .....	212
10.3	PREDALLES.....	213
10.3.1	<i>Predalla in campata</i> .....	215
10.3.2	<i>Predalla sullo sbalzo</i> .....	216
11	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....	217
11.1	ACCELERAZIONE VERTICALE DELL'IMPALCATO.....	217
11.2	VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO).....	217
11.3	INFLESSIONE NEL PIANO ORIZZONTALE DELL'IMPALCATO.....	217
11.4	INFLESSIONE NEL PIANO VERTICALE DELL'IMPALCATO.....	218
11.5	VERIFICA STATO LIMITE DI CONFORT.....	218
12	SCARICHI IMPALCATO.....	220
12.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SUGLI APPOGGI.....	220
12.2	VALUTAZIONE ESCURSIONE DEI GIUNTI.....	221
13	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008).....	223

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 1 PREMESSA

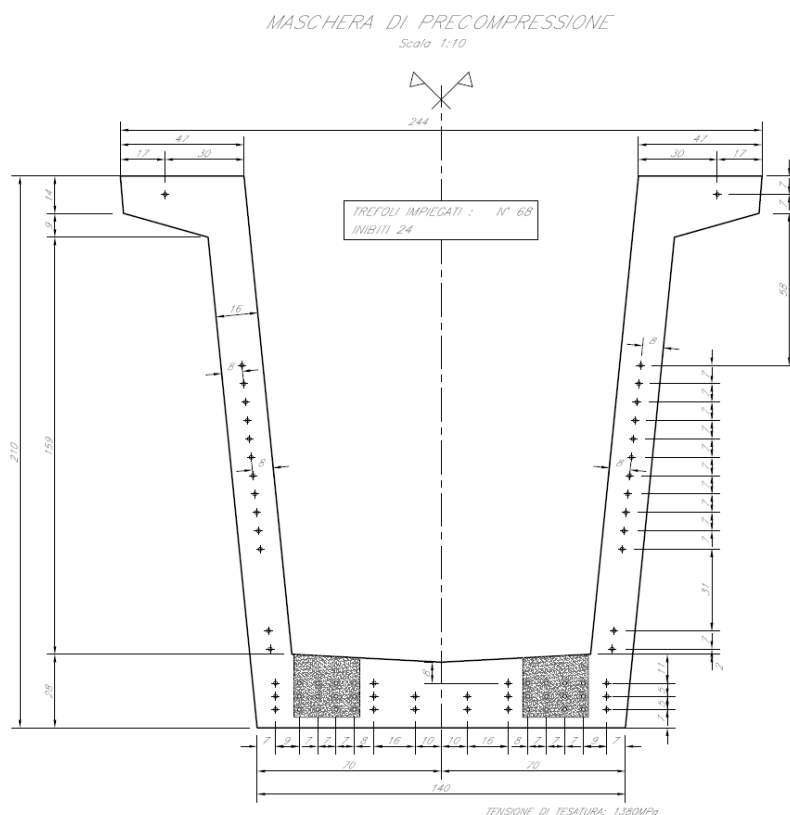
Nell'ambito della Linea A.V./A.C. Torino-Venezia si inserisce la progettazione esecutiva della tratta Verona-Padova, lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento di calcolo è riportata l'analisi e le verifiche strutturali relative agli impalcati ferroviari in c.a.p., costituiti sostanzialmente da 4 travi a cassoncino accostate e soletta di completamento gettata in opera, di portata teorica pari a  $L=22.80\text{m}$  (asse giunti pari a  $L=25\text{m}$ ).



Il singolo cassone è precompresso con 68 trefoli aderenti da 0.6 pollici (24 trefoli vengono neutralizzati agli appoggi).

I due traversi di testata e i due traversi intermedi vengono precompressi in opera con cavi da 7 trefoli di 0.6 pollici inferiori e da 7 trefoli di 0.6 pollici superiori *prima del getto della soletta superiore*.



Tale tipologia strutturale è frequentemente impiegata nella specifica tratta.





GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVE

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Rif. [4] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Rif. [5] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- Rif. [6] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- Rif. [7] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- Rif. [8] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [9] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 3.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO



Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

#### *Del Progetto Esecutivo*

- *Analisi dinamica impalcato in cap 25m* IN1710EI2CLVI0005007

#### *Del Progetto Definitivo*

- *Relazione di calcolo palo T.E.* IN0D00DI2CLLC0000K01

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 4 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

### 4.1 CALCESTRUZZO PER TRAVI IN C.A.P. E TRAVERSI

Classe C45/55

$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coef. rid. Per carichi di lunga durata
$g_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	25,50	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,80	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	4,55	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,66	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	15118	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto


Resistenza al taglio dei trefoli

$R_{ckj} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica a tempo j
-------------	----	-----	--

### 4.2 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA IMPALCATO

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		coef. rid. Per carichi di lunga durata
$g_M =$	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18.13	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3.02	MPa	resistenza media a trazione semplice

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

$f_{cfm} =$	3.63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2.12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	32837	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13902	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

#### 4.3 ACCIAIO PER C.A.

B450C



$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_{k \geq}$	1,15		
$(f_t/f_y)_{k <}$	1,35		
$g_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%		deformazione caratteristica ultima

#### 4.4 ACCIAIO PER C.A.P.

Trefoli  $\Phi 0.6'' A=139$  mmq

tesatura 1380MPa

$f_{pk} \geq$	1860	MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(0,1)k} \geq$	-	MPa	tensione caratteristica allo 0,1% di def. Residua
$f_{p(1)k} \geq$	1670	MPa	tensione caratteristica allo 1% di def. Totale
$\epsilon_{uk} =$	3,50%	-	Allung. per carico max.
$E_p =$	195.000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{pd} =$	1456	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$\epsilon_{ypd} = f_{pd} / E_p$	0,75%		deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$	3,15%		deformazione caratteristica ultima

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### 4.5 CLASSE DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1 IV della Circolare, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

**Tabella 1 - Copriferri minimi in mm - Circolare Tab.4.1.1.IV**



Cmin	Co	ambiente	barre da c.a.		barre da c.a.		cavi da c.a.p		cavi da c.a.p	
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
			C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm e prevedendo un controllo qualità sulla verifica del copriferro è possibile ridurre questi valori di 5mm. Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

**Tabella 2 - Classi di esposizione e copriferri minimi utilizzati**

parte strutturale	Ambiente	Classe di esposizione	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Controllo qualità	Vita nominale	Copriferro nominale	Impiegati
<i>travi e traversi - armatura ordinaria</i>	ordinario	XC3	20	10	-5	10	35	40
<i>travi e traversi - arm. di precompressione</i>	ordinario	XC3	30	10	-5	10	45	50
<i>soletta - armatura ordinaria</i>	ordinario	XC3	20	10	-5	10	35	35
<i>Lastra predallas</i>	ordinario	XC3	15	0	0	10	25	35

Per cordoli e paraballast il copriferro impiegato è pari a 45mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato a doppio binario è realizzato con 4 cassoncini accostati in c.a.p. e soletta gettata in opera. La luce è pari a 25.00 m misurata dall'asse delle pile. La lunghezza complessiva delle travi prefabbricate è pari a 24.20 m. La luce tra gli appoggi (portata teorica) è pari a 22.80 m. Lo schema di calcolo è di trave in semplice appoggio. Lo schema degli appoggi, riportato di seguito, prevede un dispositivo sotto ogni trave. La larghezza dell'impalcato è pari a 13.40 m. L'armamento è di tipo tradizionale su ballast e l'interasse tra i binari è pari a 4.5 m. Oltre i traversi di testata, sono previsti due traversi intermedi; i traversi saranno solidarizzati mediante trefoli post-tesi iniettati. Di seguito si riportano delle viste in pianta, prospetto e sezione dell'impalcato tipologico, oltre che lo schema di disposizione dei vincoli previsto.

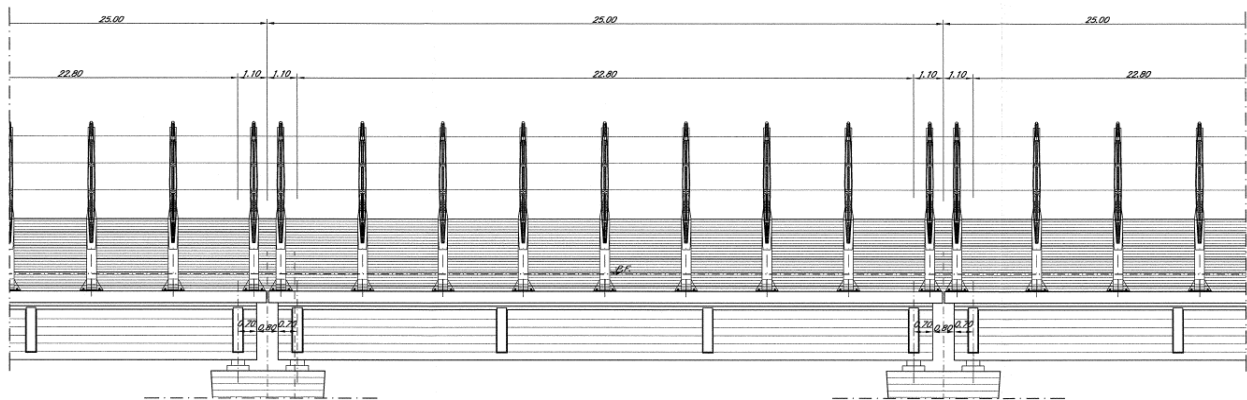


Figura 1 – Prospetto tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

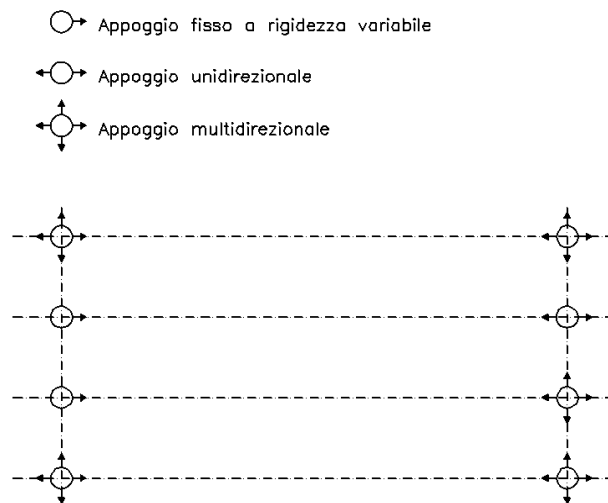


Figura 2 – schema di disposizione degli appoggi

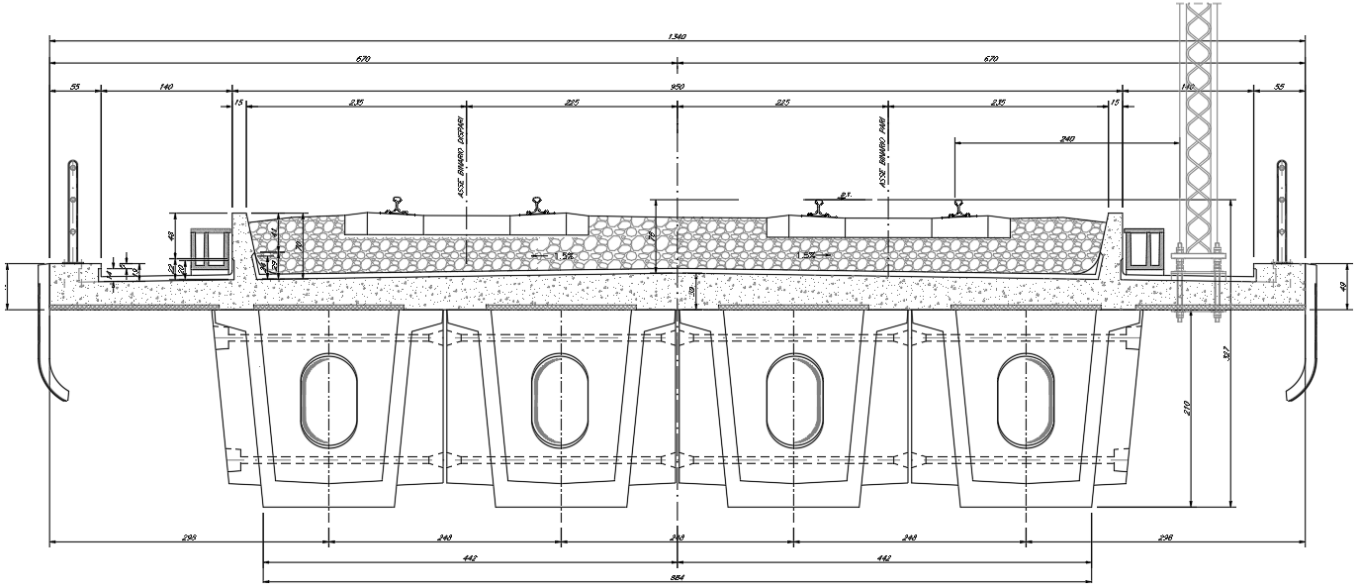


Figura 3 – Sezione tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

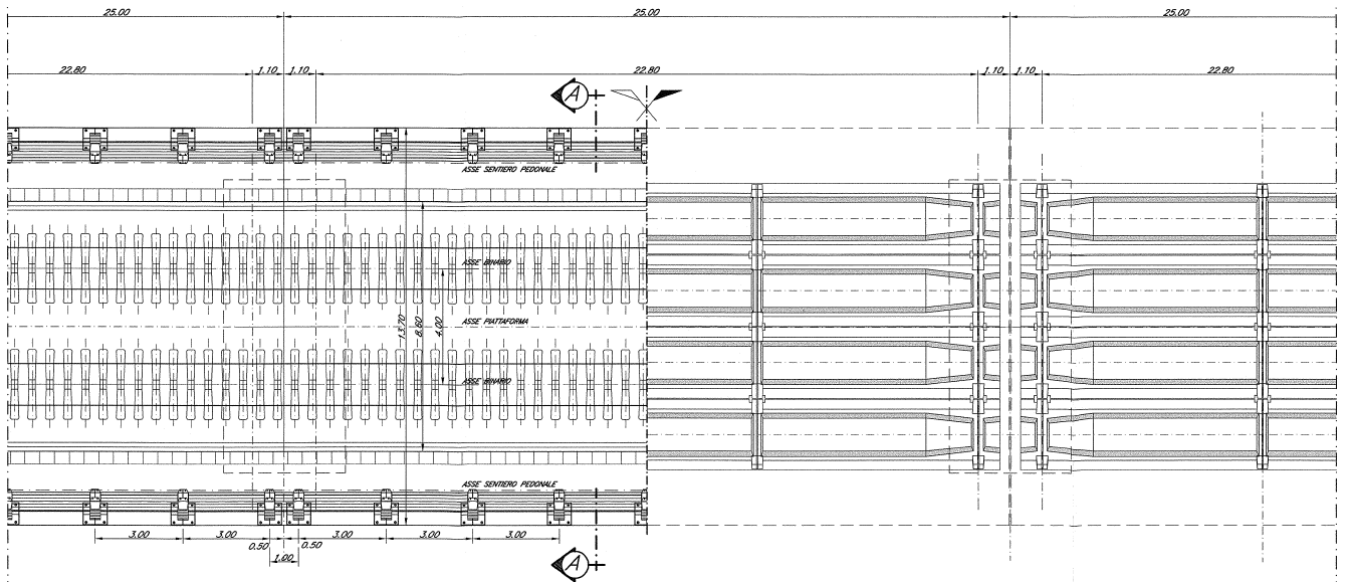




Figura 4 – Pianta tipo viadotto c.a.p. L=25.00m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 6 ANALISI DEI CARICHI



Nel presente paragrafo si descrivono i carichi agenti sull'impalcato, utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni agenti negli elementi strutturali dell'impalcato.

### 6.1 CARPENTERIA DI BASE

La trave prefabbricata a cassone presenta diverse sezioni, nello specifico si distinguono una sezione corrente, una sezione ringrossata agli appoggi e una sezione di raccordo a spessori variabili.

sviluppo totale impalcato	$L = 25$	m
luce appoggio-appoggio	$L_0 = 22.8$	m
asse giunto/asse appoggi	$d = 1.1$	m
retrotrave	$L_r = 0.7$	m
sviluppo carpenteria	$L' = 24.2$	m
sviluppo ringrosso appoggi	$L_1 = 0.94$	m
sviluppo transizione	$L_2 = 1.56$	m
Area sezione in mezzeria	$A_{mez} = 1.09$	m
Area sezione in appoggio	$A_{ap} = 2.23$	m
numero di travi	$n_1 = 4$	m
dimensione traverso mezzeria	$d_{mez} = 0.325$	m
dimensione traverso appoggio	$d_{ap} = 0.41$	m
area foro	$A_f = 0.51$	m
area della trave al di sotto del traverso	$A_{es} = 0.38$	m
lunghezza del traverso	$L = 9.76$	m
altezza traverso	$h = 1.8$	m
numero di traversi in mezzeria	$n_2 = 2$	



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 6.2 PESO PROPRIO (G1)

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.



Di seguito si riporta la stima dei pesi propri considerati.

travi sezione coerente	$q_{pp}$	=	$4 \times 1.09 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 109 \text{ KN/m}$
travi sezione appoggio	$q_{pp1}$	=	$8 \times 2.23 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 446 \text{ KN/m}$
travi sezione variabile	$q_{pp2}$	=	$8 \times 1.66 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 332 \text{ KN/m}$
traversi di testata	$w_t$	=	$2 \times 0.41 \text{ m} \times 8.128 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 166.62 \text{ KN}$
traversi intermedi	$w_{t2}$	=	$2 \times 0.325 \text{ m} \times 12.688 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 206.18 \text{ KN}$

travi sezione coerente	$q_{pp}$	=	$4 \times 1.09 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 109 \text{ KN/m}$
travi sezione appoggio	$q_{pp1}$	=	$8 \times 2.23 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 446 \text{ KN/m}$
travi sezione variabile	$q_{pp2}$	=	$8 \times 1.66 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 332 \text{ KN/m}$
traversi di testata	$w_t$	=	$2 \times 0.41 \text{ m} \times 8.128 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 166.62 \text{ KN}$
traversi intermedi	$w_{t2}$	=	$2 \times 0.325 \text{ m} \times 12.688 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 206.18 \text{ KN}$
soletta	$q_{pp3}$	=	$4.69 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 117.25 \text{ KN/m}$

Si riporta il peso complessivo degli strutturali e una divisione in funzione degli elementi prefabbricati:

Peso permanenti	$G_1$	=	$446 \times 0.94 + 332 \times 1.56 + 109 \times [24.2 - 2 \times (0.94 + 1.56)] + 25 \times 117.25 = 6334.01 \text{ KN}$
Peso prefabbricati	$G_{1,1}$	=	$446 \times 0.94 + 332 \times 1.56 + 109 \times [24.2 - 2 \times (0.94 + 1.56)] = 3029.96 \text{ kN}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 6.3 PERMANENTI PORTATI (G2)

Si riassume a monte il peso complessivo dei permanenti portati e si evidenzia il peso dei carichi gettati in opera:

$$\text{Permanenti portati} \quad G2 = 25 \times (153.6 + 8 + 5 + 32 + 3 + 13.5) = 5377.5 \text{ KN}$$

$$\text{Peso gettati in opera} \quad G_{1,2} = 25 \times (117.25 + 8 + 5) = 3629.05 \text{ kN}$$

#### 6.3.1 Massicciata, armamento e impermeabilizzazione

Si assumono convenzionalmente i seguenti pesi di volume relativi alla massicciata, all'armamento e all'impermeabilizzazione

$$\text{Peso di volume in rettilineo:} \quad 18.00 \text{ kN/mc}$$

$$\text{Peso di volume in curva:} \quad 20.00 \text{ kN/mc}$$

A vantaggio di sicurezza si valuta l'azione sulla soletta di impalcato in riferimento al peso di volume in curva:

$$\text{ballast} \quad q_{ba} = 0.8 \text{ m} \times 9.6 \text{ m} \times 20 \text{ kN/mc} = 153.6 \text{ kN/m}$$

Ulteriori carichi permanenti portati gettati in opera sono i muretti per il contenimento del ballast ed i cordoli esterni della piattaforma, per un totale di:



$$\text{muretti paraballast} \quad m_{pb} = 0.16 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 8 \text{ KN/m}$$

$$\text{cordoli} \quad q_{pp4} = 0.1 \text{ mq} \times 25 \text{ kN/mc} = 5 \text{ KN/m}$$

#### 6.3.2 Barriere antirumore

Si considera un carico relativo alle barriere antirumore pari a 4.0 kN/mq. Considerando un'altezza pari a 4m per il calcolo del peso mentre, cautelativamente, un'altezza massima di barriera pari a 5.0 m per il calcolo del vento, si ottiene un carico lineare pari a:

$$\text{barriere antirumore} \quad q_{bar} = 2 \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ kN/mq} = 32 \text{ kN/m}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

Un ulteriore elemento posto agli estremi della piattaforma sono le velette che possono essere schematizzate con un valore di 6.75 kN/m cad:

velette  $q_{imp} = 2 \times 6.75 \text{ kN/m} = 13.5 \text{ kN/m}$

### 6.3.3 Impianti e canalette

A ridosso dei muretti paraballast, sono previste delle canalette impianti sui lati esterni. Si assume un carico lineare uniforme pari a:

impianti e canalette  $q_{imp} = 2 \times 1.5 \text{ kN/m} = 3 \text{ kN/m}$

### 6.3.4 Palo TE

Sullo sbalzo della soletta è presente un palo della tensione elettrica che trasmette i seguenti carichi



carico verticale	$F_z =$	14.23	kN
momento flettente trasversale	$M = \pm$	104.2	kN m
forza orizzontale	$F_x = \pm$	17.23	kN

#### 6.3.4.1 Ripartizione locale del carico

Tali azioni sono considerate solo per le verifiche locali e adottando una diffusione a 45° sulla linea media si ottengono:

distanza del palo dal filo del martello	$d_m =$	0.59	m
dimensioni della piastra di base	$ab =$	58x58	cm
spessore medio della soletta sull'ala	$s =$	0.3	m
larghezza di diffusione longitudinale	$Bl =$	2.06	m

carico verticale  $f_z = 6.8 \text{ kN/m}$

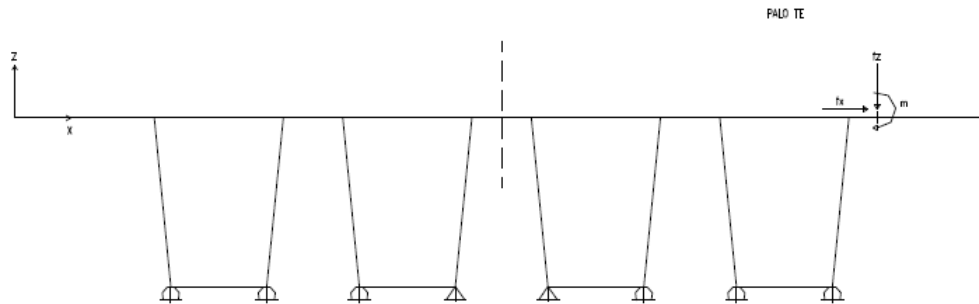
GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

momento flettente trasversale

$$M = \pm 50.3 \text{ kNm/m}$$

forza orizzontale

$$F_x = \pm 8.3 \text{ kN/m}$$



**Figura 5 - Condizione di carico: palo TE**

### 6.3.5 Altre azioni permanenti

Non sono presenti sull'impalcato altre azioni permanenti (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc...).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

## 6.4 AZIONI VARIABILI

### 6.4.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti per mezzo dei modelli di carico elencati nella seguente tabella. I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico debbono moltiplicarsi per il coefficiente "α" che deve assumersi come da tabella seguente:

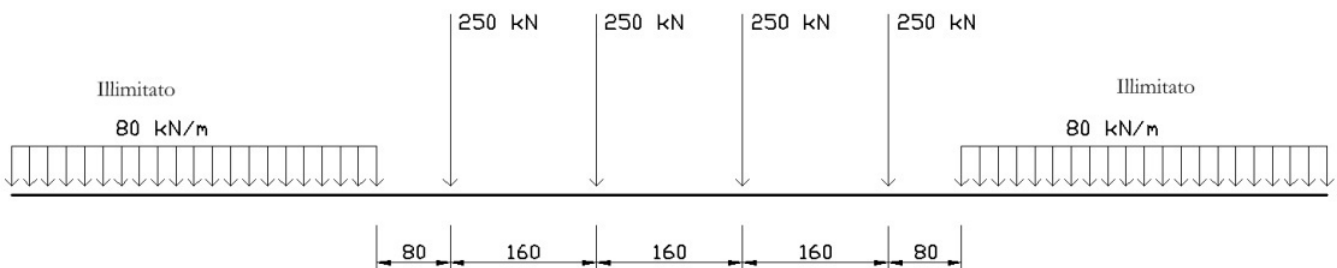
**Tabella 3 - coefficienti α per modelli di carico**

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Non si considera il modello di carico SW/0 perché l'impalcato non è continuo.



#### 6.4.1.1 Treno di carico LM71

Il Treno di carico LM71 è schematizzato nella figura seguente.



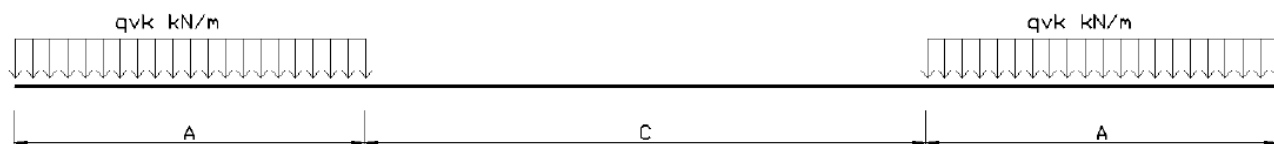
**Figura 6 – Treno di carico LM71**

Per questo modello di carico è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario pari a  $s/18$ , con  $s=1435$  mm. Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:  
 $e = \sim 80$  mm

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### 6.4.1.2 Treno di carico SW

Il Treno di carico SW/2 è schematizzato nella figura seguente.



**Figura 7 – Treno di carico SW**

**Tabella 4 - caratterizzazione treni di carico SW**

Tipo di carico	Qvk [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

**Nel presente documento, si è considerato solo il modello di carico SW/2.**

#### 6.4.1.3 Treno scarico

Alcuni scenari di carico prevedono l'impiego del treno scarico, convenzionalmente costituito da un carico uniformemente distribuito pari a 10.00 kN/m.

#### 6.4.1.4 Ripartizione locale dei carichi

La condizione di carico più sfavorevole ai fini delle verifiche locali sulla soletta è data dalla presenza del locomotore LM71.

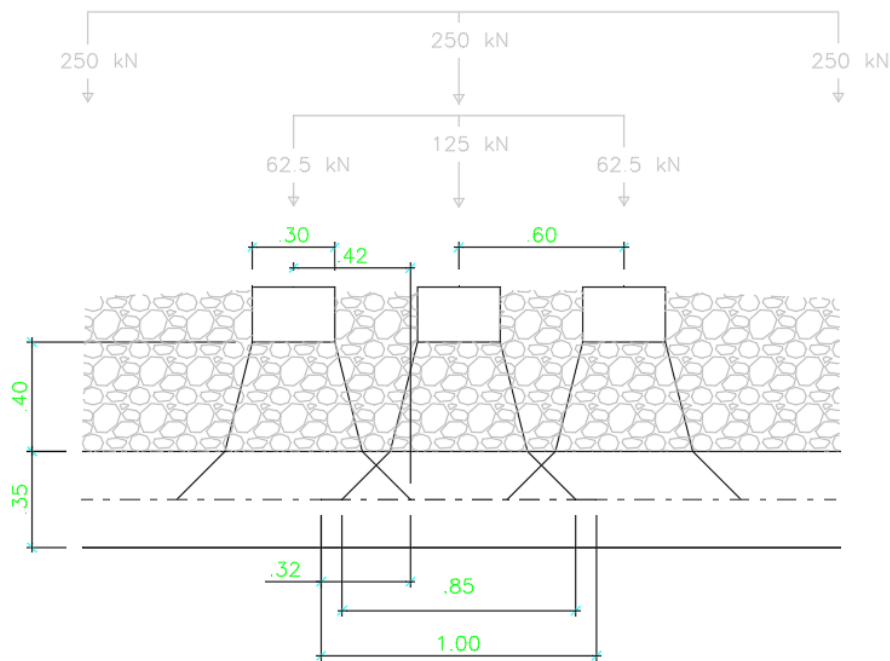
La diffusione longitudinale e trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast e nella soletta rispettivamente nei rapporti 4:1 e 1:1. Lo spessore della soletta è stato valutato in corrispondenza dell'asse binario – che risulta coerente con il

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

valore medio dell'analisi globale - mentre a favore di sicurezza è stato assunto lo spessore minimo del ballast sotto la traversa.

#### 6.4.1.4.1 Ripartizione longitudinale

Nelle analisi si sono considerati i seguenti meccanismi di ripartizione longitudinale dei carichi.



**Figura 8 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario**

La superficie di riferimento è la superficie di appoggio del ballast.



Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi:

Profondità traversine:  $B = 0.30 \text{ m}$

Interasse traversine:  $i = 0.60 \text{ m}$

Altezza di diffusione:  $h = 0.40 \text{ m}$

Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 \times h/4 = 0.50 \text{ m} < i$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Il valore appena calcolato per la larghezza di diffusione sarà impiegato per la valutazione degli effetti locali trasversali.

Nello specifico Il carico complessivo Q agente su una striscia di soletta di lunghezza unitaria vale:

$$Q_{vk} = \alpha \times \Phi \times ( 125 + 2 \times 62.5 \times 0.325 / 0.85 ) / 1 = 298 \text{ kN/m}$$

#### 6.4.1.4.2 Ripartizione trasversale

Il carico appena valutato si ripartisce trasversalmente per una larghezza valutata, a favore di sicurezza, trascurando lo spessore strutturale della soletta.

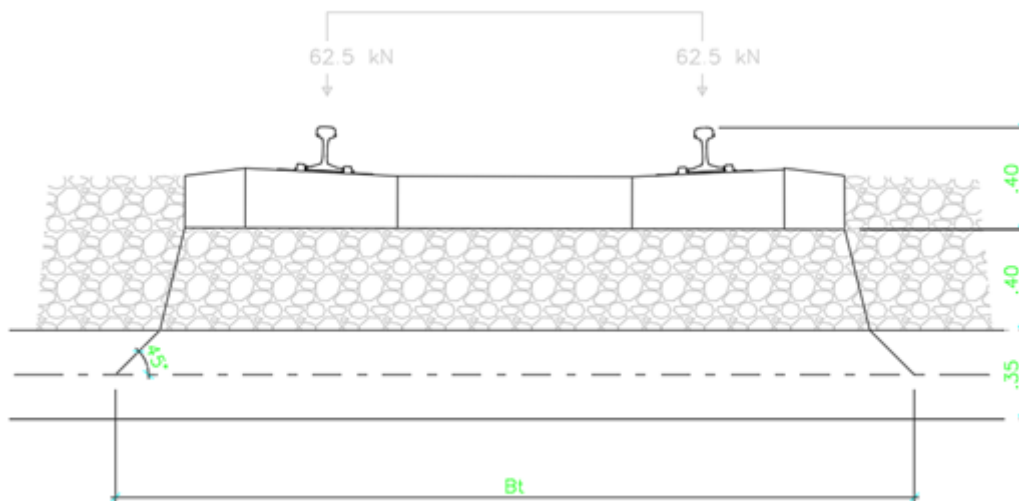




Figura 9 – meccanismo di ripartizione trasversale per mezzo di traversa e ballast

Larghezza traversine:  $L = 2.60 \text{ m}$

Altezza di diffusione:  $h = 0.40 \text{ m}$

Larghezza di diffusione:  $B_t = L + 2 \times h/4 = 2.80 \text{ m}$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Il carico verticale unitario diffuso trasversalmente vale:

$$q_{vk} = 298 / 2.8 = 95 \text{ kN/mq}$$

In presenza del traffico pesante i valori dei carichi unitari verticali risultano:

$$q_{vk} = \alpha \times \Phi \times 150 / 2.8 = 84.05 \text{ kN/mq} < q_{vk(LM71)}$$

$$q_{vk} = \alpha \times \Phi \times 133 / 2.8 = 82.00 \text{ kN/mq} < q_{vk(LM71)}$$

Il coefficiente di incremento dinamico vale 1.569 così come esplicitato nel calcolo degli effetti locali nei paragrafi successivi.

#### 6.4.1.4.3 Eccentricità

L'applicazione dei carichi accidentali sugli elementi strutturali dell'impalcato dipende trasversalmente dalle eccentricità di questi rispetto all'asse impalcato. Le eccentricità dei carichi possono essere di diverso tipo:

1. eccentricità dovuta al tracciato: distanza asse tracciato - asse impalcato:  $e_1 = (L^2/8xR)/2 = 0.012 \text{ m}$
2. eccentricità dovuta al sopraizzo:  $e_2 = 180x \text{ sen}(i) = -0.21 \text{ m}$
3. eccentricità propria del modello di carico:  $e_3 = 143.5/18 = 0.08 \text{ m}$

Nel caso in esame si è tenuto conto di tutte e tre le eccentricità, considerando quindi il caso di tracciato in curva, in quanto risulta il più gravoso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

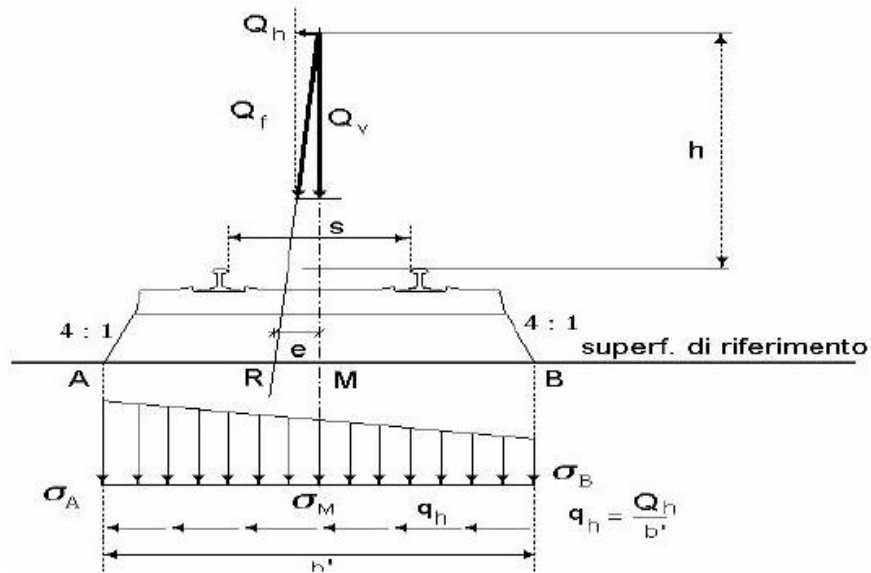


Figura 10 – meccanismo di ripartizione trasversale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettilineo

Nel modello di calcolo si è provveduto a traslare i carichi per effetto dell'eccentricità di tracciato. Sono stati considerati tre diverse configurazioni di carico, corrispondenti alla posizione centrata e a quella con eccentricità massima:

carico con eccentricità massima – interno curva:

$$\Delta\theta = \pm 6 \Delta M / Bt^2 = \pm 6[Qvk \times Bt] e^3 / Bt^2 = \pm 18.1 \text{ kN/mq}$$

$$Qvk_{\max} = 124.1 \text{ kN/mq}$$



$$Qvk_{\min} = 87.9 \text{ kN/mq}$$

carico con eccentricità massima – esterno curva

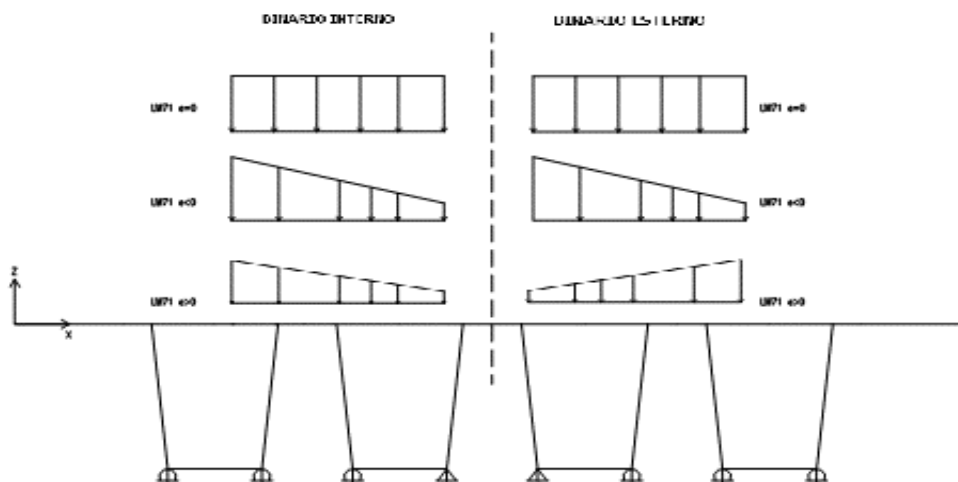
$$\Delta\theta = \pm 6 \Delta M / Bt^2 = \pm 6[Qvk \times Bt] et / Bt^2 = \pm 62.7 \text{ kN/mq}$$

$$Qvk_{\max} = 168.7 \text{ kN/mq}$$

$$Qvk_{\min} = 43.3 \text{ kN/mq}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica E12CLVI0005002 B

Gli effetti aggiuntivi equivalgono ad un'azione verticale distribuita con andamento lineare a farfalla a risultante verticale nulla e valutata considerando la diffusione dalla traversa fino al piano medio della soletta



**Figura 11 - configurazione di carico modello locale con e senza eccentricità**



Nota:

Per l'analisi dei due binari carichi, essendo il tracciato in curva la situazione più sfavorevole, per la presenza della forza centrifuga, è data dalla disposizione di due treni LM71 sull'impalcato.

#### **6.4.2 Carichi sui marciapiedi**

I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 10 kN/mq.

Questo carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra i marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli. Per questo tipo di carico distribuito non deve applicarsi l'incremento dinamico.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

### 6.4.3 Effetti dinamici

### 6.4.4 Analisi dinamica

Secondo quanto riportato nella “relazione di incremento dinamico”, sopra citata, per il calcolo dell’impalcato, i carichi da traffico ferroviario vengono amplificati del coefficiente di incremento dinamico  $\Phi_2$ , valido per le linee ad elevato standard manutentivo quali sono le linee A.V./A.C. secondo il MdP par. 5.2.2.3.3,

### 6.4.5 Coefficienti di incremento dinamico

In riferimento a quanto previsto per linee a normale standard manutentivo, si calcolano i seguenti coefficienti di amplificazione dinamica:

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82 = \frac{1.44}{\sqrt{22.8 - 0.2}} + 0.82 = 1.135 \quad \text{per effetti globali}$$

Con  $L_\Phi = 22.8\text{m}$  = luce di calcolo dell’impalcato

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82 = \frac{1.44}{\sqrt{4.41 - 0.2}} + 0.82 = 1.578 \quad \text{per effetti locali - traversi}$$

Dove alla lunghezza caratteristica  $L_\Phi$  si attribuisce il valore più gravoso tra:



$$L_\Phi = 3 \times L_c = 3 \times 1.47 = 4.41 \text{ m (} L_c = 1.47 = \text{interasse nervature cassone)}$$

$$L_\Phi = 2 \times L_c = 2 \times 2.48 = 4.96 \text{ m (} L_c = 2.48 = \text{interasse cassoni)}$$

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82 = \frac{1.44}{\sqrt{4.50 - 0.2}} + 0.82 = 1.569 \quad \text{per effetti locali - soletta}$$

Dove alla lunghezza caratteristica  $L_\Phi$  è la luce di

$$L_\Phi = 3 \times L_c = 3 \times 1.50 = 4.50 \text{ m (} L_c = 1.50 = \text{interasse nervature cassone)}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 6.4.6 Forza centrifuga

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F.

Le azioni centrifughe sono state valutate secondo le seguenti espressioni:

$$Q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk})$$

$$q_{ik} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$



Le azioni centrifughe sono state valutate secondo quanto riportato nella seguente tabella.

Valore di $\alpha$	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	$\alpha$	f		
SW/2	$\geq 100$	100	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	$\Phi \times 1 \times SW/2$
	$< 100$	V	1	1	$1 \times 1 \times SW/2$	
LM71 e SW/0	$> 120$	V	1	f	$1 \times f \times (LM71''+''SW/0)$	$\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71''+''SW/0)$
		120	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71''+''SW/0)$	$\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71''+''SW/0)$
	$\leq 120$	V	$\alpha$	1	$\alpha \times 1 \times (LM71''+''SW/0)$	

**Tabella 5 – Parametri per determinazione della forza centrifuga**

Si assumono i seguenti di valori per velocità di progetto e raggio di curvatura:

velocità di progetto	V	300	km/h
raggio di curvatura	R	3200	m
accelerazione orizzontale	$a_{cent}$	2.17	m/sq
eccentricità convoglio dal p.f	ev	1.8	m
eccentricità orizzontale	eo	0.012	m
lunghezza complessiva impalcato	Limp	25	m
lunghezza di influenza del binario	Lf	<b>22.8</b>	m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Si ottengono quindi i seguenti valori caratteristici dell'azione centrifuga. I valori massimi sono impiegati nelle analisi.

	Qv kN	fi -	V km/h	a -	f -	Qo kN	qo kN/m
LM71 a	<b>3000</b>	1.135	120	1.1	1	132.7	5.3
LM71 b	<b>3000</b>	1.135	300	1	<b>0.48</b>	363.5	<b>14.5</b>
SW/0	<b>3325</b>	1.135	100	1.1	1	102.1	4.1
SW/2	3750	1.135	100	1	1	104.7	<b>4.2</b>

#### 6.4.6.1 Ripartizione locale del carico

Considerando la stessa legge di ripartizione utilizzata per i carichi verticali concentrati si ottiene la seguente azione orizzontale indotta dagli assi del convoglio LM71:

$$q_{tk,a} = 120^2 / (127 \times 3200) \times 1 \times 269.8 = 9.6 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk,b} = 300^2 / (127 \times 3200) \times 0.48 \times 245.2 = 26.2 \text{ kN/m}$$



Considerando un sovrizzo massimo e una distanza PF-Estradosso soletta pari a 0.80 m si ottiene la quota di applicazione dell'azione centrifuga rispetto al piano medio della soletta ed il momento da applicare al modello locale:

$$h_1 = 1.8 + 0.16/2 + 0.35/2 + 0.8 = 2.86 \text{ m}$$

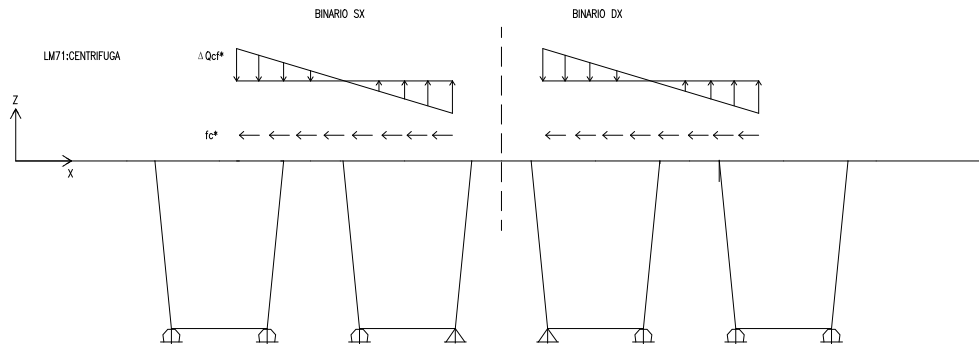
$$M_{tk} = 26.2 \times 2.86 = 74.9 \text{ kN/m}$$

Gli effetti sulla sezione trasversale di larghezza unitaria equivalgono ad un'azione orizzontale e ad una verticale distribuita con andamento lineare a farfalla a risultante verticale nulla e valutata considerando la diffusione dalla traversa fino al piano medio della soletta:

$$q_{F,max} = q_{tk} / Bt = 9.36 \text{ kN/mq}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

$$q_{M,max} = 6 \times M_{tk} / Bt^2 = 57.32 \text{ kN/mq}$$



**Figura 12 - condizione di carico locale LM71 binario sx e dx**

### 6.4.7 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.



Il valore caratteristico di tale forza è stato assunto pari a  $Q_{sk}=100 \text{ kN}$ . Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$ , ma non per il coefficiente di incremento dinamico.

Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

#### 6.4.7.1 Ripartizione locale del carico

Localmente l'azione orizzontale indotta dal serpeggio, applicata alla sommità della rotaia più alta, viene assorbita dalla soletta attraverso il ballast e produce effetti ai fini delle verifiche locali della soletta in direzione trasversale. Tale azione viene presa in conto considerando una diffusione della forza laterale a partire dal piano di intradosso delle traverse e su una lunghezza longitudinale di tre traverse.

$$BL = 2it + bt + 2x(sb/4 + ss/2) = 2.08 \text{ m}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

$$h_s = 0.16 + 0.35/2 + 0.8 = 1.135 \text{ m}$$

Gli effetti sulla sezione trasversale di larghezza unitaria equivalgono ad un'azione orizzontale e ad una verticale distribuita con andamento lineare a farfalla a risultante verticale nulla e valutata considerando la diffusione dalla traversa fino al piano medio della soletta:

$$f_o = Q_{sk} / BL = 48.1 \text{ kN/m}$$

$$M = f_o h_s = 54.6 \text{ kN/m m}$$

$$f^* = f_o / Bt = 17.18 \text{ kN/mq}$$

$$\Delta\theta^* = 6 M^* / Bt^2 = 41.79 \text{ kN/mq}$$

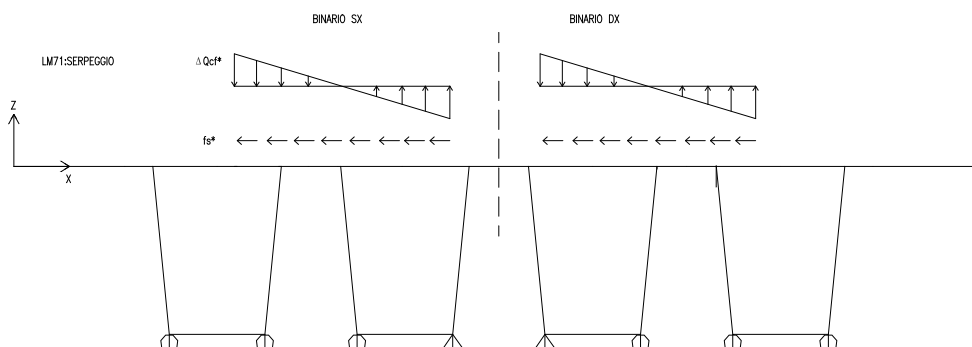


Figura 13 - condizione di carico locale LM71 binario sx e dx

#### 6.4.8 Avviamento e frenatura



Le forze di frenatura e di avviamento si considera come azione agente sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso, come carico uniformemente distribuito. A vantaggio di sicurezza si trascurano gli effetti di interazione binario struttura.

Si considerano i seguenti valori delle azioni:

##### Avviamento

$$Q_{la} = 33 \times 25 \times 1.1 = 907.5 \text{ kN} < 1000 \text{ kN} \quad \text{per LM71}$$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

$$Q_{1a} = 33 \times 25 \times 1 = 825 \text{ kN} < 1000 \text{ kN} \quad \text{per SW/2}$$

### Frenatura

$$Q_{1b} = 20 \times 25 \times 1.1 = 550 \text{ kN} < 6000 \text{ kN} \quad \text{per LM71}$$

$$Q_{1b} = 20 \times 25 \times 1 = 875 \text{ kN} < 6000 \text{ kN} \quad \text{per SW/2}$$

Come previsto dalla normativa, si considerano due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura. Le azioni di frenatura ed avviamento si combinano con i relativi carichi da traffico verticali.

## **6.5 AZIONI AMBIENTALI**

### **6.5.1 *Variazione termica uniforme***



Si considera una variazione termica uniforme pari a  $\pm 15^\circ\text{C}$ . Per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio si considera una variazione di temperatura incrementata del 50 %.

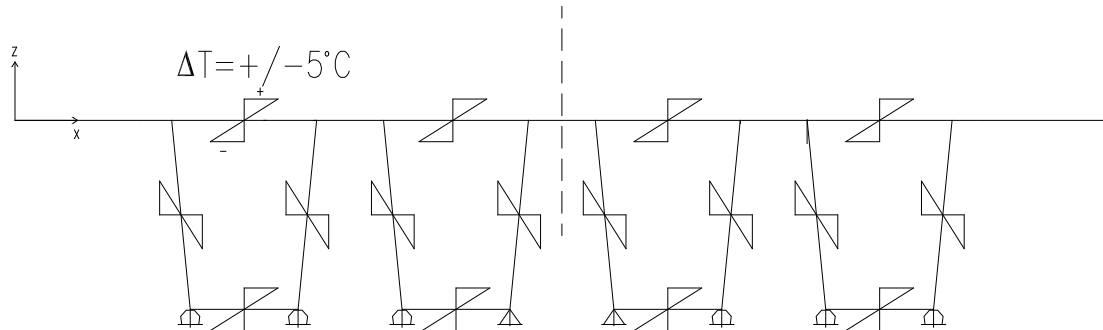
### **6.5.2 *Variazione termica non uniforme***

In aggiunta alla variazione termica uniforme, si considera un gradiente di temperatura di  $5^\circ\text{C}$  fra soletta e travi prefabbricate, considerando i due casi di intradosso a temperatura superiore ed inferiore rispetto all'estradosso.

#### **6.5.2.1 Variazione termica non uniforme locale**

Nella valutazione degli effetti locali, si è considerato un gradiente termico lineare di  $5^\circ\text{C}$  nello spessore delle pareti tra esterno ed interno dei cassoncini.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B





**Figura 14 - Condizione di carico: variazioni termiche (+/-),(-/+)**

### 6.5.3 Vento

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC08, secondo quanto riportato nel Eurocodice 1991-1-4 ed in linea con il MdP. La valutazione delle azioni e degli effetti del vento sull'impalcato in esame procede secondo il seguente schema:

- definizione delle caratteristiche del sito ove sorge l'opera valutando quindi la velocità di progetto e la pressione cinetica di picco del vento;
- definizione della forma, dimensioni e l'orientamento dell'impalcato, ovvero si valutano le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento sull'impalcato;
- valutazione delle azioni statiche equivalenti.

La risposta dinamica alle azioni del vento, le azioni e gli effetti dinamici e aeroelastici dovuti al distacco dei vortici e altri fenomeni aeroelastici non caratterizzano l'opera in esame e sono pertanto ritenuti trascurabili in relazione alla tipologia strutturale in esame di impalcato "standard" con un peso ragguardevole, sagoma "tozza" e staticamente ben vincolata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Per l'opera ("zona geografica 1" ÷ +30km dalla costa ÷ altitudine inferiore ai 500m) in esame la velocità di base di riferimento, in accordo con il NTC08, è definita dalla seguente espressione ( $a_{s-max} = 30 \text{ m} > a_0 = 500 \text{ m}$ ):

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/sec.}$$

Associando un tempo di ritorno di 50.0 anni:

$$c_r = 0.75 \text{ rad} q(1 - 0.2 \times \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]) \cong 1.00.$$

In accordo con il DM2008 il coefficiente di topografia " $c_t$ " è posto pari a 1 (zona pianeggiante). La classe di rugosità del terreno scelta per l'opera in esame è la classe D; pertanto, considerata la zona e l'altitudine massima del sito (30 m), la costruzione è ubicata nella categoria di esposizione II, i cui parametri risultano i seguenti:

$$k_r = 0.19$$

$$z_0 = 0.05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 4 \text{ m.}$$

Assumendo una sagoma limite dei mezzi transitanti sul ponte pari a 4.0 m e considerando la dislocazione dell'opera rispetto al P.C. circostante si assume cautelativamente una altezza massima di 7.25 m + 10.5 m, per un'altezza media di riferimento di 14.13 m ( $> z_{min}$ ). Il valore del coefficiente di esposizione è pertanto pari a:

$$c_e = k_r^2 \times c_t \times \ln(z/z_0) \times [7 + c_t \times \ln(z/z_0)] \cong 2.58.$$

La pressione cinetica di picco è pertanto pari a:

$$q_p = 1/2 \times \rho \times v_r^2 \times c_e(z) \times c_r \cong 1.008 \text{ kPa};$$

con

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{ – densità media dell'aria.}$$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

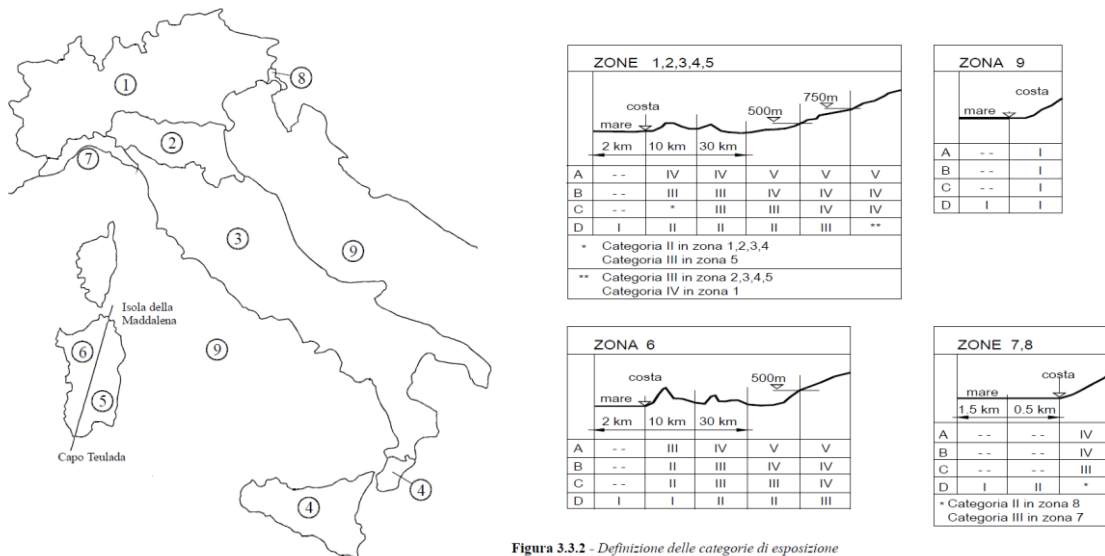


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020



Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

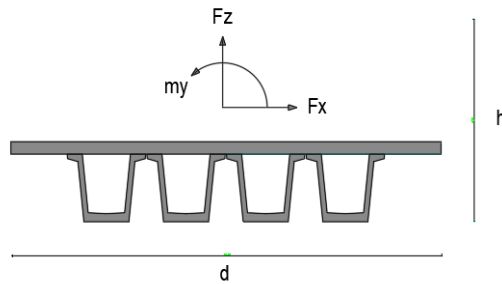
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Figura 15 - parametri e mappa del territorio italiano per la determinazione dell'azione del vento (NTC08 - 3.3.)

