

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTIRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO**  
**Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)**

**Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m**

SCALA:


-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

**R S 2 S    0 2    D    0 9    C L    V I 0 0 0 0    0 0 2    A**


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	M. Franchinotti	Gennaio 2018	A. Ferri	Gennaio 2018	D. Carlesimo	Gennaio 2018	A. Vittozzi	Gennaio 2018

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
 Dott. Ing. A. Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n° A20783


 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)</p>												
<p>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi <math>B_{max} = 17.70</math> <i>m</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS2S</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 00 002</td> <td>A</td> <td>2 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	2 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	2 di 86								

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	Viadotto Fiumedinisi - VI06 .....	4
1.1.1	<i>Inquadramento e descrizione</i> .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	7
3	DOCUMENTI CORRELATI.....	10
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	11
5.1	Calcestruzzo per travi in c.a.p. e traversi.....	11
5.2	Calcestruzzo per getti in opera impalcato e predalles.....	11
5.3	Acciaio per c.a. ....	12
5.4	Acciaio per c.a.p. ....	12
6	ANALISI DEI CARICHI.....	13
6.1	Pesi propri (G1t e G1s).....	13
6.2	Permanententi portati (G2).....	15
6.3	Viscosità e ritiro .....	15
6.4	Carichi verticali da traffico (Qvk).....	16
6.4.1	<i>Treni di carico</i> .....	16
6.4.2	<i>Carichi sui marciapiedi</i> .....	20
6.4.3	<i>Forza centrifuga</i> .....	20
6.4.4	<i>Serpeggio</i> .....	22
6.4.5	<i>Avviamento e frenatura</i> .....	23
6.5	Azioni dinamiche .....	24
6.6	Azioni dovute al deragliamentto .....	25
6.7	Vento (Q5q).....	28
6.8	Azione sismica (SX,SY,SZ) .....	30
7	SIMBOLOGIA E CONVENZIONI.....	31
8	ANALISI IMPALCATO .....	32
8.1	Modello di calcolo.....	32
8.2	Sollecitazioni.....	38
8.3	Combinazioni .....	42

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)</p>												
<p>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi <math>B_{max} = 17.70</math> <i>m</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS2S</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 00 002</td> <td>A</td> <td>3 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	3 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	3 di 86								

8.4	Effetti globali sull'impalcato – Verifica tensionale trave in mezzeria .....	44
8.5	Verifiche a fessurazione .....	54
8.6	Effetti globali sull'impalcato – Verifiche agli SLU.....	55
8.6.1	<i>Sollecitazioni</i> .....	55
8.6.2	<i>Verifiche</i> .....	57
8.7	Traversi – Verifiche Tensionali agli SLE.....	61
9	EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE E VERIFICA SOLETTA	66
9.1	Analisi dei carichi .....	66
9.1.1	<i>Peso proprio soletta (G1s)</i> .....	66
9.1.2	<i>Pesi permanenti portati (G2)</i> .....	66
9.1.3	<i>Carichi verticali da traffico</i> .....	67
9.1.4	<i>Carichi sui marciapiedi</i> .....	68
9.1.5	<i>Forza centrifuga</i> .....	68
9.1.6	<i>Serpeggio</i> .....	69
9.1.7	<i>Avviamento e frenatura</i> .....	69
9.1.8	<i>Azioni dinamiche</i> .....	69
9.1.9	<i>Azioni dovute al deragliament</i> .....	70
9.1.10	<i>Vento</i> .....	70
9.2	Verifiche SLU e SLE .....	70
9.2.1	<i>Sezione di incastro dello sbalzo</i> .....	71
9.2.2	<i>Sezione al martello</i> .....	78
10	VERIFICA AL SOLLEVAMENTO.....	84
11	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE.....	86
11.1	Verifica deformazioni torsionali (sghembo) .....	86
11.2	Verifica stato limite di confort .....	86
12	RIEPILOGO APPOGGI E GIUNTI .....	86

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampileri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>4 di 86</b>


## 1 PREMESSA

### 1.1 Viadotto Fiumedinisi - VI06

#### 1.1.1 Inquadramento e descrizione

Il Viadotto Fiumedinisi - VI06, è un lungo viadotto inizialmente composto da due impalcati a singolo binario. Nella parte terminale i due binari convergono fino a ricostituire una sezione a doppio binario. Sulle prime 7 campate (dalla spalla A alla pila P7) incidono ai lati esterni le banchine di fermata. Il viadotto, così costituito, si estende per il binario pari dal km 32+864.030 al km 33+413.090 B.P.e per il binario dispari dal km 32+853.800 al km 33+413.090 del *Raddoppio della tratta Giampileri – Fiumefreddo - Lotto 2: Taormina (e) - Giampileri (e)* per uno sviluppo complessivo di 549.060 m sul binario pari e 559.290m sul binario dispari ed è costituito da 12 campate isostatiche a singolo binario e 6 campate isostatiche a doppio binario di cui:

- ✓ Binario pari:
  - n°8 campate a singolo binario (tra la spalla A e la pila P1, tra la pila P1 e la pila P2, tra la pila P2 e la pila P3, tra la pila P7 e la pila P8, tra la pila P8 e la pila P9, tra la pila P9 e la pila P10, tra la pila P10 e la pila P11, tra la pila P11 e la pila P12) di luce  $L=25,00m$  (asse pila-asse pila/asse pila-asse giunto spalla): l'impalcato è costituito da n°2 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo  $L_c=22,80m$  disposte ad un interasse di 3,10m e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a 8,56m e una banchina di fermata (quota finito +0.55m dal P.F.) sul lato esterno del viadotto per le campate incluse dalla spalla A alla pila 7.
  - n°4 campate a singolo binario (tra le pile P3 e P4, tra le pile P4 e P5, tra le pile P5 e P6 e tra le pile P6 e P7) di luce  $L=50,00m$  (asse pila-asse pila): ciascun impalcato è a sezione mista acciaio-calcestruzzo, costituito da n°4 travi in acciaio di luce di calcolo  $L_c=48,00m$  disposte ad un interasse di 2,50m e di altezza variabile. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a 9,70m. larghezza complessiva pari a 11,30m e una banchina di fermata (quota finito +0.55m dal P.F.) sul lato interno ed esterno del viadotto per le campate incluse dalla spalla A alla pila 7.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)</p>												
<p>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi <math>B_{max} = 17.70</math> <i>m</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS2S</td> <td>02</td> <td>D 09 CL</td> <td>VI 00 00 002</td> <td>A</td> <td>5 di 86</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	5 di 86
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	5 di 86								


✓ **Binario dispari:**

- n°8 campate a singolo binario (tra la spalla A e la pila P1, tra la pila P1 e la pila P2, tra la pila P2 e la pila P3, tra la pila P7 e la pila P8, tra la pila P8 e la pila P9, tra la pila P9 e la pila P10, tra la pila P10 e la pila P11, tra la pila P11 e la pila P12) di luce  $L=25,00m$  (asse pila-asse pila/asse pila-asse giunto spalla): l'impalcato è costituito da n°2 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo  $L_c=22,80m$  disposte ad un interasse di  $3,10m$  e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a  $8,56m$  e una banchina di fermata (quota finito  $+0.55m$  dal P.F.) sul lato esterno del viadotto per le campate incluse dalla spalla A alla pila 7.
- n°4 campate a singolo binario (tra le pile P3 e P4, tra le pile P4 e P5, tra le pile P5 e P6 e tra le pile P6 e P7) di luce  $L=50,00m$  (asse pila-asse pila): ciascun impalcato è a sezione mista acciaio-calcestruzzo, costituito da n°4 travi in acciaio di luce di calcolo  $L_c=48,00m$  disposte ad un interasse di  $2,50m$  e di altezza variabile. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a  $9,70m$ . larghezza complessiva pari a  $11,30m$  e una banchina di fermata (quota finito  $+0.55m$  dal P.F.) sul lato interno ed esterno del viadotto per le campate incluse dalla spalla A alla pila 7.

Dalla Pila P12 alla spalla B i due binari convergono fino a ricostituire una sezione a doppio binario, nel dettaglio:

- n°6 campate a doppio binario (tra la pila P12 e la pila P13, tra la pila P13 e la pila P14, tra la pila P14 e la pila P15, tra la pila P15 e la pila P16, tra la pila P16 e la pila P17, tra la pila P17 e la spalla B) di luce  $L=25,00m$  (asse pila-asse pila / asse pila -asse giunto spalla): l'impalcato è costituito da n°4 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo  $L_c=22,80m$  disposte ad un interasse variabile e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza variabile e una banchina di fermata (quota finito  $+0.55m$  dal P.F.) sul lato esterno del viadotto.

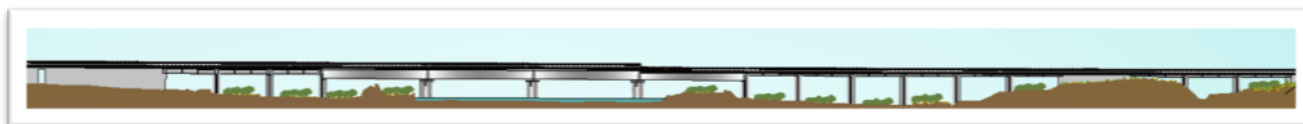
L'adozione di "campate speciali" ( $50,00m$ ) per lo scavalco dell'attraversamento dell'alveo inciso è stata dettata

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>6 di 86</b>

da motivazioni di carattere idraulico legate in primo luogo al rispetto di quanto prescritto dal *DM 14 Gennaio 2008* in termini di compatibilità idraulica (cfr. § 5.2.1.2 “...la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà esser inferiore a 40metri...”), nonché dall’esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

Le pile, in c.a., a sostegno delle campate di luce  $L=50,00m$  e  $L=25,00m$  presentano un fusto a sezione rettangolare cava costante su tutta l’altezza di dimensioni esterne pari a  $3,20m \times 8,60m$  con raccordi circolari.