Si assume che il vento agisca in direzione prevalentemente orizzontale, ortogonalmente all'asse dell'impalcato: esercita nel piano della sezione un sistema di azioni aerodinamiche per unità di lunghezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

riconducibili ad una *forza parallela alla direzione del vento* “ $f_x$ ”, a una *forza verticale* “ $f_z$ ” e ad un *momento intorno alla linea d’asse* “ $m_y$ ”.



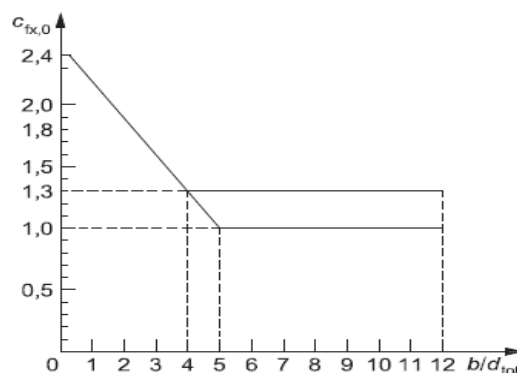
**Figura 16 - sistema di riferimento ed azioni del vento**

Tali azioni sono quantificate mediante una coppia di *coefficienti di forza* “ $c_{fx}$ ” e “ $c_{fz}$ ” e mediante un *coefficiente di momento* “ $c_{m_y}$ ”. Le azioni aerodinamiche  $f_x$ ,  $f_z$  e  $m_y$  si considerano simultanee e combinate con i segni che producono gli effetti più onerosi. Considerando che in presenza di traffico l’altezza  $h_{tot}$  deve comprendere la sagoma dei convogli in transito, nel caso in esame si ha:

$$h_{tot} \cong (2.45+0.80+4) \cong 7.25 \text{ m}$$

$$d = 13.4 \text{ m};$$

Per la valutazione dei coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza si fa riferimento ai diagrammi e formulazioni del Eurocodice 1991-1-4:



**Figura 17 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4**

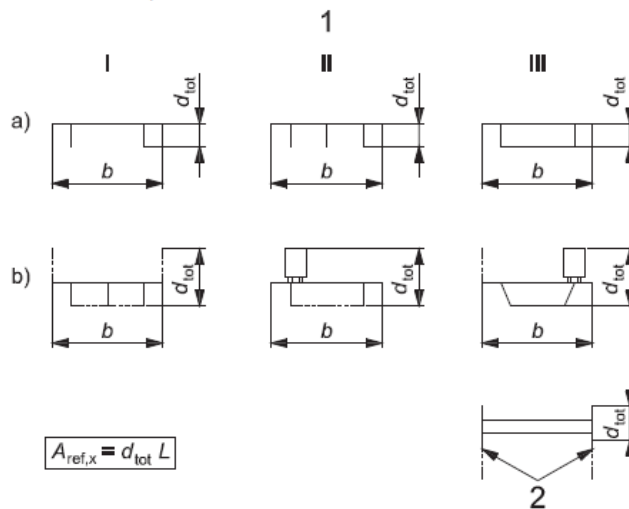
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

$$C_{f,x} = C_{f,x,0}$$

dove:

$C_{f,x,0}$  indica il coefficiente di forza relativo all'impalcato in assenza di flusso di estremità libera

- a) Fase di costruzione, parapetti aperti (aperti più del 50%) e barriere di sicurezza aperte
- b) Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico
- 1 Tipo di ponte
- 2 Travi reticolari separatamente



$\beta$  Sopraelevazione  
 $\alpha$  Angolo tra la direzione del vento e il piano orizzontale

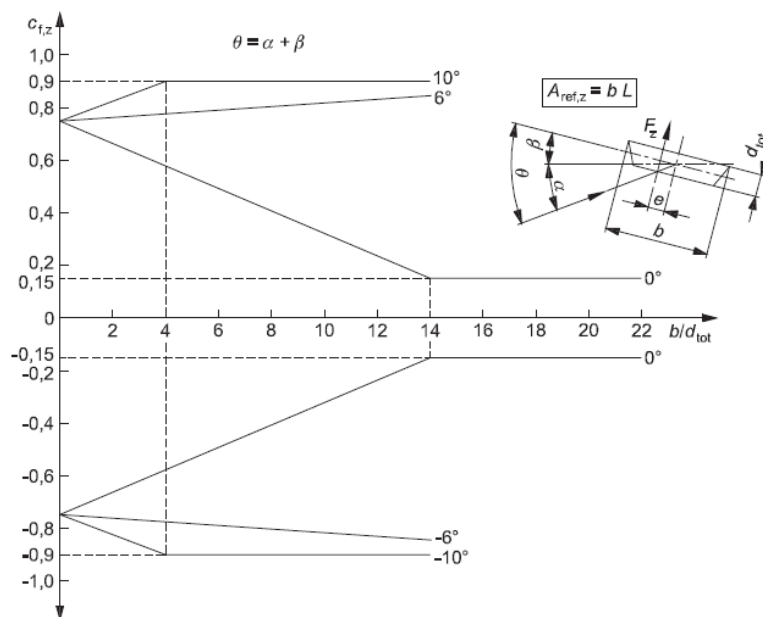




Figura 18 – Area effettiva e coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

$$c_{fX} = 1.892 \quad [d/h_{tot}=1.85]$$

$$c_{fY} = 0.90.$$

Le forze sull'impalcato sono pari a:

$$f_X = q_p(z) \times h \times c_{fX} \cong 18.13 \text{ kN/m};$$



$$f_Y = q_p(z) \times d \times c_{fY} \cong 15.90 \text{ kN/m};$$

$$m_Z = f_X \times e \cong 40.78 \text{ kN}\times\text{m/m}.$$

dove l'eccentricità è tra il baricentro dell'impalcato e l'altezza della risultante orizzontale.

Secondo quanto prescritto nel capitolo 5.2.3.2.2 delle nuove norme tecniche, l'azione risultate, compresa degli effetti aerodinamici, dovrà essere maggiore di un valore di 1.50 kN/mq. Tale requisito è ulteriormente ristretto dal Manuale di progettazione, che per una velocità della linea  $V > 200$  km/h assume un minimo di 2.50 kN/mq. Di seguiti i calcoli che hanno portato alle forze sovrastanti:

tab. 3.3.I	<b>Zona</b>	<b>1</b>	
tab.3.3.II	<b>Categoria</b>	<b>II</b>	
tab. 3.3.III	<b>Classe rug</b>	<b>D</b>	
velocità di base di riferimento slm	<b>Vbo</b>	25	m/s
parametro di quota	<b>ao</b>	1000	m
altitudine sul livello del mare	<b>as</b>	<b>30</b>	m
parametro adimensionale	<b>ks</b>	0.4	
coefficiente di altitudine	<b>ca</b>	1	
velocità di base di riferimento	<b>Vb</b>	25	m/s
tempo di ritorno azione del vento	<b>Tr</b>	<b>50.0</b>	anni
coefficiente di ritorno	<b>cr</b>	1.00	
velocità di riferimento	<b>Vr</b>	25.02	m/s


GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

fattore di terreno	Kr	0.19	
lunghezza di rugosità	Zo	0.05	m
altezza minima	Zmin	4	m

ponete carico

altezza pila	z1	10	m
altezza baggioli e app. appoggio	z2	0.5	m
altezza all'intradosso	Zintradosso	10.5	m
altezza di riferimento	$\underline{z}$	14.13	m
coefficiente di topografia	ct	1	
coefficiente di esposizione	ce	2.58	
densità dell'aria convenzionale	ro	1.25	kg/m <sup>3</sup>
pressione statica di riferimento	qr	3.91E+02	n/m <sup>2</sup>
pressione statica di picco	qpicco	1.01E+03	n/m <sup>2</sup>
		1.008	KPa
lunghezza totale impalcato	Limp	25	m
larghezza impalcato	d	13.4	m
altezza impalcato + soletta	z3	2.45	m
armamento	z4	0.80	m
altezza treno	z5a	4	m
altezza barriera	z5b	4	m
altezza di impatto treno o barriere	htot	7.25	m
eccentricità verticale	e	3.35	m
angolo di inclinazione forza	$\vartheta$	26.6	gradi
	d/h	1.85	



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

coefficiente di forza trasversale	<b>C<sub>fx</sub></b>	1.892	
coefficiente di forza trasversale	<b>C<sub>fz</sub></b>	<b>0.90</b>	
pressione del vento	<b>q</b>	<b>1.91</b>	kN/m <sup>2</sup>
pressione minima cap. 5.2.3.2.2 (con eff. aerod.)	<b>q<sub>k</sub></b>	<b>2.50</b>	kN/m <sup>2</sup>
pressione del vento di calcolo	<b>q<sub>d</sub></b>	<b>2.50</b>	kN/m <sup>2</sup>
forza trasversale	<b>f<sub>x</sub></b>	<b>18.13</b>	kN/m
forza verticale	<b>f<sub>z</sub></b>	<b>15.9</b>	kN/m
braccio del vento - G to d/2	<b>e</b>	<b>2.25</b>	m
momento trasversale	<b>my</b>	40.78	kN/m m

ponete scarico

altezza di impatto treno o barriere	<b>h<sub>tot</sub></b>	<b>6.45</b>	m
rapporto geometrico	<b>d/h</b>	2.08	
coefficiente di forza trasversale	<b>C<sub>fx</sub></b>	1.829	
coefficiente di forza verticale	<b>C<sub>fz</sub></b>	0.90	
forza trasversale	<b>f<sub>x</sub></b>	<b>16.13</b>	kN/m
forza verticale	<b>f<sub>z</sub></b>	<b>16.5</b>	kN/m

6.5.3.1 Ripartizione locale del carico

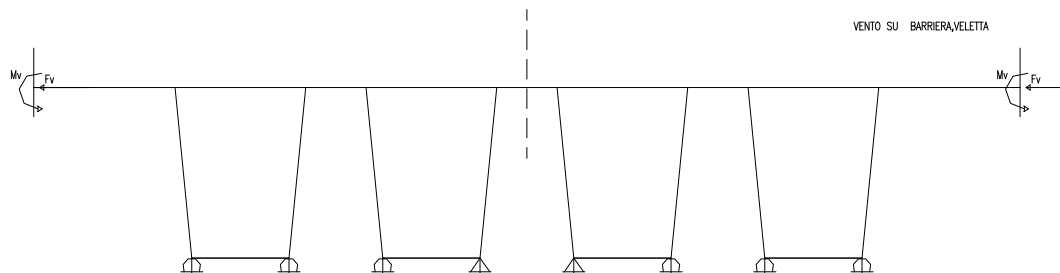
L'azione del vento è stata valutata considerando una pressione statica precedentemente individuata e considerando, in condizioni di carico distinte, il vento agente sulla struttura scarica, con e senza barriere antirumore, e in presenza dei convogli ferroviari.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

### Vento su barriere antirumore

Si considera la pressione del vento sulle barriere antirumore di altezza 4.0 m dal piano della soletta e si valutano le azioni equivalenti in corrispondenza del piano medio della soletta nella sezione di estremità:

altezza di impatto totale - barriere	$h_{tot}$	4.35	m
diffusione longitudinale dell'azione	$B_L$	1	m
forza trasversale sulla barriera	$f_x$	<b>10.88</b>	kN/m
eccentricità della risultante	$e_z$	<b>2.175</b>	m





**Figura 19 - Condizione di carico locale – barriere**

### Vento sul convoglio ferroviario

Si considera la pressione del vento su una superficie esposta di altezza 4.0 m dal piano del ferro e si valutano le azioni equivalenti in corrispondenza del piano medio della soletta in asse al binario caricato:

altezza di impatto totale - convogli	$h_{tot}$	4	m
forza trasversale sulla barriera	$f_x$	10.00	kN/m
eccentricità della risultante	$e_z$	2.98	m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

Gli effetti sulla sezione trasversale di larghezza unitaria equivalgono ad un'azione orizzontale e ad una verticale distribuita con andamento lineare a farfalla a risultante verticale nulla e valutata considerando la diffusione dalla traversa fino al piano medio della soletta:

larghezza trasversale di ripartizione	$B_T$	2.80	m
forza trasversale ripartita	$f_x$	3.57	kN/mq
estremo farfalla equivalente	$\Delta f_z$	22.8	kN/mq

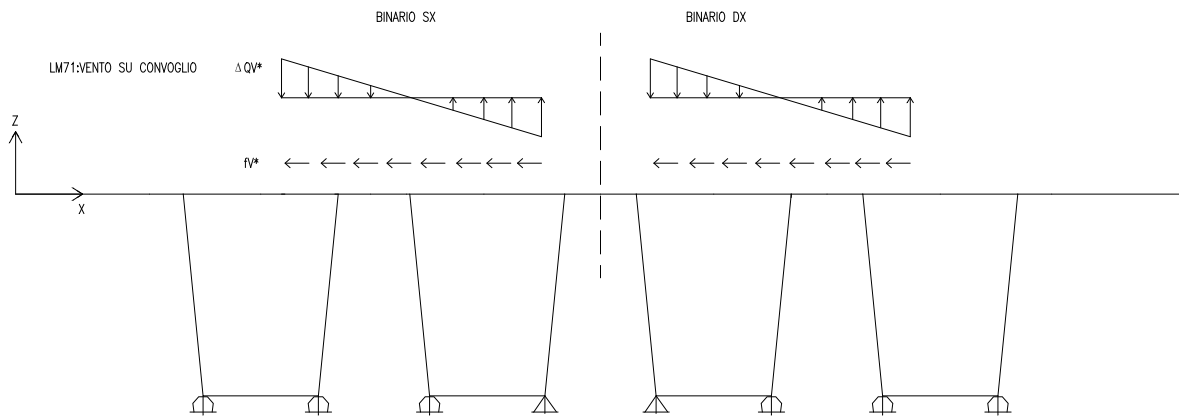




Figura 20 - Condizione di carico locale – convogli

## 6.6 AZIONI AEREODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI

Gli effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni agenti sulle barriere antirumore sono analoghi a quelli del vento su struttura scarica per la determinazione degli effetti locali. La determinazione dei carichi equivalenti associati alle pressioni indotte sulle barriere avviene secondo le seguenti ipotesi:

velocità della linea	$V$	300	kN/h
distanza parate verticale asse binario	$a_g$	4.45	m
tipologia di convoglio	treni aerodinamici		
coefficiente di forma convoglio	$K_1$	0.6	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

coeff di forma elemento strutturale	$K_2$	1	
azione caratteristica del vento	$q_{k1}$	<b>0.353</b>	kN/m <sup>2</sup>

Tali azioni sono quindi già state tenute in conto secondo quanto prescritto dal capitolo 5.2.3.2 del MdP:

*“Il valore minimo della risultante della combinazione del vento e dell’azione aerodinamica si assumerà pari a 1.50 KN/m per linee percorse a velocità  $V \leq 200$  Km/h e pari a 2,50 KN/m per linee percorse a velocità  $V > 200$  Km/h”.*

## 6.7 AZIONI ECCEZIONALI

### 6.7.1 Azioni dovute al deragliamento

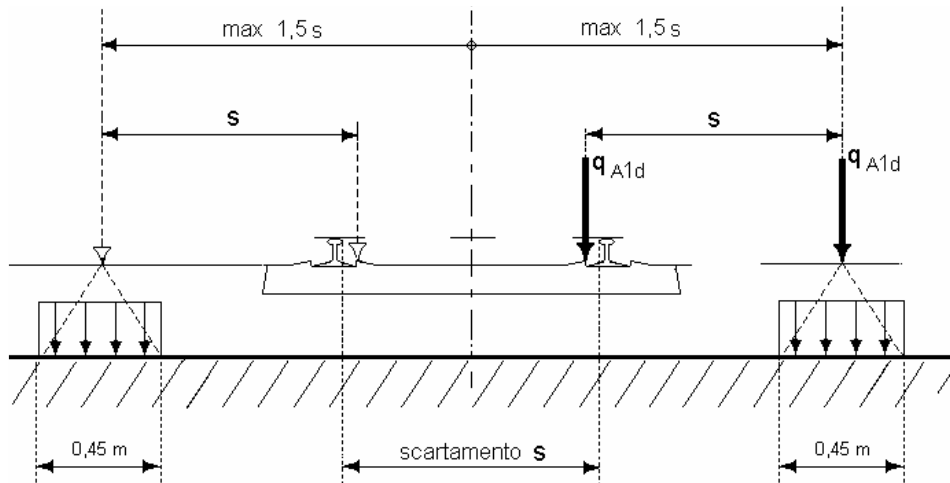
In alternativa ai modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità che un locomotore o un carro pesante deragli. La normativa propone due diverse situazioni di progetto;

#### Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60$  kN/m (comprensivo dell’effetto dinamico) ciascuno. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12.

Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

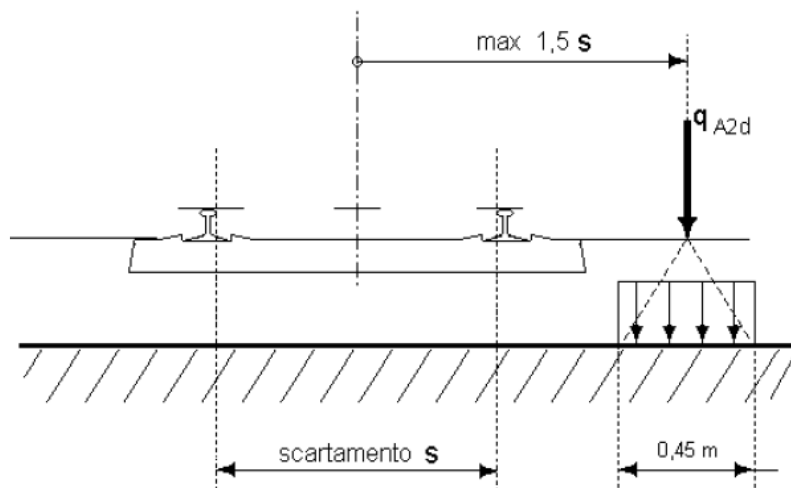
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	




**Figura 21 – posizione azioni da deragliamento – caso 1**

### Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d}=80 \times 1.4$  kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1.5 s rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.



**Figura 22 – posizione azioni da deragliamento – caso 2**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

### 6.7.1.1 Ripartizione locale del carico

#### Caso 1

È stata considerata la situazione che massimizza le azioni flettenti in mezzzeria della campata centrale.

carichi verticali lineari	$q_{A1d} =$	60	m
spostamento massimo dall'asse binario	$d =$	2.15	m

#### Diffusione trasversale del carico deragliato

$$B_t = 0.45 + 0.35/2 = 0.625 \text{ m}$$

$$q = q_{A1d} / B_t = 96 \text{ kN/mq}$$

#### Diffusione trasversale del carico su traversa

Le azioni indotte dal secondo carico lineare  $q_{A1d}$  che si diffonde a partire dalla traversa sono:

$$B_t = 2.80 \text{ m}$$

$$q = q_{A1d} / B_t = 21.43 \text{ kN/mq}$$

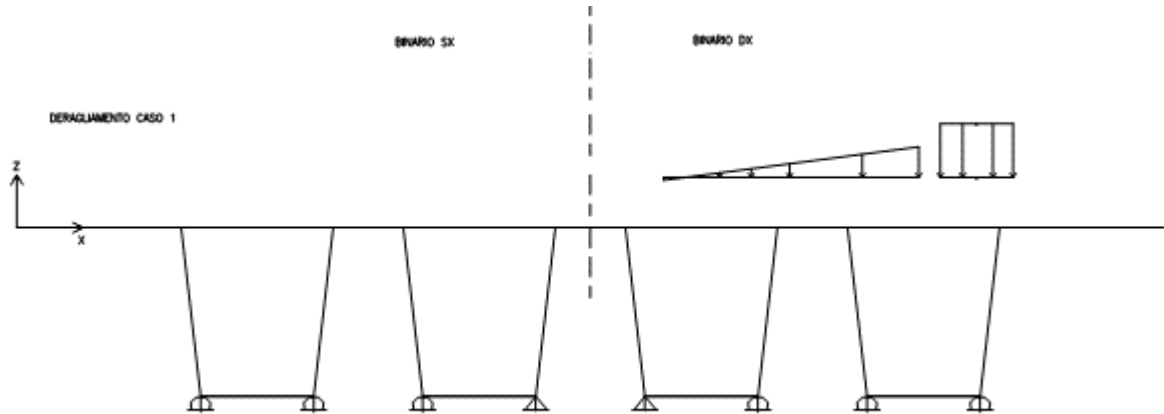
$$e = d - s = 0.72 \text{ m}$$

$$\Delta q = 6 M / B_t^2 = 6 (q_{A1d} e) / B_t^2 = 32.83 \text{ kN/mq}$$

$$q_{d,max} = 54.26 \text{ kN/mq}$$

$$q_{d,min} = -11.4 \text{ kN/mq}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B





**Figura 23 – Condizione di carico per deragliamento – caso 1**

### Caso 2

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d}=80 \times 1.4$  kN/m esteso per 20 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1.5 s rispetto all'asse del binario. Tale caso deve essere applicato solo per effetti globali.

### Diffusione trasversale del carico deragliato

$$q = q_{A1d} / Bt = 179.2 \text{ kN/mq}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

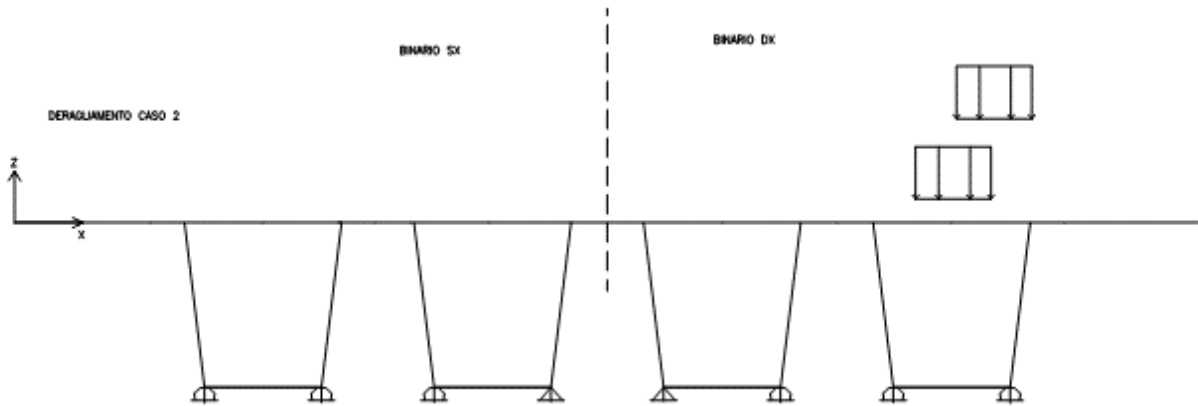


Figura 24 - Condizione di carico per deragliamento – caso 2

### 6.7.2 Rottura della catenaria



La rottura della catenaria esercita un'azione squilibrata in corrispondenza del palo T.E. di intensità pari a  $\pm 20$  kN. Questa azione, da considerarsi di natura statica, applicata in corrispondenza della quota del filo di alimentazione, agisce a +5.00 m dal piano soletta dell'impalcato ferroviario.

#### 6.7.2.1 Ripartizione locale del carico

Tale azione dovrà essere presa in considerazione per le verifiche agli SLU locali in corrispondenza degli attacchi dei sostegni T.E. alla struttura. Tramite una modellazione a piastra si individua l'armatura aggiuntiva in funzione della pressione equivalente:

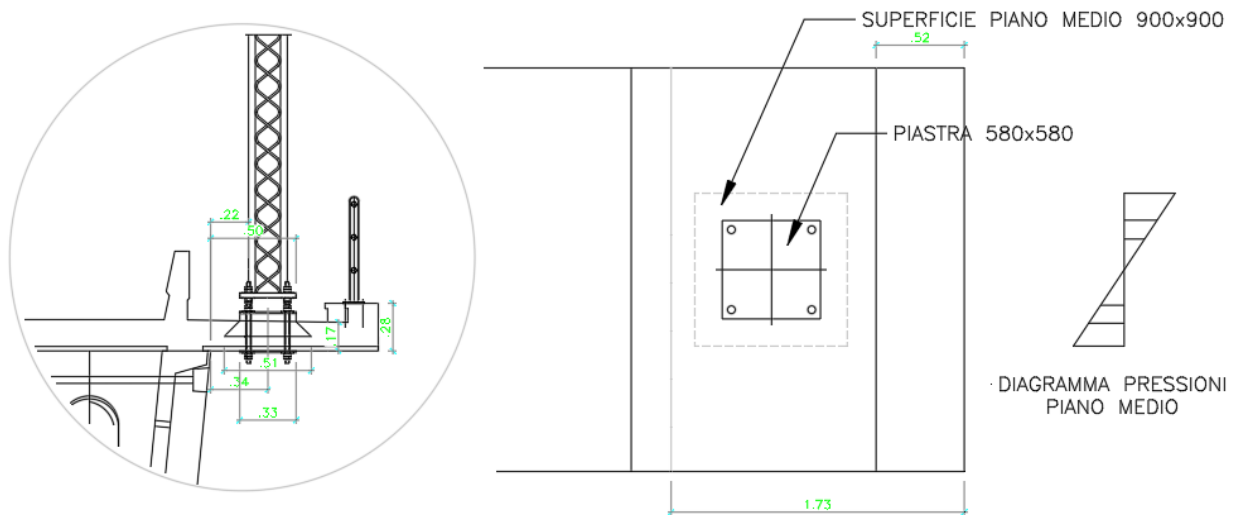
larghezza della piastra in trasversale	b1	0.58	cm
larghezza della piastra in longitudinale	b2	0.58	cm
spessore medio della soletta dello sbalzo	s	0.3	m
altezza del filo di trazione	h	5	m
area di riferimento sul piano medio	A	0.77	m
momento di incastro sul piano medio	M	100	KN m



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

pressione massima

$$\Delta q = 6 \text{ M} / B_L^2 = 774.8 \text{ KN/mq}$$





**Figura 25 - Condizione di carico locale: rottura della catenaria**

## 6.8 AZIONI INDIRETTE

### 6.8.1 Ritiro

Di seguito si valutano le deformazioni da ritiro della trave, sulla base della sua geometria, nell'ipotesi di una umidità relativa pari al 65%. Sotto l'ipotesi progettuale di assenza di additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato come da Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

Per la valutazione del ritiro è stata considerata la geometria della sezione corrente ed è stato considerato cautelativamente come istante iniziale del ritiro autogeno il giorno del getto delle travi ( $t=0$ ), mentre per quello indotto dall'essiccamento il 30esimo giorno dal getto.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 6.8.1.1 Ritiro della trave in C.A.P.

giorno attuali	t	<b>150</b>	giorni
età del calcestruzzo per la quali inizia l'essiccamento	ts	<b>30</b>	giorni
percentuale di umidità relativa	RH	<b>65</b>	%
ritiro differito nel tempo o tutto insieme?		<b>tutto insieme</b>	
giorno attuali di calcolo	t	<b>10000.0</b>	giorni

#### *Ritiro Cassoncino*



perimetro di cls esposto all'aria	u	11840	mm
dimensione fittizia pari a $2Ac/u$	h0	182.7	mm
umidità relativa	UR	65	%

deformazione massima per essiccamento	$\epsilon_{c0}$	-0.00033	
parametro per calcolo deformazione a tempo $\infty$	kh	0.877	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo $\infty$	$\epsilon_{cd\infty}$	-0.00029	
coefficiente di calcolo per lo sviluppo temporale	$\beta_{ds(t,ts)}$	0.990	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo t	$\epsilon_{cd(t)}$	<b>-2.8E-04</b>	

resistenza caratteristica del calcestruzzo	fck	45	MPa
valore medio della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}$	<b>-8.8E-05</b>	

deformazione totale per ritiro	$\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd(t)} + \epsilon_{ca}$	<b>-3.7E-04</b>	
deform. totale per ritiro a tempo infinito	$\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd(\infty)} + \epsilon_{ca}$	<b>-3.7E-04</b>	

Perdite fase 1 per ritiro	$\Delta\sigma_{rit(t1)}$	-72.4	MPa
Perdite fase 4 per ritiro	$\Delta\sigma_{rit(t3)}$	0.0	MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

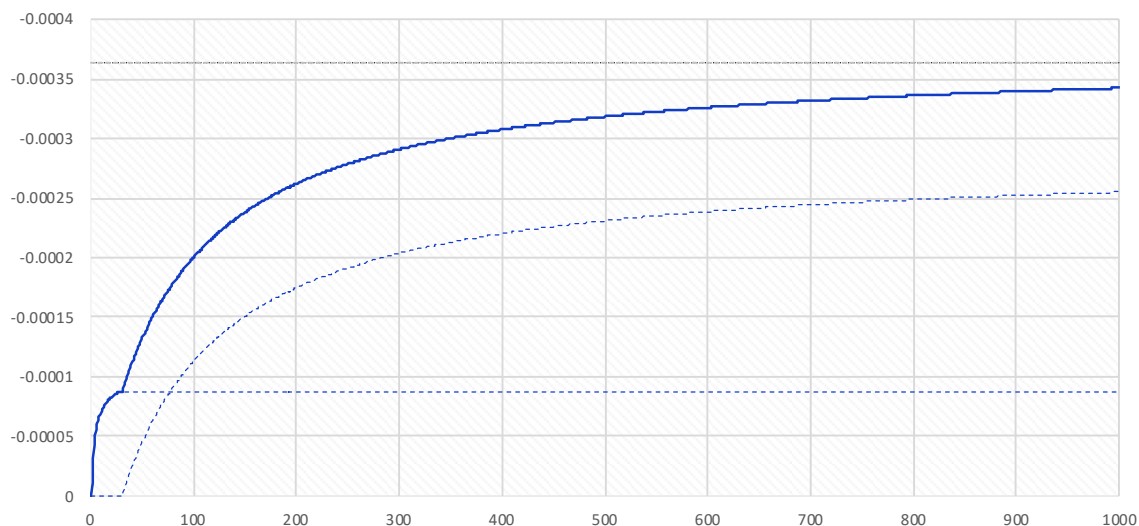


Figura 26 – Andamento del ritiro della trave in C.A.P.

A vantaggio di sicurezza, nei calcoli degli effetti globali, si considera completamente esaurito il ritiro della trave prefabbricata all'atto del getto della soletta. Di seguito si calcola il ritiro della soletta gettata in opera a tempo infinito (5000 gg), coincidente con il ritiro differenziale soletta-travi.



#### 6.8.1.2 Ritiro della soletta gettata

età del calcestruzzo per la quali inizia l'essiccamento	ts	<b>180.0</b>	giorni
giorno attuali	t	<b>170</b>	giorni
giorno attuali di calcolo	t	<b>5000.0</b>	giorni

#### Ritiro Soletta

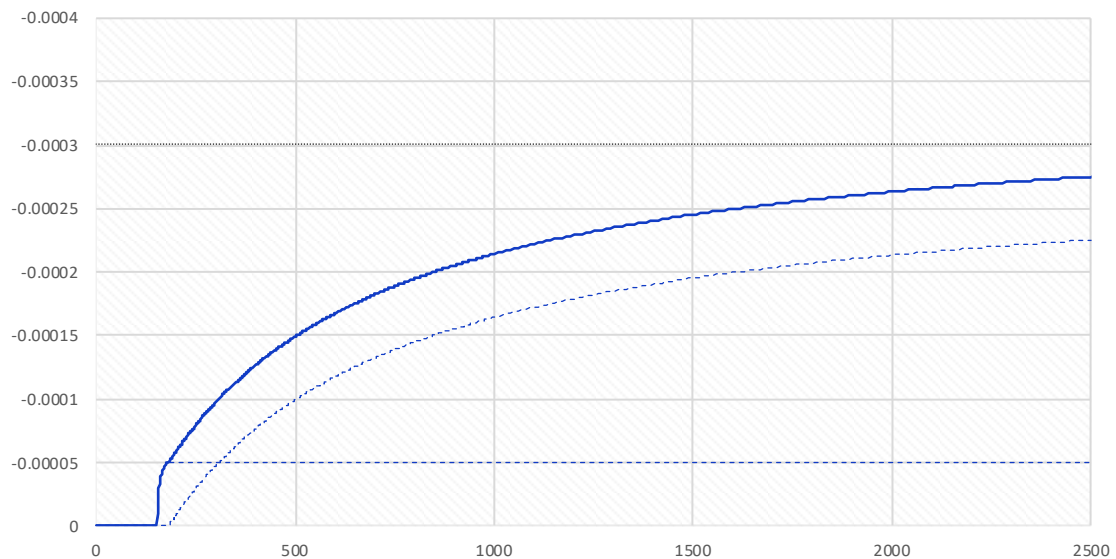
perimetro di cls esposto all'aria	u	4200.00	mm
dimensione fittizia pari a $2Ac/u$ Ac	h0	600.0	mm

deformazione massima per essiccamento	$\epsilon_{c0}$	-0.00038
parametro per calcolo deformazione a tempo $\infty$	kh	0.7
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo $\infty$	$\epsilon_{cd\infty}$	-0.00027
coefficiente di calcolo	$\beta_{ds}(t,ts)$	0.891
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo t	$\epsilon_{cd}(t)$	<b>-2.4E-04</b>

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

resistenza caratteristica del calcestruzzo                      fck            32            MPa  
Valore della deformazione per ritiro autogeno                       $\epsilon_{ca}$             **-5.5E-05**

deformazione totale per ritiro                       $\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}$             **-2.9E-04**  
deform. totale per ritiro a tempo infinito                       $\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd}(t_{\infty}) + \epsilon_{ca}$             **-2.9E-04**





**Figura 27 - Andamento del ritiro della soletta**

### 6.8.2 Viscosità

Gli effetti conseguenti alla viscosità del calcestruzzo per azioni di lunga durata (sovraccarichi permanenti, ritiro, ecc.) possono essere considerati in diversi modi, tra cui l'analisi più accurata prevede la sovrapposizione al passo (SPP), partendo proprio dalla curva di viscosità. L'unica ipotesi necessaria è l'indipendenza della deformazione viscosa dalla variazione tensionale antecedente. Allora, la deformazione all'istante considerato è fornita dall'espressione:

$$\epsilon_{(t_i; t_0)} = \frac{\sigma_0}{E_{t_0}} [1 + \phi_{(t_i; t_0)}] + \sum_j^i \frac{\Delta\sigma_j}{E_{t_j}} [1 + \phi_{(t_i; \tau_j)}]$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

Per quanto riguarda le caratteristiche inerziali della sezione si identificano i coefficienti di omogeneizzazione a lungo termine in funzione del coefficiente viscoso  $\phi_{t_{oo}}$  di seguito, ovvero mediante il modulo di elasticità ridotto:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi)$$

*modulo di elasticità ridotto*

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto per la valutazione degli effetti della viscosità sulle perdite di precompressione.

#### 6.8.2.1 Viscosità per valutazione delle perdite di precompressione

Si identifica la curva di viscosità del cassone in c.a.p. per il calcolo delle perdite di precompressione

tempo di messa in carico del cassoncino	$t_0$	<b>6</b>	giorni
età del calcestruzzo al momento considerato	$t_1$	<b>150</b>	giorni
percentuale di umidità relativa	RH	<b>65</b>	%
dimensione fittizia pari a $2A_c/u$ $A_c$	$h_0$	<b>182.7</b>	mm
coefficiente di invecchiamento	$\chi(t, t_0)$	<b>0.80</b>	
viscosità al passo o tutta insieme?		<b>tutta insieme</b>	
tipo di cemento		<b>Classe N</b>	


#### Viscosità lineare NTC

coefficiente di viscosità a tempo infinito	$\varphi(t, \infty)$	<b>3.10</b>
--	----------------------	-------------

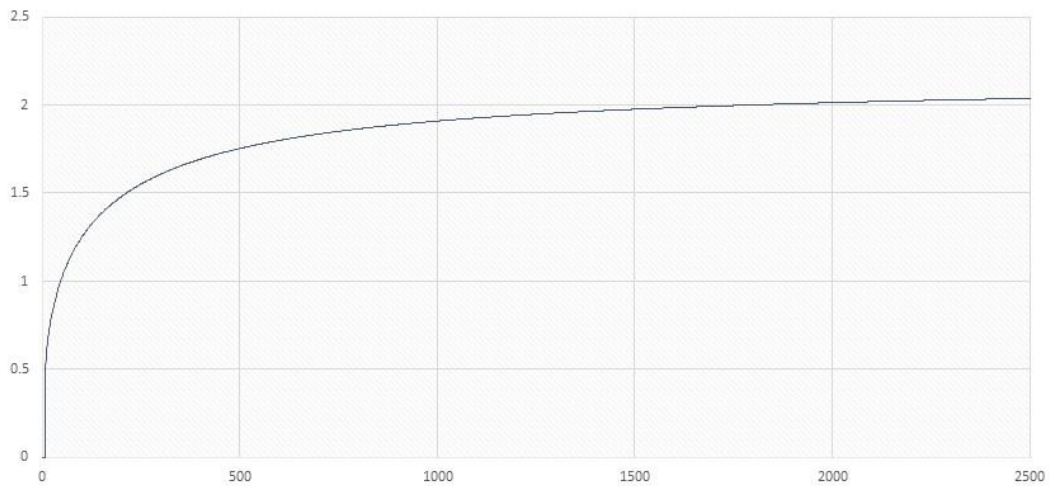
#### Viscosità lineare EC2-1-1-2005 appendice B

*si utilizza il coefficiente fornito dall'EC perché funzione del tempo*

effetto del tipo di cemento sulla viscosità	$\alpha$	<b>0</b>	
tempo equivalente - applicazione del carico	$t_0$	<b>6.00</b>	giorni
età del calcestruzzo al momento considerato	$t_1$	<b>10000</b>	giorni
coef. Funzione della resistenza del cls	$\beta(f_{cm})$	<b>2.31</b>	
resistenza media del calcestruzzo	$f_{cm}$	<b>53.00</b>	N/mm <sup>2</sup>



GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

coef. Funzione della maturazione del cls	$\beta(t_0)$	0.65
coef. Funzione di u.r. e di ho	$\beta_H$	480.4
coef. Che descrive l'evoluzione viscosa	$\beta(t, t_0)$	0.99
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_3$	0.81
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_2$	0.92
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_1$	0.75
coef. Funzione dell'umidità relativa	$\varphi_{RH}$	1.425
coefficiente normale di viscosità	$\varphi_0$	2.147
coefficiente di viscosità	$\varphi_0(t, t_0)$	<b>2.117</b>
coefficiente di viscosità a tempo infinito	$\varphi_0(t_{\infty}, t_0)$	<b>2.117</b>



**Figura 28 - Andamento del coefficiente di viscosità della trave in C.A.P.**

Di seguito è riportata la valutazione del coefficiente di viscosità ridotto utilizzato per la determinazione del contributo alla resistenza della sezione composta sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (permanenti portati).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

6.8.2.2 Viscosità per la valutazione delle caratteristiche della sezione composta a t = inf e sollecitazione per ritiro differenziato

Si identifica la curva di viscosità della soletta per il calcolo dell'effetto differenziato del ritiro

dimensione fittizia pari a  $2A_c/u A_c$   $h_0$  **600.0** mm

*ipotizzo che una volta gettata la soletta passino pochi giorni prima dell'applicazione dei carichi*

tempo equivalente di applicazione del carico  $t_0$  **20.00** giorni

coef. Funzione della maturazione del cls  $\beta(t_0)$  0.52

tempo di carico **170** giorni

coefficiente di viscosità  $\varphi_0(t, t_0)$  **0.000**

tempo di carico **90** giorni

coefficiente di viscosità  $\varphi_0(t, t_0)$  **0.000**

coef. di visc. a tempo infinito  $\varphi_k(t_{\infty}, t_0)$  **1.831**

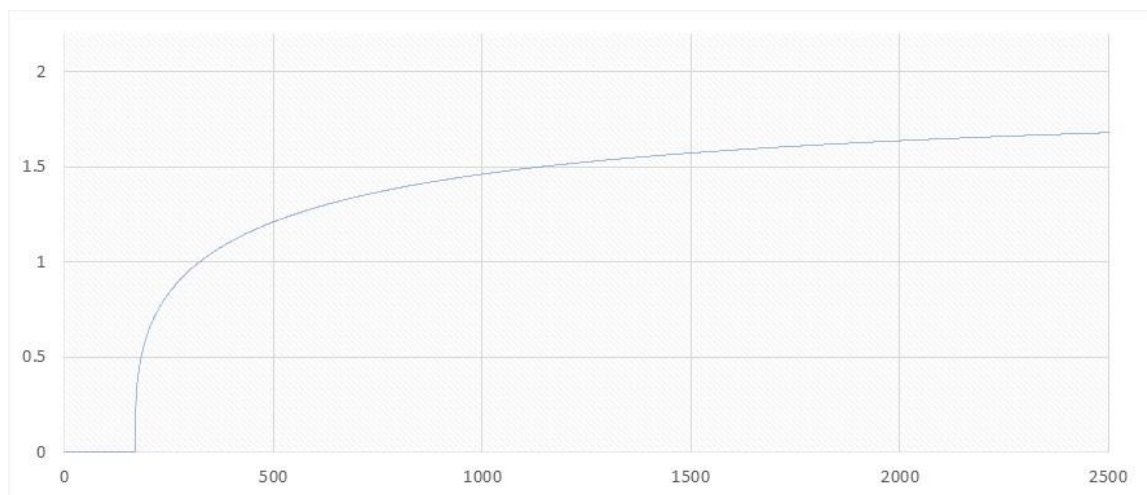




Figura 29 - Andamento coefficiente di viscosità della soletta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 6.8.3 Rilassamento dei trefoli

Per quanto riguarda il fenomeno della viscosità dell'acciaio si parla di perdita di tensione per rilassamento e nel caso specifico si è adottato il metodo del tempo equivalente del EC2-1-1 del 2005, per il quale la perdita per rilassamento totale è la somma delle perdite di rilassamento ai vari intervalli di tempo finzione dell'espressione *rilassamento-tempo*:

$$\text{Classe 1 } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pl}} = 5,39 \rho_{1\,000} e^{5,7\mu} \left(\frac{t}{1\,000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5}$$

$$\text{Classe 2 } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pl}} = 0,66 \rho_{1\,000} e^{9,1\mu} \left(\frac{t}{1\,000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5}$$

$$\text{Classe 3 } \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pl}} = 1,98 \rho_{1\,000} e^{8\mu} \left(\frac{t}{1\,000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5}$$

dove:

$\Delta\sigma_{pr}$  è il valore assoluto delle perdite per rilassamento;

$\sigma_{pl}$  per le armature post-tese  $\sigma_{pl}$  è il valore assoluto della tensione iniziale  $\sigma_{pl} = \sigma_{pm0}$  [vedere anche punto 5.10.3 (2)].

Per le armature pre-tese  $\sigma_{pl}$  è la massima tensione di trazione applicata al cavo meno le perdite immediate che si verificano durante il procedimento di messa in tensione, vedere comma (i) del punto 5.10.4(1);

$t$  è il tempo dopo la messa in tensione (in ore);

$\mu = \sigma_{pl}/f_{pk}$ , dove  $f_{pk}$  è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'acciaio da precompressione;

$\rho_{1\,000}$  è il valore della perdita per rilassamento (in percentuale) a 1 000 h dopo la messa in tensione e a una temperatura media di 20 °C.


ovvero:

$$\Delta\sigma_{pr,j} = 0,66 \rho_{1\,000} e^{9,09\mu} \left(\frac{t_e + \Delta t_j}{1\,000}\right)^{0,75(1-\mu)} \left\{ \sigma_{pl}^+ + \sum_1^{j-1} \Delta\sigma_{pr,j} \right\} 10^{-5} - \sum_1^{j-1} \Delta\sigma_{pr,j}$$

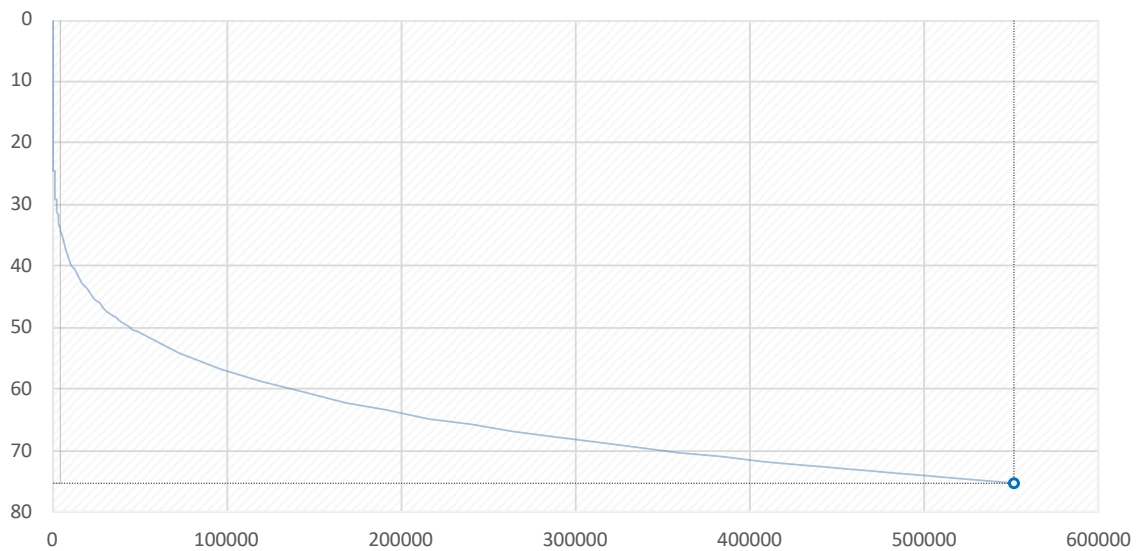
Di seguito è riportata la valutazione della curva di rilassamento e delle perdite associate

tensione iniziale del cavo	$\sigma_1$	1 380	MPa
tensione nel cavo per def. elastica cls	$\Delta\sigma_1$	-85.33	MPa
tempo di riferimento	$t_1$	0	giorni
variazione di tensione nel cavo per ritiro	$\Delta\sigma_{r,2}$	-72.41	MPa
variazione di ten per def visco-elastica	$\Delta\sigma_{e+v,2}$	-158.06	MPa
tempo di riferimento	$t_2$	23000	giorni



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

percentuale di perdita a 1000h	$\rho_{1000}$	2.50	%
rapporto tra valore carat. e tensione	$\mu$	0.78	
perdite per rilassamento a tempo t	$\Delta\sigma_{pr(t)}$	71.73	MPa
perdita per rilassamento al tempo t4	$\Delta\sigma_{pr(t4)}$	<b>0.00</b>	MPa
perdite per rilassamento a tempo too	$\Delta\sigma_{pr(too)}$	<b>71.73</b>	MPa



**Figura 30 - Andamento delle perdite per rilassamento del cavo**



#### **6.8.4 Resistenze passive dei vincoli**

Per la valutazione delle coazioni generate all'atto dello scorrimento dei vincoli, è stato considerato un coefficiente d'attrito pari al 4% applicato alle azioni verticali agenti sugli apparecchi d'appoggio.

#### **6.9 AZIONI SISMICHE**

Le azioni sismiche non sono dimensionanti ai fini delle verifiche relative all'impalcato e non vengono quindi considerate nelle analisi dello stesso. Le azioni sismiche considerate per la progettazione delle sottostrutture (pile, spalle e fondazioni) sono riportate nelle corrispondenti relazioni di calcolo.

La valutazione delle azioni sismiche qui riportate è valida per la progettazione dei dispositivi di appoggio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



A tal proposito, è necessario individuare la capacità di dissipazione allo S.L.U. della struttura del ponte nel suo complesso considerando le fessurazioni degli elementi in C.A., la plasticizzazione dei materiali nonché l'interazione sismica con il terreno di fondazione (dissipazione per irraggiamento). In via semplificata, secondo il cap. 2.5.1.8.3.3 del MdP, si assume che detta capacità dissipativa possa tradursi in uno smorzamento viscoso del 10% che corrisponde ad un equivalente fattore di struttura pari a 1.22.

### **6.9.1 Inquadramento sismico**

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale  $V_N$  e la classe d'uso  $C_u$ . Sulla base del MdP i parametri indentificativi dell'opera sono:

- classe d'uso III corrispondente ad un coefficiente d'uso  $c_u = 1.5$ ;
- vita nominale è pari a  $V_N = 100$  anni;

I parametri indipendenti per le forme spettrali di riferimento hanno una variazione spaziale lungo la linea poco influente; tuttavia, per le seguenti analisi si è fatto riferimento a quelle più gravose appartenenti al viadotto VI01.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**


Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →


**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri →

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



**Controllo sul reticolo**

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3
- Interpolazione

**Interpolazione**

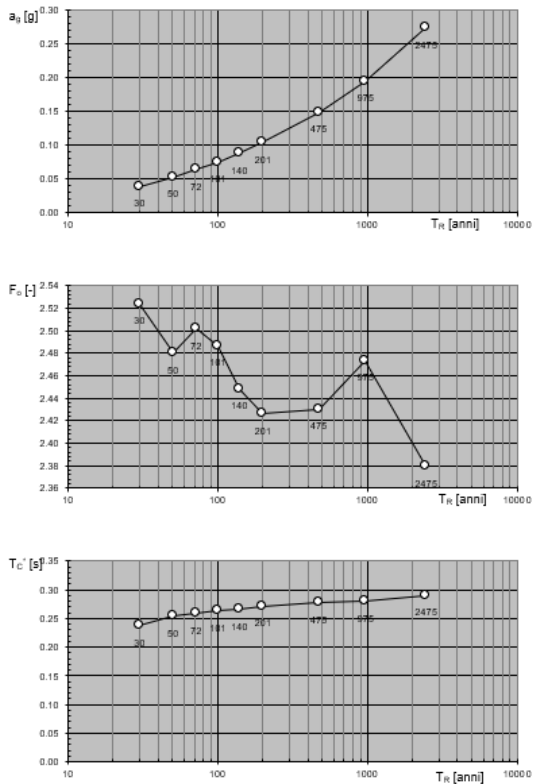
superficie rigata ▾

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

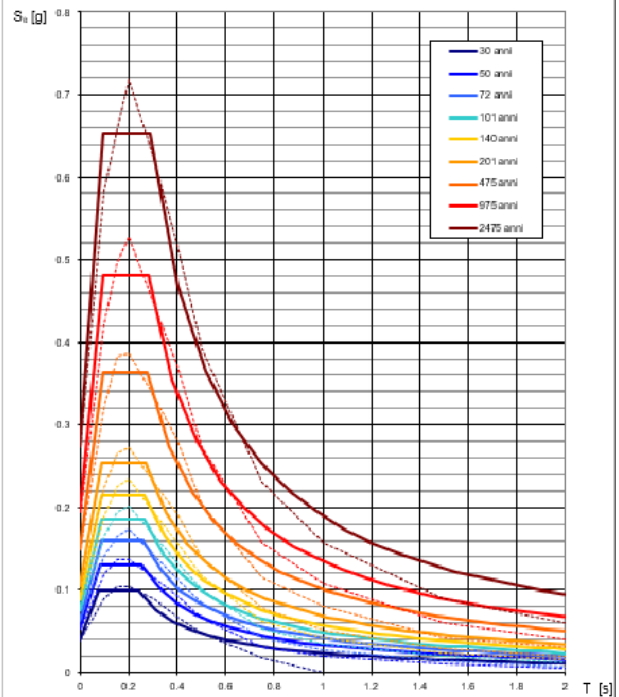
**Figura 31 - Sito di riferimento secondo "Spettri\_NTC"**

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento



NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto SHINGV da cui sono derivati.

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.



Figura 32 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri\_NTC"

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.039	2.524	0.237
50	0.053	2.480	0.253
72	0.064	2.501	0.259
101	0.075	2.486	0.263
140	0.088	2.448	0.265
201	0.104	2.426	0.271
475	0.149	2.430	0.278
975	0.195	2.474	0.280
2475	0.275	2.379	0.291

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 33 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 6.9.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC2008 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono prevalentemente di tipo C e B, pianeggianti o leggermente acclivi, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

L'azione sismica è stata calcolata per gli stati limite:

- Stato limite ultimo: Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV

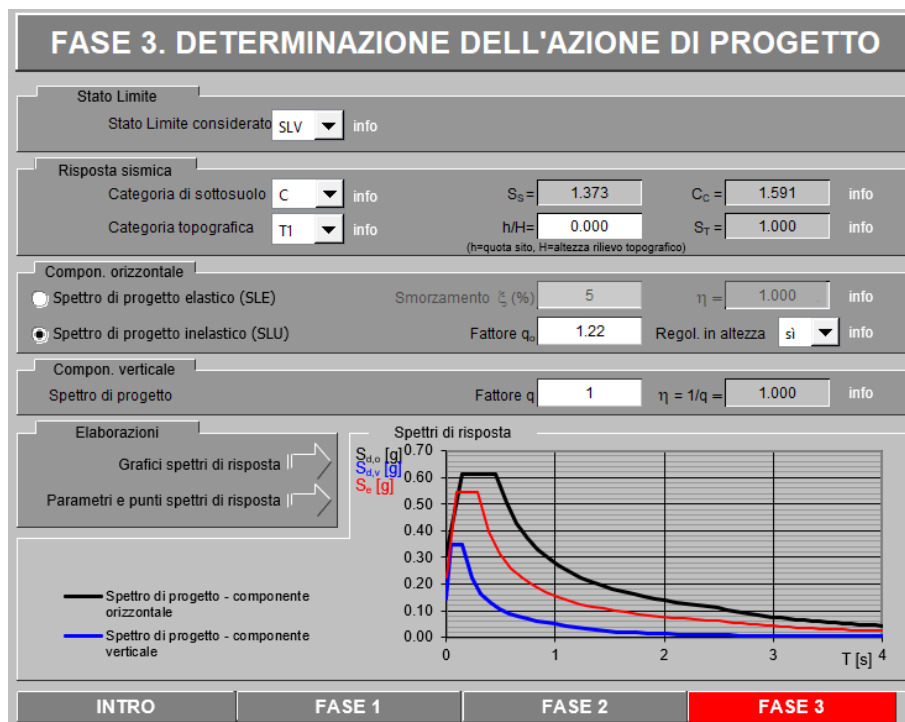




Figura 34 - Definizione della domanda sismica allo SLV

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.224 g
$F_o$	2.435
$T_c$	0.284 s
$S_s$	1.373
$C_c$	1.591
$S_T$	1.000
$q$	1.220

#### Parametri dipendenti

$S$	1.373
$\eta$	0.820
$T_B$	0.151 s
$T_C$	0.452 s
$T_D$	2.495 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$



$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.307
$T_B \leftarrow$	0.151	0.613
$T_C \leftarrow$	0.452	0.613
	0.549	0.505
	0.646	0.429
	0.744	0.373
	0.841	0.329
	0.938	0.295
	1.036	0.268
	1.133	0.245
	1.230	0.225
	1.328	0.209
	1.425	0.194
	1.522	0.182
	1.619	0.171
	1.717	0.161
	1.814	0.153
	1.911	0.145
	2.009	0.138
	2.106	0.132
	2.203	0.126
	2.301	0.120
	2.398	0.116
$T_D \leftarrow$	2.495	0.111
	2.567	0.105
	2.638	0.099
	2.710	0.094
	2.782	0.089
	2.853	0.085
	2.925	0.081
	2.997	0.077
	3.068	0.073
	3.140	0.070
	3.212	0.067
	3.283	0.064
	3.355	0.061
	3.427	0.059
	3.498	0.056
	3.570	0.054
	3.642	0.052
	3.713	0.050
	3.785	0.048
	3.857	0.046
	3.928	0.045
	4.000	0.045

Figura 35 - Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_{zv}$	0.143 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.555
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$



$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.143
$T_B$ ←	0.050	0.348
$T_C$ ←	0.150	0.348
	0.235	0.222
	0.320	0.163
	0.405	0.129
	0.490	0.107
	0.575	0.091
	0.660	0.079
	0.745	0.070
	0.830	0.063
	0.915	0.057
$T_D$ ←	1.000	0.052
	1.094	0.044
	1.188	0.037
	1.281	0.032
	1.375	0.028
	1.469	0.024
	1.563	0.021
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.015
	1.938	0.014
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.008
	2.594	0.008
	2.688	0.007
	2.781	0.007
	2.875	0.006
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.005
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.004
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.003
	4.000	0.003

Figura 36 - Parametri indipendenti e dipendenti spettro verticale allo SLV

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 7 FASI COSTRUTTIVE E MODELLAZIONE

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata considerando le fasi costruttive descritte di seguito.