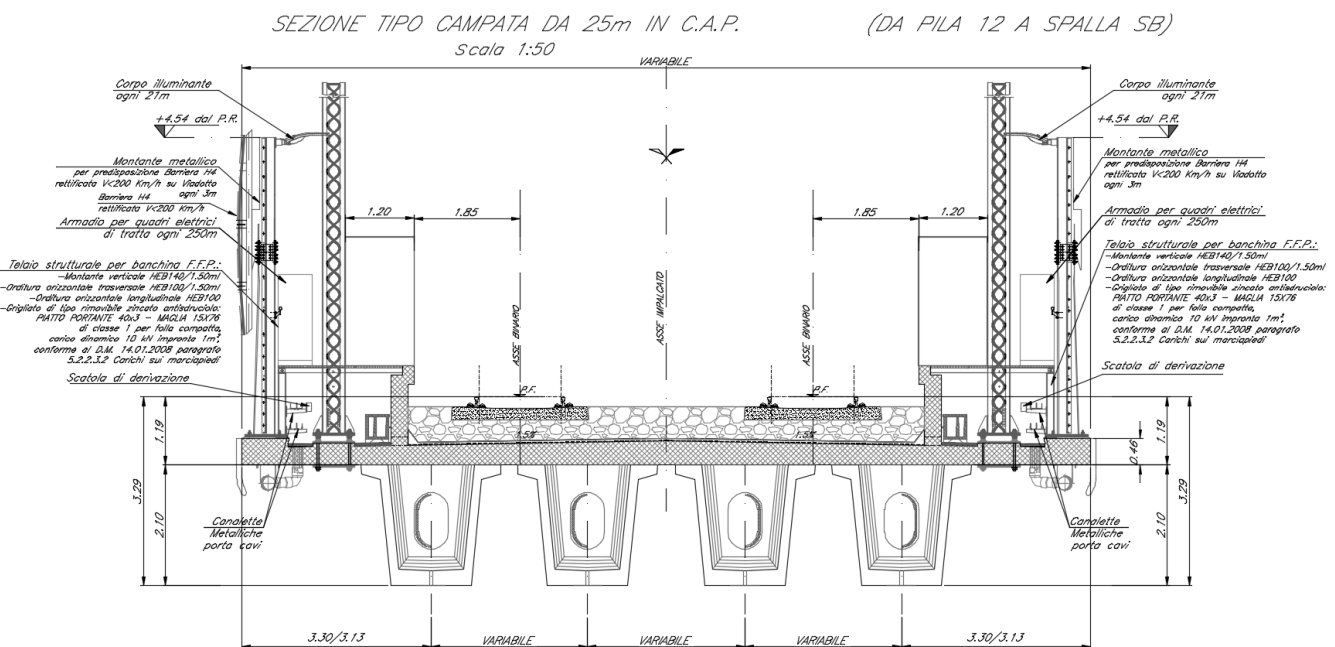
Le spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.



**Figura 1 – Viadotto Fiumedinisi: prospetto**

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nel presente documento di calcolo è riportata l'analisi strutturale relativa agli impalcato ferroviari in c.a.p., costituiti da 4 travi a cassoncino accostate e soletta di completamento gettata in opera. Tale tipologia strutturale (cassoncini) è frequentemente impiegata nell'ambito del *Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)* di cui al Cap. 1. Le analisi strutturali anzidette involuppano cautelativamente le peggiori condizioni di impiego, in termini di della tipologia strutturale in questione.



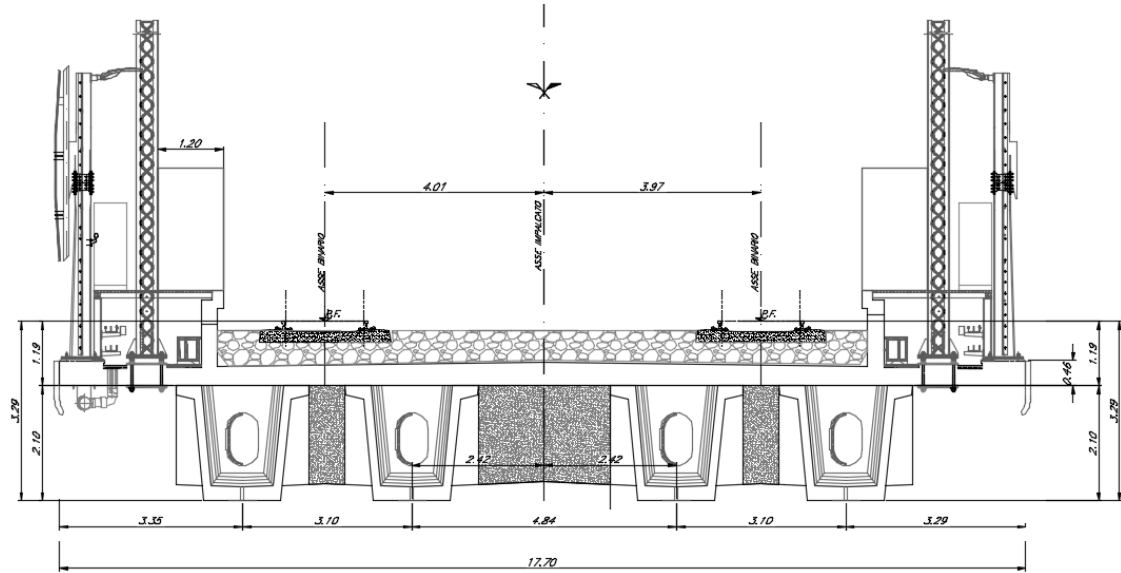
**Figura 2 – sezione trasversale**

La luce è pari a 25.00 m misurata dall'asse delle pile. La lunghezza complessiva delle travi prefabbricate è pari a 24.30 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 massima dell'impalcato, misurata in asse appoggi in corrispondenza della pila P12, è pari a 17.70m, necessaria al fine di ospitare il *tipologico RFI* per le barriere antirumore. L'armamento è di tipo tradizionale su ballast e l'interasse tra i binari è pari a 4.0 m. L'interasse tra le travi è pari a 3.10m. 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.

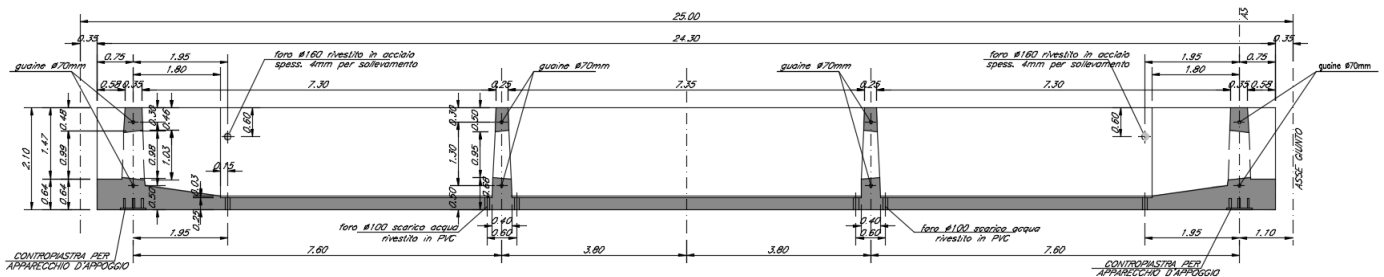
Su entrambi i lati della sezione dell'impalcato è presente una banchina F.F.P. (Fire Fighting Point) con relativo telaio strutturale.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	8 di 86



**Figura 3 –sezione trasversale di massima larghezza di soletta (17.70m)**




**Figura 4 –sezione longitudinale**


Lo schema appoggi prevede la presenza di 2 appoggi fissi su un lato e 1 unidirezionale longitudinale sul lato opposto. Tutti gli altri sono appoggi multidirezionali.




Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
*m*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	9 di 86


 Appoggio fisso a rigidezza variabile

 Appoggio unidirezionale

 Appoggio multidirezionale



**Figura 5 – Schema appoggi**

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> <b>Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)</b>					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>10 di 86</b>


### 3 DOCUMENTI CORRELATI

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

### 4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [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»*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- [5] *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*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

### 5.1 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		coeff. 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

### 5.2 Calcestruzzo per getti in opera impalcato e predalles

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		coeff. 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
$f_{ctm}$ =	3,63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk}$ =	2,12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm}$ =	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu$ =	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c$ =	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto

### 5.3 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

### 5.4 Acciaio per c.a.p.

Trefoli

$\Phi 0.6'' A=140\text{mm}^2$

$f_{pk} \geq$	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
Allung. Per carico max.	3,50%	-	
$E_p =$	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

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	13 di 86

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Pesì propri (G1t e G1s)

#### Travi impalcato

	Parti simili	Ripetizioni	Spessore(m)	Larghezza(m)	Area(mq)	Lunghezza(m)	Volume(m3)	p(KN/mc-mq)	Peso (kN)
Sezione corrente	4				1.0932	19.2	83.96	25	2098.9
Sezione in testata	4				1.9730	1.5	11.84	25	296.0
Sezione media	4				1.5331	3.90	23.92	25	597.9

sommano 24.60    119.71    2992.8

#### Trasversi

	Parti simili	Ripetizioni	Spessore(m)	Larghezza(m)	Area(mq)	Lunghezza(m)	Volume(m3)	p(KN/mc-mq)	Peso (kN)
Trasversi interni	2		0.325	1.825		12.74	15.11	25	377.8
Trasversi di testata	2		0.425	1.6		12.74	17.33	25	433.2
Fori a detrarre trasversi interni	-4	2	0.325		0.5473		-1.42	25	-35.6
Fori a detrarre trasversi di testata	-4	2	0.425		0.5473		-1.86	25	-46.5

sommano 29.16    728.9

#### Soletta

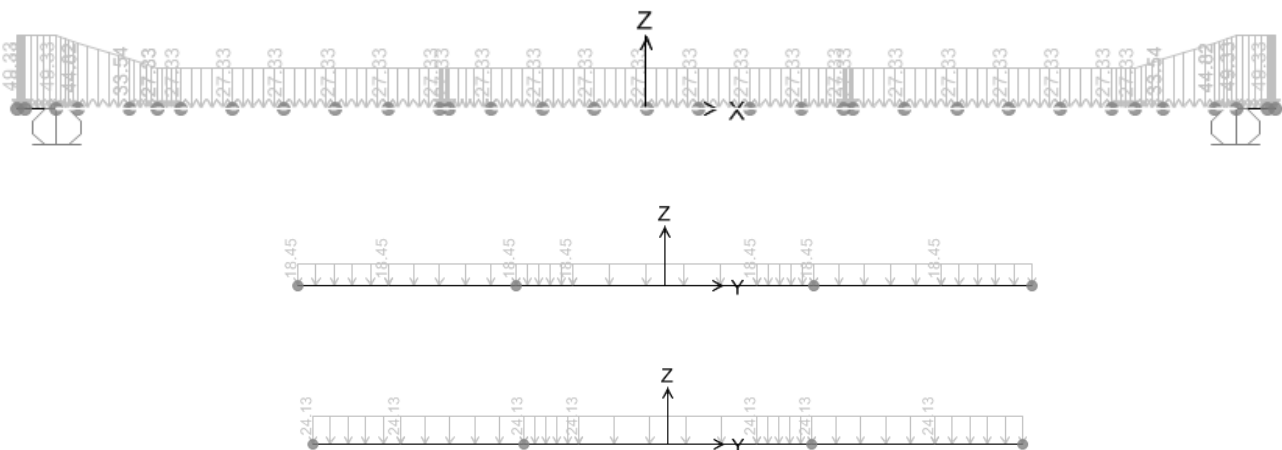
	Parti simili	Ripetizioni	Spessore(m)	Larghezza(m)	Area(mq)	Lunghezza(m)	Volume(m3)	p(KN/mc-mq)	Peso (kN)
Soletta	1	1	0.365	17.7		25.00	161.51	25	4037.8