### **Fase 0: condizione a vuoto**

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata alla tesatura in stabilimento, secondo le seguenti ipotesi.

- Azione di precompressione alla tesatura.
- Peso proprio della trave prefabbricata agente con schema statico di trave appoggiata sui lembi estremi della trave ( $L = L_{trave}$ ).
- Sezione resistente della sola trave prefabbricata.

### **Fase 1: getto della soletta e valutazione effetti di ritiro e viscosità del cassoncino**

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata al getto della soletta di impalcato, secondo le seguenti ipotesi.



- Precompressione a perdite per rilassamento e ritiro completamente esaurite.
- Perdite per rilassamento del cavo completamente esaurite.
- Peso proprio trave prefabbricata e del getto della soletta agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L = l_{appoggi}$ ).
- Sezione resistente della sola trave.

### **Fase 2: carichi permanenti e valutazione degli effetti di ritiro differenziale**

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (ora collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi permanenti, secondo le seguenti ipotesi.

- Carichi permanenti agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L = L_{appoggi}$ ).



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

- Sezione resistente trave + soletta.
- Valutazione degli effetti di ritiro differenziale e viscosità.

### **Fase 3: condizione di servizio a breve termine**



In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi di servizio, secondo le seguenti ipotesi.

- Carichi di servizio agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L = L_{\text{appoggi}}$ ).
- Sezione resistente trave + soletta.

### **Fase 4: condizione di servizio a lungo termine**

In questa fase si verifica la condizione della trave prefabbricata (collaborante con la soletta di impalcato) soggetta all'effetto dei carichi di servizio, secondo le seguenti ipotesi.

- Carichi di servizio agenti con schema statico di trave appoggiata sugli appoggi finali ( $L = L_{\text{appoggi}}$ ).
- Caratteristiche meccaniche della sezione modificate dal coefficiente di omogeneizzazione.
- Sezione resistente trave + soletta.

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 7.1 MODELLAZIONE: GENERALITÀ

Le sollecitazioni relative ad ogni fase sono state valutate con adeguati modelli e combinate secondo quanto previsto dalla normativa. In riferimento alle verifiche tensionali previste dalla normativa, gli effetti sugli elementi resistenti sono stati valutati e verificati ad ogni fase e cumulati ove necessario.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata con l'ausilio di modelli di calcolo realizzati con il software Midas Civil 2020.

Sono state realizzate le fasi costruttive dell'impalcato per valutare adeguatamente le sezioni reagenti e la ripartizione dei carichi. È stato implementato il comportamento non lineare dell'indurimento del calcestruzzo per tener conto della variazione di rigidità delle prime fasi, mentre gli effetti lenti sono stati considerati come precedentemente descritto.

### 7.1.1 Modello fase 0

Il modello replica l'elemento prefabbricato, appoggiato alle estremità della trave stessa.

I carichi applicati sono relativi al peso proprio e sono definiti automaticamente dal software, una volta definito il peso di volume del materiale. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

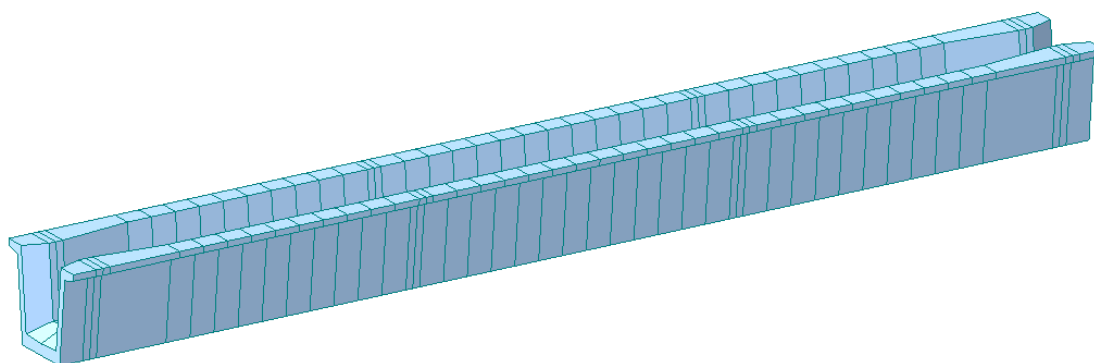




Figura 37 – modello di calcolo f.e.m. fase 0

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 7.1.2 Modello fase 1

Il modello replica l'elemento prefabbricato, comprensivo dei traversi, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. La sezione è stata modellata in modo tale da poter differire l'entrata della propria parte di soletta, sia in termini di peso che di rigidità. Questo è equivalente ad inserire un carico uniformemente ripartito su ciascuna trave con il criterio dell'area di influenza

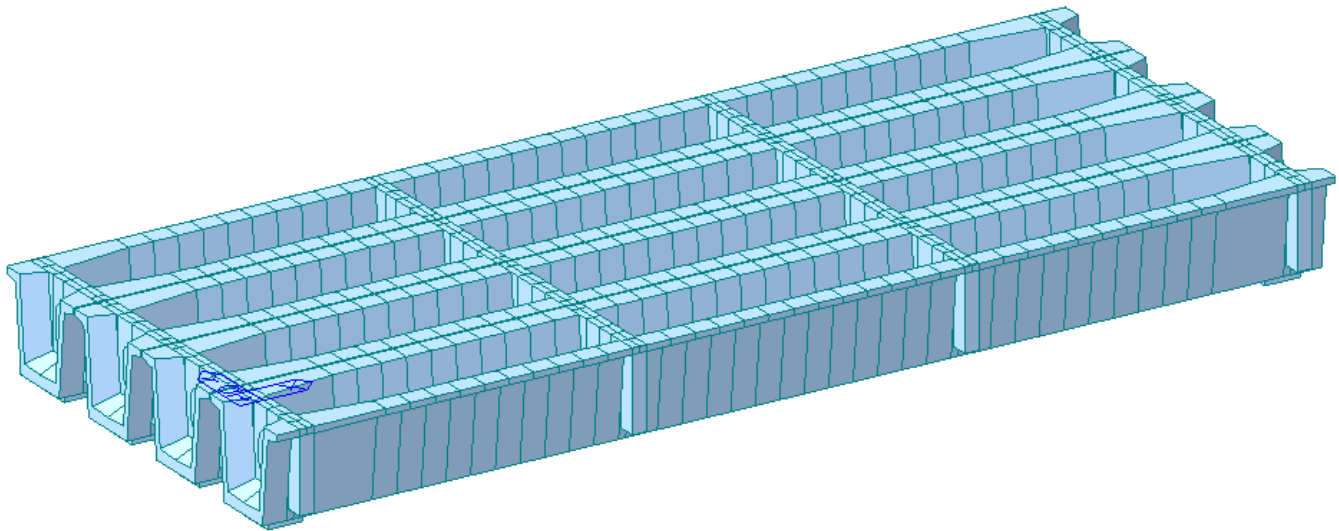




Figura 38 – modello di calcolo f.e.m. fase 1

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 7.1.3 Modello fase 2

Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai sovraccarichi permanenti, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (massicciata, barriere antirumore e canalette).

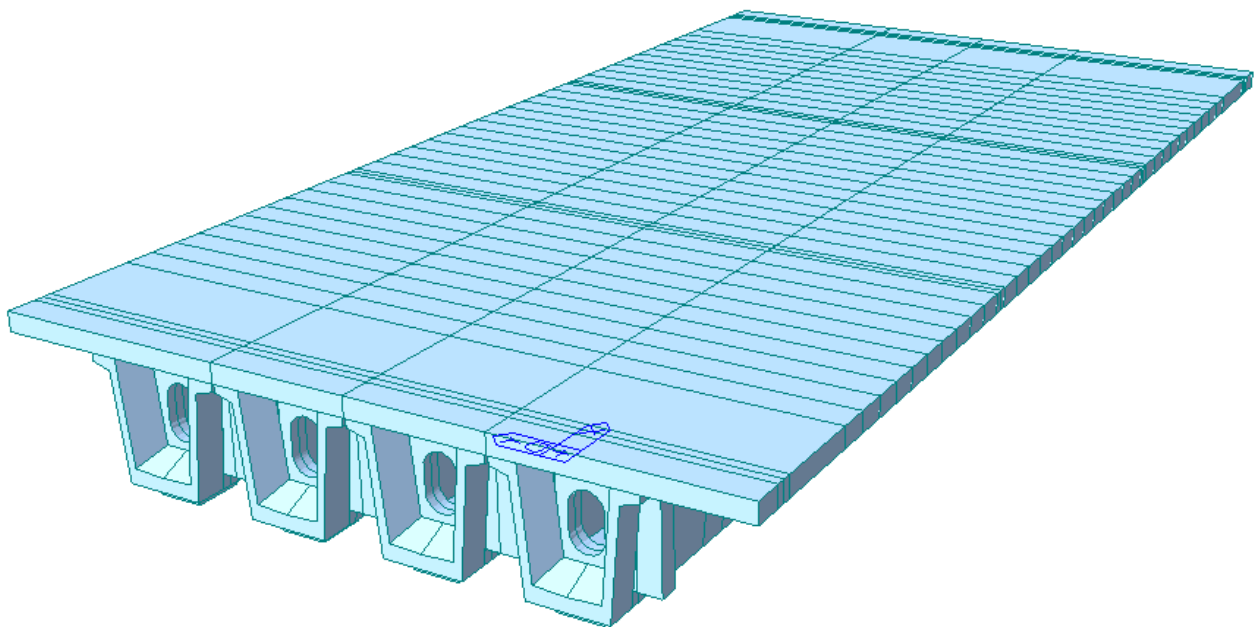


Figura 39 – Modello di calcolo f.e.m. fase 2

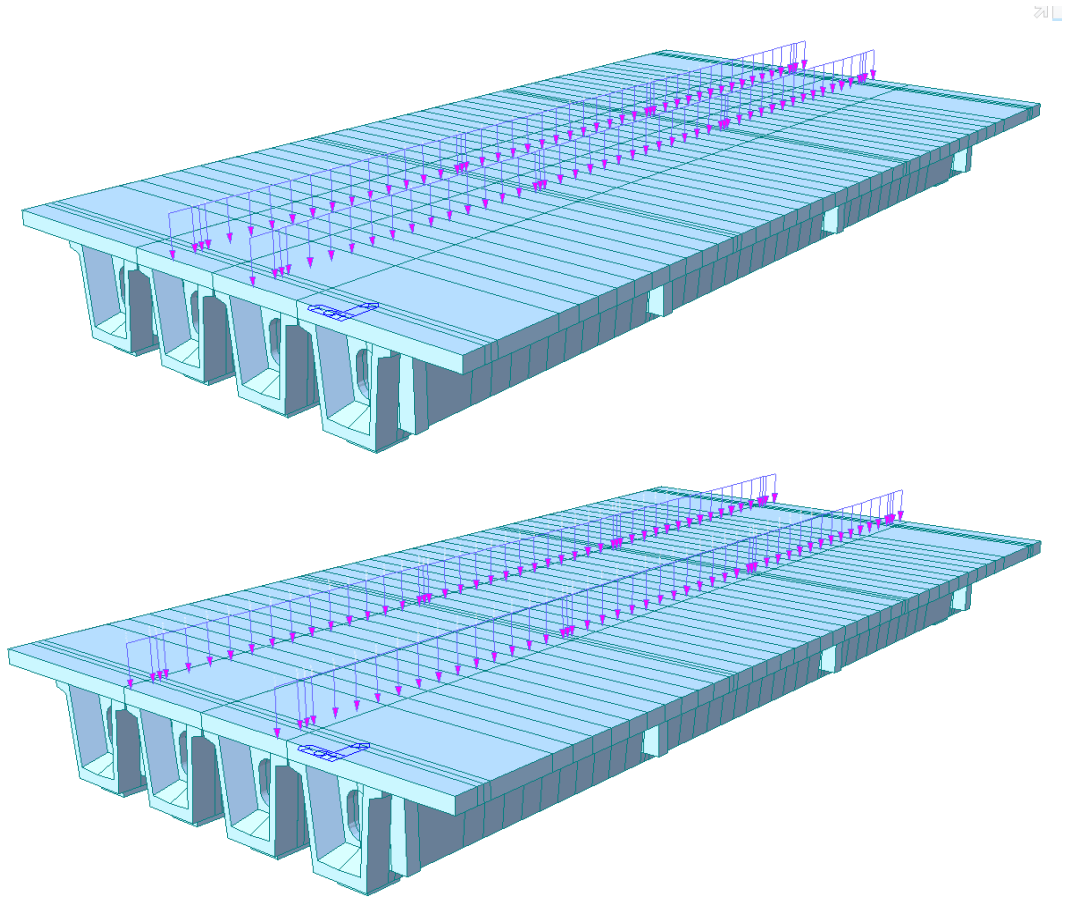
--

Progetto IN17
------------------

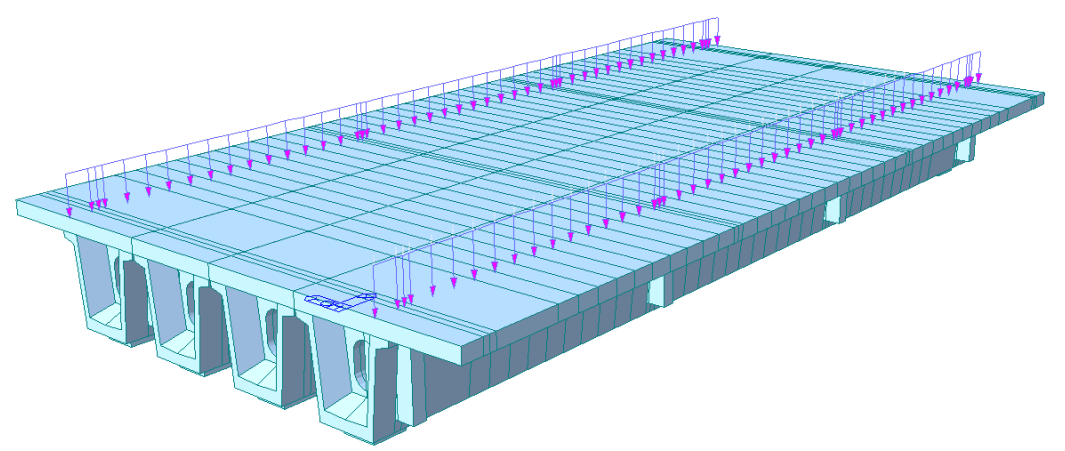
Lotto 10
-------------

Codifica EI2CLVI0005002
----------------------------

B
---



**Figura 40 –modello fase 2 – Ballast afferente sulle travi interne ed esterne**



**Figura 41 –modello fase 2 – Muretto paraballast**

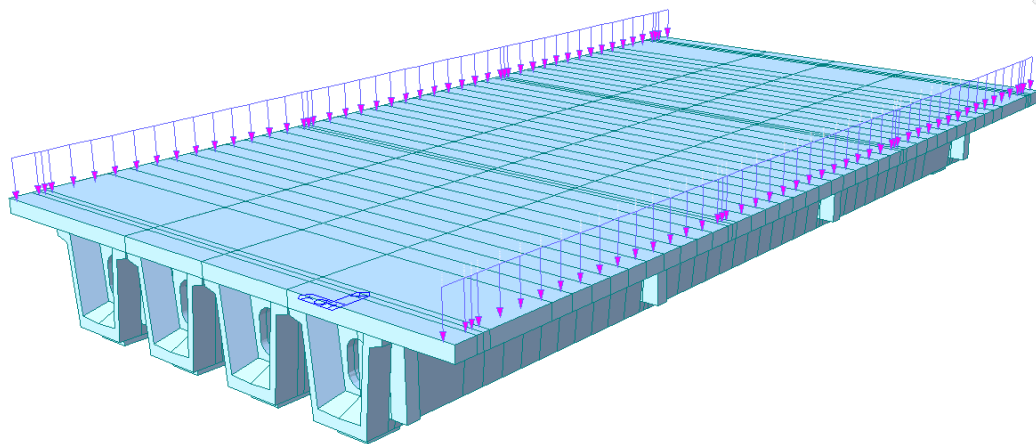
--

Progetto IN17
------------------

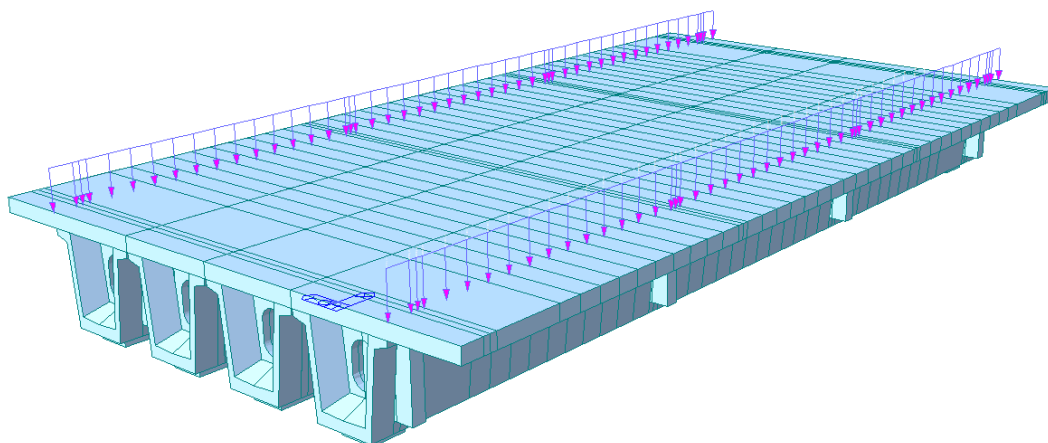
Lotto 10
-------------

Codifica EI2CLVI0005002
----------------------------

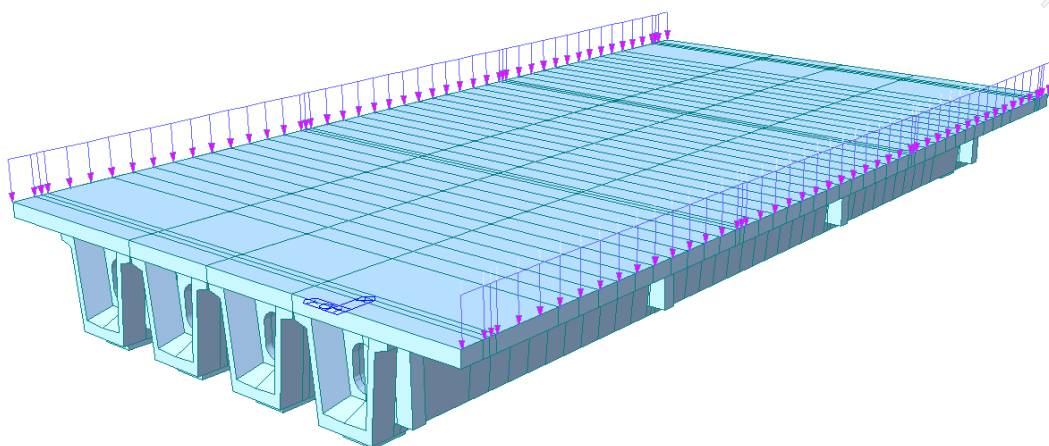
B
---





**Figura 42 –modello fase 2 – Cordoli**



**Figura 43 –modello fase 2 – Cavidotti**

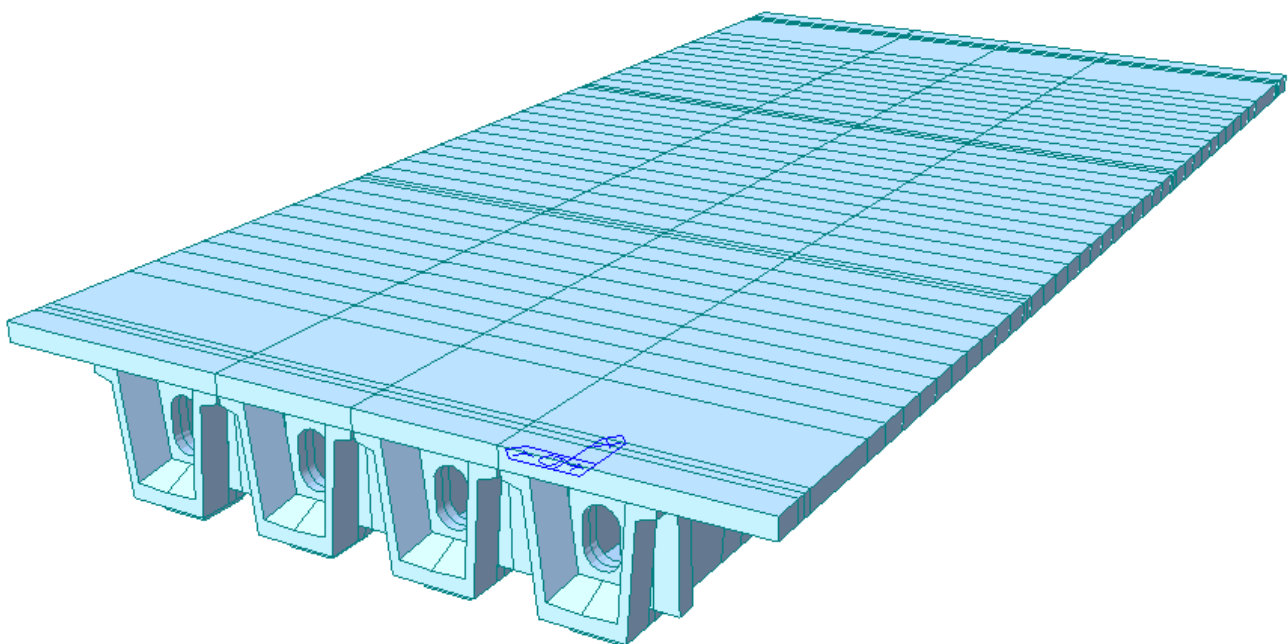


**Figura 44 –modello fase 2 – Barriere antirumore e velette**

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 7.1.4 Modello fase 3

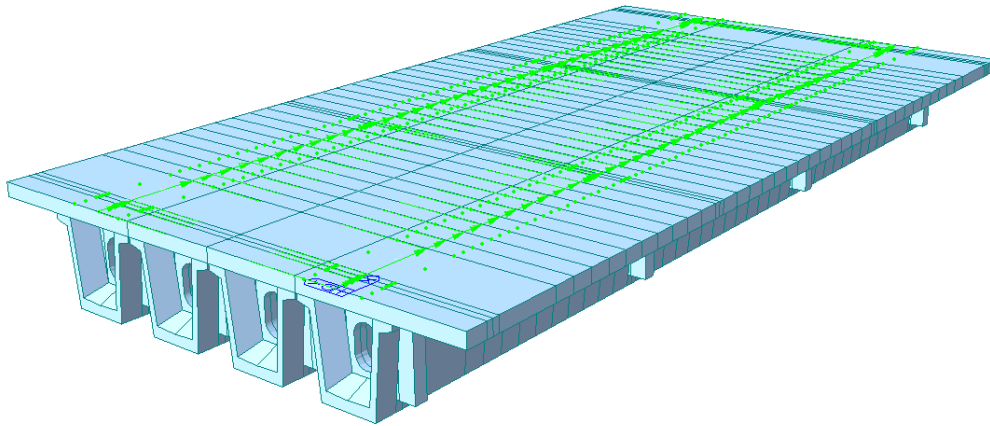
Il modello replica l'impalcato, comprensivo di travi, traversi e soletta, appoggiato in corrispondenza degli appoggi previsti per l'impalcato. I carichi applicati sono quelli relativi ai carichi di servizio, valutati in coerenza con quanto definito nell'analisi dei carichi (traffico, vento, termica).



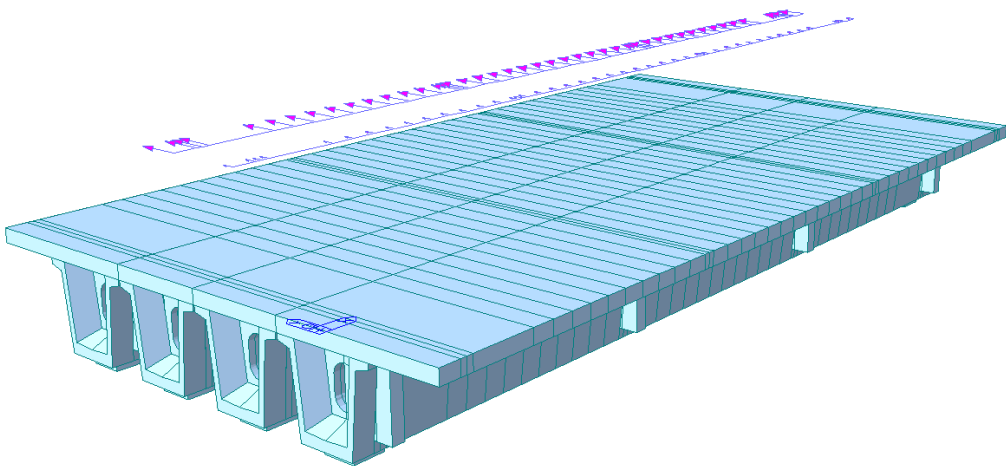
**Figura 45 – modello di calcolo f.e.m. fase 3**

I carichi da traffico ferroviario sono applicati al modello mediante linee di carico.

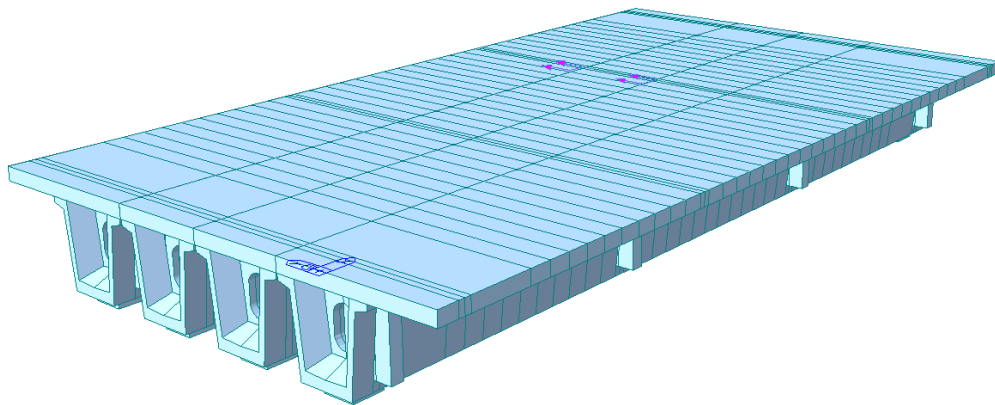
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B
--	------------------	-------------	----------------------------	---



**Figura 46 - Linee di carico ferroviario**



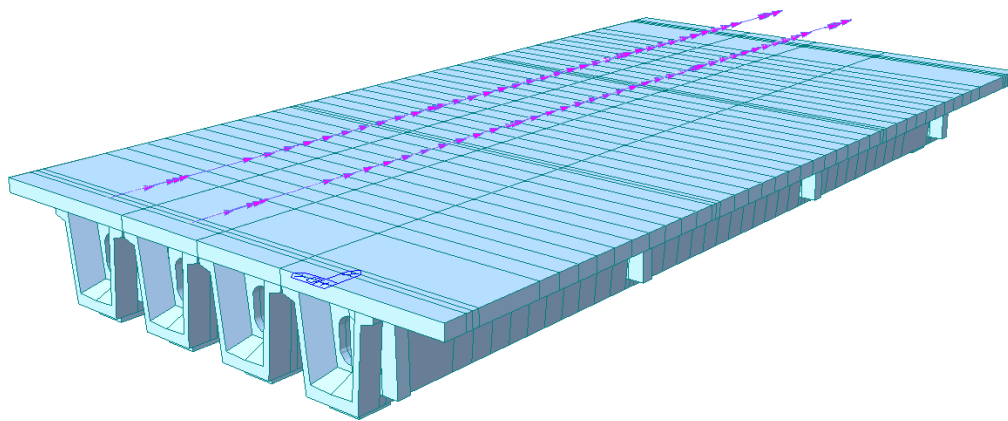
**Figura 47 – modello fase 3 – Forza centrifuga**



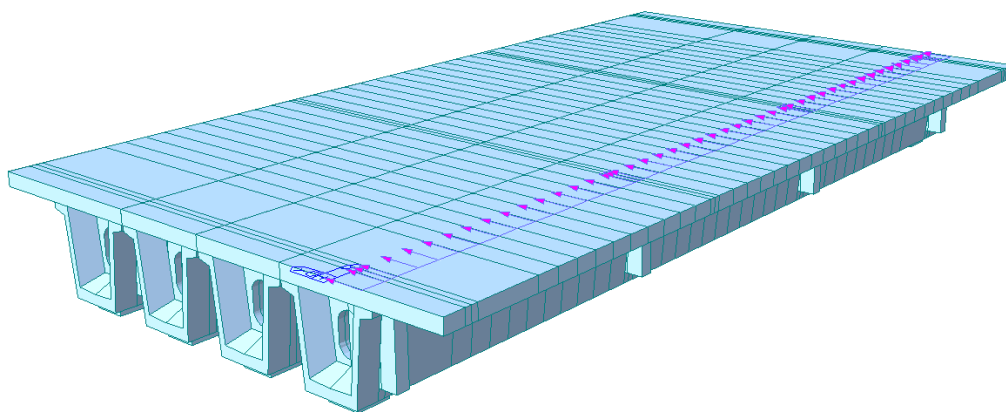
**Figura 48 – modello fase 3 – Serpeggio**



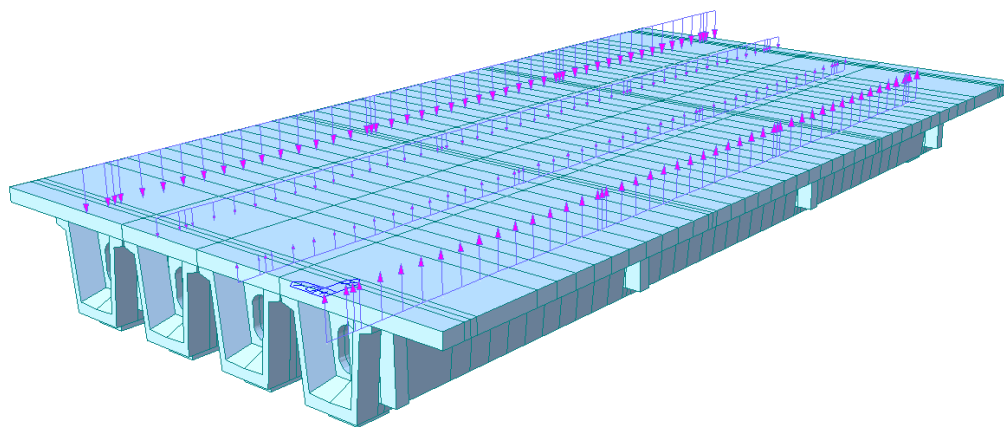
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>



**Figura 49 – modello fase 3 – Forze di avviamento e frenatura**

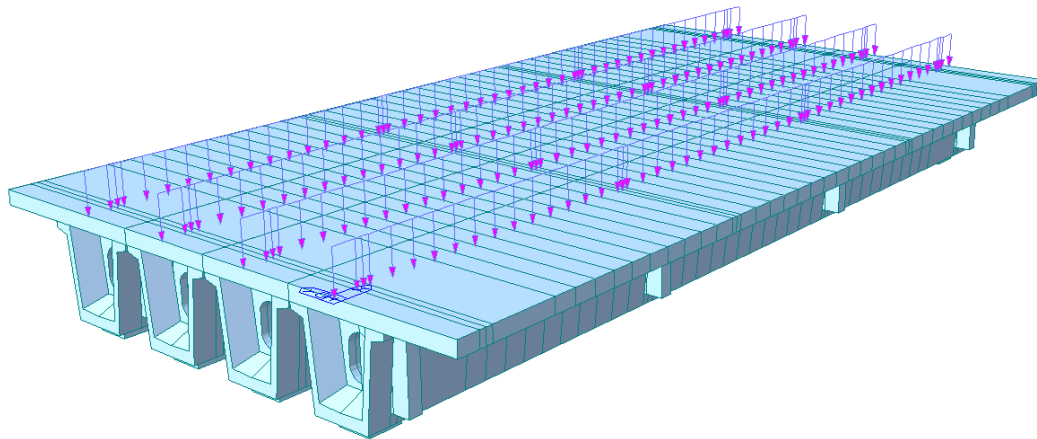


**Figura 50 - Vento trasversale**





**Figura 51 - Vento di rollio**

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



**Figura 52 - Vento verticale**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 7.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella seguente tabella:

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

■ Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

***I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.***


Relativamente al Gruppo 3 si puntualizza che il valore tra parentesi nella colonna "carico verticale" da traffico dovrà assumersi pari a 0,5 per modelli di carico tipo "treno reale" e 0,7 per modelli di carico "teorico".

***"Il gruppo 4 è da considerarsi esclusivamente per le verifiche a fessurazione. I valori indicati fra parentesi si assumeranno pari a: (0,6) per impalcati con 2 binari caricati e (0,4) per impalcati con tre o più binari caricati."***

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

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
				B

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>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{T2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{T3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{T4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	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.

#### Tabella 6 - Valutazione dei carichi da traffico (da "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei font ferroviari")

Le azioni di cui ai paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto relative agli elementi strutturali di volta in volta considerati in base a quanto prescritto dal D.M. 14 Gennaio 2008 al paragrafo § 2.5.3, §3.2.4 e paragrafo §5.2.3.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:



$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B


L'analisi ragionata delle combinazioni di carico previste dalla normativa ha consentito di ridurre il numero di combinazioni considerate. Nella tabella seguente si riportano i valori di combinazioni adottati per analisi e verifiche. I valori riportati in tabella considerano già i coefficienti di combinazione previsti dalla normativa.

Tipo Combinazione	Azione principale	G1	G2	gr_traffico	Fw_Vento	Tk_ΔT	Ritiro	Viscosità	P_Precompr
SLU	gr1	1.35	1.5	<b>1.45</b>	0.9	0.9	1.2	1.2	1
SLU	gr2	1.35	1.5	<b>1.45</b>	0.9	0.9	1.2	1.2	1
SLU	gr3	1.35	1.5	<b>1.45</b>	0.9	0.9	1.2	1.2	1
SLU	Fw	1.35	1.5	1.16	<b>1.5</b>	0.9	1.2	1.2	1
SLU	Fw	1.35	1.5	1.16	<b>1.5</b>	0.9	1.2	1.2	1
SLU	Fw	1.35	1.5	1.16	<b>1.5</b>	0	1.2	1.2	1
SLU	Fw	1.35	1.5	1.16	<b>1.5</b>	0.9	1.2	1.2	1
SLU	Tk	1.35	1.5	1.45	0.9	<b>1.5</b>	1.2	1.2	1
SLU	Tk	1.35	1.5	1.45	0.9	<b>1.5</b>	1.2	1.2	1

ECCEZIONALE	Der	1	1	<b>1</b>	0	0.5	1	1	1
-------------	-----	---	---	----------	---	-----	---	---	---

RARA (Caratteristica)	gr1	1	1	<b>1</b>	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	gr2	1	1	<b>1</b>	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	gr3	1	1	<b>1</b>	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	gr4	1	1	<b>1</b>	0.6	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Fw	1	1	0	<b>1</b>	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Fw	1	1	0	<b>1</b>	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Fw	1	1	0	<b>1</b>	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Fw	1	1	<b>1</b>	<b>1</b>	0.6	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Tk	1	1	0.8	0.6	<b>1</b>	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Tk	1	1	0.8	0.6	<b>1</b>	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Tk	1	1	0.8	0.6	<b>1</b>	1	1	1
RARA (Caratteristica)	Tk	1	1	<b>1</b>	0.6	<b>1</b>	1	1	1

FREQUENTE	gr1	1	1	0.6	0	0.5	1	1	1
FREQUENTE	gr2	1	1	0.6	0	0.5	1	1	1
FREQUENTE	gr3	1	1	0.6	0	0.5	1	1	1
FREQUENTE	Fw	1	1	0	0.5	0.5	1	1	1
FREQUENTE	Fw	1	1	0	0.5	0.5	1	1	1
FREQUENTE	Fw	1	1	0	0.5	0.5	1	1	1
FREQUENTE	Tk	1	1	0	0	0.6	1	1	1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

FREQUENTE	Tk	1	1	0	0	0.6	1	1	1
FREQUENTE	Tk	1	1	0	0	0.6	1	1	1
QP	Tk	1	1	0	0	0.5	1	1	1

## 8 EFFETTI GLOBALI - IMPALCATO

### 8.1 STATO LIMITE DI ESERCIZIO - SLE



Per ogni fase sono state verificate le tensioni ai lembi superiore e inferiore della trave e, una volta che la soletta diventa collaborante, anche la tensione ai lembi superiore e inferiore della soletta stessa. I limiti tensionali per l'acciaio da precompressione e per il calcestruzzo nelle varie fasi sono definiti nel D.M. 14 Gennaio 2008 al §4.1.8.1 e nel Manuale di progettazione di opere civili – parte II al §2.5.1.8.3.2.1. I limiti tensionali considerati, tengono conto del livello di maturazione del cls, secondo quanto di seguito definito.

#### Fase 0 e 1:

- Il tempo di maturazione per il rilascio della post-tensione è imposta a 6 giorni
- Il tempo di maturazione per il sollevamento della trave è imposto, al minimo, alla fine del giorno 6
- test cls sup.: si verifica che il lembo superiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati
- test cls inf.: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.60 \times f_{ck}$ , con, in fase 0, un valore di  $f_{ck}$  pari a 33.2 Mpa ( $R_{ck} = 40$  MPa)
- test precomp.: si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite imposto dal minimo tra  $0.90 \times f_{p(0,1)k}$  e  $0.80 \times f_{ptk}$

#### Fase 2 e 3:

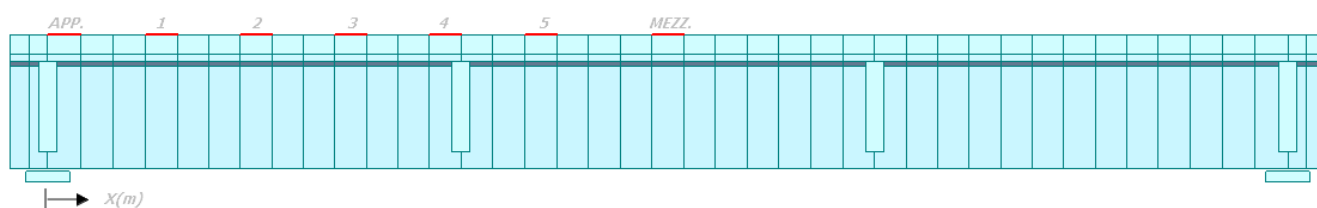
- per massimizzare gli effetti il tempo maturazione è imposto a 10'000 giorni
- test cls sup. soletta: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



- test cls inf. soletta: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf. soletta: si verifica che il lembo inferiore della sezione della sezione non sia superiore al limite  $f_{ctm} / 1.2$ .
- test cls sup.: si verifica che la tensione di compressione al lembo superiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf. compr.: si verifica che la tensione di compressione al lembo inferiore della sezione non sia superiore al limite  $0.55 \times f_{ck}$  per combinazioni rare,  $0.40 \times f_{ck}$  per combinazioni quasi permanenti.
- test cls inf. trazione.: si verifica che il lembo inferiore della sezione non sia in trazione per i carichi considerati.
- test precompr.: si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite  $0.80 \times f_{p(0,1)k}$

Tali verifiche sono state effettuate, a partire dalla sezione di appoggio, circa ogni 2m fino alla sezione di mezzera. Le principali informazioni possono essere riassunte:

- Sezione 0: sezione ringrossata all'appoggio ( $x=0$  m), 44 trefoli
- Sezione 1: sezione corrente posta alla fine del tratto a sez. variabile ( $x=2.05$  m), 44 trefoli
- Sezione 4: sezione corrente in corrispondenza del primo traverso intermedio ( $x=8.0$  m), 68 trefoli
- Sezione 6: sezione corrente in mezzera ( $x=11.4$  m), 68 trefoli



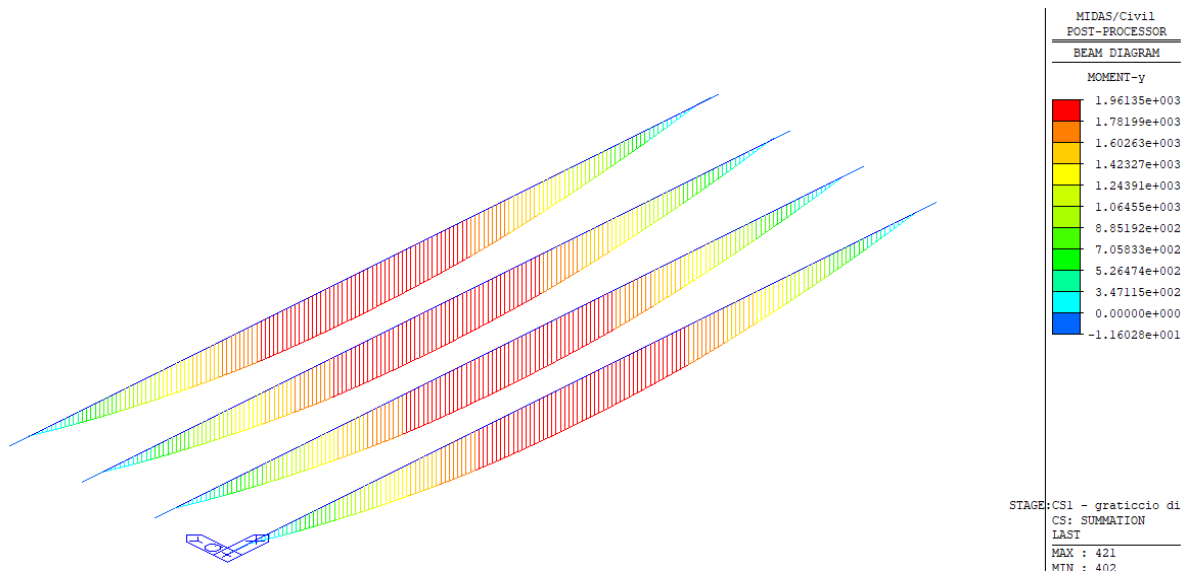
**Figura 53 - Schema sezioni di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

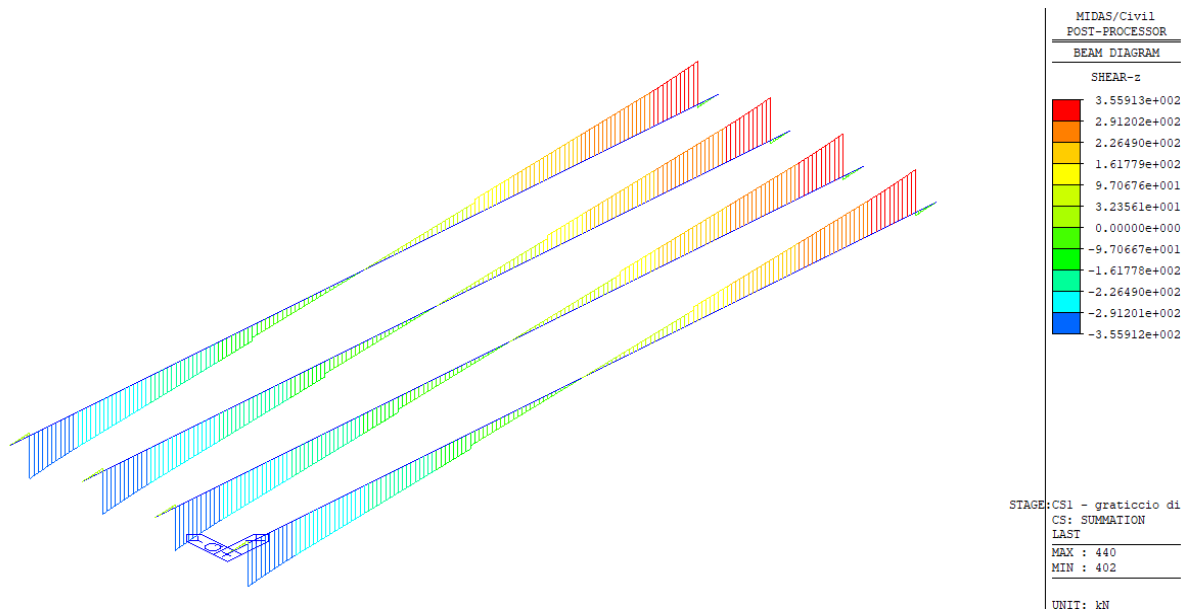
### 8.1.1 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nelle sezioni di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti. I valori sono da intendersi già combinati.

#### Fase 0 – condizione a vuoto





**Figura 54 - Sollecitazione flessionale – fase 0**



**Figura 55 - Sollecitazione di taglio – fase 0**

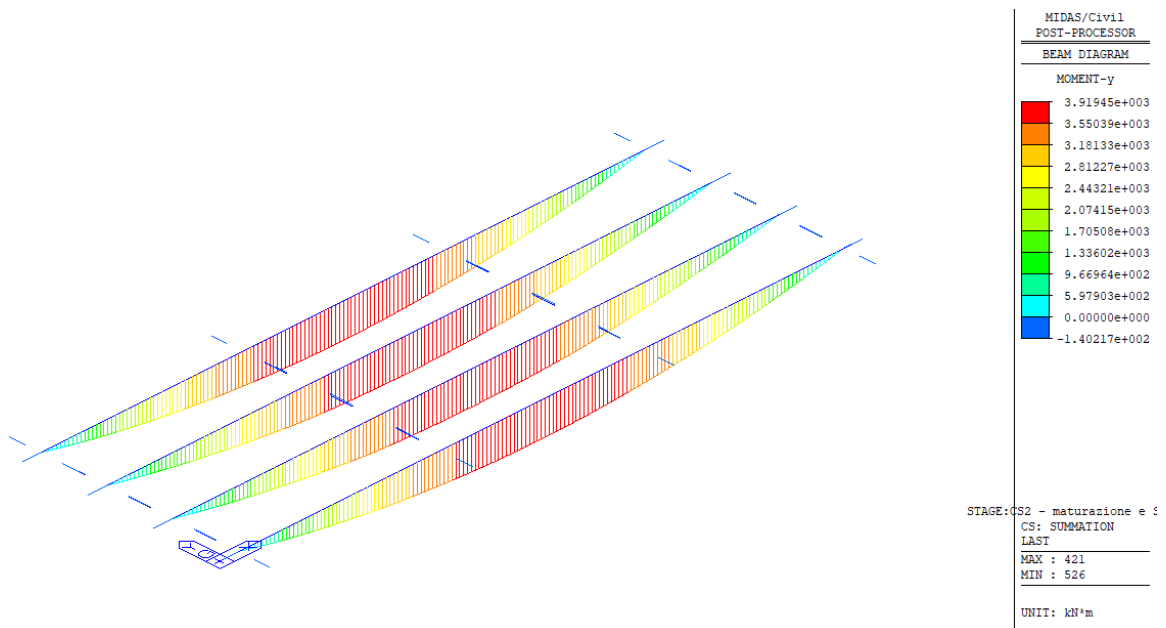


GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



Le sollecitazioni sotto riportate sono relative a tutte le travi

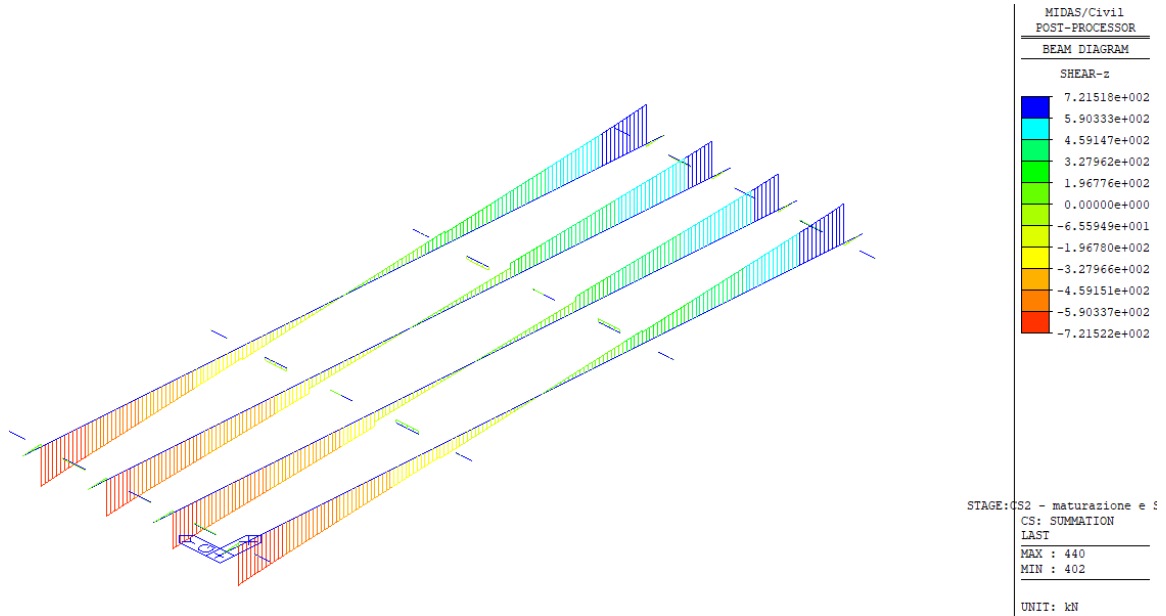
	M (kn m)	T (kn)
appoggio	-13	-354
sezione 1	564	-287
sezione 2	1022	-240
sezione 3	1398	-193
sezione 4	1693	-146
sezione 5	1871	-71
mezzeria	1963	-8

**Fase 1 – getto della soletta**



**Figura 56 - Sollecitazione flessionale – fase 1**



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	



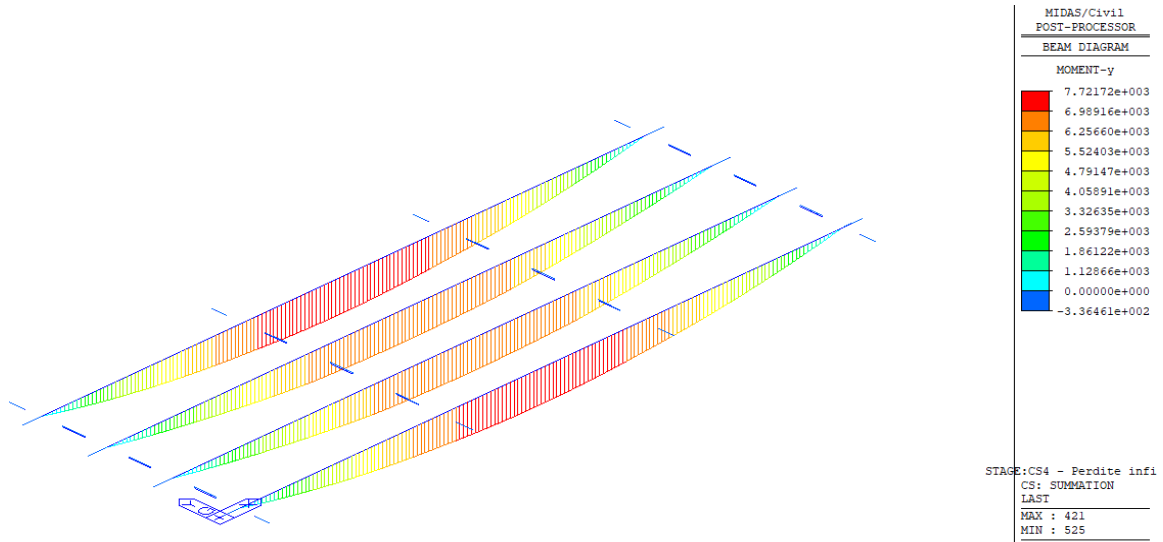
**Figura 57 - Sollecitazione di taglio – fase 1**

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

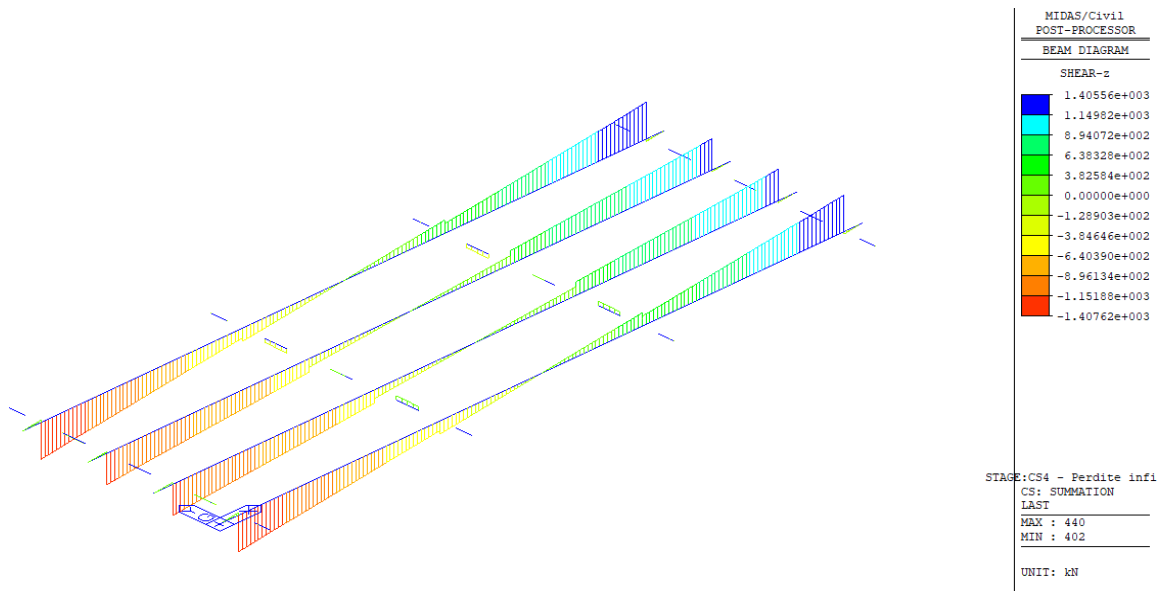
	M (kn m)	T (kn)	M (kn m)	T (kn)
appoggio	-31	-720	-18	-365
sezione 1	1144	-586	581	-299
sezione 2	2066	-474	1045	-234
sezione 3	2794	-363	1396	-170
sezione 4	3328	-251	1635	-105
sezione 5	3701	-169	1830	-98
mezzeria	3920	-19	1957	-11