sommano 161.51    4037.8

Riepilogo	Peso (kN)	ez (m)	Sz (kNm/m)	L(m)	Peso (kN/ml)
Travi	2992.8	0.00	0.0	25.00	119.71
Trasversi	728.9	0.00	0.0	25.00	29.16
Soletta	4037.8	0.00	0.0	25.00	161.51
sommano	7759.5	0.00	0.0		310.4
	≈ 7760.0				

Lunghezza 25.00 m  
Larghezza 17.70 m  
Peso a metro/lineare 310.40 kN/ml  
Peso a metro/quadro 17.54 kN/mq

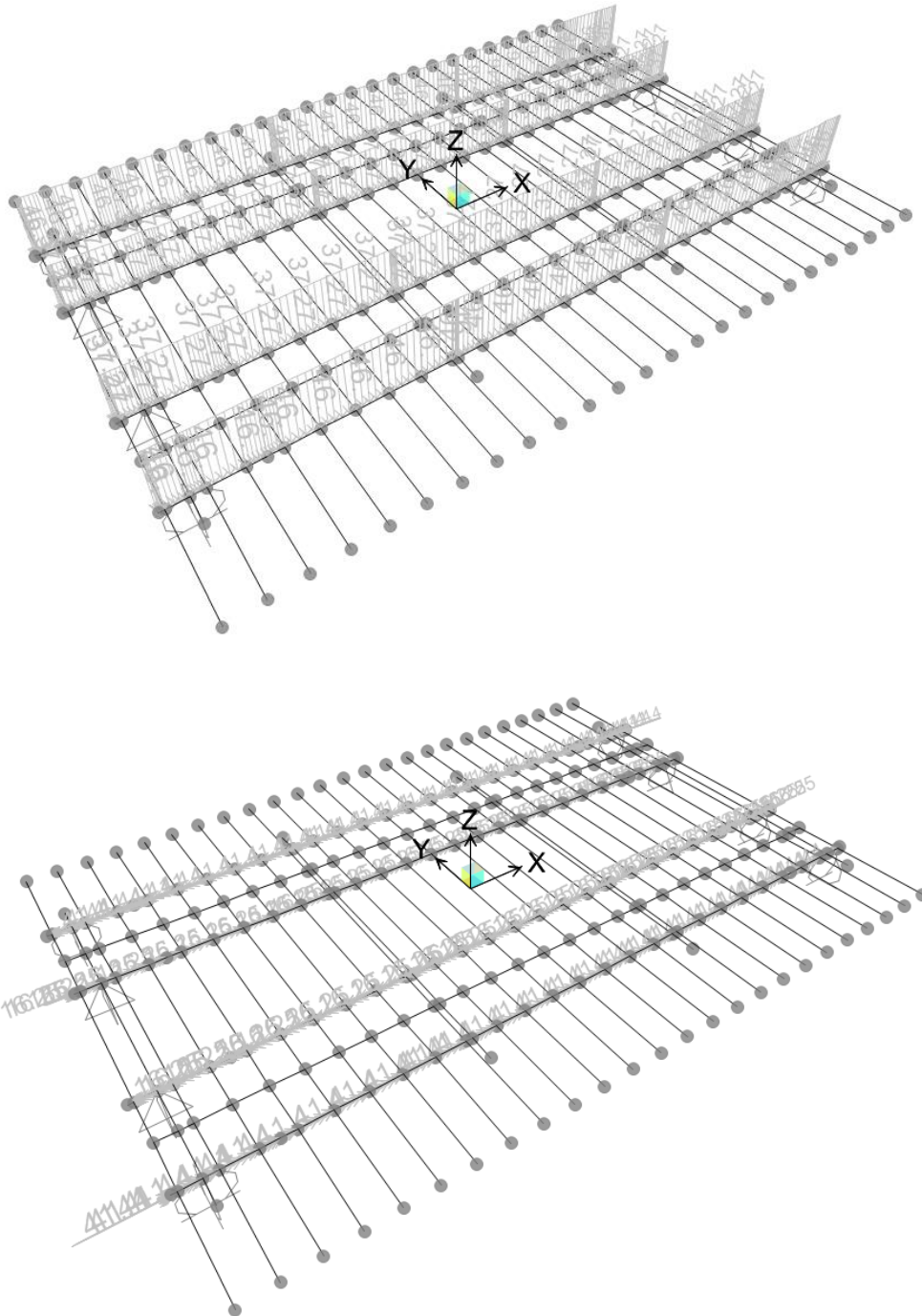
I carichi derivanti dal peso proprio di travi e trasversi (G1t) sono stati schematizzati secondo carichi uniformemente distribuiti lungo i frame.




I carichi derivanti dalla soletta (G1s) sono stati schematizzati secondo carichi e momenti uniformemente distribuiti lungo i frame delle travi, secondo le aree di influenza di ogni trave.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	14 di 86



**Figura 6 –Carichi soletta**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi B<sub>max</sub> = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

## 6.2 Permanenti portati (G2)

Si assumono i seguenti valori di pesi portati in accordo con la sezione trasversale dell'impalcato.

Permanenti portati	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	$p$	Peso
				$r_i$		$r_i$	$\text{kN/mc-r}_i$	$\text{kN/ml}$
Muri paraballast	0			0.1433		0.0000	25	0.0
Muri banchina FFPP	2			0.4		0.8000	25	20.0
Muri banchina stazione	0			1.81		0.0000	25	0.0
Cordolo in sx	1	0.14	0.82			0.1148	25	2.9
Cordolo in dx	1	0.14	0.82			0.1148	25	2.9
Velette	2			0.09		0.1800	25	4.5
Ballast+ impermab. sottoballast + armamento	1	0.8	11.92			9.5360	18	171.65
Incremento per rialzo in curva	0			0.17		0.0000	20	0.0
Canalette	2			0.085		0.1700	25	4.25
Impermeabilizzazione marciapiedi	2	0.05	1.78			0.1780	20	3.6
Impermeabilizzazione banchina stazione	0	0.05	4.47			0.0000	20	0.0
Impermeabilizzazione soletta sotto banchina	0	0.05	3.67			0.0000	20	0.0
Barriere antirumore	2	1	4			8.0000	4	32.0
Telaio FFPP	2					2.0000	1.5	3.0
Impianti	2					2.0000	1.5	3.0
Impianti banchina stazione	0					0.0000	3	0.0
Totale permanenti portati G2								<b>247.7</b>

I carichi puntuali e distribuiti dei permanenti portati sono stati posizionati sui frame di soletta di larghezza unitaria.

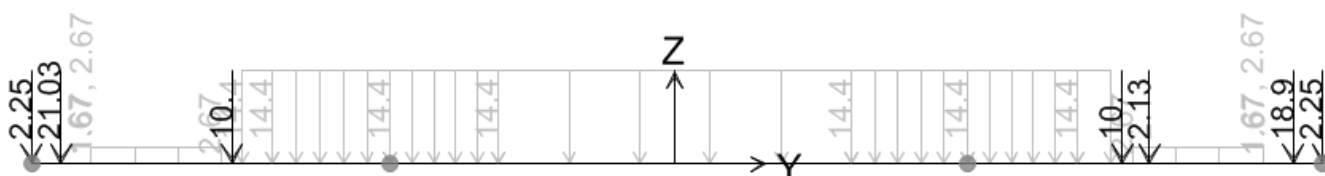



Figura 7 – Permanenti portati

## 6.3 Viscosità e ritiro

Gli effetti della viscosità e del ritiro sono stati calcolati considerando un'umidità relativa del 75% ed un tempo di applicazione del carico  $t_0=7$  giorni.

E' stato considerato inoltre un ritiro differenziale trave – soletta pari al 10% del ritiro totale della sola trave.

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi $B_{max} = 17.70$ <i>m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

## 6.4 Carichi verticali da traffico ( $Q_{vk}$ )

### 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 " $\alpha$ " che deve assumersi come da tabella seguente:

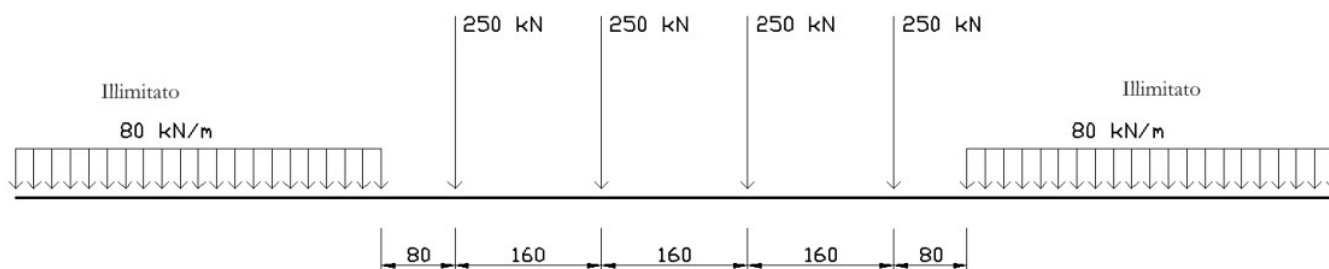
MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " $\alpha$ "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

**Tabella 1 – coefficienti  $\alpha$  per modelli di carico**

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 8 – 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  $s=1435 \text{ mm}$ . Quindi, l'eccentricità considerata nel modo più sfavorevole per le strutture è pari a:

$$e = \sim 80 \text{ mm}$$



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi $B_{max} = 17.70$ <i>m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

#### 6.4.1.2 Treno di carico SW/2

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



**Figura 9 – Treno 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

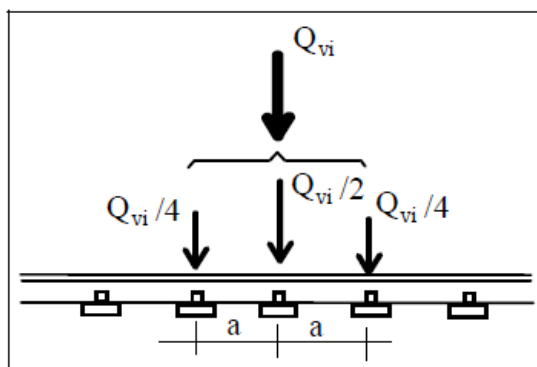
**Tabella 2 – caratterizzazione treni di carico SW**