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

**Fase 2 – carichi permanenti**





**Figura 58 - Sollecitazione flessionale – fase 2**



**Figura 59 - Sollecitazione di taglio – fase 2**

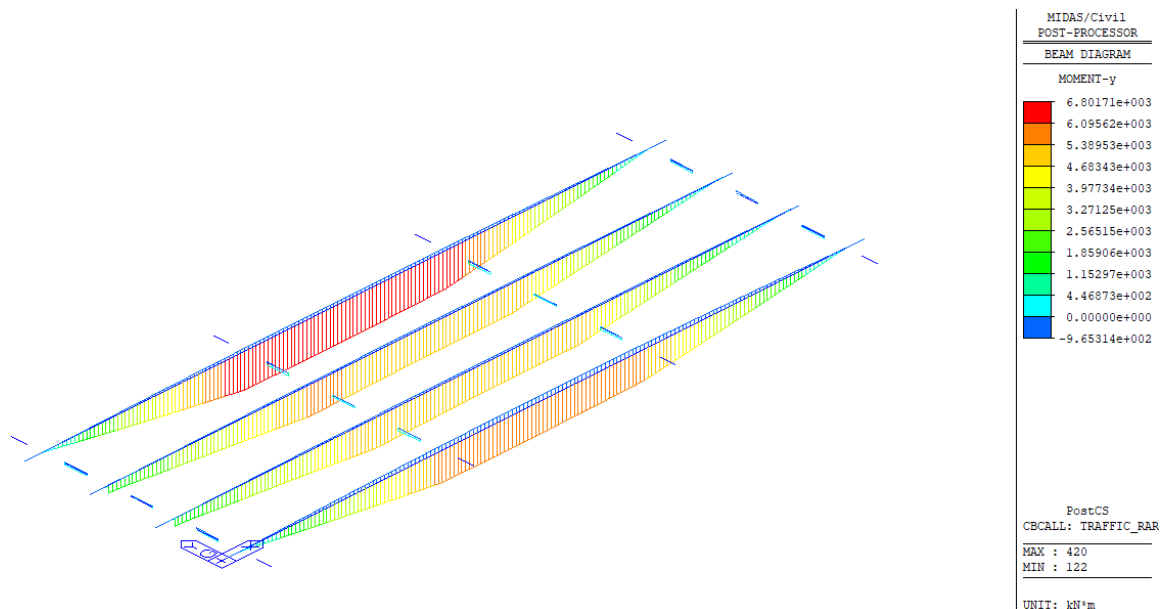
Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



	M (kN m)	T (kN)	M (kN m)	T (kN)
appoggio	-73	-1373	-42	-653
sezione 1	2262	-1155	1118	-569
sezione 2	4100	-916	2034	-442
sezione 3	5515	-678	2720	-315
sezione 4	6513	-449	3185	-198
sezione 5	7251	-354	3550	-185
mezzeria	7718	-38	3798	-19

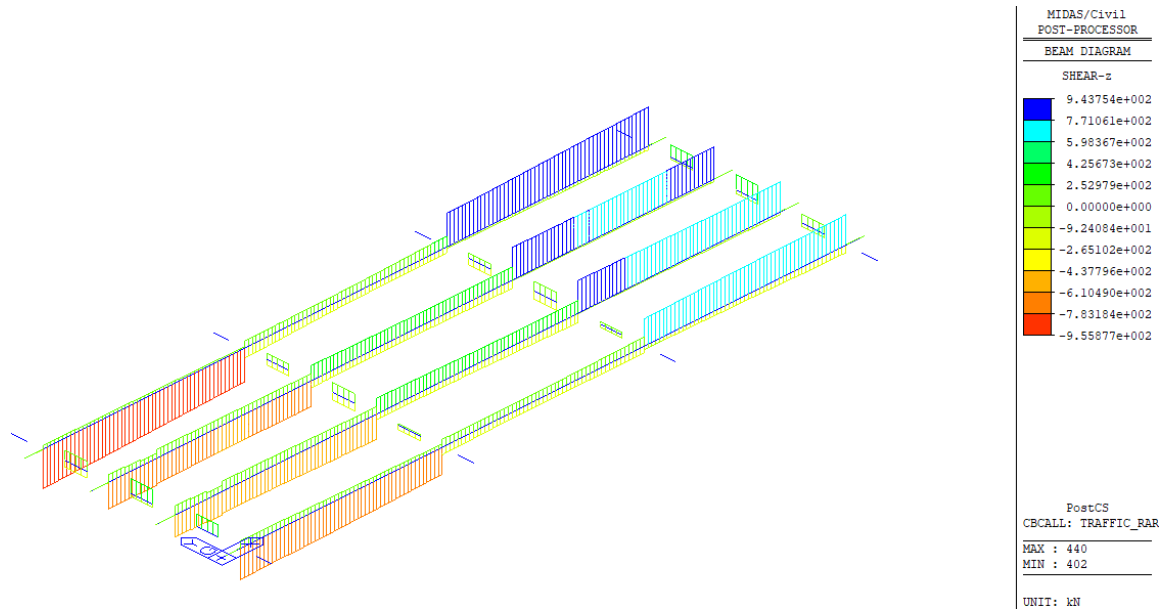
**Fase 3: condizione di servizio**

Combinazione caratteristica



**Figura 60 - Sollecitazione flessionale comb. rara - Fase 3**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



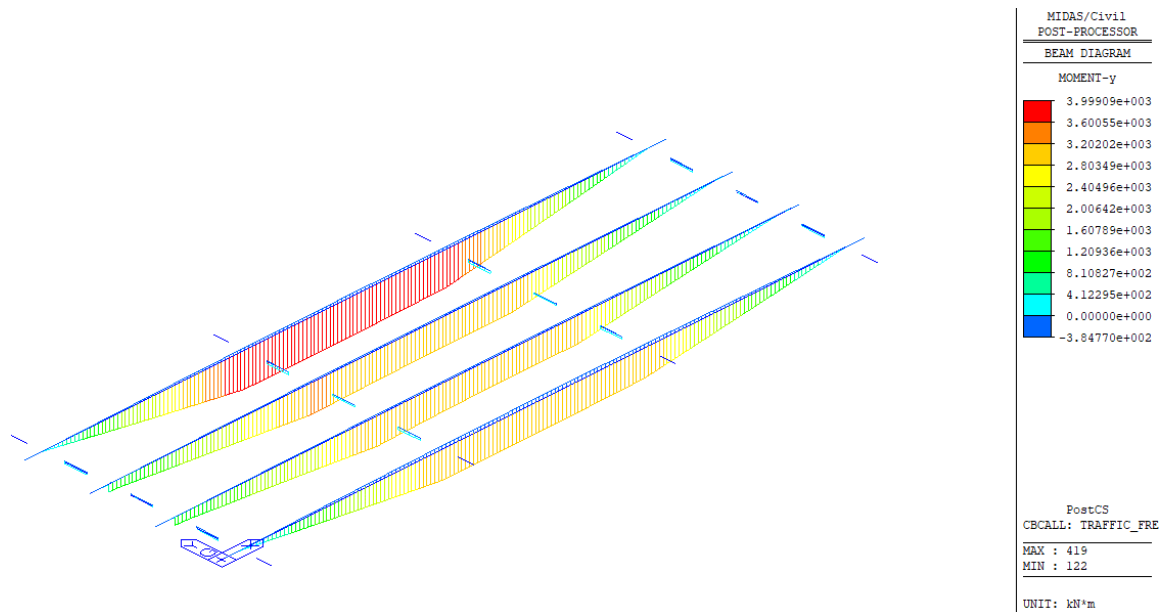
**Figura 61 - Sollecitazione di taglio comb. rara - Fase 3**

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

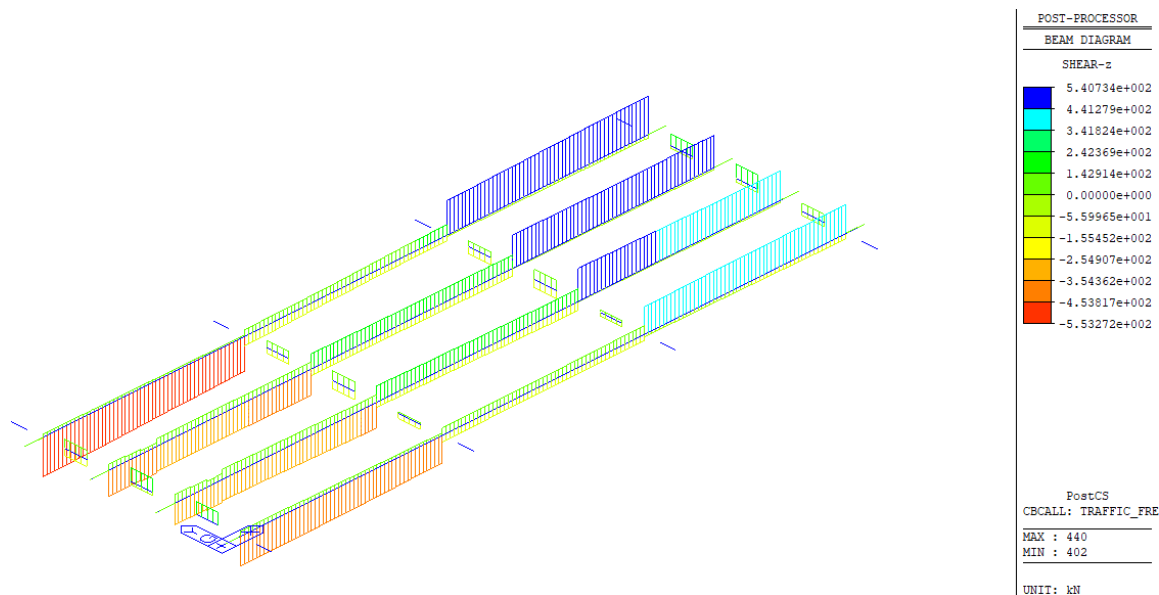
	Mmax (kn m)	Mmin (kn m)	Tmax (kn m)	Tmin (kn m)	Mmax (kn m)	Mmin (kn m)	Tmax (kn m)	Tmin (kn m)
appoggio	4	-127	-1285	-2298	77	-53	88	-925
sezione 1	3950	2109	-1073	-2085	1688	-153	81	-930
sezione 2	7368	3812	-845	-1808	3268	-287	71	-892
sezione 3	10297	5112	-619	-1531	4783	-403	59	-853
sezione 4	12746	6018	-405	-1270	6234	-495	44	-821
sezione 5	14019	6700	-171	-572	6768	-551	183	-218
mezzeria	14537	7135	157	-202	6819	-583	196	-164

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	10	EI2CLVI0005002	B

Combinazione frequente



**Figura 62 - Sollecitazione flessionale comb. freq. - Fase 3**



**Figura 63 - Sollecitazione di taglio comb. freq. - Fase 3**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Le sollecitazioni sotto riportate sono relative alle travi di bordo che sono quelle maggiormente sollecitate.

	Mmax (kn m)	Mmin (kn m)	Tmax (kn m)	Tmin (kn m)	Mmax (kn m)	Mmin (kn m)	Tmax (kn m)	Tmin (kn m)
appoggio	-29	-104	-1329	-1909	44	-31	44	-536
sezione 1	3256	2186	-1114	-1699	994	-76	41	-545
sezione 2	6026	3956	-879	-1443	1926	-144	37	-527
sezione 3	8340	5311	-647	-1185	2826	-204	31	-507
sezione 4	10205	6261	-425	-940	3693	-252	24	-491
sezione 5	11250	6970	-252	-476	3999	-281	102	-123
mezzeria	11727	7421	78	-136	4009	-298	116	-98

### 8.1.2 Verifiche tensionali

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLE. Nello specifico si esplicitano i calcoli per la sezione di mezzeria, mentre per le sezioni intermedie si mostrano solo i risultati in forma grafica.

#### 8.1.2.1 Caratteristiche delle sezioni



##### 8.1.2.1.1 Sezione iniziale

#### Cassoncino

area della sezione in calcestruzzo	$A_{cls}$	10818	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xCLS, G}$	5.79E+07	cm <sup>4</sup>
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xCLS, hom1}$	5.79E+07	cm <sup>4</sup>
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xCLS, G}$	978488	cm <sup>3</sup>

#### Armatura tesa

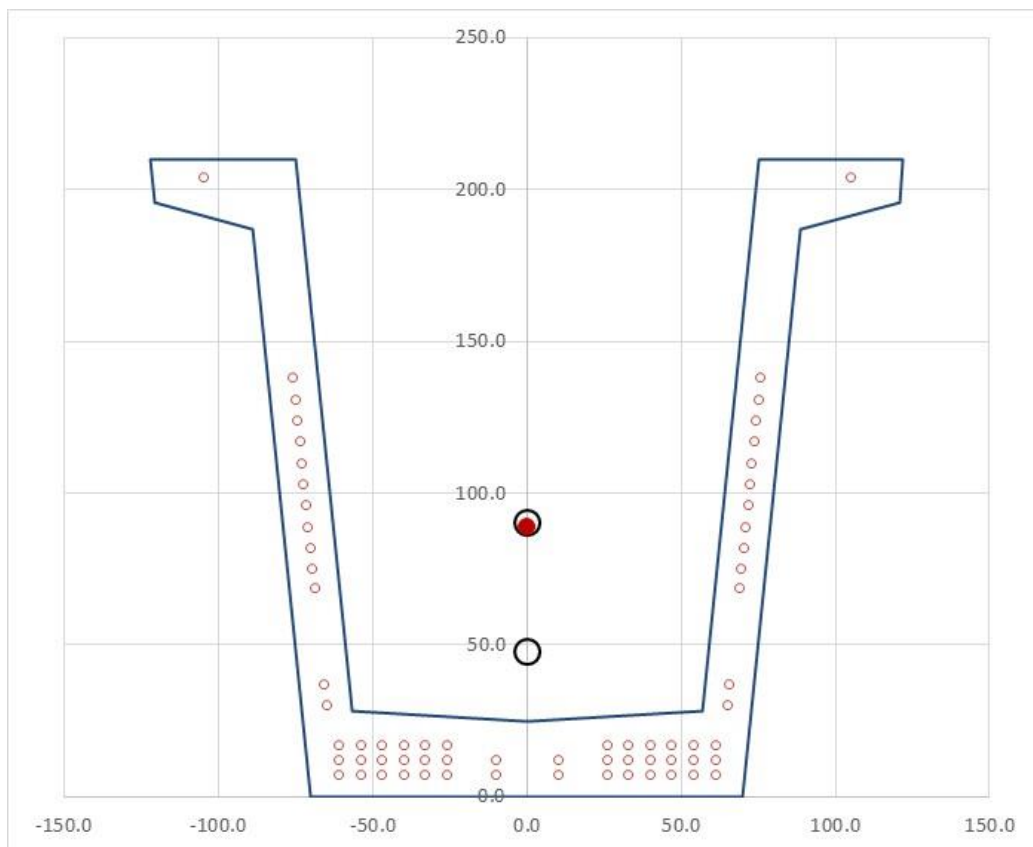
coefficiente di omogenizzazione	$n_{acc}$	5.37	
coefficiente di omogenizzazione di calcolo	$n_{acc}$	4.37	
area totale armatura tesa	$A_S$	94.52	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xS, G}$	2.50E+05	cm <sup>4</sup>

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

inerzia rispetto al baricentro omogenizzato       $I_{xS, hom1}$       4.07E+05      cm<sup>4</sup>  
momento statico rispetto all'asse x                       $S_{xS, G}$               4559              cm<sup>3</sup>


**Sezione di Calcolo**

area omogenizzata al calcestruzzo                       $A_{hom1}$               11231.47      cm<sup>2</sup>  
baricentro sezione omogenizzata                       $x_G$                       0                      m  
baricentro sezione omogenizzata                       $y_G$                       88.89572      m  
inerzia sezione omogenizzata                               $I_{xG}$                       5.97E+07      cm<sup>4</sup>  
momento statico sezione omogenizzata               $S_x$                       9.98E+05      cm<sup>3</sup>



**Figura 64 - Sezione iniziale**



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 8.1.2.1.2 Sezione composta – breve termine

#### **Cassoncino**

area della sezione in calcestruzzo	$A_{cls}$	10818	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xCLS, G}$	5.79E+07	cm <sup>4</sup>
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xCLS, hom2}$	1.11E+08	cm <sup>4</sup>
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xCLS, G}$	978488	cm <sup>3</sup>

#### **Soletta**



coefficiente di omogenizzazione di calcolo	$n_{sol}$	0.92	
area della sezione in calcestruzzo	$A_{sol}$	12600	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xsol, G}$	9.45E+05	cm <sup>4</sup>
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xsol, hom2}$	6.18E+07	cm <sup>4</sup>
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xsol, G}$	2.90E+06	cm <sup>3</sup>

#### **Armatura tesa**

coefficiente di omogenizzazione	$n_{acc}$	5.37	
coefficiente di omogenizzazione di calcolo	$n_{acc}$	4.37	
area totale armatura tesa	$A_s$	94.52	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xs, G}$	2.50E+05	cm <sup>4</sup>
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xs, hom2}$	1.44E+06	cm <sup>4</sup>
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xs, G}$	4559	cm <sup>3</sup>

#### **Sezione omogenizzata2**

area omogenizzata al calcestruzzo	$A_{hom2}$	22811	cm <sup>2</sup>
baricentro sezione omogenizzata	$x_G$	-43.66	cm
baricentro sezione omogenizzata	$y_G$	160.53	cm
inerzia sezione omogenizzata	$I_{xG}$	1.74E+08	cm <sup>4</sup>
momento statico sezione omogenizzata	$S_x$	3.66E+06	cm <sup>3</sup>

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
				B

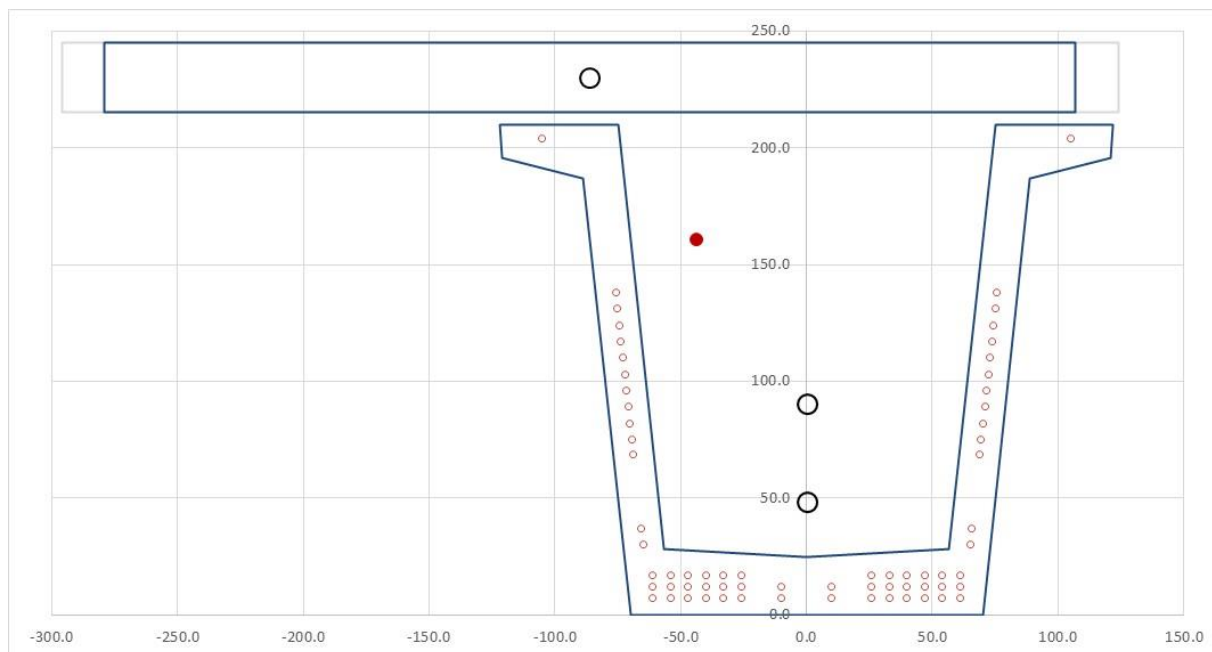


Figura 65 - Sezione omogenizzata - breve termine



### 8.1.2.1.3 Sezione composta – lungo termine

coefficiente di viscosità a tempo infinito cassone  $\varphi_{00}(t, t_{00})$  2.117  
coefficiente di viscosità a tempo infinito soletta  $\varphi_{00}(t, t_{00})$  1.831

coefficiente di omogenizzazione di calcolo  $n_{sol}$  1.01  
coefficiente di omogenizzazione di calcolo  $n_{acc}$  13.64

#### **Sezione omogenizzata3**

area omogenizzata al calcestruzzo  $A_{hom3}$  24858 cm<sup>2</sup>  
baricentro sezione omogenizzata  $x_G$  -48.07 cm  
baricentro sezione omogenizzata  $y_G$  159.84 cm  
inerzia sezione omogenizzata  $I_{xG}$  1.93E+08 cm<sup>4</sup>  
momento statico sezione omogenizzata  $S_x$  3.97E+06 cm<sup>3</sup>

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

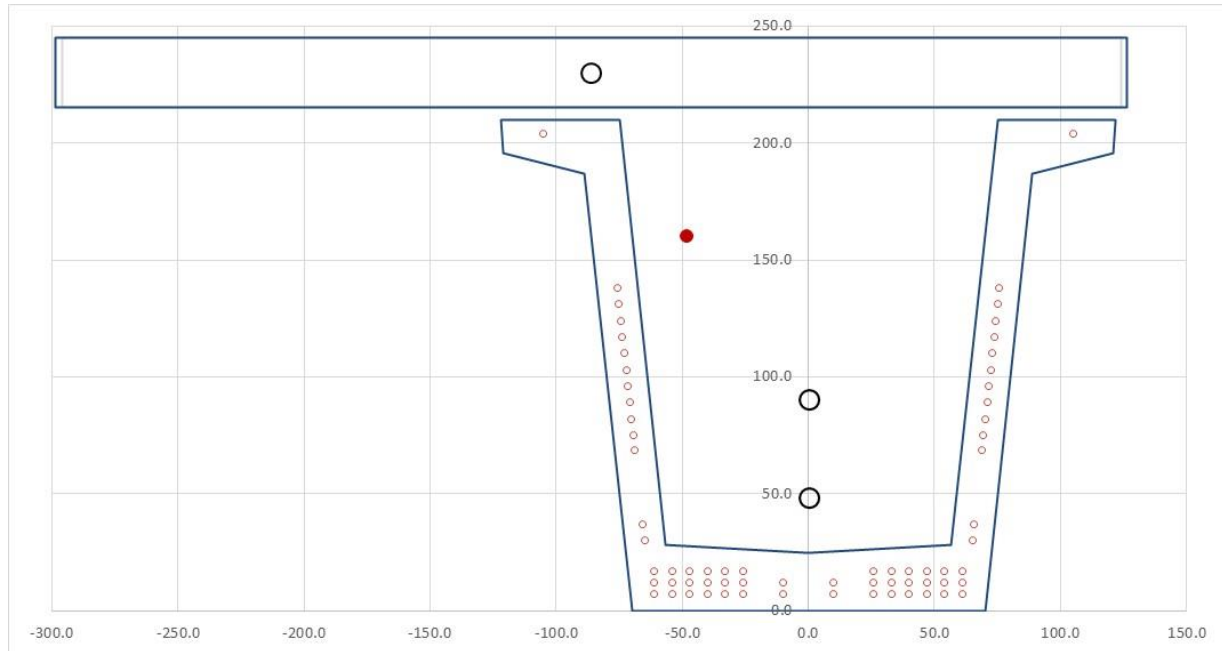




Figura 66 - Sezione omogenizzata - lungo termine

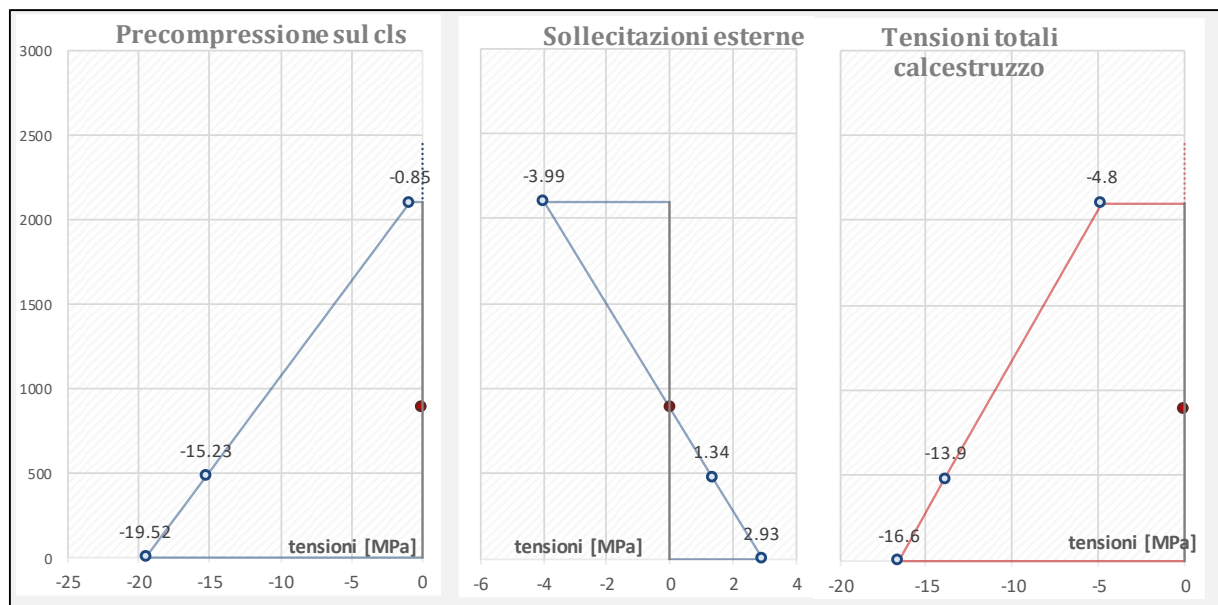
### 8.1.2.2 Fase 0 – Rilascio precompressione e PP

tensione del cavo sul banco di tiraggio	$\sigma_{t,0}$	<b>1 380</b>	MPa
forza di precompressione sulla pista di tensione	$P_0$	13 044	KN
distanza tra il baricentro della sezione e il cavo	$y$	407	mm
area dei cavi precompressi	$A_t$	9,452	mm <sup>2</sup>
modulo elastico del calcestruzzo al tempo t	$E$	33,843	MPa
coefficiente di omogenizzazione	$n$	4.37	
area della sezione omogenizzata	$A_{hom1}$	1.12E+06	mm <sup>2</sup>
inerzia della sezione omogenizzata	$I_{hom1}$	5.97E+11	mm <sup>4</sup>
spostamento del cavo all'atto della tesatura	$\partial o$	7.1E-03	mm/ m
spostamento adimen. del calcestruzzo	$\partial c$	3.6E-11	mm/ m
spostamento adimen. dell'acciaio	$\partial s$	5.4E-10	mm/ m
Forza rimanente dopo il recupero del cavo	$P_1$	12,237	KN

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

perdite istantanee di precompressione  $\Delta\sigma_{t,1}$  85.3 MPa  
6.2%



momento dovuto al peso proprio della trave  $M_{pp,trave}$  1963 kN m  
tensione nel cavo a fine fase 0  $\sigma_{t,F0}$  1 301 MPa



Limitazioni tensionali del calcestruzzo


tensione limite all'atto della precompressione  $\sigma_{t,1 \max}$  19.92 MPa  
tensione limite di esercizio a cadute avvenute  $\sigma_{t,0 \max}$  24.75 MPa

tensione del calcestruzzo nel lembo superiore  $\sigma_{cls,1}$  -4.82 > -19.92 MPa  
tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo  $\sigma_{cls',1}$  -13.90 > -19.92 MPa  
tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore  $\sigma_{cls'',1}$  -16.60 > -19.92 MPa  
tensione nel cavo a fine fase 0  $\sigma_{t,F0}$  1,301 < 1336 MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 8.1.2.3 Fase 1 – Getto della soletta

momento dovuto al peso della soletta	$M_{sol, trave}$	1957	kN m
<i>Ritiro</i>			
giorno attuale per calcolo ritiro del cassoncino	t	10000	giorni
perimetro di cls esposto all'aria	u	11840	mm
dimensione fittizia pari a $2A_c/u$ $A_c$	$h_0$	182.7	mm
umidità relativa	UR	65	%
deformazione massima per essiccamento	$\epsilon_{c0}$	-0.000327	
parametro per calcolo deformazione a tempo $\infty$	$k_h$	0.877	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo $\infty$	$\epsilon_{cd\infty}$	-0.000287	
coefficiente di calcolo	$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.9901866	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo t	$\epsilon_{cd}(t)$	<b>-0.00028</b>	
resistenza caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck}$	45	MPa
valore medio della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}$	-8.75E-05	
deformazione totale per ritiro	$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}$	<b>-3.71E-04</b>	
variazione tensionale nel caso per effetto del ritiro	$\Delta\sigma_{cs} = -E_s \epsilon_{cs}$	<b>-72.41</b>	MPa
<i>Viscosità</i>			
effetto del tipo di cemento sulla viscosità	$\alpha$	0	
tempo equivalente di applicazione del carico	$t_0$	6	giorni
coef. Funzione della resistenza del cls	$\beta(f_{cm})$	2.31	
resistenza media del calcestruzzo	$f_{cm}$	53.00	N/mm <sup>2</sup>
coef. Funzione della maturazione del cls	$\beta(t_0)$	0.65	
coef. Funzione di u.r. e di $h_0$	$\beta_H$	480.4	
coef. Che descrive l'evoluzione viscosa	$\beta(t, t_0)$	0.99	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_3$	0.813	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_2$	0.920	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_1$	0.748	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

coef. Funzione dell'umidità relativa	$\varphi_{RH}$	1.425
coefficiente normale di viscosità	$\varphi_0$	2.147
coefficiente di viscosità al tempo $t_0$	$\varphi_0(t, t_0)$	2.117
coefficiente di viscosità al tempo $t_1$	$\varphi_0(t, t_1)$	1.148

modulo del calcestruzzo al tempo $t_0$	$E_{t0}$	33843	MPa
funzione di fluage iniziale - (della sola parte viscosa)	$J(t, t_0)$	5.8E-05	
coefficiente di invecchiamento	$\chi(t, t_0)$	0.80	
funzione di fluage incremento di carico - (della sola parte viscosa)	$J(t, t_1)$	3.2E-05	
deformazione totale indotta dalla viscosità G cavo	$\varepsilon_v = \sigma_{t_0} J_{t_0}$	<b>-8.11E-04</b>	
variazione tensionale nel caso per effetto della viscosità	$\Delta\sigma_v = -E_s \varepsilon_v$	<b>-158.06</b>	MPa

### Rilassamento

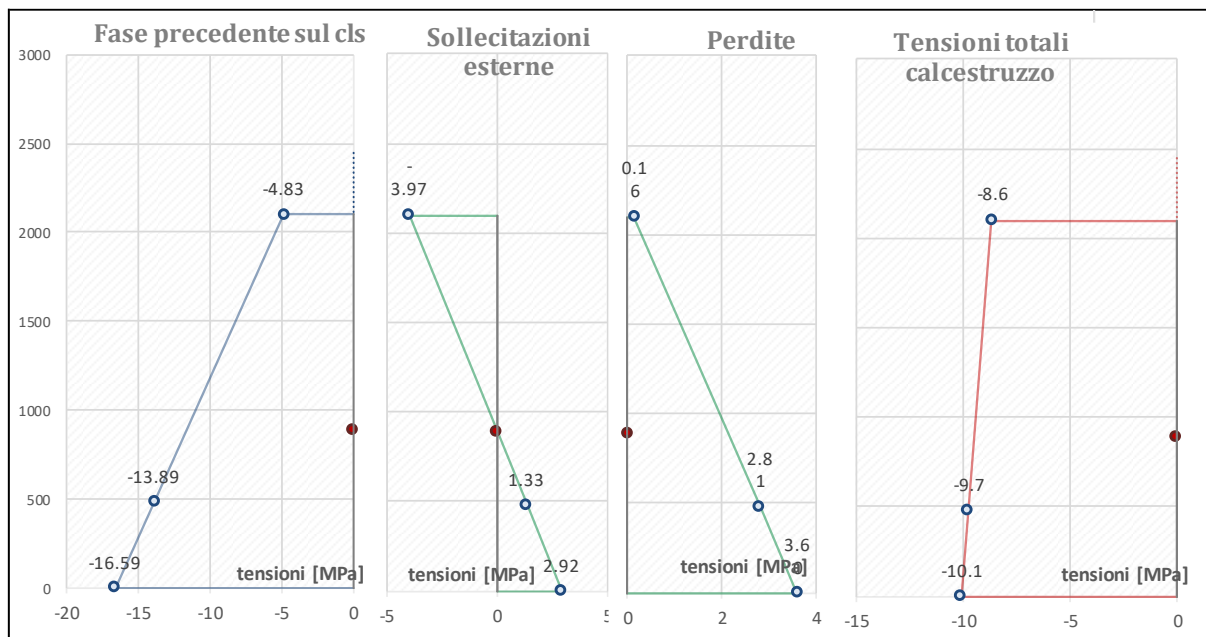
classe di armatura di precompressione	Classe 2		
percentuale di perdita a 1000h	$\rho_{1000}$	2.50	%
rapporto tra valore carat. e tensione	$\mu$	0.78	
perdite per rilassamento a tempo $t$	$\Delta\sigma_{ril(t)}$	<b>-71.73</b>	MPa

inerzia della sezione in cls	$I_{cls}$	5.97E+07	cm <sup>4</sup>
area della sezione in cls	$A_{cls}$	10723	cm <sup>2</sup>
eccentricità del cavo rispetto al baricentro cls	$e$	42.22	cm
perdita totale di precompressione nel cavo al tempo $t$	$\Delta\sigma_{pr(t)}$	-254.68	cm
perdita di precompressione (corrisponde a trazione nel cls)	$\Delta N_{pr(t)}$	2407	kN
coefficiente di omogenizzazione	$n$	4.37	
area della sezione omogenizzata	$A_{hom1}$	1.12E+06	mm <sup>2</sup>
inerzia della sezione omogenizzata	$I_{hom1}$	5.97E+11	mm <sup>4</sup>

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

tensione nel cavo a fine fase 1

$\sigma_{t,1}$  1051.68 MPa  
23.8%



#### 8.1.2.4 Fase 2 – Permanenti non strutturali

momento dovuto al peso dei non strutturali  
giorno attuale per calcolo delle perdite lente

$M_{G2}$  3798 kN m  
t 170 giorni

#### Effetto del ritiro differenziale

variazione di deformazione per effetto del ritiro differenziale

$\Delta\epsilon_{ri}$  -2.9E-04

tensione da ritiro propria della soletta

$\sigma_{ri}$  -9.72 MPa

coefficiente di viscosità al tempo t2 della soletta

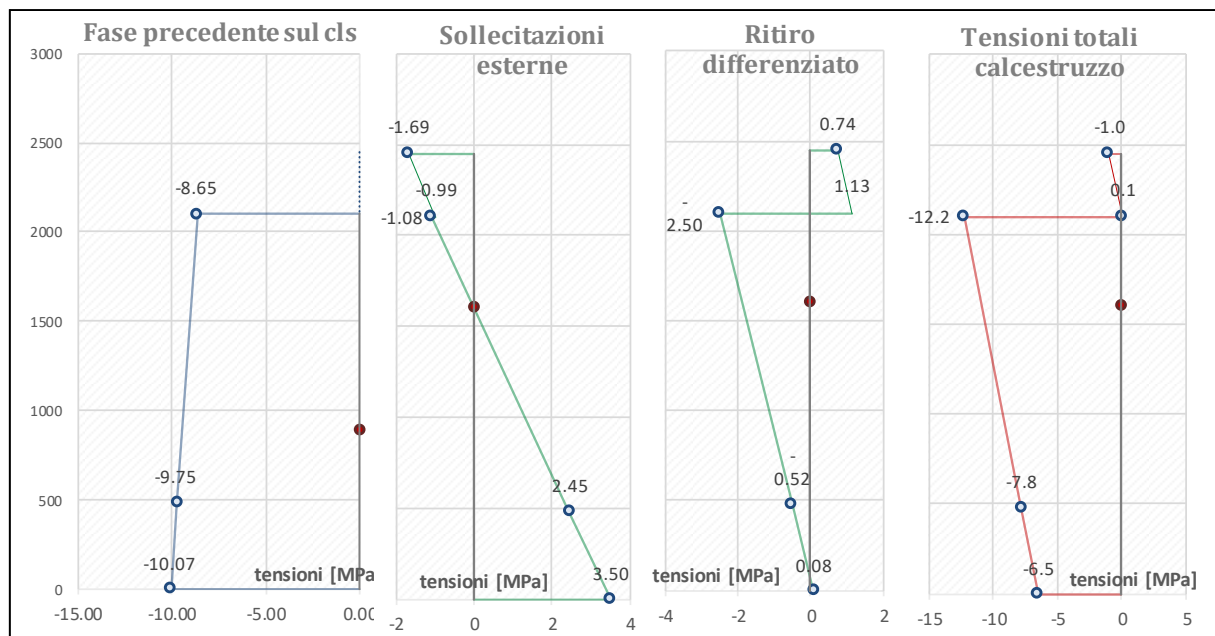
$\varphi_0(t,t2)$  1.831

modulo elastico soletta al tempo t2

$E_s(t)$  32981.20 MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

tensione nella soletta per ritiro differenziale (viscosità)	$\sigma_{vi}$	-3.43	MPa
sfuerzo di compressione sul cassoncino	$N_{ri}$	-4324	kN
distanza superficie di contatto baricentro sezione	e	494.7	mm
eccentricità del cavo rispetto al baricentro della sezione	e	112.30	cm
perdita totale di precompressione nel cavo al tempo t	$\Delta\sigma_{pr(t)}$	0.00	cm
perdita di precompressione (corrisponde a trazione nel cls)	$\Delta N_{pr(t)}$	0	kN
coefficiente di omogenizzazione soletta	n	0.92	
coefficiente di omogenizzazione acciaio	n	4.37	
area della sezione omogenizzata	$A_{hom2}$	2.28E+06	mm <sup>2</sup>
inerzia della sezione omogenizzata	$I_{hom2}$	1.74E+12	mm <sup>4</sup>
tensione nel cavo a fine fase 2	$\sigma_{t,2}$	1060.15	MPa
		23.2%	





GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
		B		

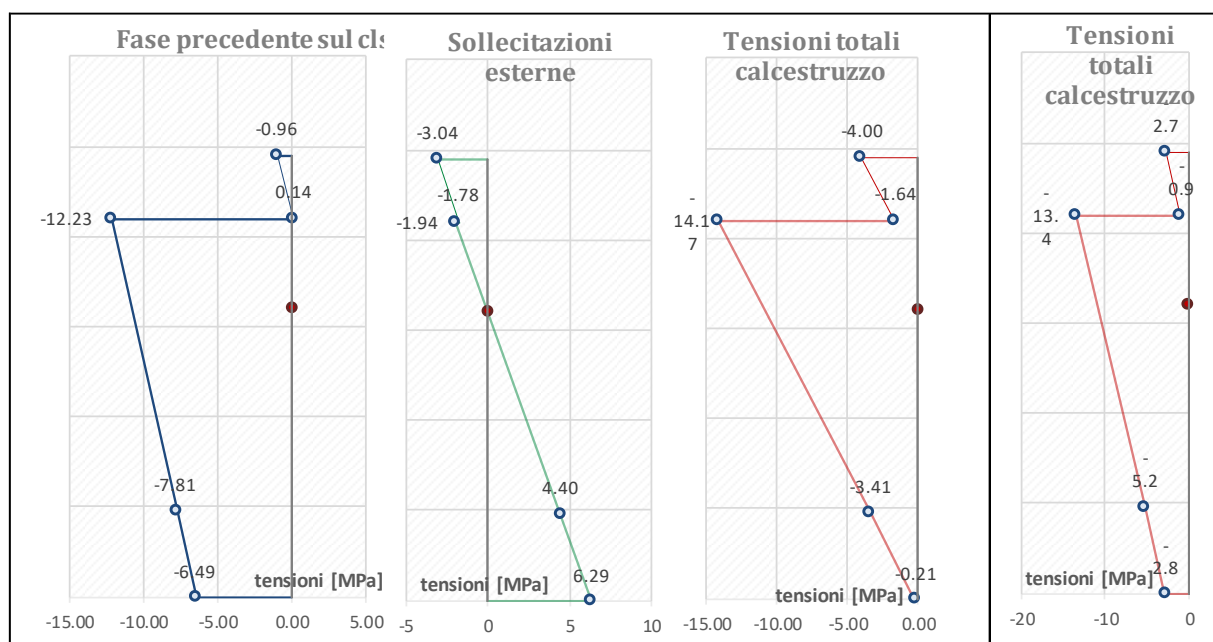
### 8.1.2.5 Fase 3 – Carichi variabili

momento dovuto ai carichi da traffico

$M_Q$  6819 kN m

tensione nel cavo a fine fase

$\sigma_{t3}$  **1079.39** MPa  
21.8%



tensione del calcestruzzo nel lembo superiore soletta

$\sigma_{cls,3}$  -4.00 > -17.6 MPa

tensione del calcestruzzo lembo inferiore soletta

$\sigma_{cls',3}$  -1.64 > -17.6 MPa

tensione del calcestruzzo nel lembo superiore

$\sigma_{cls,1}$  -14.17 > -24.75 MPa

tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo



$\sigma_{cls',1}$  -3.41 > -24.75 MPa

tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore

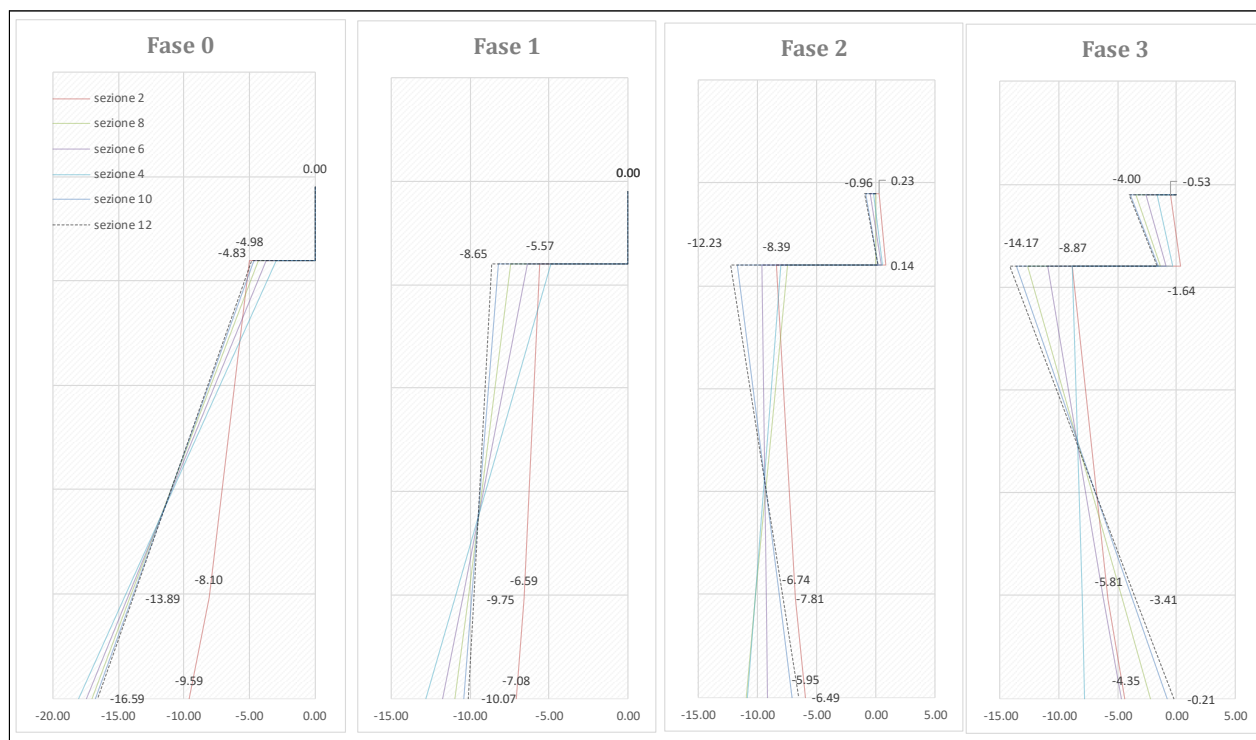
$\sigma_{cls'',1}$  -0.21 > -24.75 MPa

tensione nel cavo a fine fase 3

$\sigma_{t,F3}$  1 079 < 1336 MPa

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

### Riassunto sezioni intermedie



### 8.1.3 Verifiche a fessurazione

Le combinazioni SLE Frequenti presentano sollecitazioni inferiori a quelle delle combinazioni Rare analizzate nelle verifiche tensionali sopra riportate.

Secondo il §4.1.2.2.4.1 delle Norme Tecniche lo stato limite di formazione delle fessure si ha quando la tensione massima di trazione della sezione supera

$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 3.16 \text{ MPa}$$

Si ha quindi che le combinazioni frequenti non portano mai alla formazione di fessure in quanto già nelle combinazioni RARE la tensione massima non supera il valore sopra riportato.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

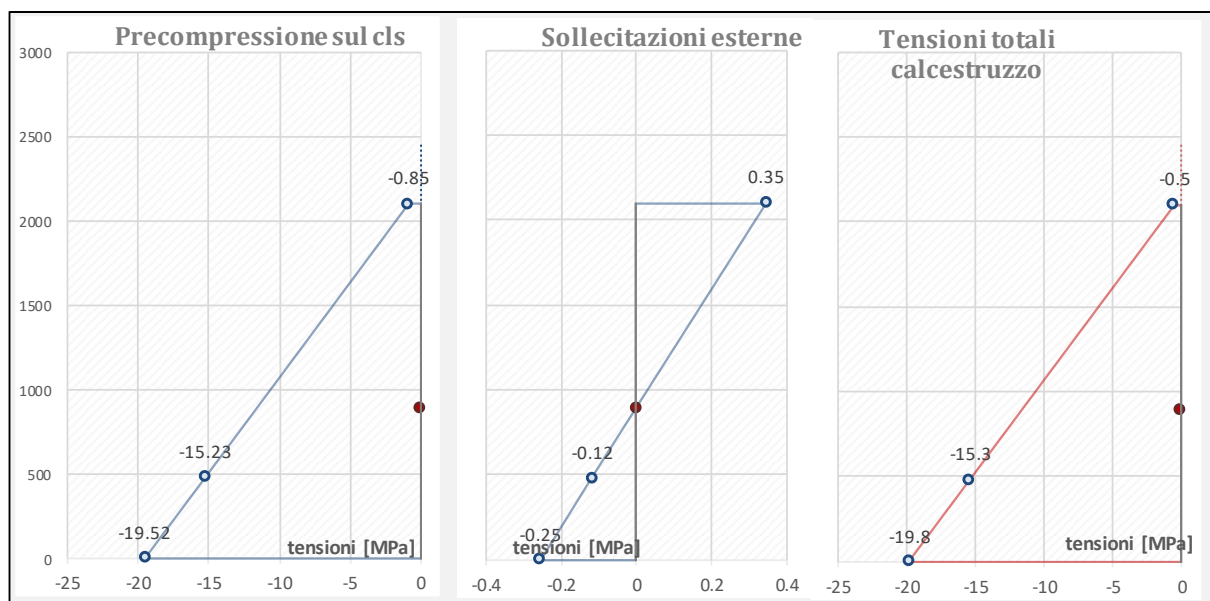
### 8.1.4 Verifica in fase di sollevamento


Secondo il capitolo 2.5.2.2.1. del manuale di progettazione deve essere assicurato il rispetto delle verifiche alla formazione delle fessure, nella combinazione frequente dello S.L.E, in ogni condizione di carico tra cui il sollevamento per la messa in opera.

Nel caso specifico il posizionamento degli ancoraggi è a 2.64 m dal retro-trave per una luce interna di calcolo pari a 18.92 m. Il massimo momento negativo sulla sezione di calcolo, indotto dal peso proprio, risulta pari a -171 KN m.

Lo stato di sollecitazione e quindi tensionale per la verifica a fessurazione è stato considerato sulla base delle fasi della prefabbricazione, delle tempistiche e degli schemi di vincolo.



inerzia della sezione in cls	$I_{cls}$	5.79E+07	cm <sup>4</sup>
area della sezione in cls	$A_{cls}$	1.08E+04	cm <sup>2</sup>
coefficiente di omogenizzazione	n	4.37	
area della sezione omogenizzata	$A_{hom1}$	1.12E+06	mm <sup>2</sup>
inerzia della sezione omogenizzata	$I_{hom1}$	5.97E+11	mm <sup>4</sup>
tensione nel cavo a fine fase 1	$\sigma_{t,1}$	1294	MPa



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Limitazioni tensionali del calcestruzzo

tensione limite all'atto del sollevamento	$\sigma_{C,1 \max}$	20.41	MPa	
tensione del calcestruzzo nel lembo superiore	$\sigma_{cls,1}$	-0.50	> -20.41	MPa
tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo	$\sigma_{cls',1}$	-15.35	> -20.41	MPa
tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore	$\sigma_{cls'',1}$	-19.77	> -20.41	MPa
tensione nel cavo a fine sollevamento	$\sigma_{t,F0}$	1294	< 1336	MPa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

## 8.2 STATO LIMITE ULTIMO - SLU

Si riporta di seguito la verifica allo SLU per presso-flessione retta della in mezzzeria della trave composta della trave centrale ma con le sollecitazioni della trave di bordo, che risulta la più sollecitata.

Si riporta inoltre la verifica dove si tiene conto dei fenomeni locali successivamente riportati.