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

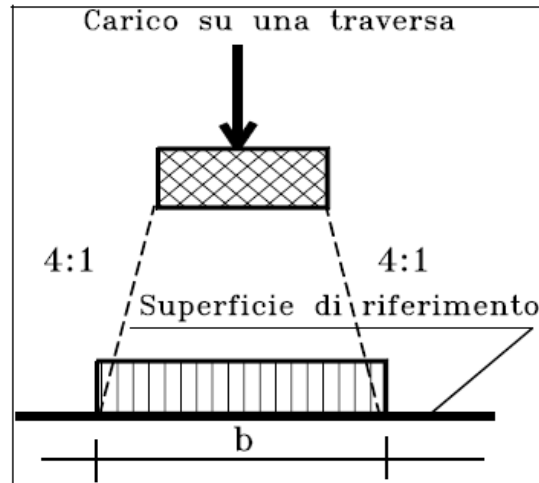
#### 6.4.1.3 Ripartizione locale dei carichi

##### 6.4.1.3.1 Ripartizione longitudinale

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



**Figura 10 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo del binario**



**Figura 11 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast**

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

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

Larghezza traversine:  $B = 0.26$  m

Interasse traversine:  $i = 0.60$  m

Altezza di diffusione:  $h = 0.40$  m

Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 \times h/4 = 0.46$  m <  $i$

Il valore appena calcolato per la larghezza di ripartizione sarà impiegato per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

#### **6.4.1.3.2 Ripartizione trasversale**

Nelle analisi si sono considerati il seguenti meccanismi di ripartizione trasversale dei carichi.