### 8.2.1 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti.

#### Peso proprio, getto della soletta e permanenti

momento della trave e della soletta

$$M_{perm} = 3920 \text{ kN m}$$

taglio della trave e della soletta

$$V_{perm} = 720 \text{ kN}$$

sforzo assiale della trave e della soletta

$$N_{perm} = 0 \text{ kN}$$

coefficiente amplificativo

$$\gamma_{G1} = 1.35$$

momento dei pesi portati

$$M_{pp} = 3798 \text{ kN m}$$

taglio dei pesi portati

$$V_{pp} = 653 \text{ kN}$$

sforzo assiale dei pesi portati

$$N_{pp} = 0 \text{ kN}$$

coefficiente amplificativo

$$\gamma_{G2} = 1.5$$

$$M = 3920 \times 1.35 + 3798 \times 1.5 = 10989.4 \text{ KN m}$$

$$V = 720 \times 1.35 + 653 \times 1.5 = 1951.5 \text{ KN}$$

$$N = 0 \text{ KN}$$

#### Effetti lenti e reazioni vincolari

momento dovuto al ritiro differenziale


$$M_{rit dif} = 2139 \text{ kN m}$$

sforzo assiale dovuto al ritiro differenziale

$$N_{rit dif} = 4324 \text{ kN}$$

coefficiente amplificativo

$$\gamma_{rit} = 1.2$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

resistenza passiva dei vincoli  
eccentricità dal baricentro  
coefficiente amplificativo

$N_{rit\ dif}$	<b>102.8</b>	kN
$e$	160.50	cm
$\gamma_Q$	1.5	

$$M = 2139 \times 1.2 + (102.8 \times 160.5/100) \times 1.5 = 2814.6 \text{ kN m}$$

$$N = 4324 \times 1.2 - 102.8 \times 1.5 = 5034.6 \text{ KN}$$

### Precompressione

Considerando valide le equazioni di compatibilità, la pre-tensione è valutata solo come tensione dei trefoli

tensione iniziale del cavo  $\sigma_0$   
perdite totale di tensione  $\Delta\sigma_{pr}$   
recupero tensionale indotto dai pesi  $\Delta\sigma_G$   
tensione del cavo risultante per calcolo SLU  $\sigma_{c,v}$

$\sigma_0$	1 380	Mpa
$\Delta\sigma_{pr}$	-340.0	Mpa
$\Delta\sigma_G$	39.4	Mpa
$\sigma_{c,v}$	1079	Mpa

### Azioni variabili

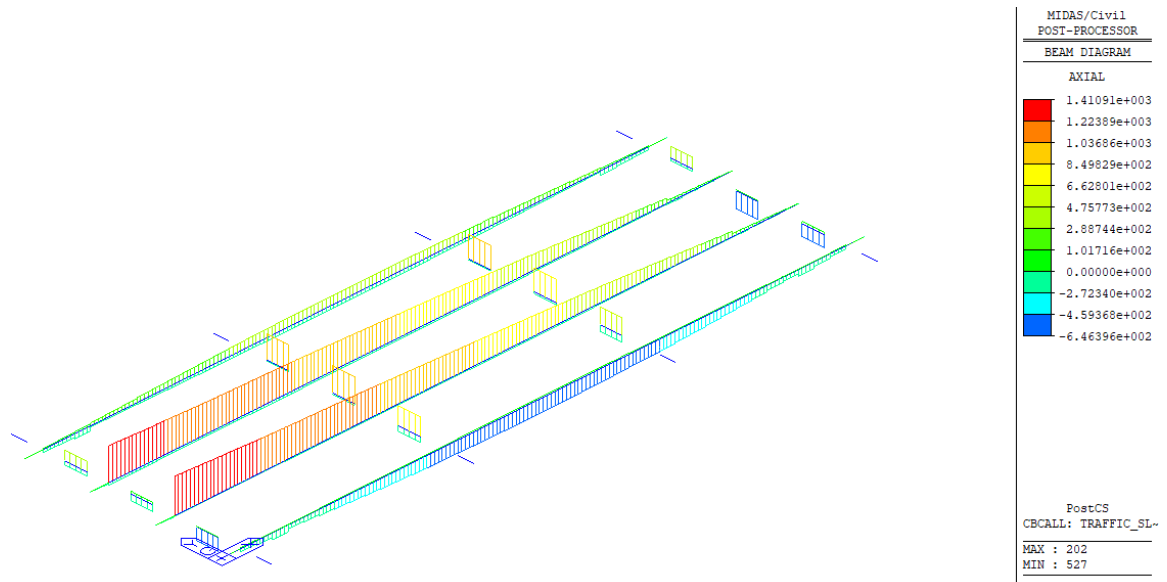


Figura 67 - Sforzo assiale - Involuppo delle combinazioni allo SLU

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

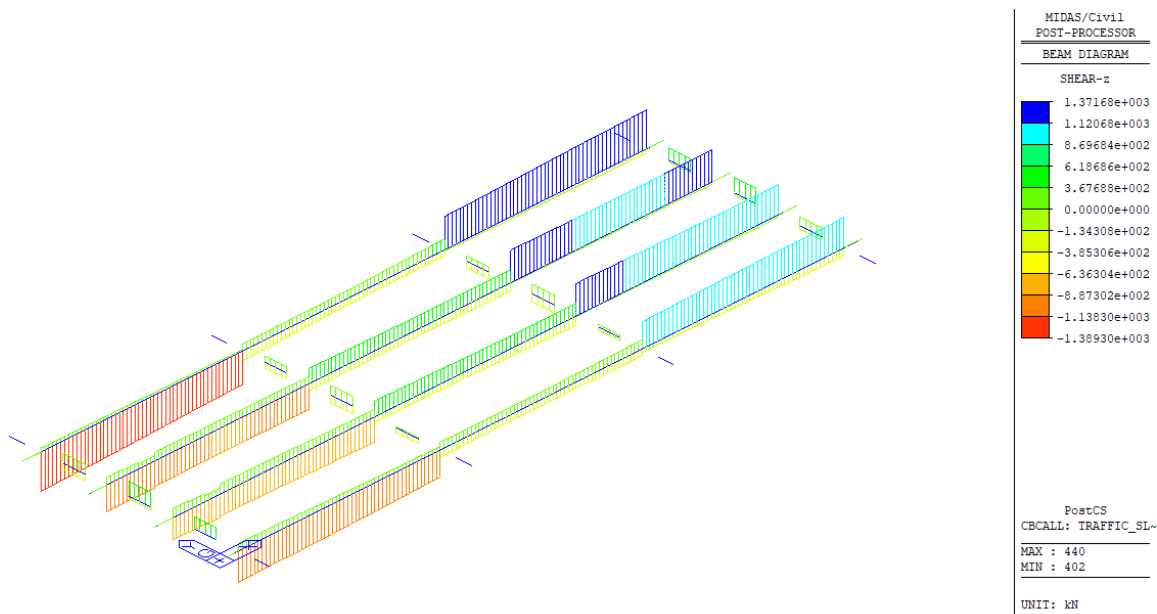


Figura 68 - Sollecitazione di taglio - Involuppo delle combonazioni allo SLU

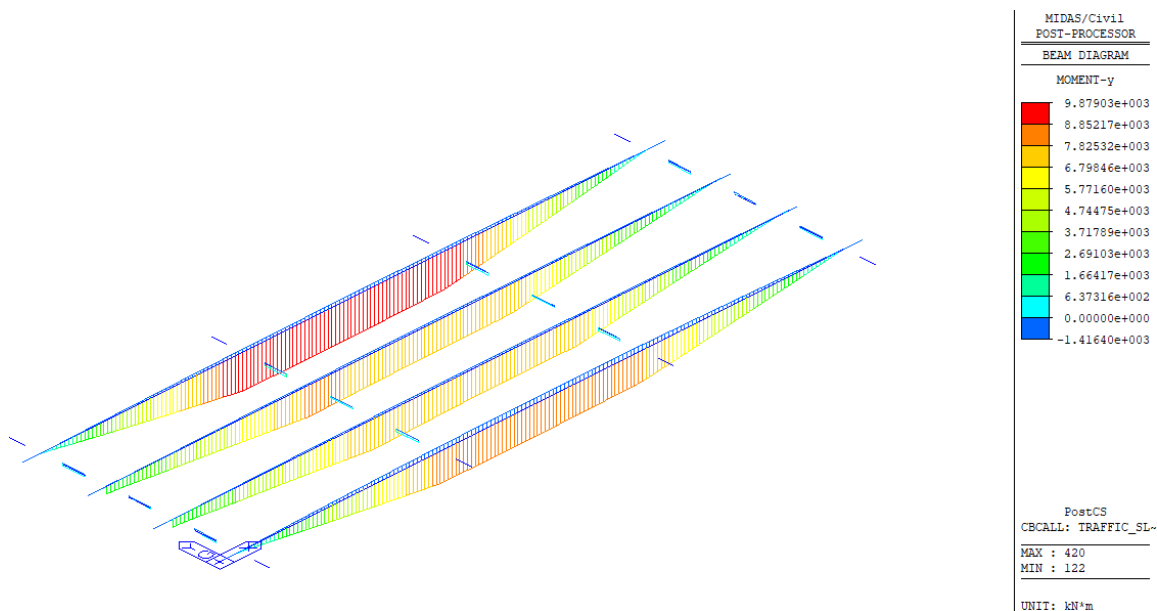


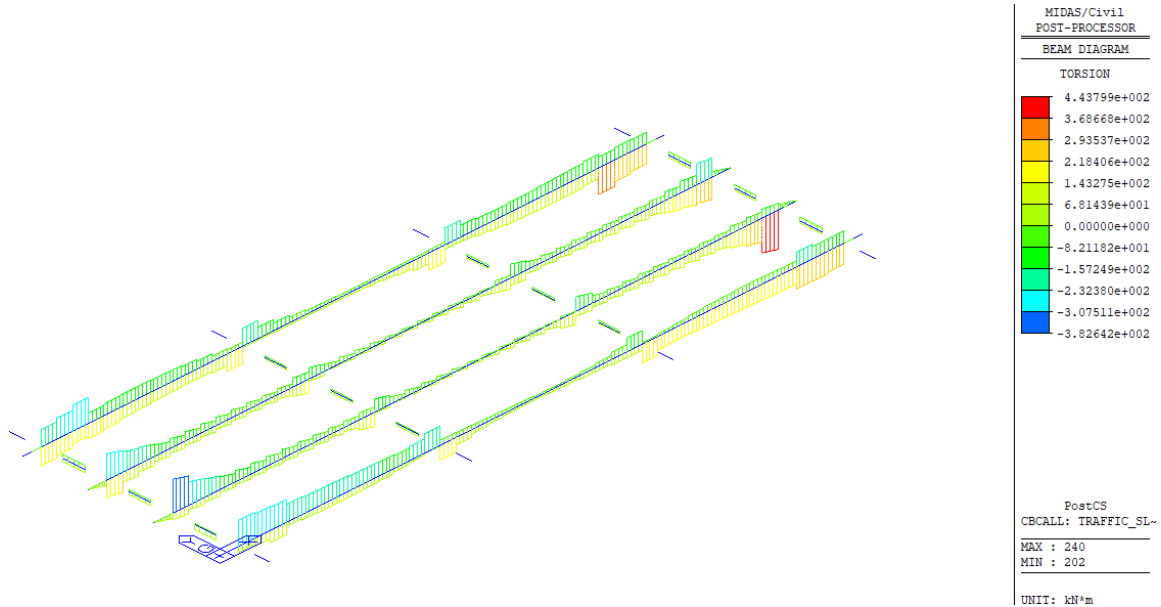


Figura 69 - Sollecitazione flettente - Involuppo delle combonazioni allo SLU

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



**Figura 70 - Sollecitazione torcente - Involuppo delle combonazioni allo SLU**

sforzo assiale dedotto dall'involuppo allo SLU  
taglio massimo dedotto dall'involuppo allo SLU  
momento massimo dedotto dall'involuppo allo SLU  
torsione massima dedotta dall'involuppo SLU

$N_{\text{Traffico}}$	<b>1411</b>	kN
$V_{\text{Traffico}}$	<b>1389</b>	kN
$M_{\text{Traffico}}$	<b>9879</b>	kN m
$T_{\text{Traffico}}$	<b>443</b>	kN m

Riassumendo, le sollecitazioni nella condizione più gravosa (mezzeria e appoggio) per le verifiche in resistenza risultano:


$$M_{\text{SLU}} = 9879 + 10989 + 2815 = 23683 \text{ KN m}$$

$$N_{\text{SLU}} = -1411 + 0 + 5035 = 3624 \text{ KN}$$

$$V_{\text{SLU}} = 1389 + 972 + 980 = 3341 \text{ kN}$$

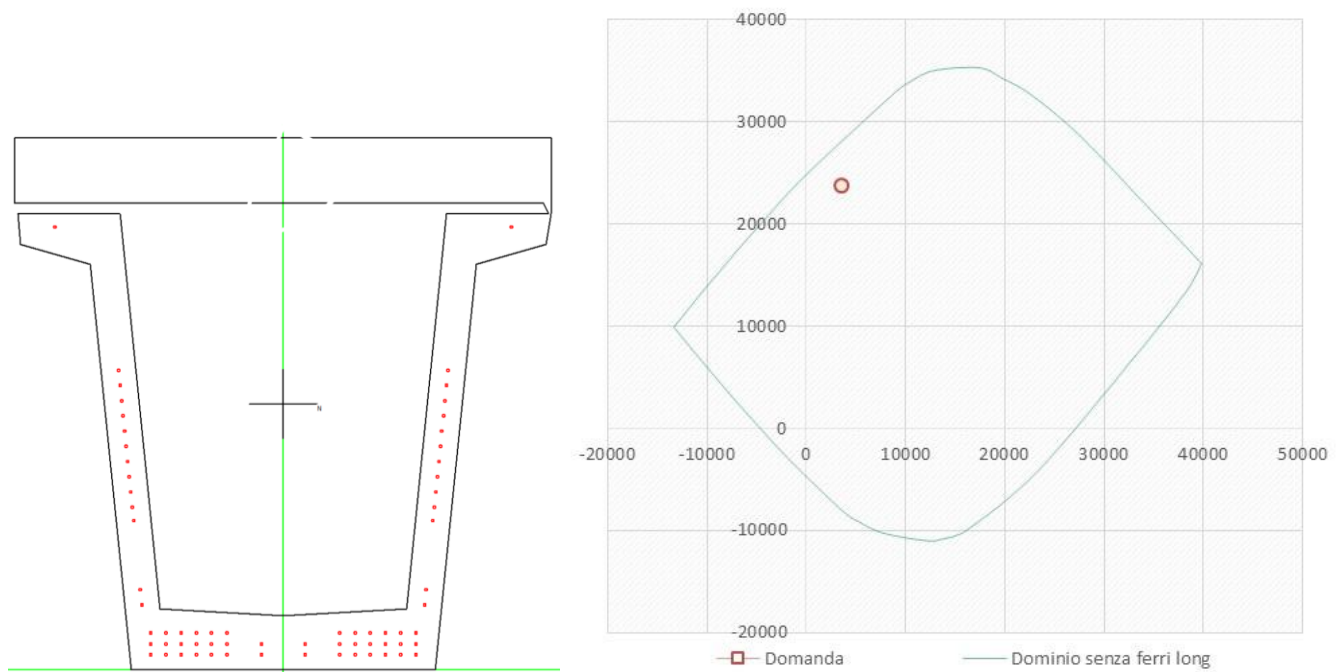
$$T_{\text{SLU}} = 443 \text{ kN m}$$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 8.2.2 Verifiche a presso-flessione

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLU. La sezione è stata modellata per intero considerando cavi di pre-tensione aderenti al calcestruzzo. In questo modo si è potuto valutare il dominio reale di resistenza della sezione e confrontarlo con le sollecitazioni precedentemente individuate. A favore di sicurezza la sezione della soletta è relativa ai cassoni centrali e omogenizzata a lungo termine. Le verifiche sono state condotte con il software VCA-SLU.





**Figura 71 - Sezione e Dominio di resistenza**

I ferri longitudinali non sono considerati reagenti in tale verifica perché utilizzati nella verifica a sollecitazione torcente.

Momento agente = 23683 kN m

Momento resistente = 28318 kN m

Coefficiente di sicurezza = 0.84 < 1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

Verifica C.A. S.L.U. - File: CAP

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
20	-123.5	245
21	-123.5	245
22	-123.5	215
23	119.76	215
24	122	210

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	0

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

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

**Materiali**

B450C	C45/55
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200.000 N/mm²	$f_{cd}$ 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/mm²	$\tau_{co}$ 0.9333
	$\tau_{c1}$ 2.543

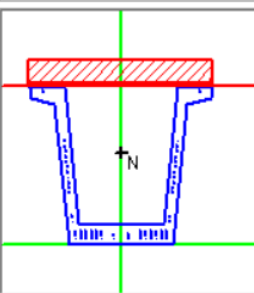
**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Cavo snervato

**M**  $xR_d$   kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  21.26 ‰  
d 245 cm  
x 34.63 x/d 0.1413  
 $\delta$  0.7

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



**Armatura Precompressione**  
N° cavi  Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	$\sigma_{sp}$ [MPa]
64	1.39	73.7	117	1079
65	1.39	74.4	124	1079
66	1.39	75.1	131	1079
67	1.39	75.8	138	1079
68	1.39	105	204	1079

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



**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

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

N° rett.   
 $\sigma_{sp}$   N/mm²  
 $\epsilon_{sp}$  25.95 ‰ compressa prefef.

Precompresso

Figura 72 - Schermata di calcolo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 8.2.3 Verifiche a taglio-torsione

Si riportano di seguito le verifiche previste per gli SLU. In relazione alla dislocazione della sezione, si riporta la verifica a taglio per la sezione in c.a.p. Lo sforzo di taglio risultante è la somma del contributo del taglio verticale uniformemente ripartito tra le anime e del contributo della torsione, ripartita con la formula di Bredt, facendo circuitare la tensione tangenziale uniforme sull'area racchiusa della fibra media.

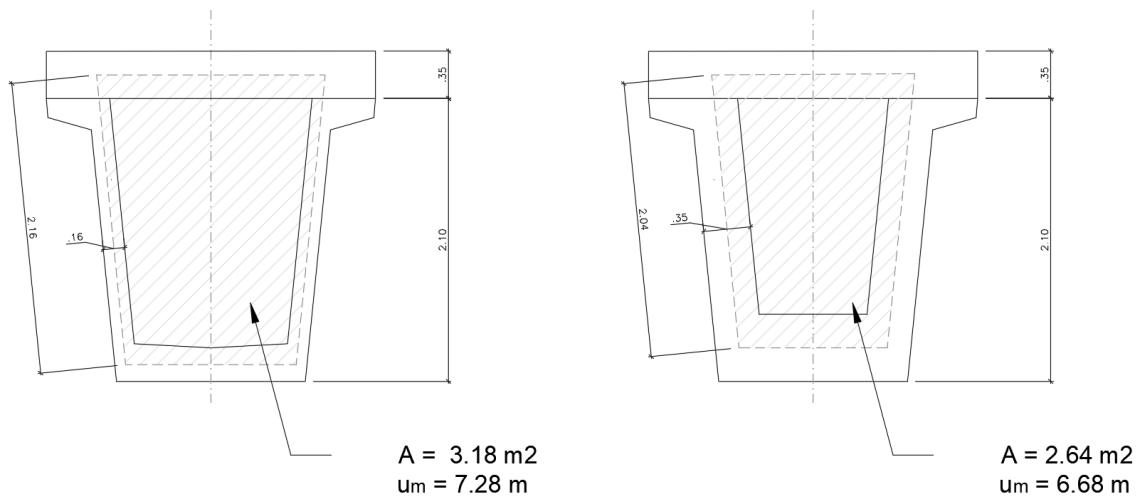


Figura 73 – Sezione corrente e agli appoggi di calcolo

Per tener conto anche degli effetti locali le verifiche sono condotte con un diametro equivalente, depurato del tasso di lavoro per l'inflessione delle ali del cassoncino *Par. 10.2.1.*



#### 8.2.3.1 Verifica a taglio

##### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub> 55

Cl<sub>s</sub> condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Acciaio 2

acciaio armature trasversali

$\gamma_c$  1.5  
 $\gamma_s$  1.15

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo  
coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione dell'anima

$h$  2160 mm  
 $c$  netto 40 mm  
 $c'$  53.3329167 mm  
 $b_w$  160 mm  
 $d$  2106.7 mm  
 $A_c$  1930000 mm<sup>2</sup>

altezza della sezione  
copriferro netto  
copriferro al baricentro dell'armatura long  
larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)  
altezza utile della sezione  
area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$  68  
 $\varnothing_{bl}$  10 mm  
 $n_{bw}$  2  
 $\varnothing_{st}$  8.33291666 mm  
 $s_{st}$  250 mm  
 $\alpha$  90 °

numero di barre longitudinali  
diametro delle barre longitudinali  
numero di bracci delle staffe  
diametro delle staffe  
passo delle staffe  
inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$  per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima



Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

$N_{Ed}$  0 KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)  
 $V_{Ed}$  429 KN/anima taglio di calcolo

$N_{Rd}$  49925.9 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente - puntone variabile

21.80 °  
2.50 inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse  
(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rsd}$	<b>809.2</b>	KN/anima	taglio resistente delle staffe
$V_{Rcd}$	<b>1353.0</b>	KN/anima	taglio resistente della biella
C.S	0.53	<1	coefficiente di sicurezza

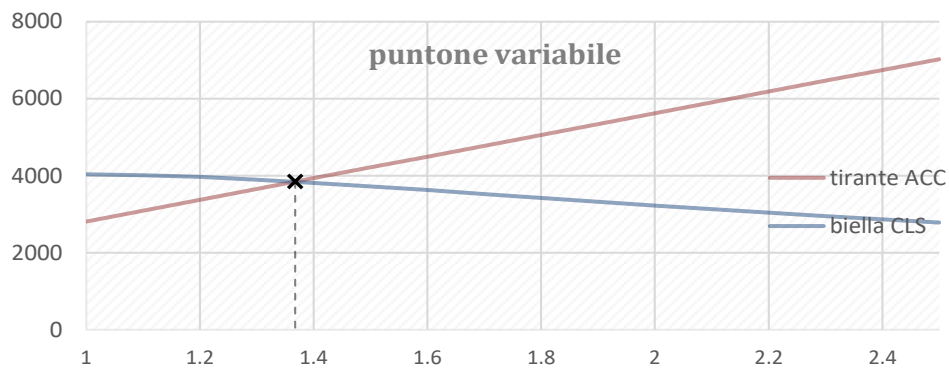


Figura 74 - Puntone variabile

Considerando la variazione del passo e del diametro del ferro, la resistenza a taglio varia secondo lo schema sotto riportato, è possibile ritenere soddisfatte tutte le sezioni.

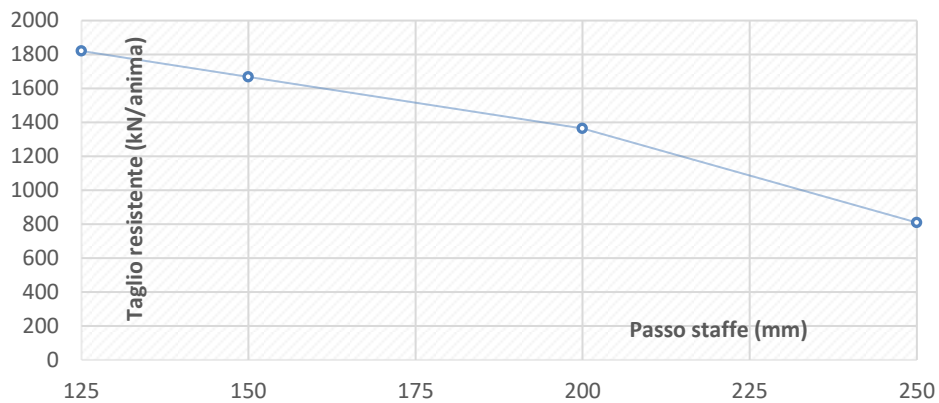




Figura 75 - resistenza a taglio funzione del passo staffe – sezione corrente

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

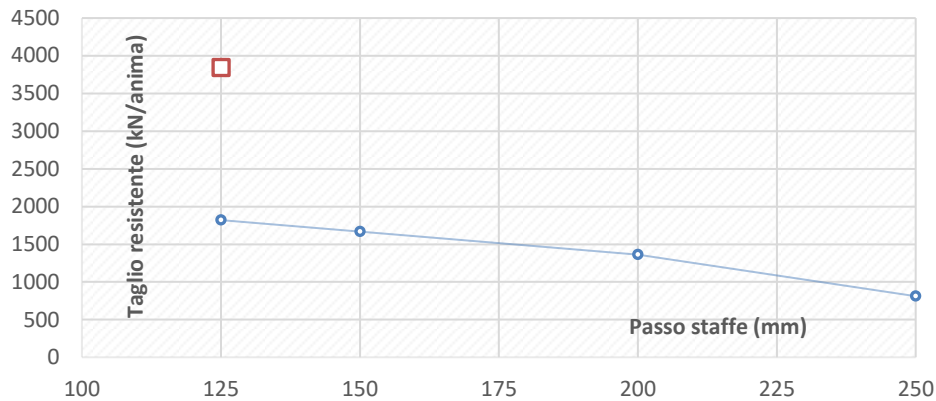


Figura 76 - resistenza a taglio – confronto sezione corrente e ringrossata

### 8.2.3.2 Verifica a torsione

Identificato il coefficiente di sicurezza del meccanismo a taglio, è possibile identificare il quantitativo di armatura disponibile per la torsione e ottenere la seguente verifica:

#### Caratteristiche materiali

Cls R<sub>ck</sub> 55

γ<sub>c</sub> 1.5  
γ<sub>s</sub> 1.15

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione

h	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2160</span> mm	altezza della sezione
C <sub>netto</sub>	40 mm	copriferro netto
c'	53.33292 mm	copriferro al baricentro dell'armatura long
t	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">160</span> mm	spessore della sezione cava
U <sub>m</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7280</span> mm	perimetro medio della sezione
d	2106.667 mm	altezza utile della sezione
A	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2640000</span> mm <sup>2</sup>	area racchiusa dalla fibra media

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	68	numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	10 mm	diametro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	2	numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	8.332917 mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	250 mm	passo delle staffe
$\alpha$	90 °	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Tasso di sfruttamento delle armature

$a$	53%	tasso di lavoro dell'armatura a taglio
$A_{s, riman.}$	51.3 mm <sup>2</sup>	Area delle staffe non sfruttate a taglio
$A_{s, torsion}$	25.7 mm <sup>2</sup>	Area delle staffe sfruttabile nella torsione

### Caratteristiche sollecitazioni

$T_{Ed}$	236 KN m	torsione di calcolo
----------	----------	---------------------

### Dati traliccio resistente - ipotesi di torsione pura

	20.51 °	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
	2.67	(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)
		<i>l'inclinazione viene corretta con l'estremo</i>

### Valore di verifica della torsione resistente



$T_{Rd}$	530.0 KN m	momento resistente per elemento con armatura trasversale
C.S	0.45 < 1	coefficiente di sicurezza

**verifica**

### Caratteristiche materiali

Cl <sub>s</sub> R <sub>ck</sub>	55	
$\gamma_c$	1.5	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
$\gamma_s$	1.15	coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	10	EI2CLVI0005002
				B

h	2160	mm	altezza della sezione
c <sub>netto</sub>	40	mm	copriferro netto
c'	53.33292	mm	copriferro al baricentro dell'armatura long
t	160	mm	spessore della sezione cava
U <sub>m</sub>	7280	mm	perimetro medio della sezione
d	2106.667	mm	altezza utile della sezione
A	2640000	mm <sup>2</sup>	area racchiusa dalla fibra media

### Caratteristiche armature

n <sub>bl</sub>	68		numero di barre longitudinali
Ø <sub>bl</sub>	10	mm	diametro delle barre longitudinali
n <sub>bw</sub>	2		numero di bracci delle staffe
Ø <sub>st</sub>	8.332917	mm	diametro delle staffe
S <sub>st</sub>	250	mm	passo delle staffe
α	90	°	inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)



### Tasso di sfruttamento delle armature

a	53%		tasso di lavoro dell'armatura a taglio
A <sub>s, riman.</sub>	51.3	mm <sup>2</sup>	Area delle staffe non sfruttate a taglio
A <sub>s, torsion</sub>	25.7	mm <sup>2</sup>	Area delle staffe sfruttabile nella torsione

### Caratteristiche sollecitazioni

T <sub>Ed</sub>	236	KN m	torsione di calcolo
-----------------	-----	------	---------------------



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

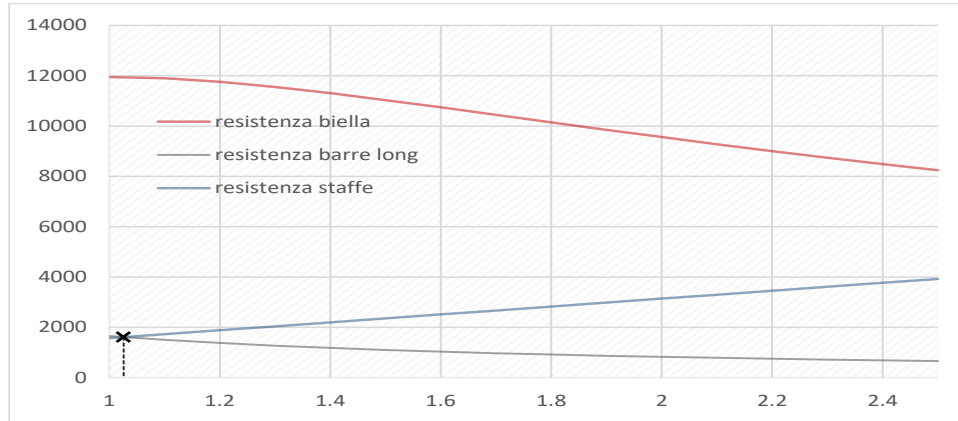


Figura 77 - resistenze a torsione in funzione dell'inclinazione della biella

### 8.2.3.3 Verifica a taglio-torsione

Studiate le resistenze in purezza si verifica la simultaneità delle sollecitazioni secondo quanto previsto dalla normativa. In tal caso l'inclinazione della biella deve essere ricalcolata in funzione di entrambe le sollecitazioni:



#### Dati traliccio resistente - puntone variabile

ctgθ	2.50	inclinazione delle bielle per taglio puro
ctgθ	2.50	inclinazione delle bielle per torsione pura
ctgθ	2.50	inclinazione per sollecitazione composta

tale valore deve essere preso in funzione dei due comportamenti simultanei se il valore dei meccanismi puri sono differenti si prende il più cautelativo

#### Valore di verifica del taglio resistente

$T_{Rcd}$	<b>3768</b>	kN m	resistenza a torsione della biella
$V_{Rcd}$	<b>1353</b>	kN	resistenza a taglio della biella
C.S.	0.38	<1	coefficiente di sicurezza composto

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

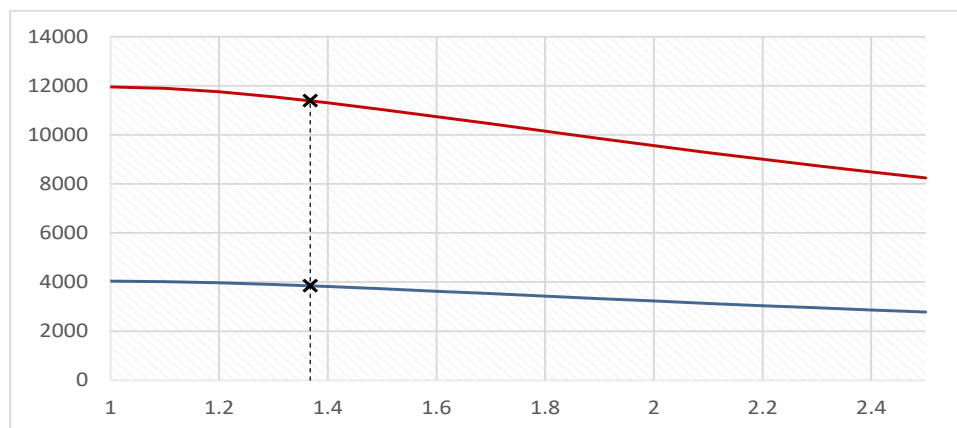


Figura 78 - resistenza taglio e torsione in funzione dell'inclinazione della biella

#### 8.2.4 Verifica scorrimento trave-soletta

Le armature di connessione tra la trave e la soletta devono assorbire lo scorrimento indotto dal ritiro differenziale dei due getti, in cui la soletta tende ad accorciarsi ed è impedita nel farlo dalla trave, e quello generato per effetto del taglio dei carichi esterni.



I versi dei due effetti sono discordi, quindi la verifica delle armature viene eseguita per il caso peggiore.

- *Ritiro differenziale*

Lo sforzo normale dovuto al ritiro è pari a:

lo sforzo assiale dedotto dalle fasi	$N_{RIT}$	-4324	kN
estensione del tratto di soletta collaborante	$b_{eff}$	2.44	m
coefficienti di amplificativo	$\gamma_{RIT}$	1.2	

Lo sforzo normale agente sulla sezione mista è stato calcolato ipotizzando cautelativamente che la trave in cap, all'atto del getto della soletta, abbia scontato già il 60% della deformazione complessiva da ritiro. Tale ipotesi risulta cautelativa e permette di assumere il valore di N dovuto al ritiro differenziale trave-soletta pari al 60% di quello che si otterrebbe considerando il contributo del ritiro della sola soletta.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

$$N_{RIT, ed} = 1.2 \times -2594 = -3113 \text{ kN/trave}$$

$$q_{RIT, ed} = -3113 / 2.44 = -1276 \text{ kN/m}$$

Dove l'estensione del tratto di soletta su cui ripartire il ritiro, si può assumere pari alla larghezza collaborante di soletta, che in via cautelativa si identifica sulla trave interna.

▪ *Carichi esterni*

Il taglio massimo nella sezione di appoggio per effetto dei permanenti portati e degli accidentali può essere valutato mediante la teoria di Jourawsky e risulta pari a:

taglio massimo dedotto dall'involuppo allo SLU (già amplificato)	$V_{\text{Traffico}}$	1389	kN
taglio della trave e della soletta	$V_{\text{perm}}$	720	kN
coefficiente amplificativo	$\gamma_{G1}$	1.35	
taglio dei pesi portati	$V_{\text{pp}}$	653	kN
coefficiente amplificativo	$\gamma_{G2}$	1.5	

$$T_{\text{TRAF, ed}} = 1389 + 1.35 \times 719.85 + 1.5 \times 653.13 = 3340 \text{ kN}$$


Lo sforzo di scorrimento per metro lineare è pari a:

$$q_B = \tau \times b = \frac{T_{\text{max}} \times S_{\text{sol}}}{J}$$

distanza lembo inferiore soletta e baricentro sezione	$z$	49.47	cm
momento statico soletta rispetto al baricentro sezione	$S_{\text{xsol, Ghom}}$	6.23E+05	cm <sup>3</sup>
inerzia dell'intera sezione omogenizzata	$I_{\text{xG, hom2}}$	1.74E+08	cm <sup>4</sup>

$$q_{\text{TRAF, ed}} = 3340 \times 623378 / 174051523 = 1196 \text{ kN/m}$$

Tra i due valori dello sforzo di scorrimento quello indotto dal ritiro è il maggiore; quindi, è rispetto a tale valore che viene eseguita la verifica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B



Vengono posizionate staffe  $\varnothing 16$  a 4 braccia con passo 12.5 cm per un totale di area:

$$A_{sta} = 1 \times 4 \times 8 \times 201 = 6434 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{ED} = 1276 / 6434 = 198 \text{ MPa}$$

$$\tau_{RD} = 450 / (\sqrt{3} \times 1.25) = 208 \text{ Mpa}$$

$$C.S. = 0.95 < 1$$

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 9 TRAVERSI PRECOMPRESSI

Vengono di seguito riportate le verifiche dei traversi. La precompressione viene effettuata con due cavi da 7 trefoli 0.6" post-tesi ad una tensione di 1380MPa, prima del getto della soletta. Mediante l'iniezione della boiaccia di cemento i cavi risultano aderenti e nelle verifiche se ne è tenuto conto. Si mantengono le medesime ipotesi della progettazione e verifica della trave in c.a.p.

Viene riportata per intero la procedura di verifica del traverso più sollecitato con coefficienti di sicurezza più gravosi agli stati limiti elastici e ultimi. Nel caso specifico il traverso di mezzeria risulta essere il più vincolante a meno della verifica a sollevamento.

### 9.1 SOLLECITAZIONI

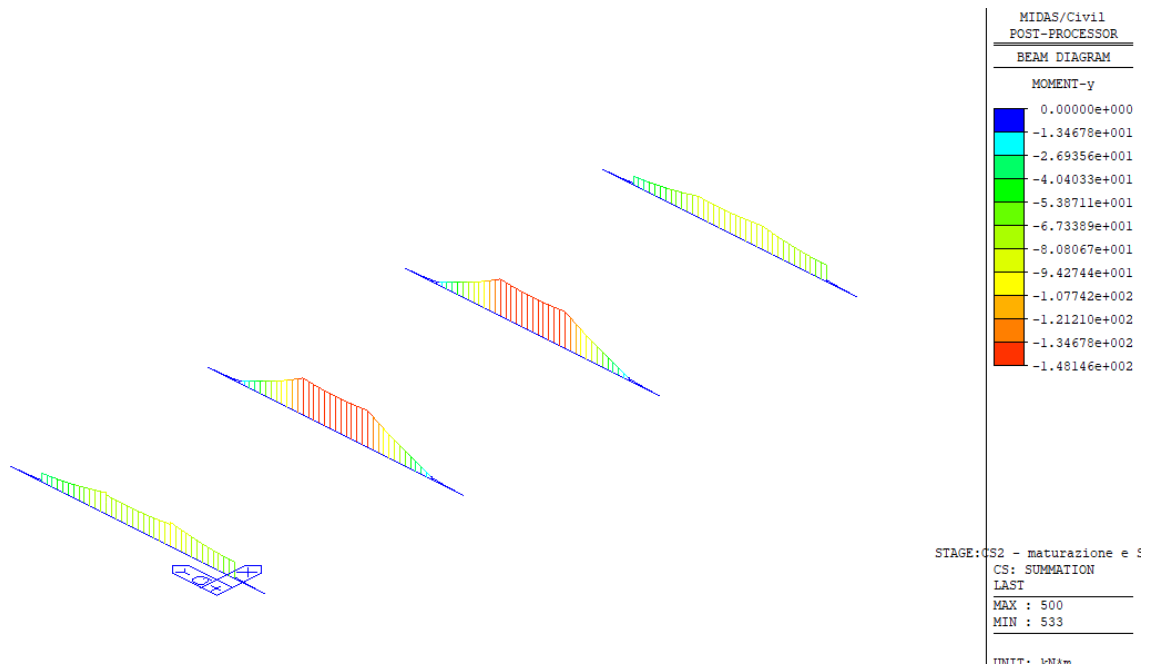


Figura 79 - Sollecitazione flessionale – fase 1

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

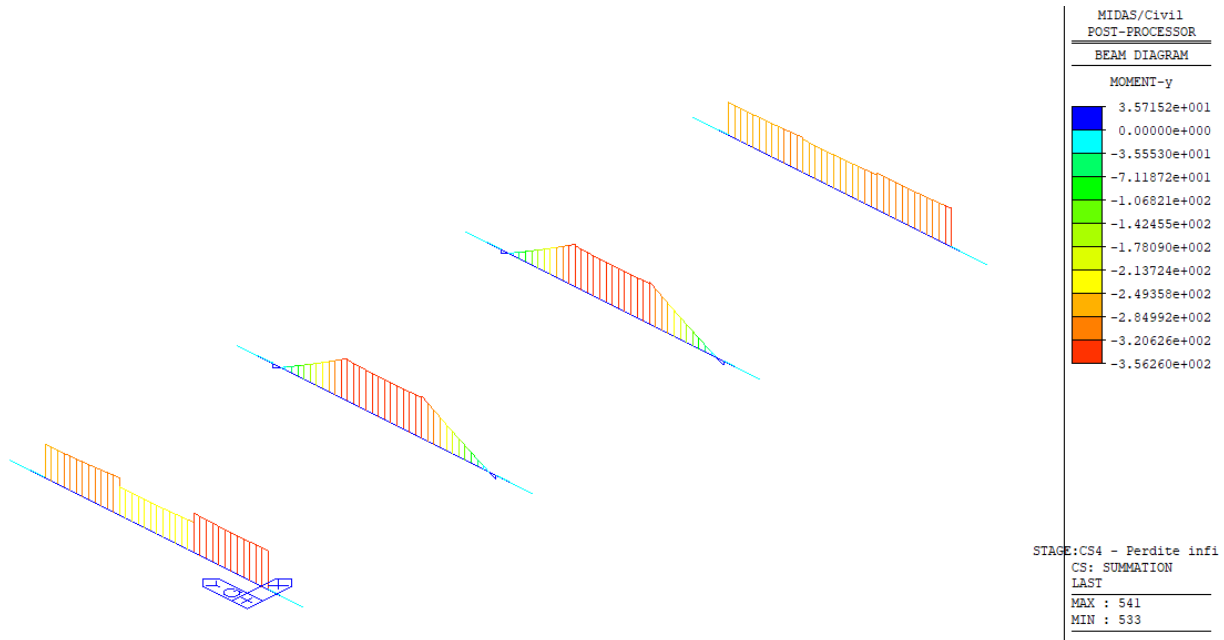


Figura 80 - Sollecitazioni flessionale - fase 2

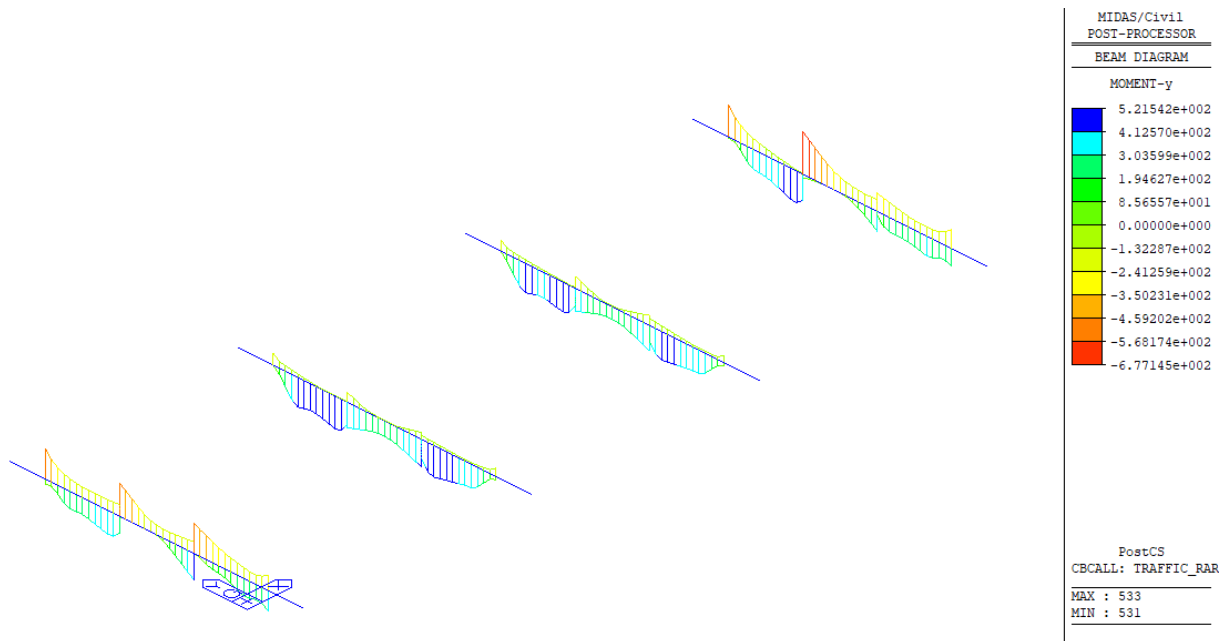


Figura 81 - Sollecitazione flessionale rara - fase 3

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

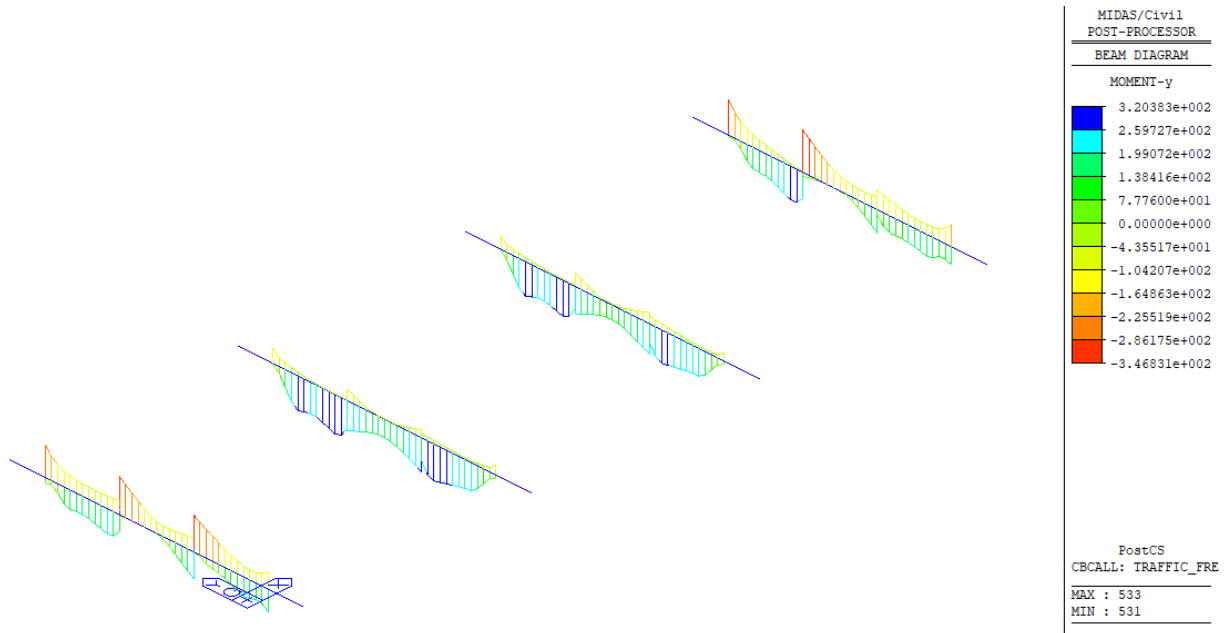


Figura 82 - Sollecitazione flessionale frequente - fase 3

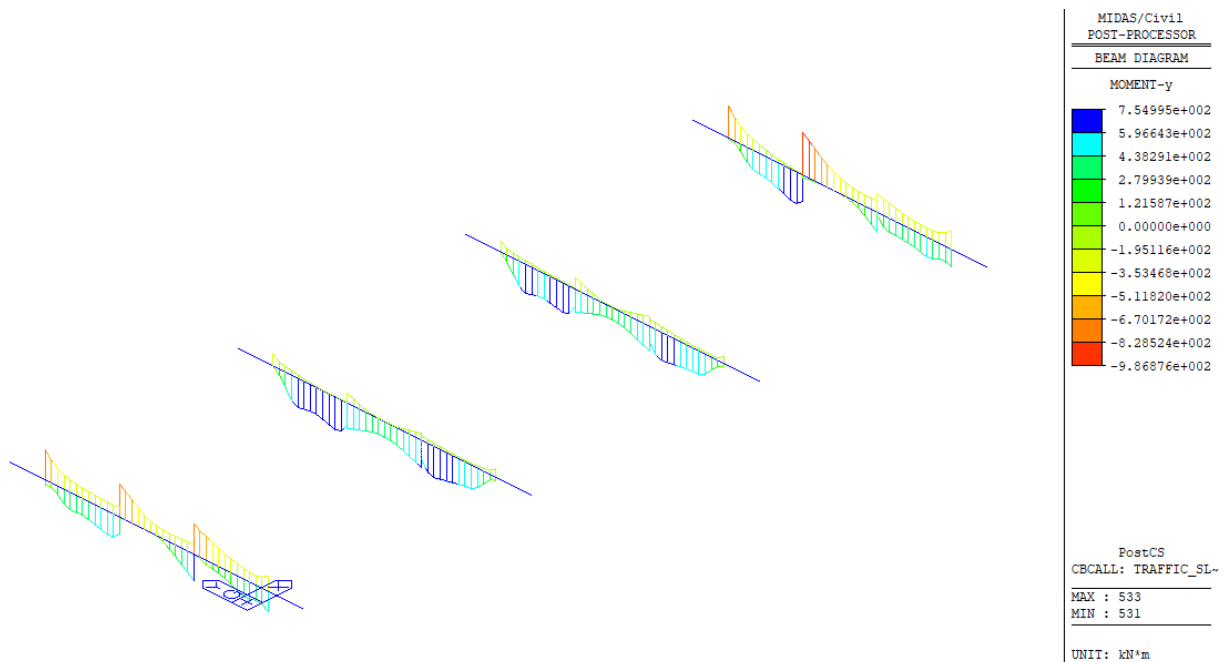




Figura 83 – Involuppo sollecitazione flessionale - traffico SLU

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

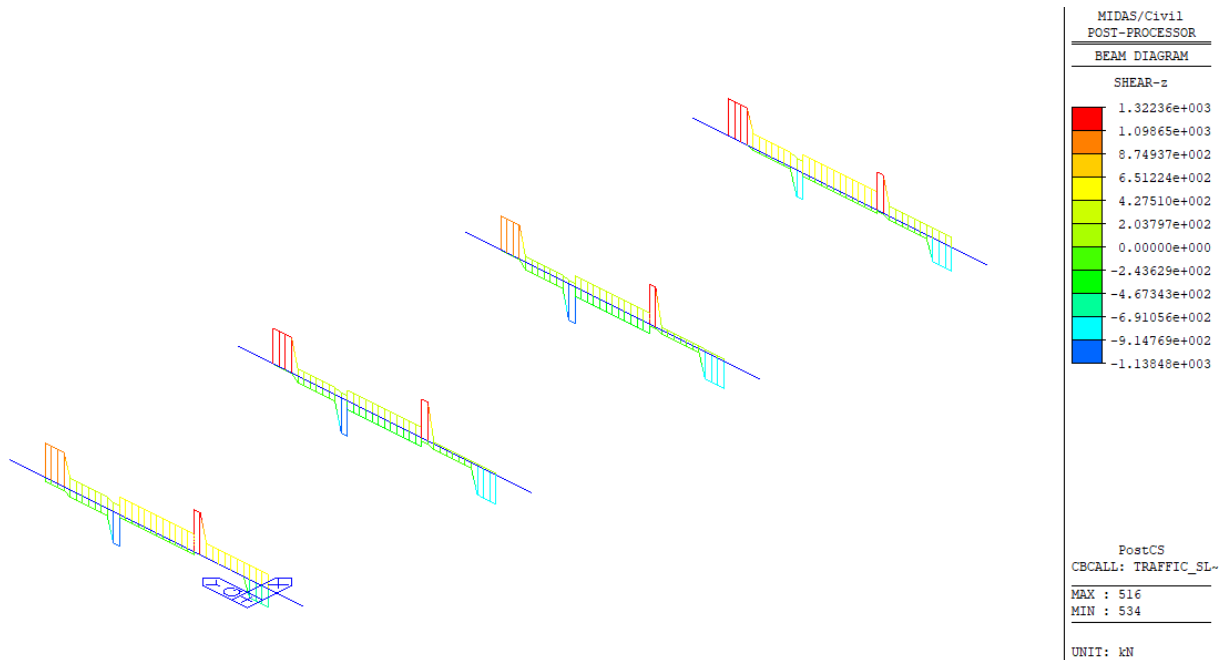


Figura 84 – Involuppo sollecitazione di taglio - traffico SLU

## 9.2 CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE

### 9.2.1 Sezione iniziale


#### Traverso

area della sezione in calcestruzzo	$A_{cls}$	6013	cm <sup>2</sup>
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xCLS, G}$	1.71E+07	cm <sup>4</sup>
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xCLS, hom1}$	1.71E+07	cm <sup>4</sup>
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xCLS, G}$	513375	cm <sup>3</sup>

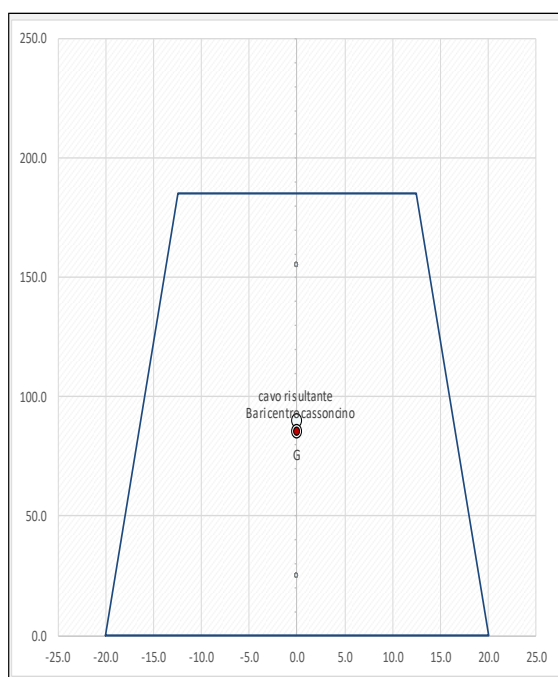
#### Armatura tesa

coefficiente di omogenizzazione	$n_{acc}$	5.37
coefficiente di omogenizzazione di calcolo	$n_{acc}$	4.37



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

area totale armatura tesa	$A_S$	19.46	$\text{cm}^2$
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xS, G}$	8.22E+04	$\text{cm}^4$
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xS, \text{hom}1}$	8.26E+04	$\text{cm}^4$
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xS, G}$	1751	$\text{cm}^3$





**Figura 85 - Sezione iniziale**

### 9.2.2 Sezione composta – breve termine

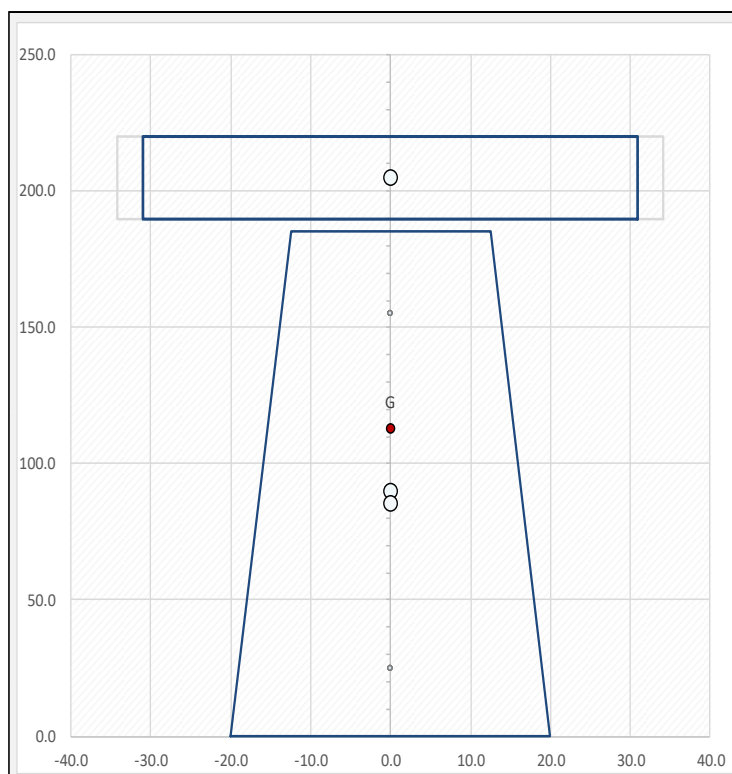
#### Soletta

coefficiente di omogenizzazione di calcolo	$n_{sol}$	0.91	
area della sezione in calcestruzzo	$A_{sol}$	2052	$\text{cm}^2$
inerzia rispetto al proprio baricentro	$I_{xsol, G}$	1.54E+05	$\text{cm}^4$
inerzia rispetto al baricentro omogenizzato	$I_{xsol, \text{hom}2}$	1.74E+07	$\text{cm}^4$
momento statico rispetto all'asse x	$S_{xsol, G}$	4.21E+05	$\text{cm}^3$

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### **Sezione omogenizzata2**



area omogenizzata al calcestruzzo	$A_{hom2}$	7955	cm <sup>2</sup>
baricentro sezione omogenizzata	$x_G$	0.00	cm
baricentro sezione omogenizzata	$y_G$	113.36	cm
inerzia sezione omogenizzata	$I_{xG}$	3.80E+07	cm <sup>4</sup>
momento statico sezione omogenizzata	$S_x$	9.02E+05	cm <sup>3</sup>



**Figura 86 - sezione omogenizzata - breve termine**

### **9.2.3 Sezione composta – lungo termine**

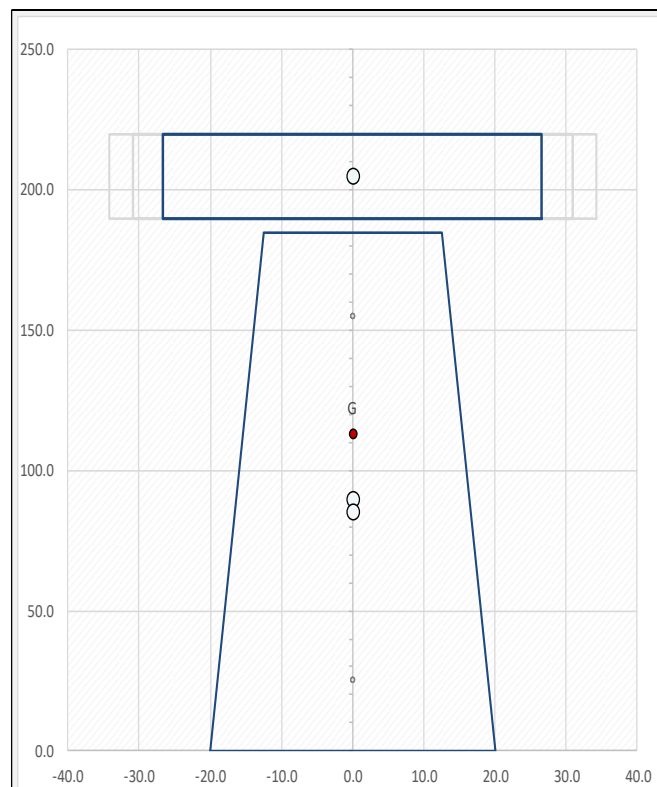
coefficiente di viscosità a tempo infinito cassone	$\varphi_{00}(t, t_{00})$	1.761
coefficiente di viscosità a tempo infinito soletta	$\varphi_{00}(t, t_{00})$	2.212

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



coefficiente di omogenizzazione di calcolo  $n_{sol}$  0.78  
coefficiente di omogenizzazione di calcolo  $n_{acc}$  12.08

**Sezione omogenizzata3**

area omogenizzata al calcestruzzo  $A_{hom3}$  7844 cm<sup>2</sup>  
baricentro sezione omogenizzata  $x_G$  0.00 cm  
baricentro sezione omogenizzata  $y_G$  109.87 cm  
inerzia sezione omogenizzata  $I_{xG}$  3.65E+07 cm<sup>4</sup>  
momento statico sezione omogenizzata  $S_x$  8.62E+05 cm<sup>3</sup>



**Figura 87 - sezione omogeneizzata - lungo termine**

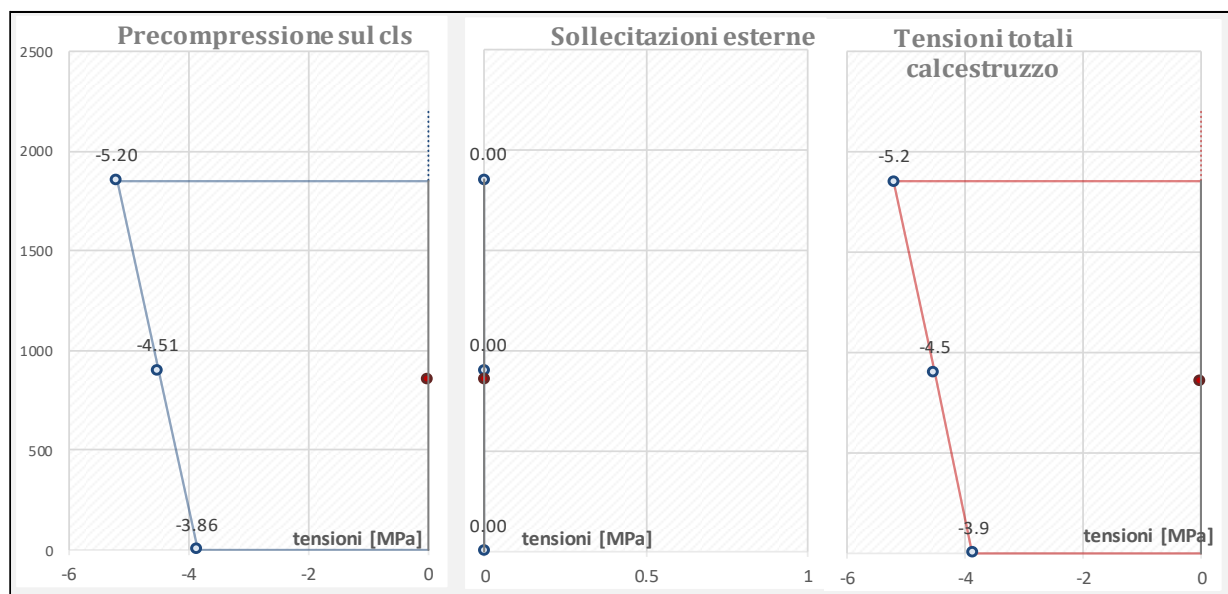
GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



### 9.3 VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO – SLE

#### 9.3.1 Verifiche tensionali

##### 9.3.1.1 Fase 0 – Post-tensione

forza di precompressione all'atto della tesatura	P0	2 685	KN
tensione del cavo all'atto della tesatura	$\sigma_{t,1}$	<b>1 380</b>	MPa
ipotesi di rientro del cuneo	$\Delta L$	<b>0.00</b>	mm
lunghezza complessiva del cavo	L	<b>9.76</b>	m
perdita per rientro del cuneo	$\Delta\sigma$	0.00	MPa
forza di precompressione a fine tesatura	P1	2 685	KN
momento dovuto al peso proprio della trave	$M_{pp, trave}$	0	kN m
tensione nel cavo a fine fase 0	$\sigma_{t,F0}$	1 380	MPa



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### Limitazioni tensionali del calcestruzzo

tensione limite all'atto della precompressione	$\sigma_{t,1 \max}$	22.49	MPa
tensione limite di esercizio a cadute avvenute	$\sigma_{t,0 \max}$	24.75	MPa
tensione del calcestruzzo nel lembo superiore	$\sigma_{cls,1}$	-5.20	> -22.49 MPa
tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo	$\sigma_{cls',1}$	-4.51	> -22.49 MPa
tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore	$\sigma_{cls'',1}$	-3.86	> -22.49 MPa
tensione nel cavo a fine fase 0	$\sigma_{t,F0}$	1 380	< 1395 MPa

### 9.3.1.2 Fase 2 – Getto della soletta

momento dovuto al peso della soletta	$M_{sol,trave}$	-48	kN m
--------------------------------------	-----------------	-----	------

#### *Ritiro*

giorno attuale per calcolo ritiro del traverso	t	10000	giorni
--	---	-------	--------

perimetro di cls esposto all'aria	u	2250	mm
dimensione fittizia pari a $2A_c/u$ $A_c$	$h_0$	532.7	mm
umidità relativa	UR	65	%


deformazione massima per essiccamento	$\epsilon_{c0}$	-0.000327
parametro per calcolo deformazione a tempo $\infty$	$k_h$	0.7
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo $\infty$	$\epsilon_{cd\infty}$	-0.000229
coefficiente di calcolo	$\beta_{ds}(t,t_s)$	0.9529895
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo t	$\epsilon_{cd}(t)$	<b>-0.000218</b>

resistenza caratteristica del calcestruzzo	$f_{ck}$	45	MPa
valore della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}$	-8.75E-05	

deformazione totale per ritiro	$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}$	<b>-3.06E-04</b>
variazione tensionale nel caso per effetto del ritiro	$\Delta\sigma_{cs} = -E_s \epsilon_{cs}$	<b>-59.58</b> MPa

#### *Viscosità*

effetto del tipo di cemento sulla viscosità	$\alpha$	0
tempo equivalente di applicazione del carico	$t_0$	9 giorni

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

coef. Funzione della resistenza del cls	$\beta(f_{cm})$	2.31	
resistenza media del calcestruzzo	$f_{cm}$	53.00	N/mm <sup>2</sup>
coef. Funzione della maturazione del cls	$\beta(t_0)$	0.61	
coef. Funzione di u.r. e di ho	$\beta_H$	1002.2	
coef. Che descrive l'evoluzione viscosa	$\beta(t, t_0)$	0.97	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_3$	0.813	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_2$	0.920	
coef. Per tenere conto della resistenza del cls	$\alpha_1$	0.748	
coef. Funzione dell'umidità relativa	$\varphi_{RH}$	1.297	
coefficiente normale di viscosità	$\varphi_0$	1.812	
coefficiente di viscosità al tempo t0	$\varphi_0(t, t_0)$	1.761	
coefficiente di viscosità al tempo t1	$\varphi_0(t, t_1)$	1.753	
modulo del calcestruzzo al tempo to	$E_{t0}$	36283	MPa
funzione di fluage iniziale - (della sola parte viscosa)	$J(t, t_0)$	4.9E-05	
coefficiente di invecchiamento	$\chi(t, t_0)$	0.80	
funzione di fluage incremento di carico - (della sola parte viscosa)	$J(t, t_1)$	3.9E-05	
deformazione totale indotta dalla viscosità G cavo	$\varepsilon_V = \sigma_{t_0} J_{t_0} + \Delta\sigma_{t_1} J_{t_1}$	<b>-2.19E-04</b>	
variazione tensionale nel caso per effetto della viscosità	$\Delta\sigma_V = -E_s \varepsilon_V$	<b>-42.64</b>	MPa

### Rilassamento

classe di armatura di precompressione		Classe 2	
percentuale di perdita a 1000h	$\rho_{1000}$	2.50	%
rapporto tra valore carat. e tensione	$\mu$	0.83	
perdite per rilassamento a tempo t	$\Delta\sigma_{ril(t)}$	<b>-95.56</b>	MPa

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

inerzia della sezione in cls

$I_{cls}$  1.75E+07 cm<sup>4</sup>

area della sezione in cls

$A_{cls}$  5993 cm<sup>2</sup>

eccentricità del cavo rispetto al baricentro cls

$e$  -4.62 cm

perdita totale di precompressione nel cavo al tempo  $t$

$\Delta\sigma_{pr(t)}$  -172.71 cm

perdita di precompressione (corrisponde a trazione nel cls)

$\Delta N_{pr(t)}$  336 kN

coefficiente di omogenizzazione

$n$  4.37

area della sezione netta di calcestruzzo

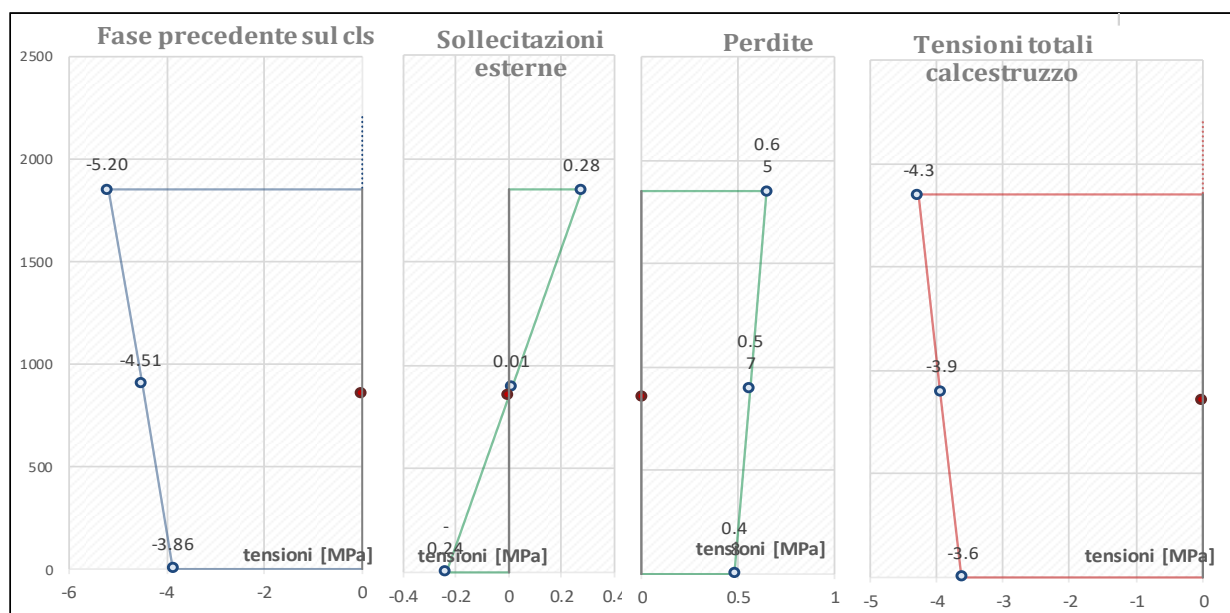
$A_{hom1}$  5.99E+05 mm<sup>2</sup>



inerzia della sezione netta di calcestruzzo

$I_{hom1}$  1.71E+11 mm<sup>4</sup>

tensione nel cavo a fine fase 1

$\sigma_{t,1}$  1207.34 MPa



GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

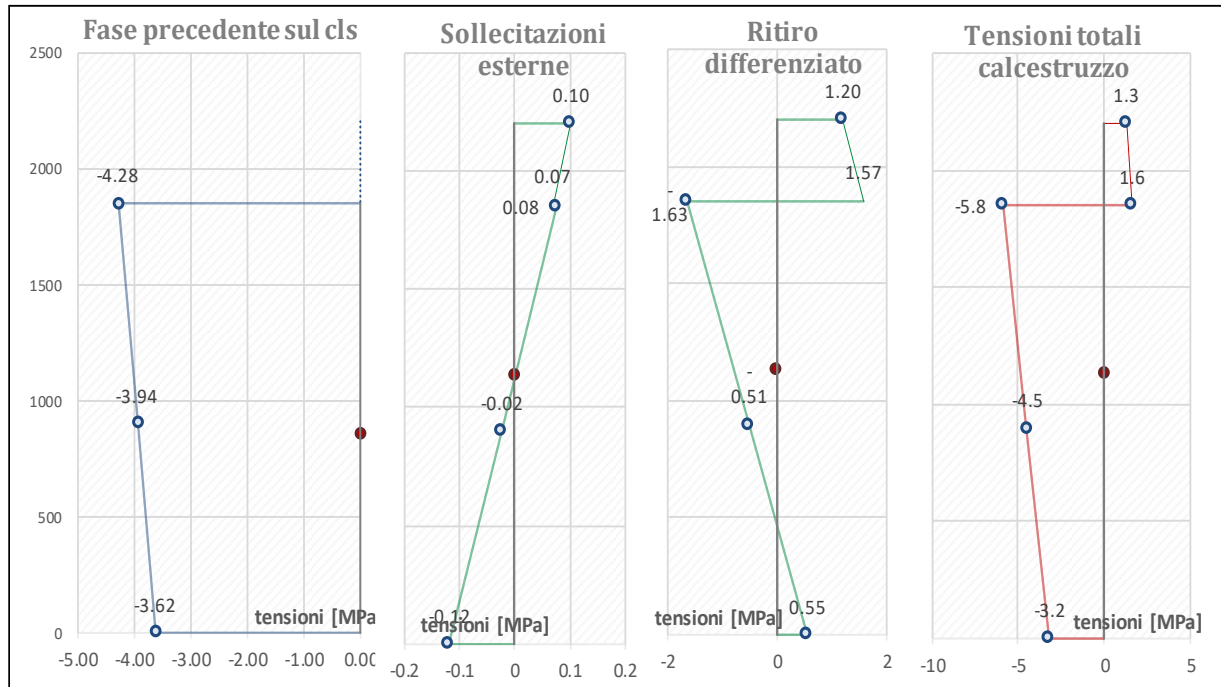
### 9.3.1.3 Fase 2 – Permanenti non strutturali

#### *Ritiro soletta*

perimetro di cls esposto all'aria	u	684.00	mm
dimensione fittizia pari a $2A_c/u$ $A_c$	$h_0$	600.00	mm
deformazione massima per essiccamento	$\epsilon_{c0}$	-0.000404	
parametro per calcolo deformazione a tempo $\infty$	kh	0.7	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo $\infty$	$\epsilon_{cd\infty}$	-0.000282	
coefficiente di calcolo	$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.8912924	
deformazione per ritiro da essiccamento a tempo t	$\epsilon_{cd}(t)$	-2.5E-04	
valore medio della deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca}$	-5.0E-05	
deformazione totale per ritiro	$\epsilon_{CS} = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}$	<b>-3.0E-04</b>	
coefficiente di viscosità al tempo t2 della soletta	$\varphi_0(t, t_2)$	2.21	
modulo elastico soletta al tempo t2	$E_s(t)$	32477.57	MPa
tensione nella soletta per ritiro differenziale (viscosità)	$\sigma_{vi}$	-3.05	MPa
sforzo di compressione sul traverso	$N_{ri}$	<b>-626</b>	kN
distanza superficie di contatto baricentro sezione	e	716.4	mm
eccentricità del cavo rispetto al baricentro della sezione	e	23.36	cm
perdita totale di precompressione nel cavo al tempo t	$\Delta\sigma_{pr}(t)$	0.00	cm
perdita di precompressione (corrisponde a trazione nel cls)	$\Delta N_{pr}(t)$	0	kN
coefficiente di omogenizzazione soletta	n	0.91	
coefficiente di omogenizzazione acciaio	n	4.37	
area della sezione netta di calcestruzzo	$A_{hom2}$	7.95E+05	mm <sup>2</sup>
inerzia della sezione netta di calcestruzzo	$I_{hom2}$	3.80E+11	mm <sup>4</sup>
tensione nel cavo a fine fase 2	$\sigma_{t,2}$	1205.00	MPa



Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B
------------------	-------------	----------------------------	---



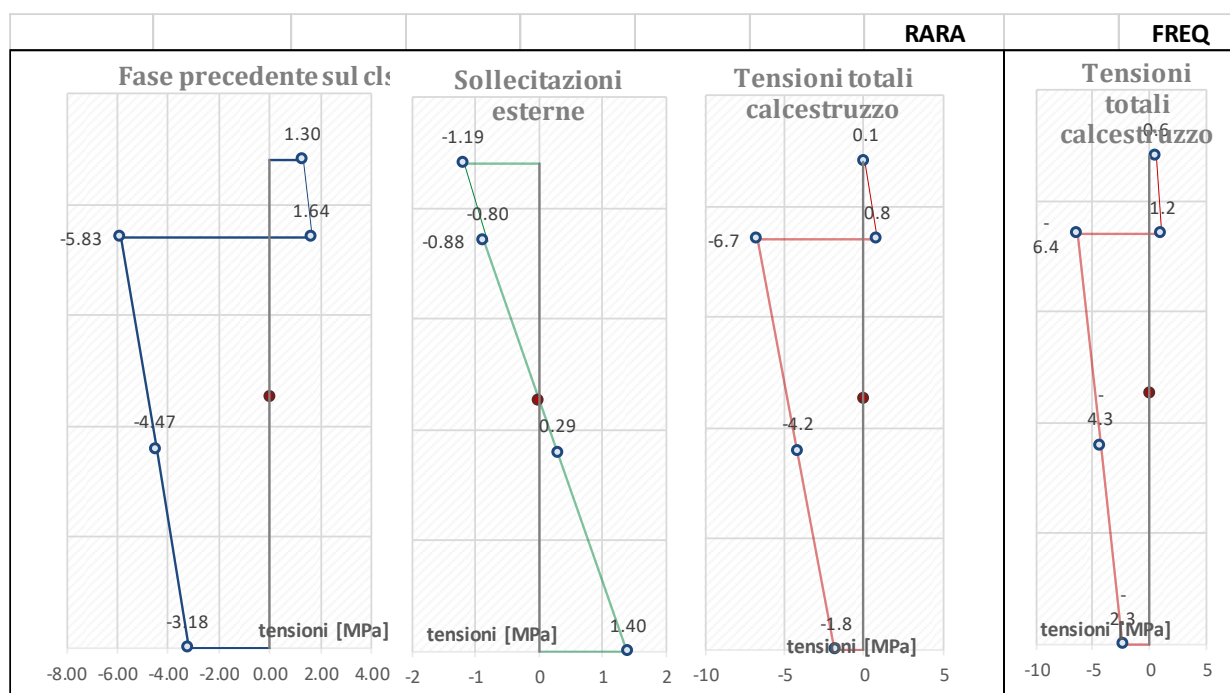
tensione del calcestruzzo nel lembo superiore soletta	$\sigma_{cls,3}$	1.30	< 2.32	MPa
tensione del calcestruzzo lembo inferiore soletta	$\sigma_{cls',3}$	1.64	< 2.32	MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	



### 9.3.1.4 Fase 3 – Carichi variabili

momento dovuto ai carichi da traffico  
tensione nel cavo a fine fase

$M_Q$       468      kN m  
 $\sigma_{t3}$       **1206.26**      MPa  
12.6%



tensione del calcestruzzo nel lembo superiore soletta	$\sigma_{cls,3}$	0.11	< 2.41	MPa
tensione del calcestruzzo lembo inferiore soletta	$\sigma_{cls',3}$	0.84	< 2.41	MPa
tensione del calcestruzzo nel lembo superiore	$\sigma_{cls,1}$	-6.71	> -24.75	MPa
tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo	$\sigma_{cls',1}$	-4.19	> -24.75	MPa
tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore	$\sigma_{cls'',1}$	-1.79	> -24.75	MPa
tensione nel cavo a fine fase 3	$\sigma_{t,F3}$	1 206	< 1336	MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 9.3.2 Verifica a fessurazione

Le combinazioni SLE Frequenti presentano sollecitazioni inferiori a quelle delle combinazioni Rare analizzate nelle verifiche tensionali sopra riportate.

Secondo il §4.1.2.2.4.1 delle Norme Tecniche lo stato limite di formazione delle fessure si ha quando la tensione massima di trazione della sezione supera

$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 3.16 \text{ MPa}$$

Si ha quindi che le combinazioni frequenti non portano mai alla formazione di fessure in quanto già nelle combinazioni RARE la tensione massima non supera il valore sopra riportato.

### 9.3.3 Verifica a sollevamento

Si esegue la verifica del traverso in condizioni di sollevamento necessario ai fini dell'eventuale sostituzione degli apparecchi d'appoggio. Durante tale operazione si considerano agenti i carichi dei pesi propri della trave, della soletta e i carichi permanenti portanti. Considerando lo schema di singolo in Figura 84 si valutano le sollecitazioni e si verifica lo stato tensionale del traverso in appoggio secondo i precedenti capitolo.

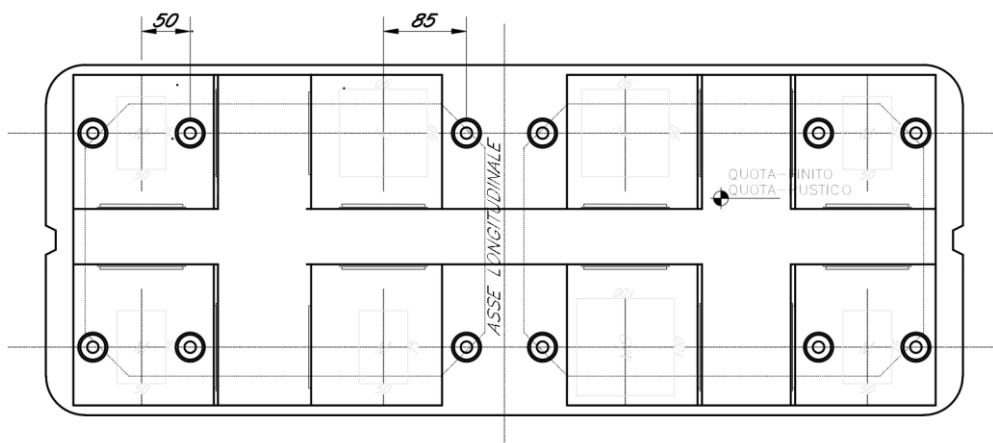


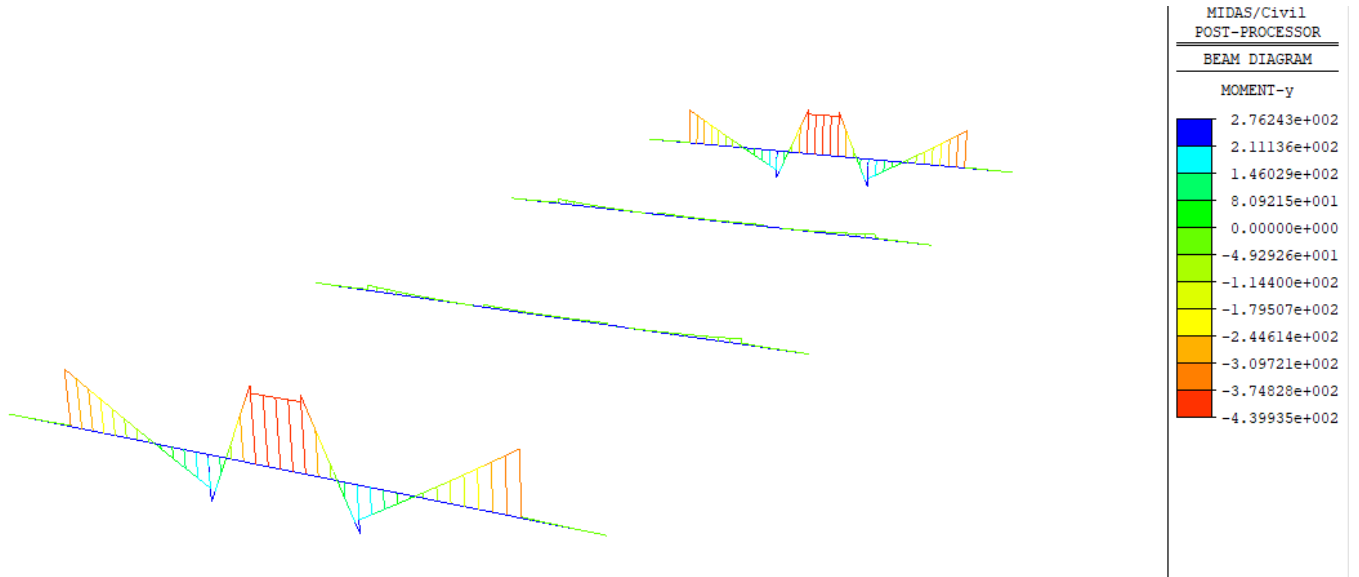


Figura 88 - Schema di sollevamento - posizionamento dei martinetti

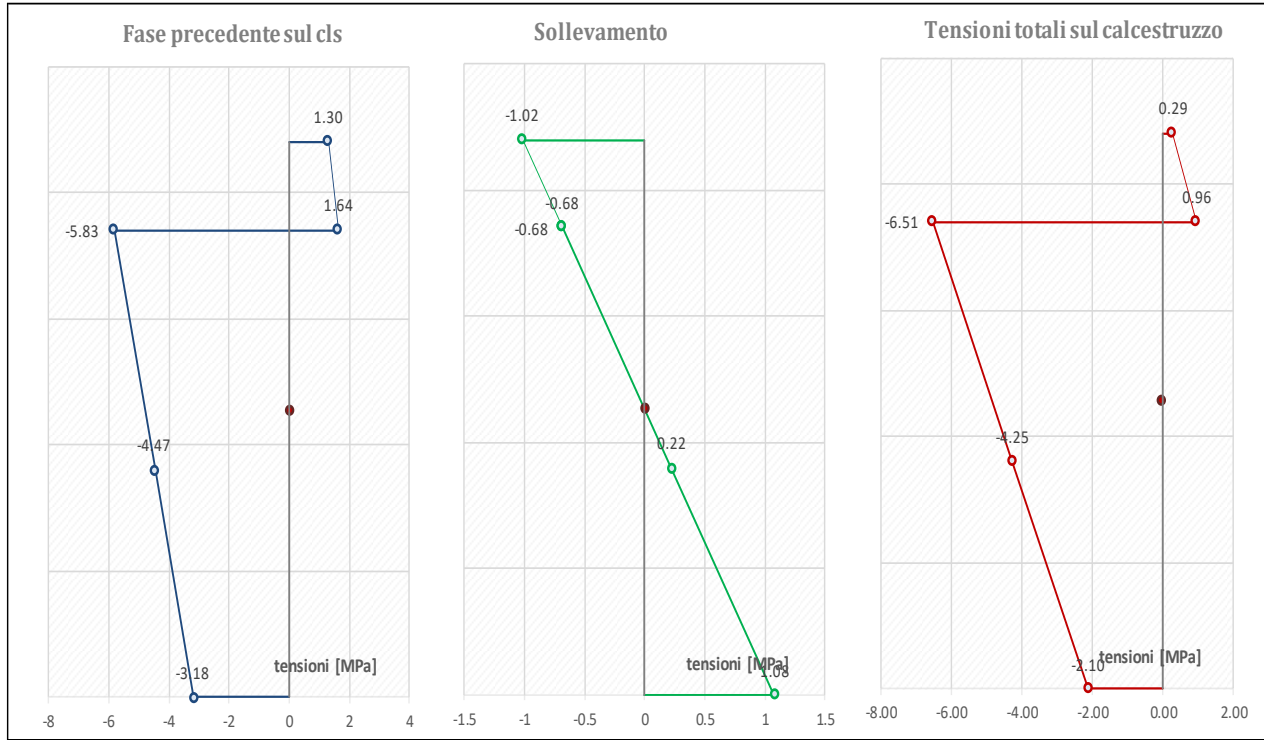
GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



**Figura 89 - Sollecitazioni flessionale dovuta ai soli carichi G1 e G2 sul nuovo schema appoggi**

momento massimo sul traverso G1+G2  
tensione nel cavo a fine sollevamento

Mmidas  kN/m  
 $\sigma_{sol}$  1206 MPa



tensione del calcestruzzo nel lembo superiore soletta

$\sigma_{cls,3}$  0.29 < 2.41 MPa

tensione del calcestruzzo lembo inferiore soletta

$\sigma_{cls',3}$  0.96 < 2.41 MPa

tensione del calcestruzzo nel lembo superiore

$\sigma_{cls,1}$  -6.51 24.75 MPa

tensione del calcestruzzo nel baricentro del cavo



$\sigma_{cls',1}$  -4.25 24.75 MPa

tensione del calcestruzzo nel lembo inferiore

$\sigma_{cls'',1}$  -2.10 24.75 MPa

tensione nel cavo a tempo infinito

$\sigma_{t,00}$  1206 < 1336 MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 9.4 VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO - SLU

### 9.4.1 Verifiche a presso-flessione

Si riportano di seguito le verifiche tensionali previste per gli SLU. La sezione è stata modellata per intero considerando cavi di post-tensione aderenti al calcestruzzo.

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° Vertici  Zoom      N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	12.5	185
2	20	0
3	-20	0
4	-20	0
5	-12.5	185
6	-18	185

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

**Armatura Precompressione**  
N° cavi  Zoom

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]	σ <sub>sp</sub> [MPa]
1	1.39	0	25	1207.4
2	1.39	0	25	1207.4
3	1.39	0	25	1207.4
4	1.39	0	25	1207.4
5	1.39	0	25	1207.4
6	1.39	0	25	1207.4

**Materiali**  
B450C      C45/55

ε<sub>su</sub>  %      ε<sub>c2</sub>  %  
f<sub>yd</sub>  N/mm²      ε<sub>cu</sub>  %  
E<sub>s</sub>  N/mm²      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>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm²      τ<sub>co</sub>       τ<sub>c1</sub>

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

N° rett.   
L<sub>0</sub>  cm    Col. modello

M<sub>xRd</sub>  kN m  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  %  
ε<sub>s</sub>  %  
d  cm  
x     x/d   
δ

**Tipo cavo**  
Trefolo  
ε<sub>su</sub>  %  
f<sub>yd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>       ε<sub>syd</sub>  %  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm²

σ<sub>sp</sub>  N/mm²  
ε<sub>sp</sub>  % compressa predef.

Precompresso

Figura 90 - Schema di calcolo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

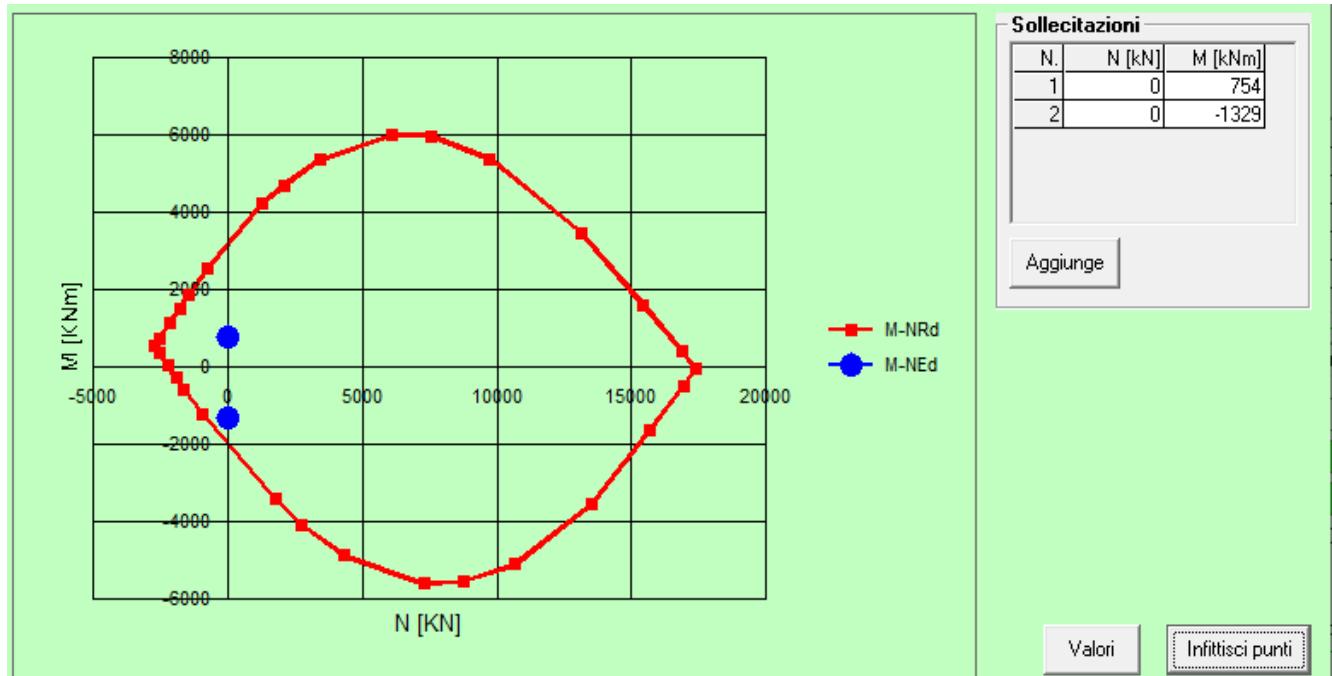


Figura 91 - Dominio della sezione

Momento agente = -1329 kN m



Momento resistente = -2000 kN m

Coefficiente di sicurezza = 0.66 < 1

#### 9.4.2 Verifica a taglio

##### Geometrie sezione dell'anima

h	1850	mm	altezza della sezione
c netto	40	mm	copri ferro netto
c'	57	mm	copri ferro al baricentro dell'armatura long
b <sub>w</sub>	325	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	1793.0	mm	altezza utile della sezione
A <sub>c</sub>	601250	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	<b>22</b>	numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	<b>10</b> mm	diametro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	<b>2</b>	numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<b>12</b> mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	<b>150</b> mm	passo delle staffe
$\alpha$	<b>90</b> °	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima


Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

$N_{Ed}$	<b>0</b> KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
$V_{Ed}$	<b>1487</b> KN/anima	taglio di calcolo

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rsd}$	<b>2356.4</b> KN/anima	taglio resistente delle staffe
$V_{Rcd}$	<b>2356.4</b> KN/anima	taglio resistente della biella
C.S	0.63 <1	coefficiente di sicurezza



GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 10 EFFETTI LOCALI

L'analisi degli effetti locali è stata condotta su un modello di calcolo agli E.F. a telaio che discretizza un tronco di impalcato di larghezza unitaria in corrispondenza della sezione trasversale corrente.

### 10.1 SOLETTA

#### 10.1.1 Modellazione

La soletta superiore in c.a. è formata in opera su predalles prefabbricate autoportanti disposte all'estradosso delle travi in c.a.p. in corrispondenza dei martelli superiori e su banchinaggio continuo alle estremità degli sbalzi.

La soletta ha uno spessore complessivo variabile da 30.0 cm ai bordi fino a 39.0 cm in mezzeria per garantire la pendenza trasversale del 1.5% e presenta uno spessore medio del getto in opera di 35.0 cm. Le lastre prefabbricate collaboranti hanno tutte uno spessore costante di 5.0 cm e sono irrigidite con tralicci metallici disposti ad interasse di 50.0 cm le cui armature garantiscono oltre che l'auto portanza in fase di getto, la connessione a scorrimento in esercizio tra le lastre ed il calcestruzzo gettato.

I tratti delle anime verticali comprese fra il raccordo inferiore e il martello superiore hanno uno spessore costanti pari a 16 cm; la contro-soletta ha uno spessore variabile da un minimo di 25.0 cm in corrispondenza della mezzeria fino ad un valore massimo di 28.0 cm nelle zone di raccordo con le anime verticali.

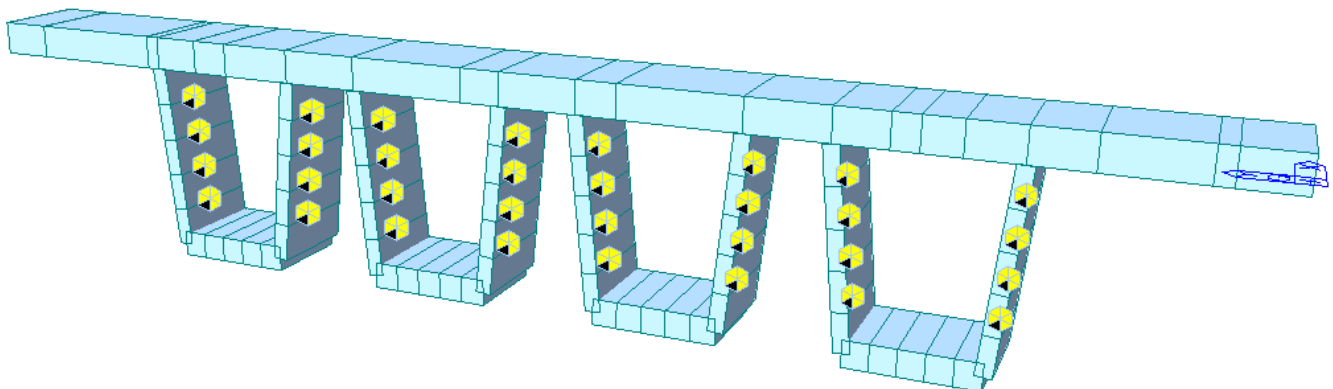




Figura 92 - Sezione trasversale dell'impalcato

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

I vincoli del modello sono costituiti da molle elastiche concentrate nei nodi dei frames che discretizzano le nervature dei cassoni prefabbricati; le molle elastiche ubicate in corrispondenza delle nervature fanno insorgere reazioni verticali in tutto simili alle azioni taglianti effettivamente agenti sul tronco di impalcato oggetto della discretizzazione strutturale. A tal scopo è stata preventivamente calcolata la freccia in mezzeria dell'impalcato sottoposto ad un puntuale di 400 kN; è risultato:

$$f \approx 0.563 \text{ mm.}$$

Se si ammette di operare con il tronco centrale dell'impalcato, la rigidezza complessiva delle molle elastiche vale:

$$K_y = 1400 / 0.56 = 710 \text{ kN/mm.}$$

Poiché si opera con trentadue molle (nodi presenti nelle nervature) si assume:

$$K_{y,i} = 710 / 32 = 22.2 \text{ kN/mm.}$$

Sempre nei nodi si inseriscono molle orizzontali:

$$K_{x,i} = 20 \times K_{y,i} = 444.0 \text{ kN/mm,}$$

che simulano un elevato (e fisicamente corretto) ritegno elastico trasversale del reticolo.

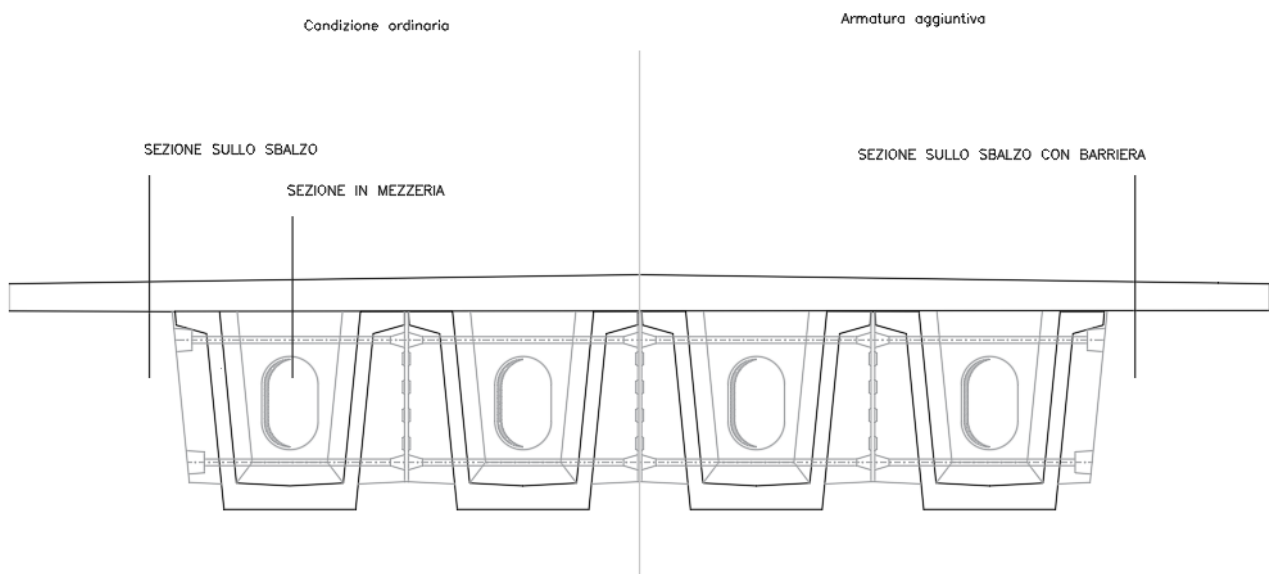




Figura 93 - Schema sezioni di verifica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.2 Sollecitazioni

Si riportano di seguito gli involuppi delle sollecitazioni riscontrate nella sezione di verifica, dovute ai carichi elementari precedentemente descritti. In direzione longitudinale si ipotizzano, invece, sollecitazioni pari al 25% di quelle ottenute dal modello per la direzione trasversale.

Nelle combinazioni frequenti, utilizzate per le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure, si considerano i coefficienti validi per le combinazioni rare, riferiti al gruppo di carico 4, così da rispettare le prescrizioni fornite dal “*Manuale di Progettazione delle Opere Civili*”, più stringenti rispetto a quelle presenti in NTC.

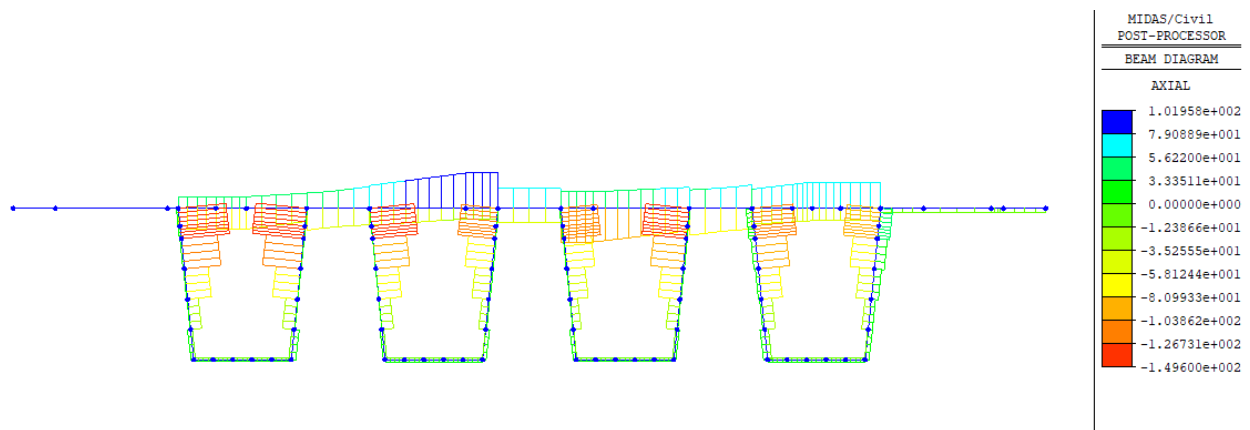


Figura 94 - Sollecitazione assiale - SLE rara

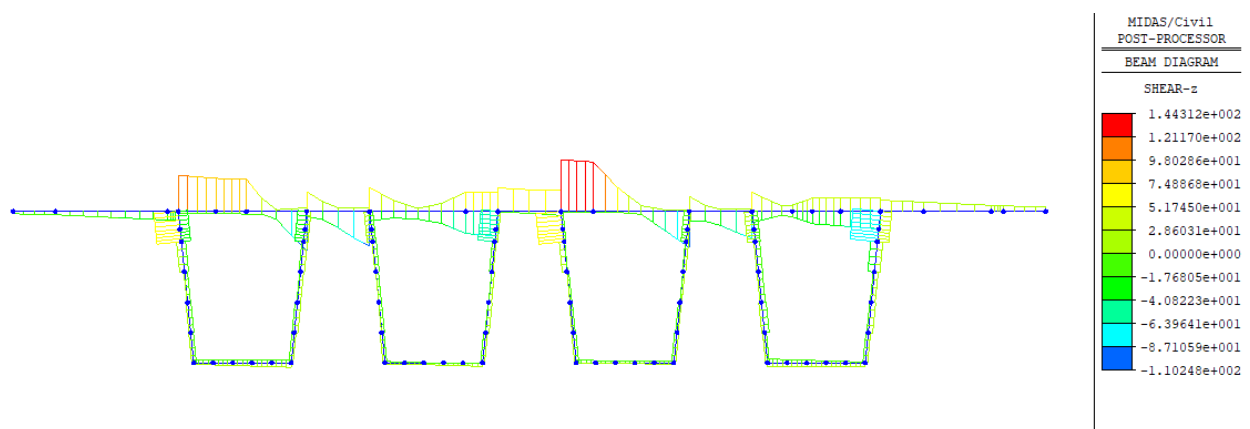


Figura 95 - Sollecitazione di taglio - SLE rara

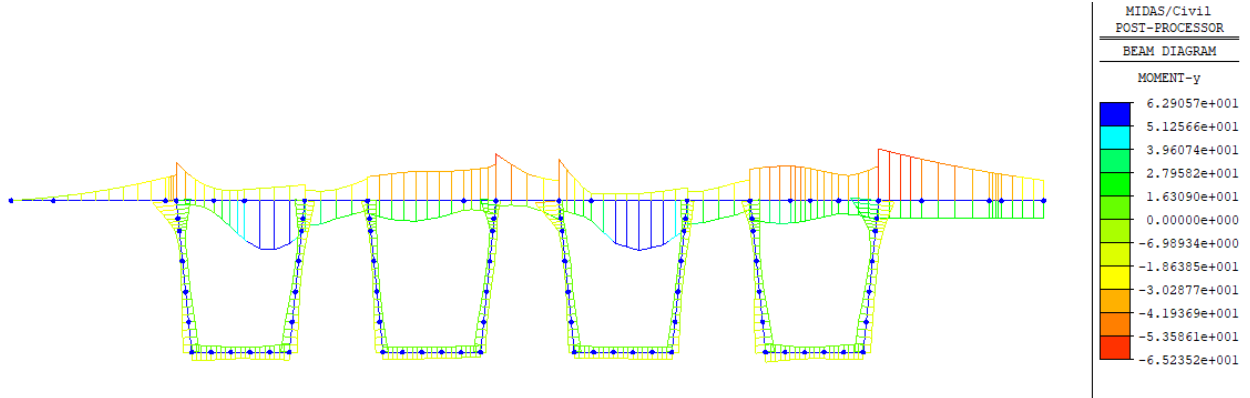


Figura 96 - Sollecitazione flessionale - SLE rara

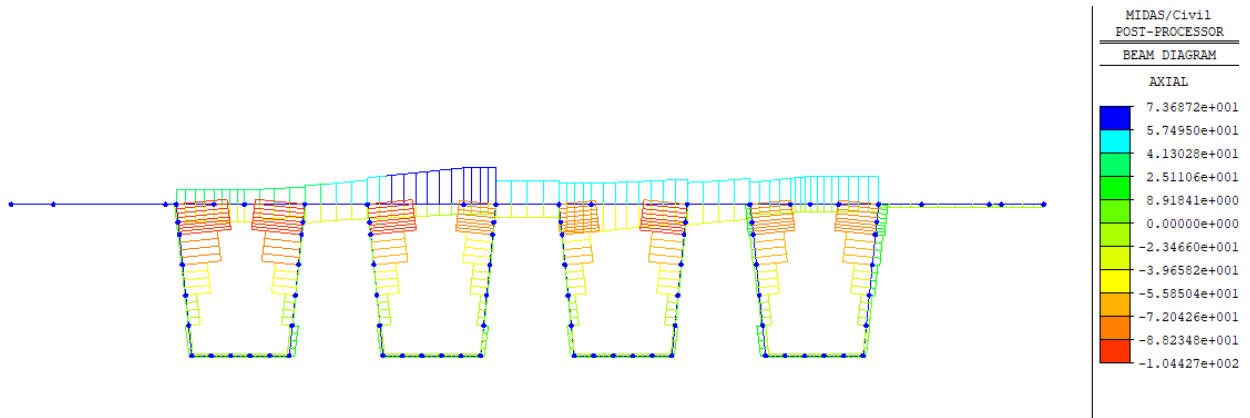


Figura 97 - Sollecitazione assiale - SLE frequente

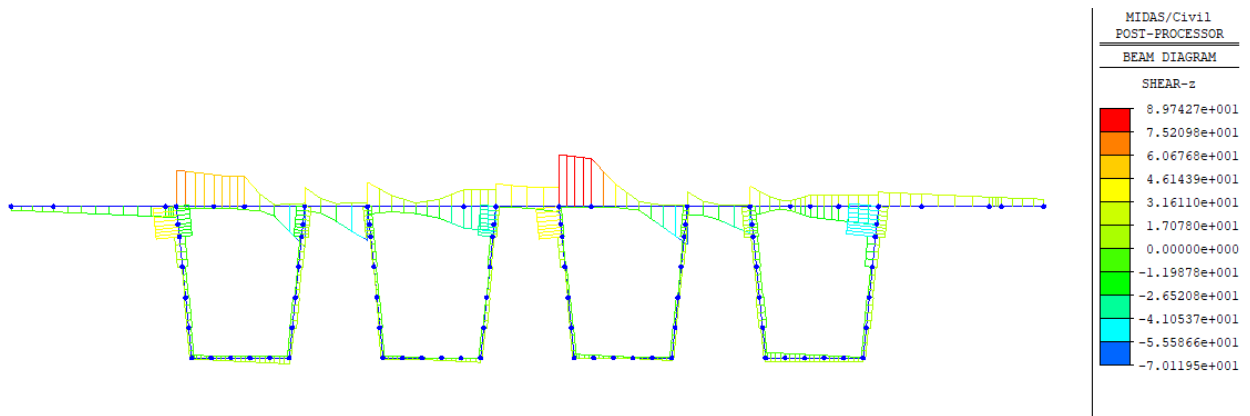


Figura 98 - Sollecitazione di taglio - SLE frequente

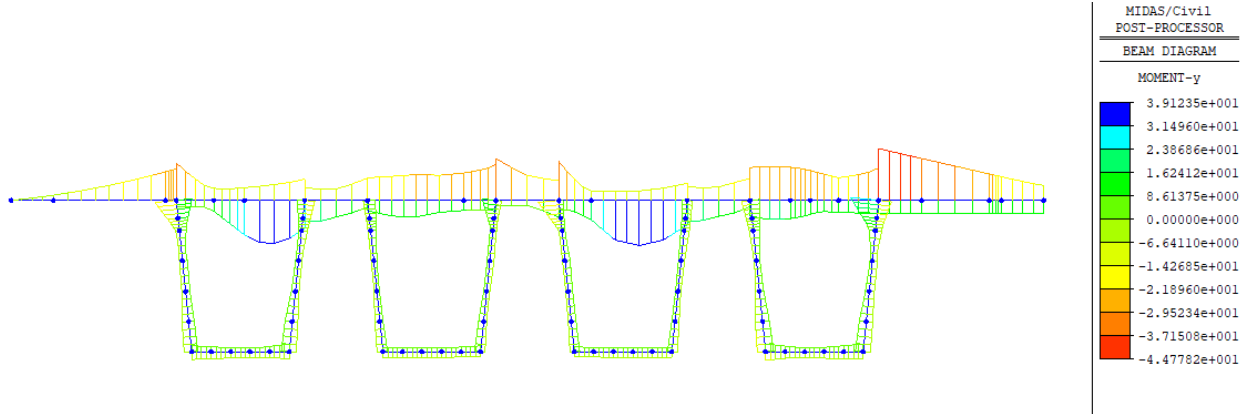


Figura 99 - - Sollecitazione flessionale - SLE frequente

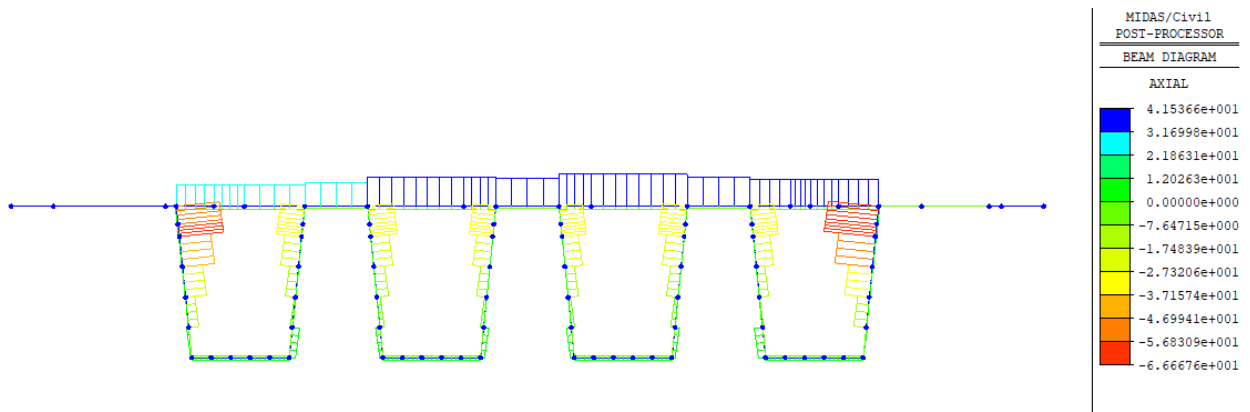


Figura 100 - Sollecitazione assiale - SLE qp

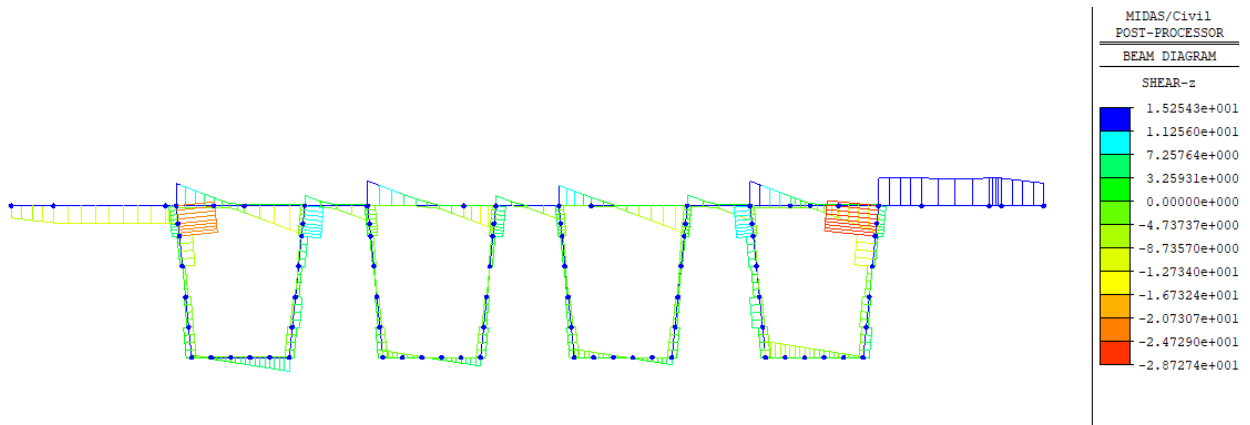


Figura 101 - Sollecitazione di taglio - SLE qp

Progetto	IN17
----------	------

Lotto	10
-------	----

Codifica	EI2CLVI0005002
----------	----------------

B
---

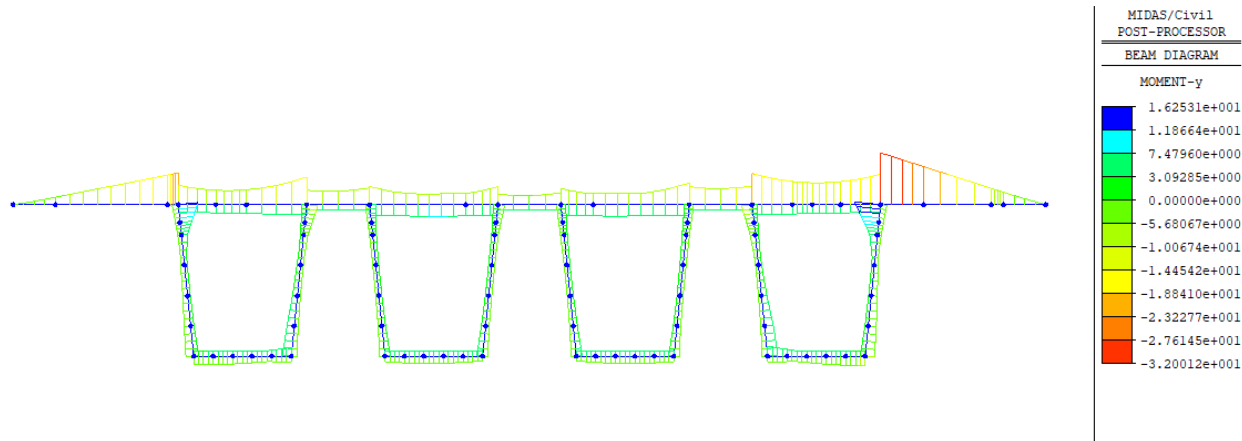


Figura 102 - Sollecitazione flessionale - SLE qp

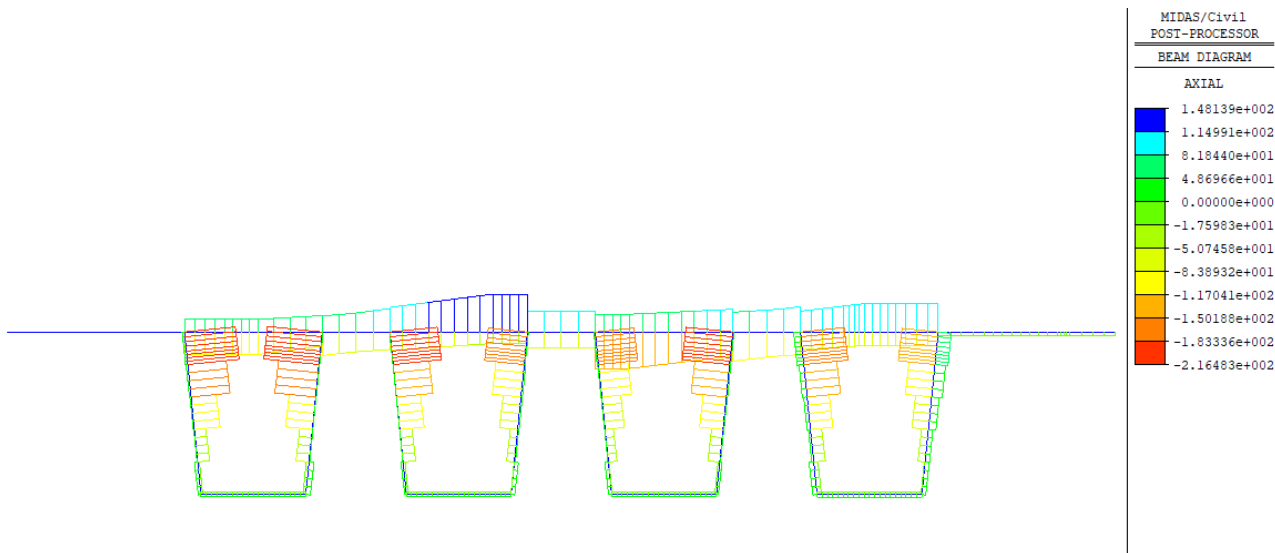


Figura 103 - Sollecitazione assiale - SLU

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

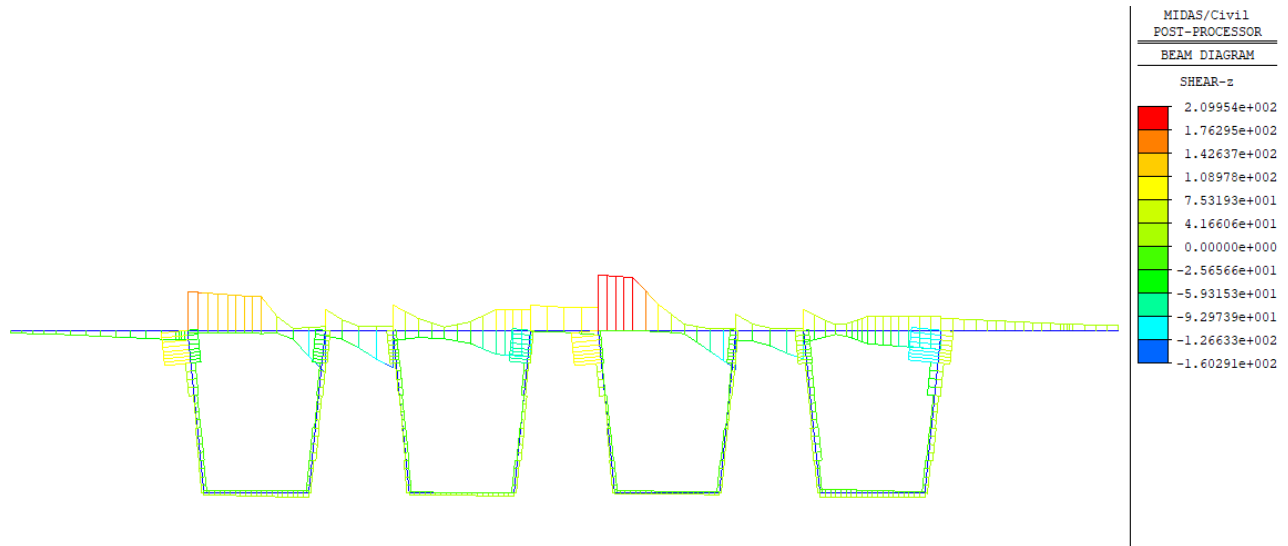


Figura 104 - Sollecitazione di taglio – SLU

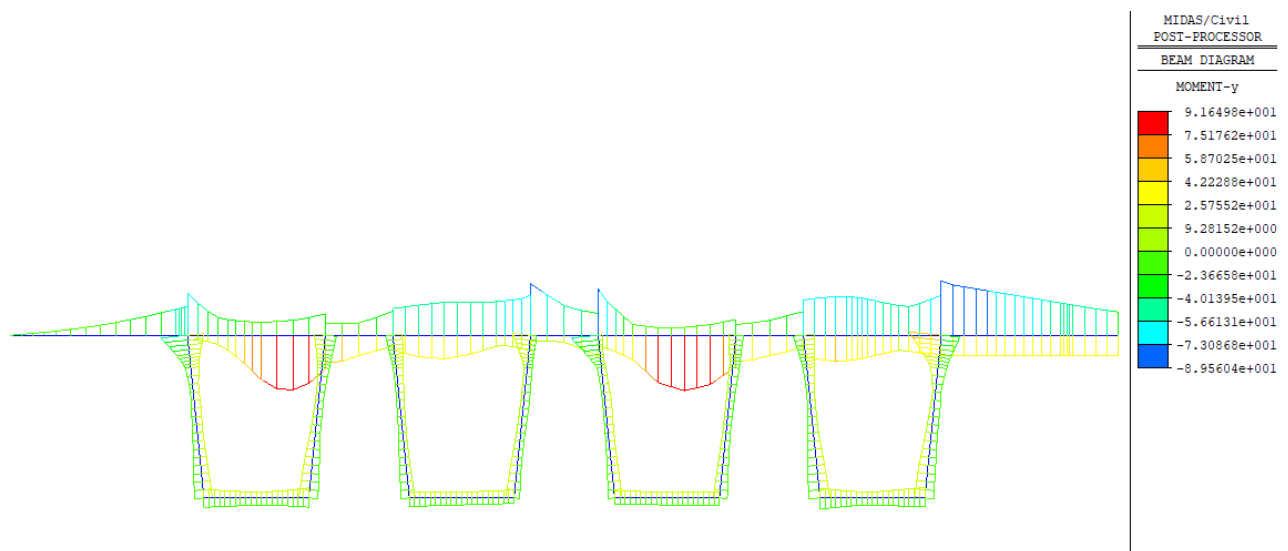
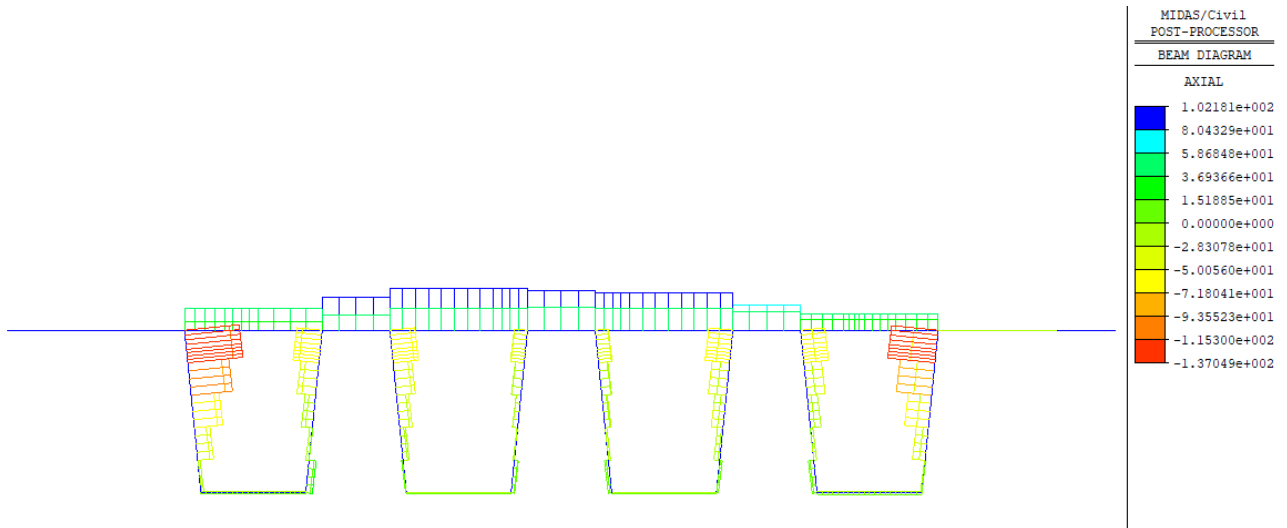
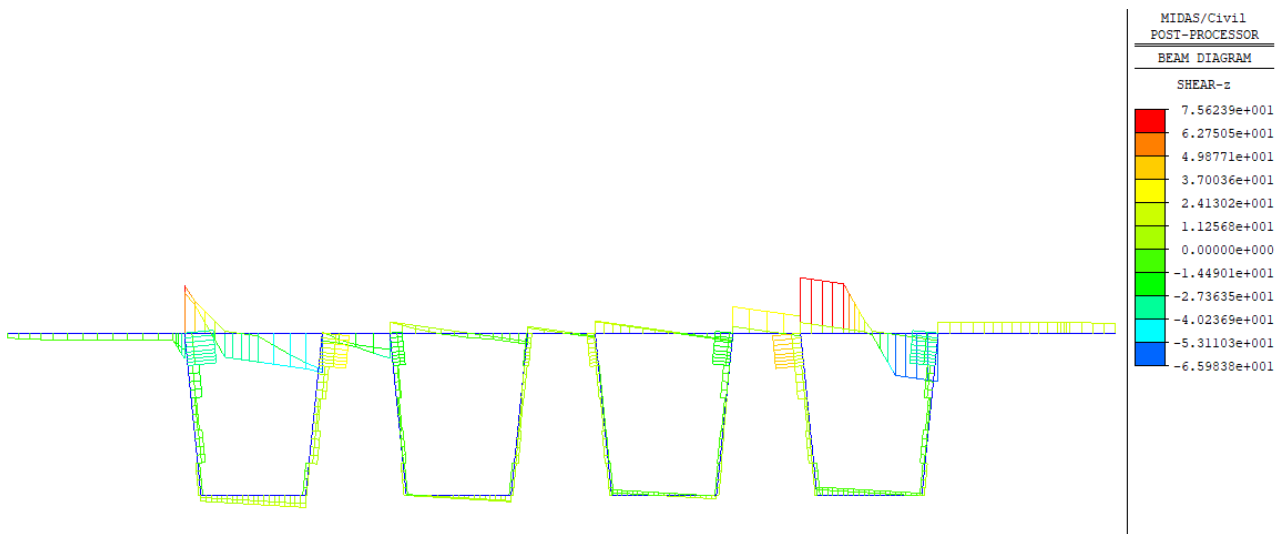


Figura 105 - Sollecitazione flessionale - SLU

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



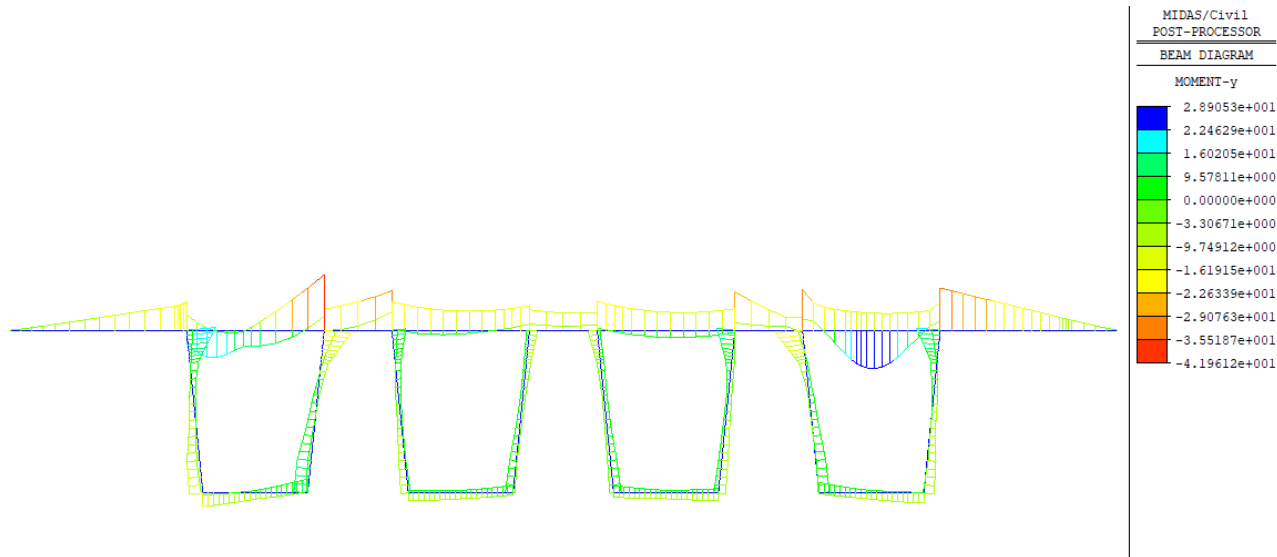
**Figura 106 - Sollecitazione assiale – Deragliamento**





**Figura 107 - Sollecitazione di taglio - Deragliamento**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>



**Figura 108 - Sollecitazione flessionale – Deragliamento**

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.3 Sezione in mezzeria

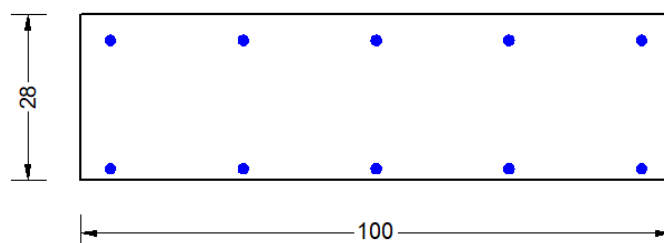
Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione retta delle sezioni più significative della soletta superiore.

Le sollecitazioni considerate nelle verifiche si riferiscono all'involuppo delle massime sollecitazioni corrispondenti alle combinazioni di carico previste.

#### 10.1.3.1 Verifica a pressoflessione – Direzione Trasversale

L'armatura ordinaria sulla soletta risulta essere:

Ø18/20                      strato sup.  
 Ø18/20                      strato inf.



**Figura 109 - Sezione di mezzeria**

#### **DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.**

**NOME FILE SEZIONE: Soletta mezzeria trasversale**

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

#### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	17.600 MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	17.600 MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.800 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	337.50 MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	28.0	cm
Barre inferiori:	5Ø18	(12.7 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø18	(12.7 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	1.9	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA


N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-85.30	0.00	0.00
2	0.00	91.60	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-58.60
2	0.00	62.90

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	39.12 (49.80)
2	0.00	-36.12 (-48.75)
3	0.00	46.30 (49.80)
4	0.00	-38.80 (-48.75)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)  
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	7.70 (49.80)
2	0.00	-19.24 (-48.75)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 1.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 19.9 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]


N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-85.30	-0.07	-111.19	1.304	2.3	0.10	0.70	12.7 (4.1)
2	S	0.00	91.60	-0.24	124.06	1.354	24.0	0.15	0.70	25.4 (4.6)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00063	1.9	-0.03218	23.6
2	0.00350	28.0	-0.00036	23.6	-0.01937	1.9

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]  
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.75	0.0	0.00	6.8	-214.7	1.9	7.1	708	12.7	0.0
2	S	5.86	28.0	0.00	20.4	-212.8	23.6	4.8	475	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.64	28.0	0.00	20.4	-132.3	23.6	4.8	475	12.7	0.0
2	S	3.54	0.0	0.00	6.8	-132.4	1.9	7.1	708	12.7	0.0
3	S	4.31	28.0	0.00	20.4	-156.6	23.6	4.8	475	12.7	0.0
4	S	3.81	0.0	0.00	6.8	-142.2	1.9	7.1	708	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00073	0.00027	-0.00056	0.88	0.60	0.000397 (0.000397)	265	0.105 (0.20)	49.80
2	S	-0.00083	0.00027	-0.00056	0.83	0.60	0.000397 (0.000397)	276	0.110 (0.20)	-48.75
3	S	-0.00086	0.00032	-0.00066	0.88	0.60	0.000470 (0.000470)	265	0.124 (0.20)	49.80
4	S	-0.00090	0.00029	-0.00060	0.83	0.60	0.000427 (0.000427)	276	0.118 (0.20)	-48.75

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.72	28.0	0.00	20.3	-26.0	23.6	4.8	475	12.7	0.0
2	S	1.89	0.0	0.00	6.8	-70.5	1.9	7.1	708	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00014	0.00005	-0.00011	0.88	0.40	0.000078 (0.000078)	265	0.021 (0.20)	49.80
2	S	-0.00044	0.00014	-0.00030	0.83	0.40	0.000212 (0.000212)	276	0.058 (0.20)	-48.75

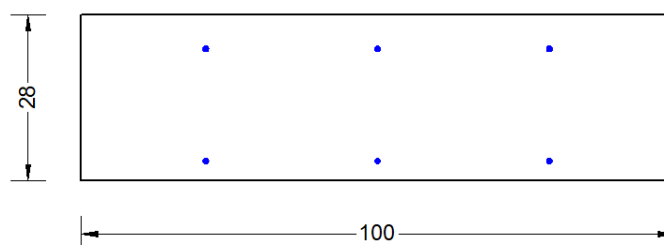
GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.3.2 Verifica a pressoflessione – Direzione Longitudinale

L'armatura ordinaria sulla soletta risulta essere:

Ø10/30 strato sup.

Ø10/30 strato inf.



**Figura 110 - Sezione di mezzeria**

### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: Soletta mezzeria longitudinale

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	17.600	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	17.600	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.800	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:		450.00	MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	28.0	cm
Barre inferiori:	3Ø10	(2.4 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	3Ø10	(2.4 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	3.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	21.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-21.50	0.00	0.00
2	0.00	22.75	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-14.65
2	0.00	15.70

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	9.75 (40.94)
2	0.00	-9.00 (-40.76)
3	0.00	11.50 (40.94)
4	0.00	-9.50 (-40.76)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	1.90 (40.94)
2	0.00	4.81 (40.94)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.9	cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere $< 0.45$
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-21.50	0.14	-22.55	1.049	1.3	0.06	0.70	4.7 (3.9)
2	S	0.00	22.75	-0.04	27.14	1.193	26.7	0.05	0.70	4.7 (4.3)

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO


ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00545	3.3	-0.05671	22.2
2	0.00350	28.0	-0.01224	22.2	-0.06352	3.3

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)



GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
							
				Progetto	Lotto	Codifica	
				IN17	10	EI2CLVI0005002	B

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.82	0.0	0.00	3.6	-296.5	3.3	8.1	813	2.4	0.0
2	S	3.60	28.0	0.00	24.0	-280.4	22.2	8.0	800	2.4	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.24	28.0	0.00	24.0	-174.2	22.2	8.0	800	2.4	0.0
2	S	2.35	0.0	0.00	3.6	-182.2	3.3	8.1	813	2.4	0.0
3	S	2.64	28.0	0.00	24.0	-205.4	22.2	8.0	800	2.4	0.0
4	S	2.48	0.0	0.00	3.6	-192.3	3.3	8.1	813	2.4	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00101	0.00017	-0.00067	0.83	0.60	0.000522 (0.000522)	312	0.163 (0.20)	40.94
2	S	-0.00119	0.00018	-0.00080	0.83	0.60	0.000547 (0.000547)	317	0.173 (0.20)	-40.76
3	S	-0.00119	0.00020	-0.00079	0.83	0.60	0.000616 (0.000616)	312	0.192 (0.20)	40.94
4	S	-0.00126	0.00019	-0.00084	0.83	0.60	0.000577 (0.000577)	317	0.183 (0.20)	-40.76

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.44	28.0	0.00	24.0	-33.9	22.2	8.0	800	2.4	0.0
2	S	1.10	28.0	0.00	24.0	-85.9	22.2	8.0	800	2.4	0.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00020	0.00003	-0.00013	0.83	0.40	0.000102 (0.000102)	312	0.032 (0.20)	40.94
2	S	-0.00050	0.00008	-0.00033	0.83	0.40	0.000258 (0.000258)	312	0.080 (0.20)	40.94

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.3.3 Verifica a Taglio

*Sezione non armata*

#### Caratteristiche materiali

Cl <sub>s</sub> R <sub>ck</sub>	<input type="text" value="40"/>	
Cl <sub>s</sub>	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
	<input type="text" value="B450"/>	
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2		acciaio armature trasversali
γ <sub>c</sub>	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
γ <sub>s</sub>	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione dell'anima

h	<input type="text" value="300"/>	mm	altezza della sezione
c netto	<input type="text" value="50"/>	mm	copriferro netto
c'	<input type="text" value="71"/>	mm	copriferro al baricentro dell'armatura long
			larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima)
b <sub>w</sub>	<input type="text" value="1000"/>	mm	d'anima)
d	<input type="text" value="229.0"/>	mm	altezza utile della sezione
A <sub>c</sub>	<input type="text" value="300000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)



#### Caratteristiche armature

n <sub>bl</sub>	<input type="text" value="12"/>		numero di barre longitudinali
∅ <sub>bl</sub>	<input type="text" value="18"/>	mm	diametro delle barre longitudinali

#### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima

Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
-----------------	--------------------------------	----	--

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

$V_{Ed}$                       **210** KN      taglio di calcolo

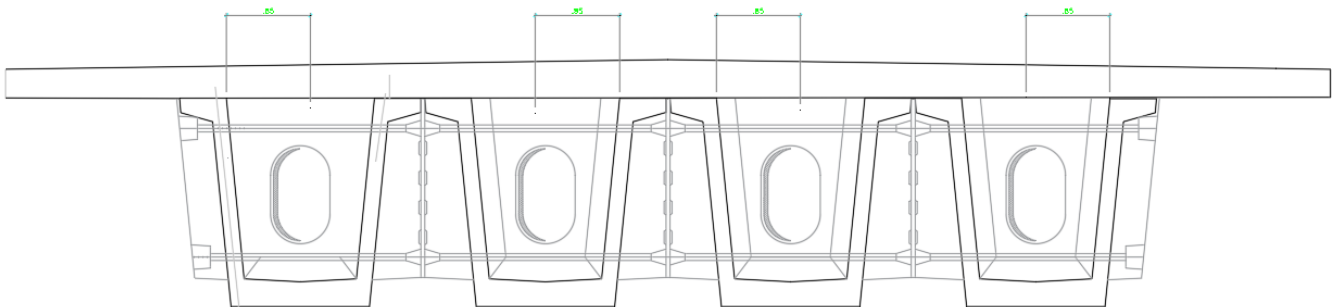
$N_{Rd}$                       5220.7 KN      sforzo normale di compressione massimo

**Valore di verifica del taglio resistente**



$k_{eff}$	1.93	coefficiente considerato nei calcoli
$v_{min}$	0.52	
$V_{Rd,1}$	183.24	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	119.51	taglio resistente - valore 2
C.S	1.76 <1	coefficiente di sicurezza – non verificato

La sollecitazione massima non è portata dalla sezione, si necessitano quindi di:

$\varnothing 10/30/20$  ovvero  $15\varnothing 10$  al mq



**Figura 111 – Zone minime di rinforzo a taglio**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B


$n_{bw}$	<b>3</b>	numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<b>10</b> mm	diametro delle staffe
$s_{st}$	<b>200</b> mm	passo delle staffe
$\alpha$	<b>90</b> °	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

#### Dati traliccio resistente - puntone variabile

<b>21.80</b> °	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
2.50	(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

#### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rsd}$	<b>239.6</b> KN/anima	taglio resistente delle staffe
$V_{Rcd}$	<b>623.8</b> KN/anima	taglio resistente della biella
C.S	0.88 < 1	coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.4 Sezione sullo sbalzo

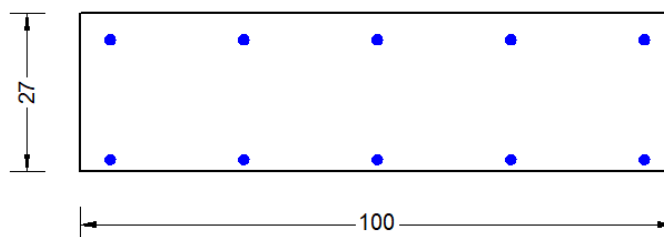
Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione retta delle sezioni più significative della soletta superiore.

Le sollecitazioni considerate nelle verifiche si riferiscono all'involuppo delle massime sollecitazioni corrispondenti alla combinazione di carico previste.

#### 10.1.4.1 Verifica a pressoflessione – Direzione Trasversale

L'armatura ordinaria sulla soletta risulta essere:

Ø18/20                      strato sup.  
Ø18/20                      strato inf.



**Figura 112 - Sezione di sbalzo ordinaria**


### DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE:** Soletta sbalzo ordinario trasversale

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

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200	MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200	MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.400	MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	26.5	cm
Barre inferiori:	5Ø18	(12.7 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø18	(12.7 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	1.9	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.4	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-70.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-48.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-32.00 (-43.82)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

2                      0.00            -34.50 (-43.82)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-19.70 (-43.82)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:            1.0    cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:            18.4    cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO



Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere $< 0.45$									
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-70.00	0.25	-103.76	1.482	2.3	0.10	0.70	12.7 (3.9)

#### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione					
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)					
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)					
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)					
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)					
N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	0.00063	1.9	-0.02990	22.1

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

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max                Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc max                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sc min                Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc min                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min                Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
Ys min                Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Dw Eff.                Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)  
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	5.22	0.0	0.00	6.5	-188.5	1.9	6.7	667	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.48	0.0	0.00	6.5	-125.7	1.9	6.7	667	12.7	0.0
2	S	3.75	0.0	0.00	6.5	-135.5	1.9	6.7	667	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00081	0.00026	-0.00054	0.83	0.60	0.000377 (0.000377)	260	0.098 (0.20)	-43.82
2	S	-0.00087	0.00028	-0.00058	0.83	0.60	0.000406 (0.000406)	260	0.106 (0.20)	-43.82

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.14	0.0	0.00	6.5	-77.4	1.9	6.7	667	12.7	0.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00050	0.00016	-0.00033	0.83	0.40	0.000232 (0.000232)	260	0.060 (0.20)	-43.82



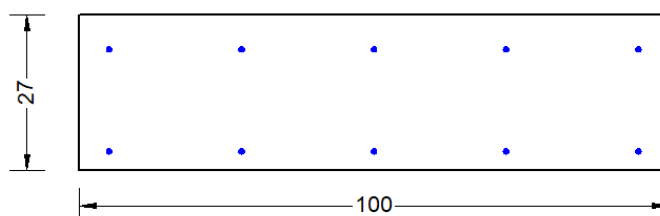
GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### 10.1.4.2 Verifica a pressoflessione – Direzione Longitudinale

L'armatura ordinaria sulla soletta risulta essere:

Ø10/20                      strato sup.

Ø10/20                      strato inf.



**Figura 113 - Sezione di sbalzo ordinaria**

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE: Soletta sbalzo ordinario longitudinale**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.5
3	50.0	26.5
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	20.7	10
2	45.0	20.7	10
3	45.0	3.3	10
4	-45.0	3.3	10

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE



N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	10
2	3	4	3	10

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-17.50	0.00	0.00	0.00

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-12.00	0.00

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-8.10 (-37.27)	0.00 (0.00)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-8.00 (-37.27)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO


#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.4 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-17.50	0.00	0.00	-34.17	0.00	1.95	7.9

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.101	-50.0	0.0	-0.00205	-45.0	3.3	-0.03130	45.0	20.7

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001681176	0.003500000	0.101	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.76	50.0	0.0	-159.4	22.5	20.7	455	3.9

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.86	-50.0	0.0	-107.6	22.5	20.7	455	3.9

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00073	0	0.837	10.0	53	0.00032 (0.00032)	510	0.165 (0.20)	-37.27	0.00


### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.84	50.0	0.0	-106.3	22.5	20.7	455	3.9

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00072	0	0.837	10.0	53	0.00032 (0.00032)	510	0.162 (0.20)	-37.27	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.4.3 Verifica a taglio

*Sezione non armata*

#### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>

condizioni calcestruzzo

Acciaio 1

acciaio barre longitudinali

Acciaio 2

acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>   
γ<sub>s</sub>

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione dell'anima

h   
c netto   
c'   
b<sub>w</sub>   
d   
A<sub>c</sub>

altezza della sezione

copriferro netto

copriferro al baricentro dell'armatura long

larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

altezza utile della sezione

area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)

#### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>   
Ø<sub>bl</sub>

numero di barre longitudinali

diametro delle barre longitudinali

#### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima

Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B


$N_{Ed}$                             **0** KN    sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

$V_{Ed}$                             **35** KN    taglio di calcolo

$N_{Rd}$                             4872.7 KN    sforzo normale di compressione massimo

**Valore di verifica del taglio resistente**

$k_{eff}$	1.98	coefficiente considerato nei calcoli
$v_{min}$	0.54	
$V_{Rd,1}$	176.30	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	112.79	taglio resistente - valore 2
C.S	0.31 <1	coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.5 Sezione sullo sbalzo con il montante barriera

Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione retta delle sezioni più significative della soletta superiore.

Le sollecitazioni considerate nelle verifiche si riferiscono all'involuppo delle massime sollecitazioni corrispondenti alla combinazione di carico previste.

#### 10.1.5.1 Verifica a pressoflessione – Direzione Trasversale

L'armatura ordinaria sulla soletta deve essere incrementata con:

+ Ø20/40 strato sup.

Che corrispondono a 8 ferri aggiuntivi che si concentrano sul montante

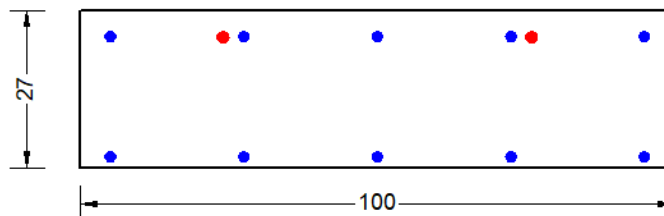


Figura 114 - Sezione di sbalzo con montante barriera

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.


NOME FILE SEZIONE: Soletta sbalzo montante trasversale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa



GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	10	EI2CLVI0005002
				B

Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.5
3	50.0	26.5
4	50.0	0.0



#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	22.1	18
2	45.0	22.1	18
3	45.0	1.9	18
4	-45.0	1.9	18
5	26.0	22.0	20
6	-26.0	22.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	18
2	3	4	3	18

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-89.90	0.00	0.00	0.00
2	0.00	32.60	0.00	0.00	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-65.20	0.00
2	0.00	21.70	0.00

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-44.80 (-46.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	10.90 (45.61)	0.00 (0.00)
3	0.00	-65.20 (-46.38)	0.00 (0.00)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-32.00 (-46.38)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
				B

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 1.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 1.6 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-89.90	0.00	0.00	-152.88	0.00	1.70	19.0
2	S	0.00	32.60	0.00	0.00	116.82	0.00	3.58	12.7

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.132	-50.0	0.0	0.00123	-45.0	1.9	-0.02293	45.0	22.1
2	0.00350	0.167	-50.0	26.5	-0.00025	-45.0	22.1	-0.01746	45.0	1.9



#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001195918	0.003500000	0.132	0.700
2	0.000000000	0.000852204	-0.019083395	0.167	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	10	EI2CLVI0005002	B

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.25	-50.0	0.0	-174.7	22.5	22.1	650	19.0
2	S	2.14	-50.0	26.5	-78.4	-22.5	1.9	450	12.7

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.30	-50.0	0.0	-120.1	22.5	22.1	650	19.0
2	S	1.08	-50.0	26.5	-39.4	-22.5	1.9	500	12.7
3	S	6.25	-50.0	0.0	-174.7	22.5	22.1	650	19.0

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]


Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00078	0	0.834	18.6	35	0.00036 (0.00036)	299	0.108 (0.20)	-46.38	0.00
2	S	-0.00022	0	0.877	18.0	10	0.00012 (0.00012)	245	0.029 (0.20)	45.61	0.00
3	S	-0.00114	0	0.834	18.6	35	0.00052 (0.00052)	299	0.157 (0.20)	-46.38	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.07	-50.0	0.0	-85.8	22.5	22.1	650	19.0

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

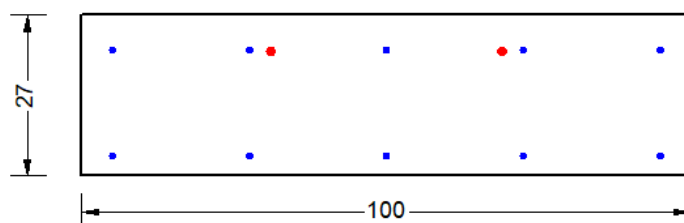
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00056	0	0.834	18.6	35	0.00026 (0.00026)	299	0.077 (0.20)	-46.38	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.5.2 Verifica a pressoflessione – Direzione Longitudinale

L'armatura ordinaria sulla soletta deve essere incrementata con:

+ 2Ø12                      strato sup.



**Figura 115 - Sezione di sbalzo con montante barriera**


#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE: Soletta sbalzo montante longitudinale**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
		B		

Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$  : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.5
3	50.0	26.5
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	20.7	10
2	45.0	20.7	10
3	45.0	3.3	10
4	-45.0	3.3	10
5	19.0	20.6	12
6	-19.0	20.6	12

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	10
2	3	4	3	10

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-22.50	0.00	0.00	0.00
2	0.00	8.15	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-16.25	0.00
2	0.00	5.42	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-11.00 (-37.94)	0.00 (0.00)
2	0.00	2.72 (37.73)	0.00 (0.00)
3	0.00	-16.30 (-37.94)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-8.00 (-37.94)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO



##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-22.50	0.00	0.00	-50.09	0.00	2.23	10.1
2	S	0.00	8.15	0.00	0.00	45.35	0.00	5.56	10.1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.115	-50.0	0.0	-0.00137	-45.0	3.3	-0.02702	45.0	20.7
2	0.00350	0.117	-50.0	26.5	-0.00397	-45.0	20.7	-0.02637	45.0	3.3

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001474253	0.003500000	0.115	0.700
2	0.000000000	0.001287369	-0.030615285	0.117	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.09	-50.0	0.0	-139.8	22.5	20.7	492	6.2
2	S	1.11	-50.0	26.5	-62.9	-22.5	3.3	446	3.9


### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.09	-50.0	0.0	-94.6	22.5	20.7	492	6.2
2	S	0.56	50.0	26.5	-31.6	-22.5	3.3	446	3.9
3	S	3.10	50.0	0.0	-140.2	22.5	20.7	492	6.2

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00065	0	0.842	10.6	53	0.00028 (0.00028)	422	0.120 (0.20)	-37.94	0.00
2	S	-0.00019	0	0.844	10.0	28	0.00009 (0.00009)	421	0.040 (0.20)	37.73	0.00
3	S	-0.00096	0	0.842	10.6	53	0.00042 (0.00042)	422	0.178 (0.20)	-37.94	0.00





GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B	

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.52	-50.0	0.0	-68.8	22.5	20.7	492	6.2

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00047	0	0.842	10.6	53	0.00021 (0.00021)	422	0.087 (0.20)	-37.94	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.5.3 Verifica a taglio

*Sezione non armata*

#### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>

condizioni calcestruzzo

Acciaio 1

acciaio barre longitudinali

Acciaio 2

acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ<sub>s</sub>

coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione dell'anima

h

mm altezza della sezione

c netto

mm copriferro netto

c'

mm copriferro al baricentro dell'armatura long

b<sub>w</sub>

mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

d

mm altezza utile della sezione

A<sub>c</sub>

mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)

#### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>



numero di barre longitudinali

∅<sub>bl</sub>

mm diametro delle barre longitudinali

#### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima

Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



$N_{Ed}$                       **0** KN      sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

$V_{Ed}$                       **46** KN      taglio di calcolo

$N_{Rd}$                       4872.7 KN      sforzo normale di compressione massimo

### Valore di verifica del taglio resistente

$k_{eff}$	1.98	coefficiente considerato nei calcoli
$v_{min}$	0.54	
$V_{Rd,1}$	185.60	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	112.79	taglio resistente - valore 2
C.S	0.41 < 1	coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6 Sezione sullo sbalzo con palo TE

#### 10.1.6.1 Sollecitazioni

Si riportano le sollecitazioni aggiuntive indotte dal solo palo della trazione elettrica

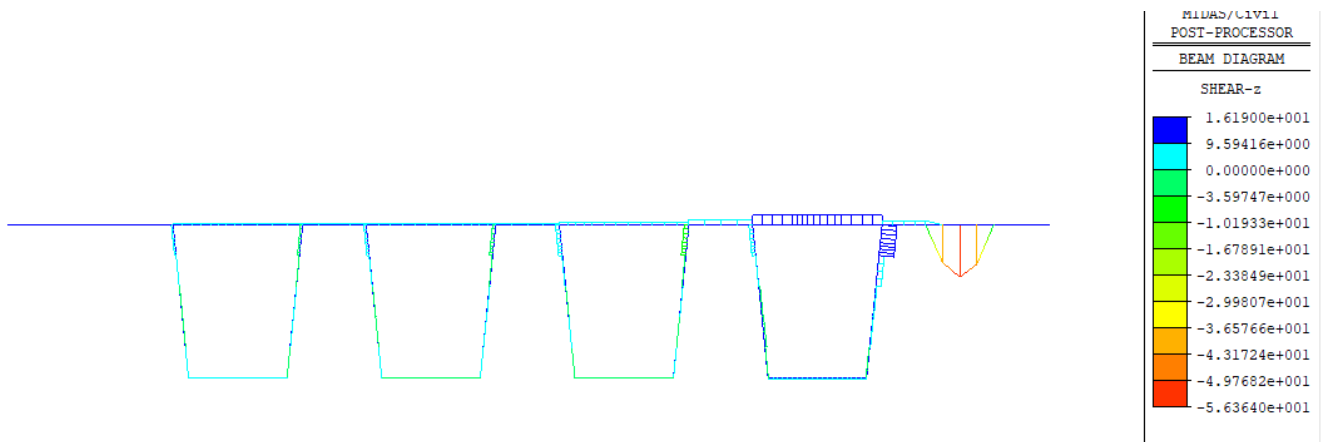


Figura 116 - Sollecitazione tagliante caratteristica del solo palo TE

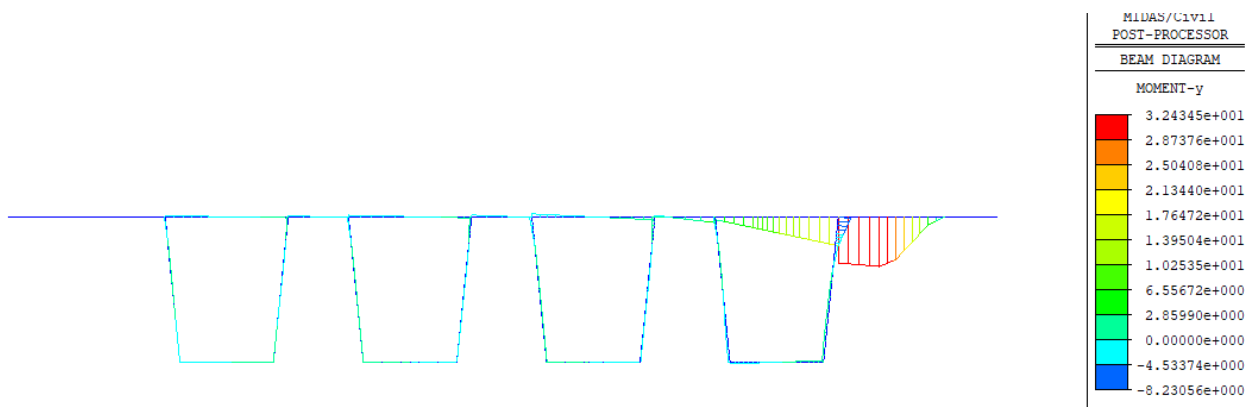




Figura 117 - Sollecitazione flessionale caratteristica del solo palo TE

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6.2 Rottura della catenaria

La soletta è stata modellata con elementi *plate* che replicano lo spessore medio dello sbalzo. Il vincolo indotto dal cassoncino è stato modellato come un incastro, mentre per la dimensione longitudinale è stata presa una lunghezza tale da poter ritenere trascurabili gli effetti di bordo dovuti alla continuità longitudinale della soletta.

Si riportano le sollecitazioni aggiuntive per questa verifica eccezionale, secondo la convezione dei *plate* il momento in direzione 1 è  $M_{xx}$ , mentre la direzione 2 coincide con  $M_{yy}$ .

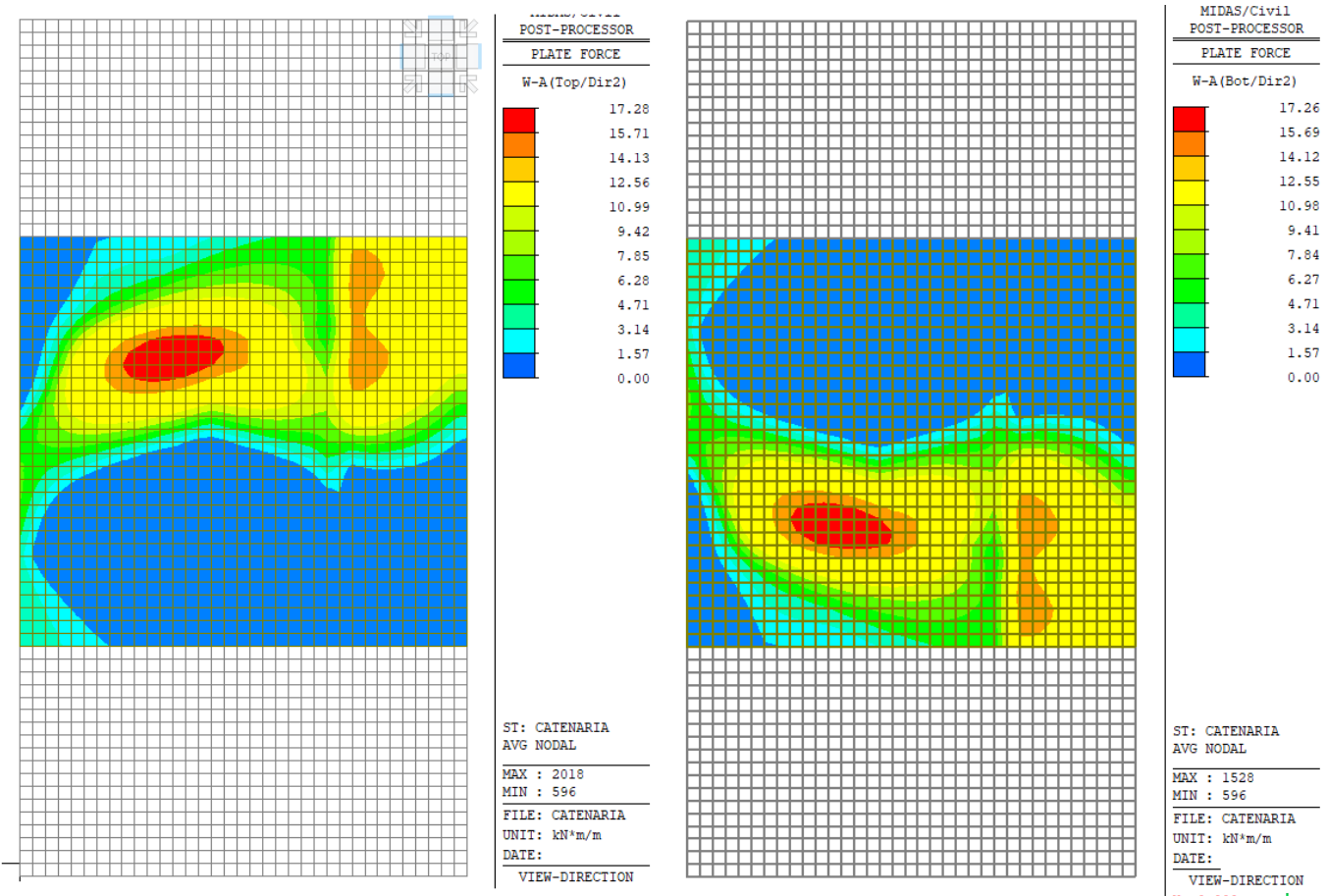


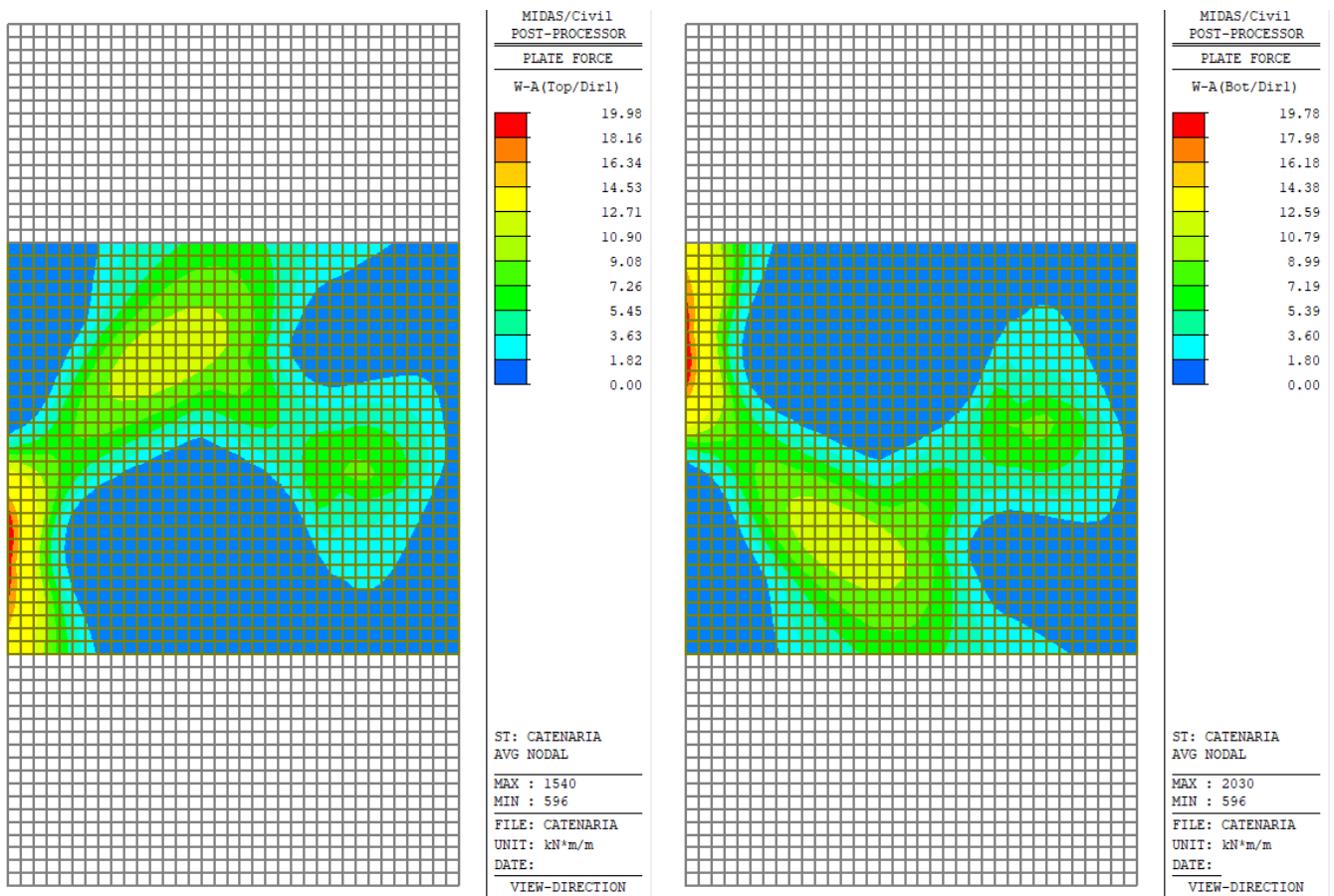


Figura 118 - Momento longitudinale aggiuntivo fibre inferiore e superiore

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Le sollecitazioni massime risultano:


- Momento longitudinale in soletta =  $\pm 17.28$  kNm/m,
- Momento longitudinale cordolo =  $\pm 14.16$  kNm/m;



**Figura 119 – Momento trasversale aggiuntivo fibre inferiore e superiore**

Le sollecitazioni massime risultano:

- Momento trasversale in soletta =  $\pm 19.98$  kNm/m.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6.3 Verifica a presso-flessione – Direzione Trasversale soletta

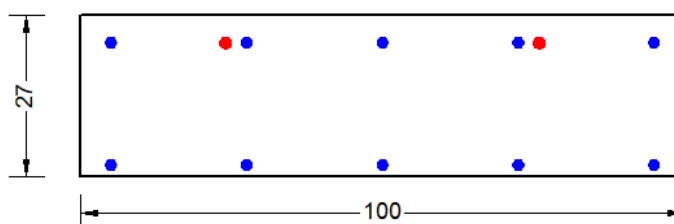
La rottura della catenaria viene presa in considerazione come azione eccezionale. L'armatura ordinaria sulla soletta deve essere incrementata con:

+ Ø20/40 strato sup.

Considerando la puntualità dell'azione come visibile nel modello *plate* è opportuno inserire i medesimi ferri anche inferiormente

+ Ø20/40 strato inf.

Per un totale di 6+6 ferri aggiuntivi che si concentrano sul palo



**Figura 120 - Sezione sullo sbalzo con palo TE**



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE: Soletta sbalzo con TE e catenaria trasversale**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	10	EI2CLVI0005002
				B

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 176.00 daN/cm<sup>2</sup>  
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068  
 Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.5
3	50.0	26.5
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	45.0	22.1	18
2	-45.0	22.1	18
3	45.0	1.9	18
4	-45.0	1.9	18
5	26.0	22.0	20
6	-26.0	22.0	20

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	18
2	3	4	3	18

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-70.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-100.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	-129.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	59.40	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-48.00	0.00
2	0.00	-87.00	0.00
3	0.00	39.60	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-32.00 (-46.38)	0.00 (0.00)
2	0.00	-34.50 (-46.38)	0.00 (0.00)
3	0.00	-71.60 (-46.38)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		



N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-55.60 (-46.38)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	1.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	1.6 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-70.00	0.00	0.00	-152.88	0.00	2.18	19.0
2	S	0.00	-100.00	0.00	0.00	-152.88	0.00	1.53	19.0
3	S	0.00	-129.00	0.00	0.00	-152.88	0.00	1.19	19.0
4	S	0.00	59.40	0.00	0.00	116.82	0.00	1.97	12.7

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.132	-50.0	0.0	0.00123	-45.0	1.9	-0.02293	45.0	22.1
2	0.00350	0.132	-50.0	0.0	0.00123	-45.0	1.9	-0.02293	45.0	22.1
3	0.00350	0.132	-50.0	0.0	0.00123	-45.0	1.9	-0.02293	45.0	22.1
4	0.00350	0.167	-50.0	26.5	-0.00025	45.0	22.1	-0.01746	45.0	1.9



#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001195918	0.003500000	0.132	0.700
2	0.000000000	-0.001195918	0.003500000	0.132	0.700
3	0.000000000	-0.001195918	0.003500000	0.132	0.700
4	0.000000000	0.000852204	-0.019083395	0.167	0.700

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

GENERAL CONTRACTOR				ALTA SORVEGLIANZA			
							
Progetto		Lotto		Codifica			
IN17		10		EI2CLVI0005002		B	

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.60	-50.0	0.0	-128.6	-22.5	22.1	650	19.0
2	S	8.34	-50.0	0.0	-233.2	-22.5	22.1	650	19.0
3	S	3.91	-50.0	26.5	-143.2	-22.5	1.9	450	12.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.07	-50.0	0.0	-85.8	-22.5	22.1	650	19.0
2	S	3.31	-50.0	0.0	-92.5	-22.5	22.1	650	19.0
3	S	6.87	-50.0	0.0	-191.9	-22.5	22.1	650	19.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00056	0	0.834	18.6	35	0.00026 (0.00026)	299	0.077 (0.20)	-46.38	0.00
2	S	-0.00060	0	0.834	18.6	35	0.00028 (0.00028)	299	0.083 (0.20)	-46.38	0.00
3	S	-0.00125	0	0.834	18.6	35	0.00060 (0.00058)	299	0.178 (0.20)	-46.38	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.33	-50.0	0.0	-149.0	-22.5	22.1	650	19.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00097	0	0.834	18.6	35	0.00050 (0.00045)	299	0.150 (0.20)	-46.38	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

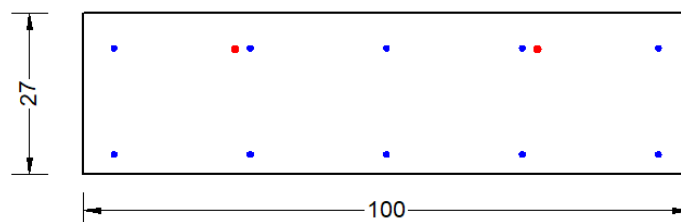
#### 10.1.6.4 Verifica a presso-flessione – Direzione Longitudinale soletta

L'armatura ordinaria sulla soletta deve essere incrementata con:

+ Ø12/40                      strato sup.

+ Ø12/40                      strato inf.

Che corrispondono a 4+4 ferri aggiuntivi che si concentrano sul palo



**Figura 121 - Sezione sullo sbalzo con palo TE**


#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE: Soletta sbalzo con TE e catenaria longitudinale**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	10	EI2CLVI0005002	B

Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	26.5
3	50.0	26.5
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	45.0	20.7	10
2	-45.0	20.7	10
3	45.0	3.3	10
4	-45.0	3.3	10
5	25.0	20.6	12
6	-25.0	20.6	12


#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	10
2	3	4	3	10

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-29.50	0.00	0.00	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-20.00	0.00

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-16.65 (-37.94)	0.00 (0.00)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-13.00 (-37.94)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.8 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 1.4 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa.

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-29.50	0.00	0.00	-50.09	0.00	1.70	10.1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.115	-50.0	0.0	-0.00137	-45.0	3.3	-0.02702	45.0	20.7

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001474253	0.003500000	0.115	0.700

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.81	50.0	0.0	-172.1	-22.5	20.7	478	6.2

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	-50.0	0.0	-143.3	-22.5	20.7	478	6.2

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00098	0	0.842	10.6	53	0.00043 (0.00043)	415	0.179 (0.20)	-37.94	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)



N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.47	-50.0	0.0	-111.8	-22.5	20.7	478	6.2

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00077	0	0.842	10.6	53	0.00034 (0.00034)	415	0.139 (0.20)	-37.94	0.00



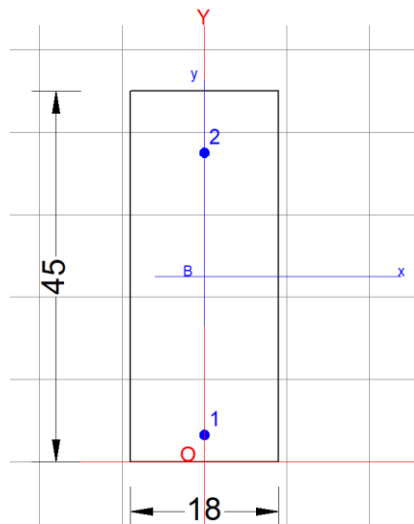
GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6.5 Verifica a presso-flessione – Direzione Longitudinale cordolo

L'armatura ordinaria sulla soletta deve essere incrementata con:

+ 1Ø12                      strato sup.

+1Ø12                      strato sup.



**Figura 122 - Sezione sullo sbalzo con palo TE**



#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

**NOME FILE SEZIONE:** cordolo sbalzo con TE e catenaria longitudinale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
				B

Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-9.0	0.0
2	-9.0	45.0
3	9.0	45.0
4	9.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	0.0	3.3	12
2	0.0	37.5	12

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-14.00	0.00	0.00	0.00



#### RISULTATI DEL CALCOLO

##### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	2.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	33.0	cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	14.00	0.00	0.00	20.57	0.00	1.47	2.3
2	S	0.00	-14.00	0.00	0.00	-16.62	0.00	1.19	2.3

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



ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.081	-9.0	45.0	-0.00432	0.0	37.5	-0.03997	0.0	3.3
2	0.00350	0.068	-9.0	0.0	-0.00104	0.0	3.3	-0.04809	0.0	37.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.001042538	-0.043414231	0.081	0.700
2	0.000000000	-0.001375616	0.003500000	0.068	0.700

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6.6 Verifica a taglio

*Sezione non armata*

#### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</sub>

Cl<sub>s</sub>

condizioni calcestruzzo

Acciaio 1

acciaio barre longitudinali

Acciaio 2

acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>

γ<sub>s</sub>

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione dell'anima

h

c netto

c'

b<sub>w</sub>

d

A<sub>c</sub>

altezza della

sezione

copriferro netto

copriferro al baricentro dell'armatura long

larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

altezza utile della sezione

area della sezione di calcestruzzo (cassoncino + soletta)

#### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>



∅<sub>bl</sub>

numero di barre longitudinali

diametro delle barre longitudinali

#### Caratteristiche sollecitazioni sulla singola anima

Verificando la sezione più critica, quella all'appoggio, la precompressione non è efficace quindi:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



$N_{Ed}$                             **0** KN    sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

$V_{Ed}$                             **91** KN    taglio di calcolo

$N_{Rd}$                             4872.7 KN    sforzo normale di compressione massimo

**Valore di verifica del taglio resistente**

$k_{eff}$	1.98	coefficiente considerato nei calcoli
$v_{min}$	0.54	
$V_{Rd,1}$	185.60	taglio resistente - valore 1
$V_{Rd,2}$	112.79	taglio resistente - valore 2
C.S	0.81 <1	coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.1.6.7 Verifica a torsione cordolo

Cls R<sub>ck</sub> 40

γ<sub>c</sub> 1.5

γ<sub>s</sub> 1.15

coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

coefficiente parziale relativo all'acciaio

#### Geometrie sezione



h	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">500</span> mm	altezza della sezione
C <sub>netto</sub>	50 mm	copriferro netto
c'	68 mm	copriferro al baricentro dell'armatura long
t	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">520</span> mm	spessore della sezione cava
U <sub>m</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1496</span> mm	perimetro medio della sezione
d	432 mm	altezza utile della sezione
A	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">139776</span> mm <sup>2</sup>	area racchiusa dalla fibra media

#### Caratteristiche armature

n <sub>bl</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">12</span>	numero di barre longitudinali
Ø <sub>bl</sub>	12 mm	diametro delle barre longitudinali
n <sub>bw</sub>	2	numero di bracci delle staffe
Ø <sub>st</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">12</span> mm	diametro delle staffe
S <sub>st</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">200</span> mm	passo delle staffe
α	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">90</span> °	inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

#### Tasso di sfruttamento delle armature

a	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7%</span>	tasso di lavoro dell'armatura a taglio
A <sub>s, riman.</sub>	210.4 mm <sup>2</sup>	Area delle staffe non sfruttate a taglio
A <sub>s, torsion</sub>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">105.2</span> mm <sup>2</sup>	Area delle staffe sfruttabile nella torsione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### Caratteristiche sollecitazioni

$T_{Ed}$  69.2 KN m torsione di calcolo

### Dati traliccio resistente - ipotesi di torsione pura



37.29 ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse  
(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

1.31

### Valore di verifica della torsione resistente

$T_{Rd}$  75.6 KN m momento resistente per elemento con armatura trasversale

C.S 0.92 <1 coefficiente di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 10.2 CASSONCINO

### 10.2.1 Tasso di lavoro delle anime

Secondo le sollecitazioni degli effetti locali, l'inflessione delle anime porta ad un parziale utilizzo delle staffe. Si è valutato il tasso di lavoro cautelativamente sulla sezione corrente. Tale area è stata detratta nelle verifiche precedentemente elencate.

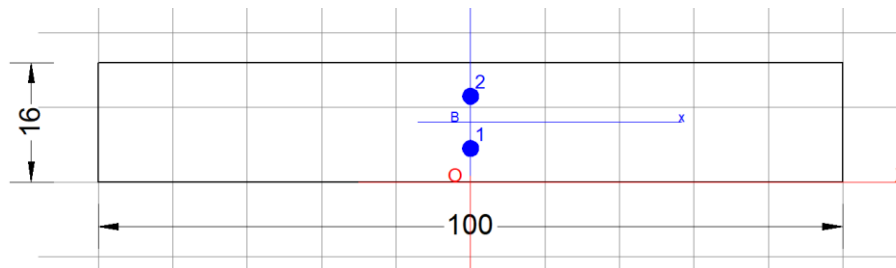


Figura 123 - Sezione corrente


#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: anima cassoncino

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C45/55	
	Resis. compr. di progetto fcd:	25.500	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	36283.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	4.550	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
		B		

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C45/55	
N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	16.0
3	50.0	16.0
4	50.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	0.0	4.5	22
2	0.0	11.5	22

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	120.00	28.28	0.00	0.00	0.00



### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)								
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa.								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	120.00	28.28	0.00	120.02	29.84	0.00	1.06	7.6

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

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


ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.174	-50.0	16.0	-0.00437	0.0	11.5	-0.01660	0.0	4.5

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.				
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45				
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.001748250	-0.024471998	0.174	0.700

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio IricAV Due		ALTA SORVEGLIANZA   GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.2.2 Zona d'appoggio

In riferimento al capitolo 2.5.2.2.7 del MdP si riporta la verifica dell'armatura ordinaria nelle testate delle travi lato calcestruzzo. È possibile scrivere le equazioni di equilibrio alla traslazione in direzione longitudinale del concio A e del concio B, ottenuti isolando la testata della trave in corrispondenza di una sezione ubicata ad una distanza dalla testata pari alla lunghezza di diffusione  $l_{disp}$ .

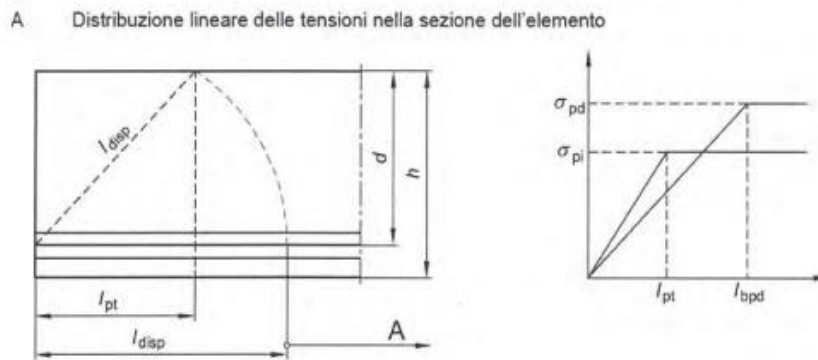



Figura 124 - Lunghezza di trasmissione e di diffusione secondo UNI EN 1992-1-2005

altezza complessiva cassoncino	H	210	cm
altezza utile della sezione	d	189	cm
larghezza del cassoncino sulla controsoletta	B	140	cm
dimensione del traverso d'appoggio	dt	41	cm
distanza del traverso - retrotrave	d	94	cm
altezza della contro soletta	h	30	cm
distanza estradosso trave - controsoletta	H <sub>0</sub>	180	cm
coefficiente di aderenza	$\eta_{p1}$	3.2	
coefficiente di aderenza	$\eta_1$	1.0	
resistenza a trazione di progetto al rilascio	$f_{ctd}(t)$	1.52	MPa
tensione di aderenza	$f_{bpt}$	4.86	MPa
coefficiente di rilascio	$\alpha_1$	1.25	
coefficiente di riferimento	$\alpha_2$	0.19	
tensione nell'armatura subito dopo il rilascio	$\sigma_{pm0}$	1380	MPa

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

diametro nominale armatura di precompressione	$\phi$	1.52	
lunghezza di trasmissione	$l_{pt}$	102.4	cm
lunghezza di trasmissione di progetto	$l_{ptd}$	81.9	cm
lunghezza di diffusione	$l_{disp}$	206.0	cm

Avendo indicato con  $F_i$  e  $F_s$  le risultanti della precompressione nel bulbo inferiore e nelle anime e con  $R_{cA}$  ed  $R_{cB}$  rispettivamente i valori delle risultanti agli SLU delle tensioni normali nel calcestruzzo nel concio A e nel concio B, l'equazione di equilibrio può essere così espressa:

$$S = (F_i - R_{cA}) / l_{disp} = (-F_s + R_{cB}) / l_{disp}.$$

tensione cavo risultante	$\sigma_{prec}$	1079	MPa
numero di cavi nel concio A (controsoletta)	n	16	
area singolo cavo	A	1.39	cm <sup>2</sup>
risultante precompressione concio A	$F_i$	2401	kN
tensione cls concio A	$\sigma_{cA}$	4.66	MPa
area concio A	$A_{cls}$	3828	cm <sup>2</sup>
risultante tensioni normali cls concio A	$R_{cA}$	1783.8	kN
forza di scorrimento	S	299	kN/m



#### 10.2.2.1 Zona 1 – precompressione non ancora efficace

Essendo la lunghezza di trasmissione  $l_{pt}$  maggiore della distanza d, la verifica è condotta sommando allo scorrimento S il valore del taglio globale  $V_{Ed}$  agli SLU agente sulla sezione e considerando anche il momento torcente  $T_{Ed}$  agli SLU agente sulla sezione. Dove la resistenza della sezione è considerata non tenendo conto della precompressione:

La verifica si considera soddisfatta se risulta:

$$[(S + V_{Ed}) / (V_{Rcd}) + (T_{Ed} / T_{Rcd})] \leq 1$$

taglio agente agli SLU	$V_{Ed}$	3340	kN
resistenza a taglio lato cls senza precompressione	$V_{Rcd}$	8155	kN
momento torcente agente agli SLU	$T_{Ed}$	516	kNm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

resistenza a torsione lato cls senza precompressione	$T_{Rcd}$	111388	kNm
$[(S + V_{Ed}) / V_{Rcd} + (T_{Ed}/T_{Rcd})] < 1$	Verifica	0.45	<1


#### 10.2.2.2 Zona 2 – precompressione efficace al 100%

la verifica è condotta sommando allo scorrimento S il valore del taglio globale  $V_{Ed}$  agli SLU agente sulla sezione e considerando anche il momento torcente  $T_{Ed}$  agli SLU agente sulla sezione. Dove la resistenza della sezione è considerata tenendo conto della precompressione:

La verifica si considera soddisfatta se risulta:

$$[(S + V_{Ed}) / (V_{Rcd}) + (T_{Ed} / T_{Rcd})] \leq 1$$

taglio agente agli SLU	$V_{Ed}$	3104	kN
resistenza a taglio lato cls senza precompressione	$V_{Rcd}$	6060	kN
momento torcente agente agli SLU	$T_{Ed}$	390	kNm
resistenza a torsione lato cls senza precompressione	$T_{Rcd}$	7155	kNm
$[(S + V_{Ed}) / V_{Rcd} + (T_{Ed}/T_{Rcd})] < 1$	Verifica	0.62	<1

GENERAL CONTRACTOR  	ALTA SORVEGLIANZA  			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.2.3 Bursting

In corrispondenza delle testate delle travi in C.A.P. si operano verifiche locali per tener conto dei fenomeni connessi all'introduzione e alla diffusione della precompressione nel calcestruzzo (2.5.2.2.7.2 MdP), verificando che l'armatura presente sia in grado di assorbire le relative sollecitazioni. Il tasso di lavoro dell'acciaio non dovrà essere superiore a 160MPa per governare il fenomeno della fessurazione.

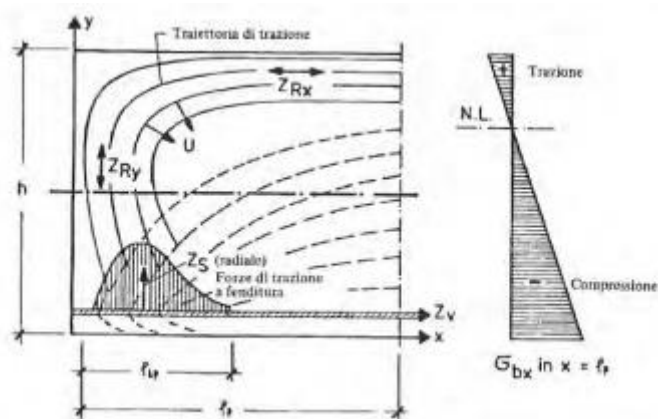




Figura 125 - forze di trazione a fenditura e di trazione al bordo nel campo di trasferimento – Fig 10.2  
Leonahard Vol.5

area singolo trefolo	$A_{tr}$	139	mm <sup>2</sup>
tensione di precompressione	$\sigma_{prec}$	1380	MPa
numero di trefoli in linea	n	>1	
forza di precompressione sul singolo trefolo	$Z_v$	191.8	kN
forza di precompressione di riferimento	$Z_{vd}$	383.6	MPa
forza di fenditura di calcolo	$Z_s$	95.9	kN
tensione di progetto acciaio	$f_y$	160	MPa
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	599.4	mm <sup>2</sup>
lunghezza di bursting	$L_{bursting}$	717	mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.2.3.1 Controllo del bursting – fondello del cassone



numero di allineamenti verticali	$n_{all.}$	6	
forza di fenditura di calcolo	$Z_s$	575.5	kN
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	3596.6	mm <sup>2</sup>
diametro staffa	$\phi_{sw}$	8	mm
numero di staffe sulla lunghezza di bursting	$n_{staffe}$	7	
numero di bracci delle staffe	$n_{bracci}$	12	
passo equivalente sulla lunghezza di bursting	$s$	102	mm
area complessiva armatura trasversale	$A_{tot}$	4222.3	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.85	<1
risultante acciaio	$F_s$	675.6	kN
tasso di lavoro	$\sigma_s$	136	MPa
numero di allineamenti orizzontali	$n_{all.}$	3	
forza di fenditura di calcolo	$Z_s$	287.7	kN
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	1798.3	mm <sup>2</sup>
diametro staffa 1	$\phi_{sw}$	8	mm
numero di staffe sulla lunghezza di bursting 1	$n_{staffe}$	7	
numero di bracci delle staffe 1	$n_{bracci}$	2	
diametro staffa 2	$\phi_{sw}$	12	mm
numero di staffe sulla lunghezza di bursting 2	$n_{staffe}$	7	
numero di bracci delle staffe 2	$n_{bracci}$	2	
passo equivalente sulla lunghezza di bursting	$s$	102	mm
area complessiva armatura trasversale	$A_{tot}$	2287.1	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.79	<1
risultante acciaio	$F_s$	365.9	kN
tasso di lavoro	$\sigma_s$	126	MPa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.2.3.2 Controllo del bursting – anime cassoncino

numero di trefoli	n	1	
forza di fenditura di calcolo	$Z_s$	95.9	kN
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	599.4	mm <sup>2</sup>
diametro staffa	$\phi_{sw}$	8	mm
numero di staffe sulla lunghezza di bursting	$n_{staffe}$	7	
numero di bracci delle staffe	$n_{bracci}$	2	
passo equivalente sulla lunghezza di bursting	s	102	mm
area complessiva armatura trasversale	$A_{tot}$	703.7	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.85	<1
risultante acciaio	$F_s$	112.6	kN
tasso di lavoro	$\sigma_s$	136	MPa





GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 10.2.4 Spalling

All'esterno delle traiettorie di compressione dovute al diffondersi della precompressione, in corrispondenza delle zone marginali (d'angolo), si producono delle tensioni di trazione di bordo. In questo caso, in presenza di più barre, la tensione totale è alla verifica del singolo poligono di riferimento e quella totale per la testa della trave. Le tensioni di bordo sono indicate con  $Z_{rx}$  e  $Z_{ry}$ .

### 10.2.4.1 Controllo dello spalling – fondello del cassone

altezza del prisma di riferimento	d	490	mm
larghezza del prisma di riferimento	b	970	mm
eccentricità	e	130	mm
	e/d	0.27	
rapporto di fenditura	Z/P	0.04	
numero di trefoli	$n_{tr}$	16	
precompressione	P	3069	kN
forza di fenditura verticale	$Z_{ry}$	134	kN
tensione di progetto acciaio	$f_y$	160	MPa
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	839.2	mm <sup>2</sup>
diametro barra di rinforzo	$\phi_{sw}$	10	mm
numero di barre	$n_{barre}$	12	
area complessiva armatura trasversale	$A_{tot}$	942.5	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.89	



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### 10.2.4.2 Controllo dello spalling – anime cassoncino

altezza del prisma di riferimento	d	350	mm
larghezza del prisma di riferimento	b	710	mm
eccentricità	e	95	mm
	e/d	0.27	
rapporto di fenditura	Z/P	0.04	
numero di trefoli	n <sub>tr</sub>	11	
precompressione	P	2110	kN
forza di fenditura verticale	Z <sub>ry</sub>	92	kN
tensione di progetto acciaio	f <sub>y</sub>	160	MPa
area minima di armatura trasversale	A <sub>sw,min</sub>	577.0	mm <sup>2</sup>
diametro barra di rinforzo	φ <sub>sw</sub>	12	mm
numero di barre	n <sub>barre</sub>	7	
area complessiva armatura trasversale	A <sub>tot</sub>	791.7	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.73	

#### 10.2.4.3 Controllo dello spalling – totale testa trave

altezza del prisma di riferimento	d	2100	mm
larghezza del prisma di riferimento	b	350	mm
eccentricità	e	225	mm
	e/d	0.11	
rapporto di fenditura	Z/P	0.01	
numero di trefoli	n <sub>tr</sub>	44	
precompressione	P	8440	kN
forza di fenditura verticale	Z <sub>ry</sub>	85	kN
tensione di progetto acciaio	f <sub>y</sub>	160	MPa
area minima di armatura trasversale	A <sub>sw,min</sub>	528.6	mm <sup>2</sup>
diametro barra di rinforzo	φ <sub>sw</sub>	24	mm
numero di barre	n <sub>barre</sub>	2	
area complessiva armatura trasversale	A <sub>tot</sub>	904.8	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.58	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.2.5 Spreading

La diffusione (“spreading”) delle forze di precompressione, avviene secondo delle traiettorie che, con sufficiente approssimazione, sono inclinate rispetto all’asse del cavo di precompressione di un angolo pari a  $\beta$ . Tale angolo, come riportato dall’EC2, può essere preso pari a  $34^\circ$ .

A causa di tale fenomeno si manifestano tensioni di trazione in direzione ortogonale alla direzione del cavo, che dovranno essere assorbite da staffe verticali disposte su tutta l’altezza della trave, poste per un tratto pari alla zona di diffusione.

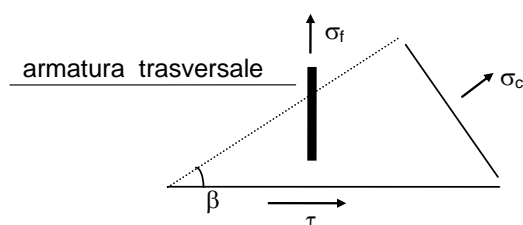




Figura 126 - traliccio equivalente

forza di scorrimento	S	299	kN/m
inclinazione isostatiche di compressione	$\beta$	34	°
risultante trazioni ortogonali al cavo	T	202	kN/m
lunghezza di diffusione	$l_{disp}$	2060	mm
tensione di progetto acciaio	$f_y$	160	MPa
area minima di armatura trasversale	$A_{sw,min}$	2599.9	mm <sup>2</sup>
diametro armatura di rinforzo	$\phi_{sw}$	16	mm
numero di bracci	$n_{bracci}$	6	
passo armatura	s	125	mm
numero di barre nella lunghezza di diffusione	$n_{barre}$	16	
diametro minimo per le verifiche SLU - taglio/torsione	$\phi_{sw}$	8.21	mm
diametro minimo per le verifiche SLU - inflessione	$\phi_{sw}$	5.81	mm
diametro equivalente di calcolo	$\phi_{sw}$	12.4	mm
area complessiva armatura trasversale	$A_{tot}$	12025	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.22	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B



### 10.2.6 Splitting

Tale fenomeno, come indicato nel Model Code for Concrete Structures ed. 2010 al punto 7.13.6.5.4, è trascurabile se è già presente l'armatura necessaria ad assorbire le forze legate ai fenomeni di "bursting" e di "spalling" precedentemente descritti.

### 10.2.7 Calcolo dell'armatura inferiore all'appoggio

Si dispongono, in corrispondenza degli appoggi, 18 $\phi$ 26 inferiori, atti ad assorbire uno sforzo di trazione pari alla reazione vincolare verticale massima agli SLU in corrispondenza del singolo cassoncino nella sezione di appoggio. Da questa può essere scomputata l'aliquota dell'azione di precompressione efficace all'appoggio, come previsto nel §2.5.2.2.7.3 del MdP. Per la valutazione dell'aliquota di precompressione efficace nella sezione d'appoggio si ipotizza un andamento lineare delle tensioni di aderenza, a partire da un valore nullo in testata sino al valore massimo ad una distanza pari a  $l_{pt}$ . Il valore della precompressione viene ridotto del 30% per tener conto della riduzione dell'aderenza dovuta a fenomeni di fatica.

taglio massimo SLU	$R_{Ed}$	3341	kN
sforzo singola anima	$N_{Ed}$	1670.5	kN
tensione precompressione a tempo infinito	$\sigma_{\infty}$	1181	MPa
numero trefoli lembo inferiore anima	n	10	-
diametro trefolo	$\varnothing$	15.2	mm
area singolo trefolo	$A_{tf}$	139	mm <sup>2</sup>
distanza testata-appoggio	L	0.70	m
lunghezza di trasmissione	$l_{pt}$	1.02	m
	$\gamma_p$	1.0	-
azione resistente armatura di precompressione	$N_{tr}$	785.4	kN
trazione residua	$T_r$	885.1	kN
tensione snervamento acciaio	$f_y$	450	MPa
resistenza armatura lenta	$f_{yd}$	391.3	MPa
area minima armatura lenta	$A_f$	3231	mm <sup>2</sup>
numero barre armatura lenta tipo 1	n	9	-
diametro barre armatura lenta tipo 1	$\varnothing$	26	mm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

area singolo barra tipo 1	$A_{\phi}$	530.9	mm <sup>2</sup>
area armatura lenta	A	4778.4	mm <sup>2</sup>
coefficiente di sicurezza	C.S.	0.68	



### 10.2.8 Sollevamento

Per il posizionamento della singola trave si effettua la verifica al sollevamento locale per i ferri attorno al foro. Nello specifico il peso della singola trave come riportato nei primi paragrafi risulta:

$$G1 = 2 \times (55.75 \times 0.94 + 41.5 \times 1.56) + 27.25 \times (24.2 - 2 \times (0.94 + 1.56)) = 757.49 \text{ KN}$$

Per tanto considerando due cavallotti in sovrapposizione:

azione sul singolo foro di aggancio	F =	189.4	KN
altezza del tirante	h =	1.58	m
larghezza del singolo tirante interno	b1 =	0.48	m
larghezza del singolo tirante esterno	b2 =	0.98	m
angolo di inclinazione interno	$\vartheta_1 =$	16.9	gradi
angolo di inclinazione esterno	$\vartheta_2 =$	31.8	gradi
forza sui tiranti interni	F1 =	99.0	
forza sui tiranti esterni	F2 =	111	
area minima necessaria	A <sub>min</sub> =	1315	mm <sup>2</sup>
diametro del ferro	$\Phi =$	22	mm
area resistente	A =	1520.5	mm <sup>2</sup>
	C.S. =	0.86	<1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.3 PREDALLES

In fase di getto si considerano resistenti i tralicci su uno schema di travatura reticolare appoggiata e incastrata a seconda se interni o laterali alle travi principali. Vengono eseguite le verifiche di resistenza e di stabilità delle armature del traliccio. Di seguito si riportano i dettagli dei tralicci predalles, con l'indicazione della luce netta di calcolo che in seguito al getto di prima fase, risulta essere pari a 100 cm:

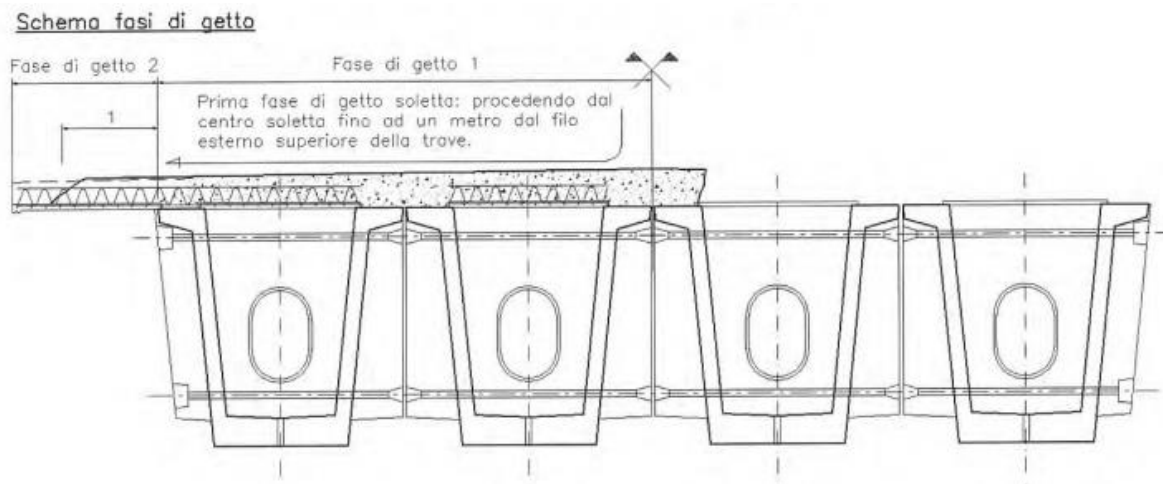


Figura 127 - Schema di getto della soletta

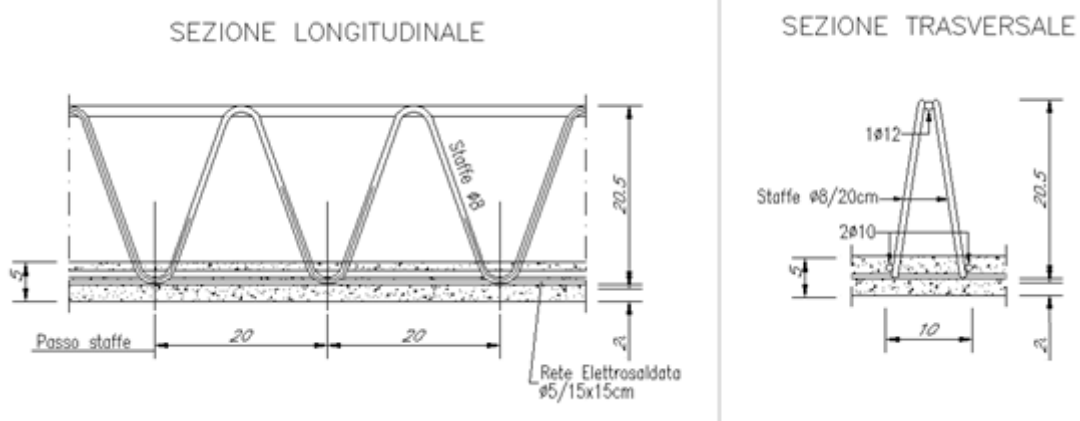


Figura 128 - Caratteristiche geometriche della predalla

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2CLVI0005002

B

**CARATTERISTICHE DEI MATERIALI****Calcestruzzo C35/45**

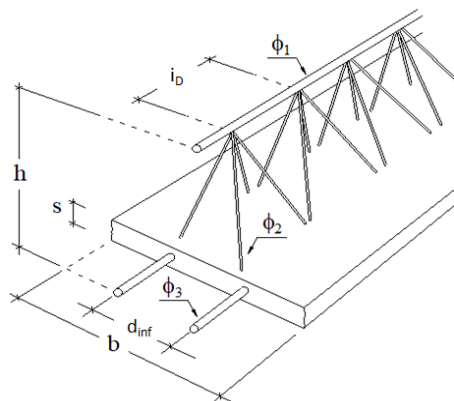
Peso proprio	$\gamma_c$	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Res. cubica car.	$R_{ck}$	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	$f_{ck}$	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	$\gamma_M$	1.50	[-]

**Acciaio per armature B450C**

Snervamento car.	$f_{yk}$	450	[MPa]
Modulo elastico	$E_s$	2.1E+05	[MPa]
Coeff. sicurezza	$\gamma_{M0}$	1.15	[-]
	$\gamma_{M1}$	1.15	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

Dimensione lastra	b	2500	[mm]
Spessore coppella	s	50	[mm]
n° tralici per predalla	n	4	[-]
Interasse tralici	$i_r$	750	[mm]
Altezza tralici	h	205	[mm]
Fuoritutto correnti inf.	$d_{inf}$	100	[mm]
Interasse diagonali	$i_d$	200	[mm]
Interasse ferri inferiori	$i_{inf}$	90	[mm]
Braccio interno forze	z	194	[mm]
Angolo in sezione staffe	$\alpha$	13.1	[°]
Angolo in profilo staffe	$\beta$	27.3	[°]

**CORRENTE SUPERIORE**



Diametro barra	$\Phi_1$	12	[mm]
Area sezione barra	A	113	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	1018	[mm <sup>4</sup> ]
Luce libera inflessione	$L_0$	200	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	52.7	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	0.982	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.174	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.550	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	44.3	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	24.4	[kN]

**CORRENTI INFERIORI**

Diametro barra	$\Phi_3$	10	[mm]
Area sezione barra	A	79	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	491	[mm <sup>4</sup> ]
Luce libera inflessione (*)	$L_0$	200	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	25.4	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	1.179	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.435	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.444	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	30.7	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	13.6	[kN]

**BARRE INCLINATE**

Diametro barra	$\Phi_2$	8	[mm]
Area sezione barra	A	50	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	201	[mm <sup>4</sup> ]
Coefficiente di vincolo	$\beta$	0.70	[-]
Luce libera inflessione	$L_0$	157	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	16.9	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	1.155	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.402	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.456	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	19.7	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	9.0	[kN]

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### ANALISI DEI CARICHI ED EFFETTI LOCALI


<i>Luce libera di inflessione</i>	L	1.500	[m]	<i>PP predalla</i>	G <sub>1,pred</sub>	1.50	[kN/m]
<i>Dim. sbalzo sinistro</i>	L <sub>SX</sub>	1.760	[m]	<i>PP getto campata</i>	G <sub>1sol,camp</sub>	9.50	[kN/m]
<i>Dim. sbalzo destro</i>	L <sub>DX</sub>	1.760	[m]	<i>PP getto appoggio</i>	G <sub>1sol.app</sub>	6.63	[kN/m]
<i>Sbalzo non gettato in 1<sup>a</sup> fase</i>	L <sub>ng</sub>	0.920	[m]	<i>Carico accidentale</i>	Q <sub>acc</sub>	1.00	[kN/m]
<i>Appoggio predalle</i>	c	50	[mm]	<i>PP veletta</i>	G <sub>2,vel</sub>	4.50	[kN]
<i>Spessore getto campata</i>	H <sub>getto</sub>	380	[mm]	<i>Coeff. parziale G1</i>	γ <sub>G1</sub>	1.35	[-]
<i>Spessore getto appoggio</i>	H <sub>getto</sub>	265	[mm]	<i>Coeff. parziale Q</i>	γ <sub>Q</sub>	1.50	[-]

### 10.3.1 Predalla in campata

#### GETTO IN CAMPATA - fase 1a



<i>Luce di calcolo campata</i>	L <sub>c</sub>	1.55	[m]
<b>Momento in appoggio</b>			
<i>PP predalla</i>	M <sub>G1,pred</sub>	0.45	[kNm]
<i>PP getto campata</i>	M <sub>G1</sub>	2.85	[kNm]
<i>Carico accidentale</i>	M <sub>q,acc</sub>	0.30	[kNm]
<i>SLU</i>	M <sub>slu</sub>	4.91	[kNm]
<i>SLU singolo traliccio</i>	M <sub>slu</sub>	3.07	[kNm]
<b>Taglio in appoggio</b>			
<i>PP predalla</i>	V <sub>G1,pred</sub>	1.16	[kN]
<i>PP getto campata</i>	V <sub>G1</sub>	7.36	[kN]
<i>Carico accidentale</i>	V <sub>q,acc</sub>	0.78	[kN]
<i>SLU</i>	V <sub>slu</sub>	12.67	[kN]
<i>SLU singolo traliccio</i>	V <sub>slu</sub>	7.92	[kN]
<b>Assiale corrente sup.</b>			
	N <sub>Ed,sup</sub>	-15.8	[kN]
	N <sub>Rd,sup</sub>	-24.4	[kN]
	η	0.65	[-] Ok
<b>Assiale corrente inf.</b>			
	N <sub>Ed,inf</sub>	7.9	[kN]
	N <sub>Rd,inf</sub>	30.7	[kN]
	η	0.26	[-] Ok
<b>Assiale sul diagonale</b>			
	N <sub>Ed,diag</sub>	-4.6	[kN]
	N <sub>Rd,diag</sub>	-9.0	[kN]
	η	0.51	[-] Ok



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 10.3.2 Predalla sullo sbalzo

GETTO SUGLI SBALZI - fase 1				GETTO SUGLI SBALZI - fase 2			
<i>Sbalzo totale da gettare</i>	$L_c$	1.760	[m]	<i>Sbalzo totale da gettare</i>	$L_c$	0.920	[m]
<i>Parte sbalzo non gettata</i>	$L_{no}$	0.920	[m]	<i>Parte sbalzo non gettata</i>	$L_{no}$	0.000	[m]
<b>Momento in appoggio</b>				<b>Momento minimo</b>			
<i>PP predalla</i>	$M_{g1,pred}$	-2.32	[kNm]	<i>PP predalla</i>	$M_{g1,pred}$	-0.63	[kNm]
<i>PP getto appoggio</i>	$M_{g1}$	-2.34	[kNm]	<i>PP getto appoggio</i>	$M_{g1}$	-2.80	[kNm]
<i>Carico accidentale</i>	$M_{q,acc}$	-0.35	[kNm]	<i>Carico accidentale</i>	$M_{q,acc}$	-0.42	[kNm]
<i>PP veletta</i>	$M_{g2,vel}$	0.00	[kNm]	<i>PP veletta</i>	$M_{g2,vel}$	-4.14	[kNm]
<i>SLU</i>	$M_{slu}$	-6.82	[kNm]	<i>SLU</i>	$M_{slu}$	-10.87	[kNm]
<i>SLU singolo traliccio</i>	<b><math>M_{slu}</math></b>	<b>-5.12</b>	<b>[kNm]</b>	<i>SLU singolo traliccio</i>	<b><math>M_{slu}</math></b>	<b>-8.15</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Taglio in appoggio</b>				<b>Taglio massimo</b>			
<i>PP predalla</i>	$V_{g1,pred}$	2.64	[kN]	<i>PP predalla</i>	$V_{g1,pred}$	1.38	[kN]
<i>PP getto appoggio</i>	$V_{g1}$	5.57	[kN]	<i>PP getto appoggio</i>	$V_{g1}$	6.10	[kN]
<i>Carico accidentale</i>	$V_{q,acc}$	0.84	[kN]	<i>Carico accidentale</i>	$V_{q,acc}$	0.92	[kN]
<i>SLU</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>12.34</b>	<b>[kN]</b>	<i>SLU</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>11.47</b>	<b>[kN]</b>
<i>SLU singolo traliccio</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>9.25</b>	<b>[kNm]</b>	<i>SLU singolo traliccio</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>8.60</b>	<b>[kNm]</b>
<i>Assiale corrente sup.</i>				<i>Assiale corrente sup.</i>			
	$N_{Ed,sup}$	26.4	[kN]		$N_{Ed,sup}$	42.0	[kN]
	$N_{Rd,sup}$	44.3	[kN]		$N_{Rd,sup}$	44.3	[kN]
	$\eta$	0.60	[ - ] Ok		$\eta$	0.95	[ - ] Ok
<i>Assiale corrente inf.</i>				<i>Assiale corrente inf.</i>			
	$N_{Ed,inf}$	-13.2	[kN]		$N_{Ed,inf}$	-21.0	[kN]
	$N_{Rd,inf}$	-13.6	[kN]		$N_{Rd,inf}$	-30.7	[kN]
	$\eta$	0.97	[ - ] Ok		$\eta$	0.68	[ - ] Ok
<i>Assiale sul diagonale</i>				<i>Assiale sul diagonale</i>			
	$N_{Ed,diag}$	-5.3	[kN]		$N_{Ed,diag}$	-5.0	[kN]
	$N_{Rd,diag}$	-9.0	[kN]		$N_{Rd,diag}$	-9.0	[kN]
	$\eta$	0.60	[ - ] Ok		$\eta$	0.55	[ - ] Ok

GENERAL CONTRACTOR  		ALTA SORVEGLIANZA  		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

## 11 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

### 11.1 ACCELERAZIONE VERTICALE DELL'IMPALCATO

Si rimanda alla relazione dinamica IN1710EI2CLVI0005007.

### 11.2 VERIFICA DEFORMAZIONI TORSIONALI (SGHEMBO)

La condizione più severa si realizza in corrispondenza della zona di appoggio dell'impalcato. Di seguito si riporta la verifica di sghembo, riferita agli abbassamenti massimi riscontrati nella soletta di impalcato. I valori degli abbassamenti massimi, rilevati in nodi posti in posizioni coerenti con quanto prevede la normativa per tale tipo di verifica, sono:

$$\delta_v = 1.91 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 0.56 \text{ mm}$$

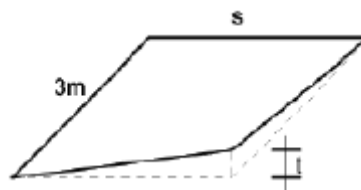


Figura 129 - Sghembo ammissibile

Lo sghembo, amplificato dinamicamente, è pari a:



$$t \cong \Phi_2 \times [ (\delta_2 - \delta_1) ] = 1.569 \times (1.91 - 0.56) = 0.988 \text{ mm /3m}$$

Il valore di t appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a 1.50 mm /3m per il caso  $V_{max} > 200 \text{ km/h}$ .

### 11.3 INFLESSIONE NEL PIANO ORIZZONTALE DELL'IMPALCATO

Sotto la condizione di carico di treno di carico LM 71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ , l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga e gli effetti della variazione di temperatura, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato risulta:

$$\delta_1 = 0.246 \text{ mm}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002 B

$$\delta_2 = 0.077 \text{ mm}$$

$$\vartheta \cong \arctan [ \Phi_2 \times (\delta_2 - \delta_1) / d ] = \arctan [ 1.569 \times (0.246 - 0.077) / 600 ] = 0.000424 \text{ rad}$$

Tale valore risulta inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a 0.0015 rad per una velocità di percorrenza  $V > 200 \text{ Km/h}$ .

In fine, considerando il raggio di curvatura minimo secondo lo schema di semplice appoggio risulta:

$$R = \frac{L^2}{8 \delta} = \frac{22.8^2}{8 \times 1.569 \times 0.246} = 168353 \text{ m} > R_{\min} = 17500 \text{ m}$$

#### 11.4 INFLESSIONE NEL PIANO VERTICALE DELL'IMPALCATO

L'abbassamento massimo per inflessione nel piano verticale dovuto al transito dei convogli è stato valutato sommando l'effetto del treno SW/2 e LM71 (amplificato per  $\alpha=1.1$ ). L'abbassamento massimo si rileva in mezzzeria ed è pari a:

$$\delta = 6.65 + 2.3 = 8.95 \text{ mm}$$

Lo spostamento amplificato dinamicamente è pari a:

$$\delta' = 6.35 \times 1.569 + 2.3 = 12.73 \text{ mm}$$

Il valore di  $\delta'$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a  $L/600 = 22800/600 = 38 \text{ mm}$ .

#### 11.5 VERIFICA STATO LIMITE DI CONFORT

Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità  $V$  di percorrenza del convoglio. L'inflessione verticale in asse binario dovuto al transito del singolo modello di carico LM71 amplificato per  $\alpha=1.1$ ) risulta pari a:

$$\delta = 3.96 + 2.3 = 6.26 \text{ mm}$$

Lo spostamento amplificato dinamicamente è pari a:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2CLVI0005002</p>	<p>B</p>

$$\delta' = 3.96 \times 1.569 + 2.3 = 8.51 \text{ mm}$$

Per tanto, la verifica è ampiamente soddisfatta come mostrato in grafico

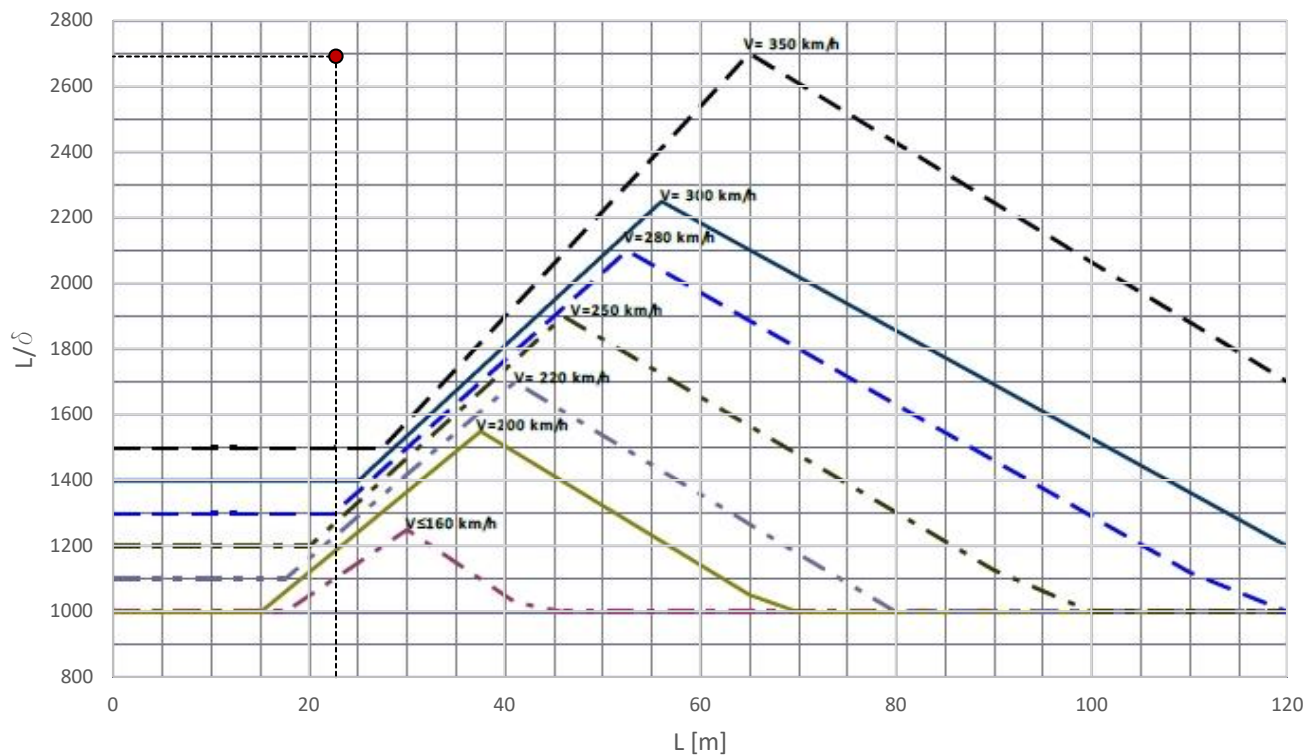




Figura 130 - Valori del limite di deformabilità  $L/\delta$  per il confort dei passeggeri

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002
				B

## 12 SCARICHI IMPALCATO

Di seguito si riporta la valutazione degli scarichi sui dispositivi di appoggio da impiegare per la tipologia di impalcato oggetto del presente documento e le relative escursioni.

### 12.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SUGLI APPOGGI



Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Ove opportuno, i valori delle singole azioni elementari sono state arrotondate per eccesso, a partire dai valori di calcolo derivati dagli scenari di carico considerati.

**Tabella 7 - Scarichi delle condizioni elementari – lato appoggi fissi**

	Multidirezionale			Fisso			Fisso			Multidirezionale		
	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]
<i>peso proprio G1</i>	-845	0	0	-720	2	-34	-721	-2	34	-843	0	0
<i>permanenti portati G2</i>	-760	0	0	-584	3	-49	-585	-3	49	-760	0	0
<i>F<sub>centrifuga</sub></i>	243	0	0	79	37	-194	-80	-37	-195	-242	0	0
<i>F<sub>avv/ire</sub></i>	11	0	0	119	890	-23	120	893	21	11	0	0
<i>F<sub>serpeggio</sub></i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Traffico Ferroviario</i>	-1107	0	0	-1102	-114	-25	-1103	-130	-13	-1242	0	0
<i>Treno Scarico</i>	-65	0	0	-62	-6	-1	-62	-6	0	-65	0	0
<i>temperatura T</i>	-2	0	0	2	0	0	2	0	0	-2	0	0
<i>F<sub>y_vento trasv</sub></i>	45	0	0	17	6	-115	-16	-6	-112	-46	0	0
<i>M<sub>y_vento tors</sub></i>	70	0	0	21	12	-1	-21	-12	-1	-70	0	0
<i>F<sub>z_vento vert</sub></i>	-53	0	0	-47	0	-2	-47	0	2	-53	0	0
<i>Ex</i>	-563	0	0	-584	3054	102	-599	3101	95	-604	0	0
<i>Ey</i>	1166	0	0	374	269	-1632	-426	353	-1635	-1197	0	0
<i>Ez</i>	302	0	0	375	1065	-60	390	1082	-32	337	0	0

**Tabella 8 - Scarichi delle condizioni elementari – lato appoggi mobili**

	Multidirezionale			Multidirezionale			Unidirezionale longitudinale			Multidirezionale		
	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]	N [kN]	T <sub>long</sub> [kN]	T <sub>trasv</sub> [kN]
<i>peso proprio G1</i>	-848	0	0	-716	0	0	-717	0	0	-846	0	0
<i>permanenti portati G2</i>	-764	0	0	-581	0	0	-581	0	0	-763	0	0
<i>F<sub>centrifuga</sub></i>	219	0	0	96	0	0	-57	0	-381	-258	0	0
<i>F<sub>avv/ire</sub></i>	-57	0	0	-74	0	0	-74	0	2	-57	0	0
<i>F<sub>serpeggio</sub></i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Traffico Ferroviario</i>	-1106	0	0	-1098	0	0	-1100	0	-12	-1241	0	0
<i>Treno Scarico</i>	-65	0	0	-62	0	0	-62	0	-1	-65	0	0
<i>temperatura T</i>	-2	0	0	2	0	0	2	0	0	-2	0	0
<i>F<sub>y_vento trasv</sub></i>	33	0	0	28	0	0	-4	0	-226	-57	0	0
<i>M<sub>y_vento tors</sub></i>	69	0	0	20	0	0	-20	0	1	-69	0	0
<i>F<sub>z_vento vert</sub></i>	-53	0	0	-46	0	0	-46	0	0	-53	0	0
<i>Ex</i>	-627	0	0	-611	0	0	-614	0	202	-634	0	0
<i>Ey</i>	1212	0	0	667	0	0	-272	0	-3990	-1643	0	0
<i>Ez</i>	279	0	0	298	0	0	318	0	-74	317	0	0

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

**Tabella 9 - Massimi e minimi di combinazione a seconda della tipologia di appoggio**

APPOGGIO FISSO		
	Combinazioni statiche SLU	Combinazioni sismiche SLV
N <sub>max</sub> (KN)	-3588	-3161
N <sub>min</sub> (KN)	-1571	-1406
H <sub>long</sub> (KN)	1526	3512
H <sub>trasv</sub> (KN)	-520	-1782

APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONGTUDINALE		
	Combinazioni statiche SLU	Combinazioni sismiche SLV
N <sub>max</sub> (KN)	-3685	-3113
N <sub>min</sub> (KN)	-1781	-1524
H <sub>trasv</sub> (KN)	-773	4092

APPOGGIO MULTIDIREZIONALE		
	Combinazioni statiche SLU	Combinazioni sismiche SLV
N <sub>max</sub> (KN)	-4623	-4567
N <sub>min</sub> (KN)	-1599	-700

## 12.2 VALUTAZIONE ESCURSIONE DEI GIUNTI

Gli spostamenti in corrispondenza dei giunti sono valutati secondo quanto previsto nel punto 2.5.2.1.5.1 del MdP. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo.

### spostamento longitudinale relativo al moto relativo delle pile

categoria di terreno

periodo inizio tratto velocità costante	TC	<b>0.452</b>	s
periodo tratto a spostamento costante	TD	<b>2.495</b>	s
coef. categoria e topografia terreno	S	<b>1.373</b>	
accelerazione orizzontale max al sito	ag	<b>0.224</b>	g

periodo di vibrare proprio della pila

T1	0.271	sec
----	-------	-----

fattore di struttura per il calcolo della pila

q	<b>1.50</b>
---	-------------

fattore di duttilità in spostamento

μ	1.834
---	-------

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)	0.499	g
w	23.2	1/sec

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

	0.00910	m
--	---------	---

spostamento totale relativo

dEe	<b>0.00000</b>	m
dEd	<b>0.0167</b>	m

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

#### spostamento longitudinale relativo al moto relativo del terreno

spostamento massimo orizz. del terreno	<b>dg</b>	<b>0.085</b>	m	(3.2.12)
spostamenti massimi terreno punto i	dgj	<b>0.085</b>	m	(3.2.12)
spostamenti massimi terreno punto j	dgi	<b>0.085</b>	m	(3.2.12)
velocità prop. onde di taglio nel terreno	Vs	<b>270</b>	m/s	
distanza tra i punti i j (dist. Pile)	x	<b>25</b>	m	

spostamento massimo rel **dij, max** **0.150** m (3.2.13)

tipologia di moto  
forti discontinuità del terreno  
distanza  
terreni

**indipendente  
senza  
>20  
uguali**

spost. relativo tra due punti dipendenti di(x) 0.03161 m (3.2.14)

#### spostamento longitudinale relativo alla termica



variazione termica uniforme	DT	<b>15</b>	°C
coefficiente di dilatazione termina	$\alpha$	<b>1.5E-05</b>	1/°C
dilatazione termica	Dt	0.006	m
dilatazione termica incrementata del 50%	<b>Dt</b>	<b>0.008</b>	m

#### spostamento longitudinale finale

coefficiente non contemporaneità del moto	K1	0.45	
coefficiente controfase pile	k2	0.55	
spostamento longitudinale minimo	EL min	0.131	m
spostamento long di calcolo	EL	0.053	m
spostamento longitudinale	<b>EL</b>	<b>0.131</b>	m

#### altri spostamenti longitudinale

escursione longitudinale giunto	Eg	± 7.5	cm
corsa appoggi mobili	Cap	± 8.2	cm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2CLVI0005002	B

### 13 VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (MIDAS).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Lo schema statico è di trave appoggiata e la tipologia di impalcato rientra negli standard tipologici adottata da RFI. Il calcolo a graticcio condotto è stato verificato con metodi semplificati di ripartizione trasversale dei carichi (metodo dei trasversi rigidi) applicabile in funzione dei rapporti geometrici dell'impalcato e del numero dei traversi presenti.

Il confronto tra i risultati del PE con quelli del PD è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.