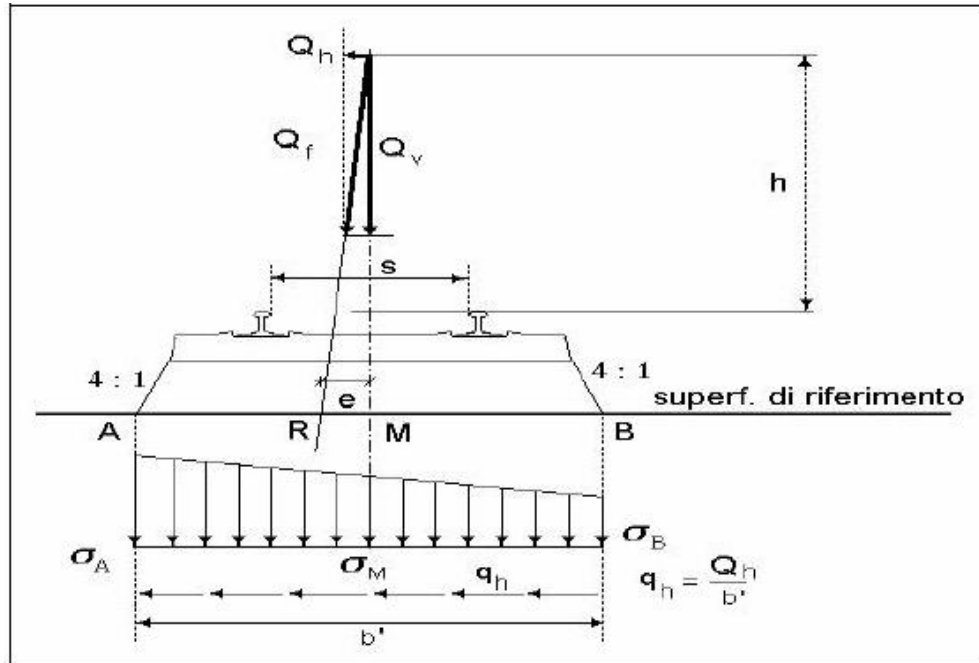


Figura 12 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in rettilineo

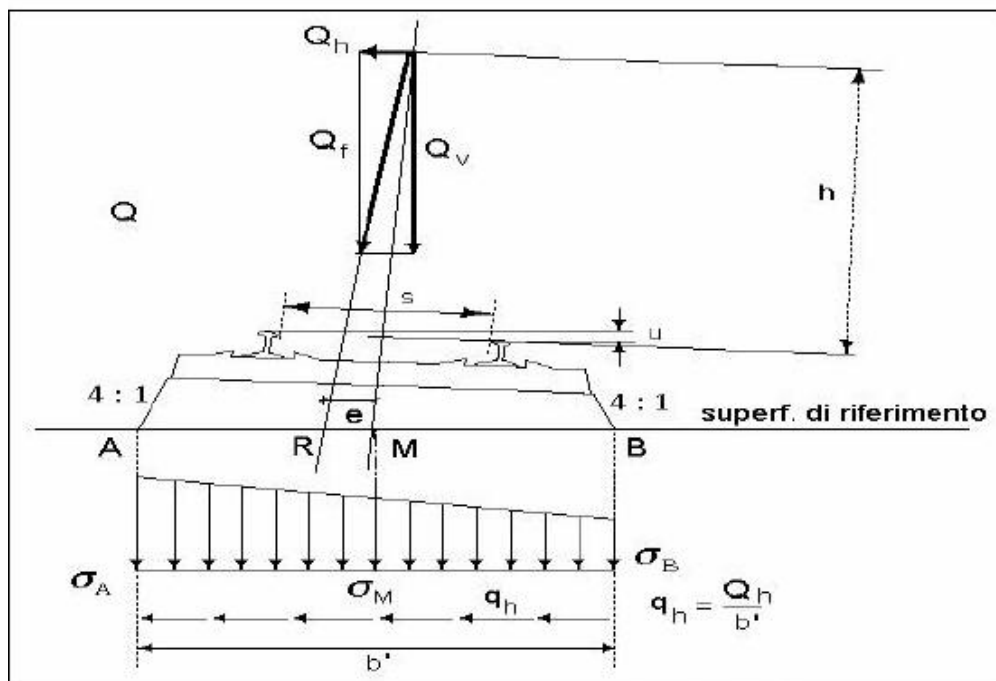



Figura 13 – meccanismo di ripartizione longitudinale per mezzo di traversa e ballast – ponte in curva

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi B<sub>max</sub> = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>20 di 86</b>

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

Nel caso specifico, la ripartizione viene valutata a partire dai seguenti parametri medi. A vantaggio di sicurezza si adotta lo schema di ponte in rettifilo.

Larghezza traversine:  $B = 2.40$  m

Altezza di diffusione:  $h = 0.40$  m

Larghezza di diffusione:  $b = B + 2 \times h/4 = 2.60$  m

Il valore appena calcolato per la larghezza di diffusione sarà impiegato per la definizione del modello di calcolo globale e per la valutazioni degli effetti locali trasversali.

#### **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.

#### **6.4.3 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:

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

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

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 3 – Parametri per determinazione della forza centrifuga**

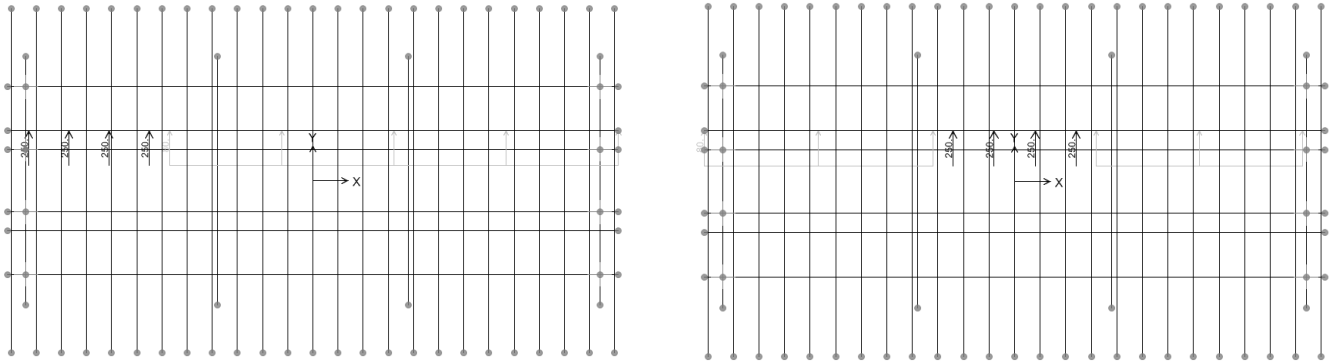
Si ottengono quindi i seguenti valori caratteristici dell'azione centrifuga. I valori massimi sono impiegati nelle analisi.

AZIONE CENTRIFUGA									
Categoria ponte		A							
Lunghezza di influenza		25 m							
Velocità di progetto		160 Km/h							
Raggio planimetrico minimo		1300 m							
					assi (kN)		uni (kN)		
					Modello LM 71		250		80
					Modello SW 2				150
centrifuga per LM71				$V > 120$		forza centrifuga		traffico verticale associato	
caso	V(Km/h)	alfa	f	$C = V^2/127/r^{''}f^{''}alfa$	$Q_{tk}(assi) = C \cdot 250$	$q_{tk}(uni) = C \cdot 80$	$Q_{vk}(assi)$	$q_{vk}(uni)$	
1	160	1	0.82	0.127	31.8	10.2	250	80	
2	120	1.1	1	0.096	24.0	7.7	275	88	
centrifuga per LM71				$V \leq 120$		forza centrifuga		traffico verticale associato	
caso	V(Km/h)	alfa	f	$C = V^2/127/r^{''}f^{''}alfa$	$Q_{tk}(assi) = C \cdot 250$	$q_{tk}(uni) = C \cdot 80$	$Q_{vk}(assi)$	$q_{vk}(uni)$	
4	160	1.1	1	0.174	42.6	13.6	275	88	
centrifuga per SW2						forza centrifuga		traffico verticale associato	
	V(Km/h)	alfa	f	$C = V^2/127/r^{''}f^{''}alfa$		$q_{tk}(uni) = C \cdot 150$		$q_{vk}(uni)$	
	100	1	1	0.061		9.1		150	

Al fine di massimizzare gli effetti sulle travi, il carico verticale caratteristico, così moltiplicato per il relativo coefficiente C, è stato disposto, per il carico LM71, su due configurazioni differenti al fine di massimizzare gli effetti all'appoggio e in mezzera

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	22 di 86



**Figura 14 – Forza Centriuga nelle due configurazioni (LM71)**

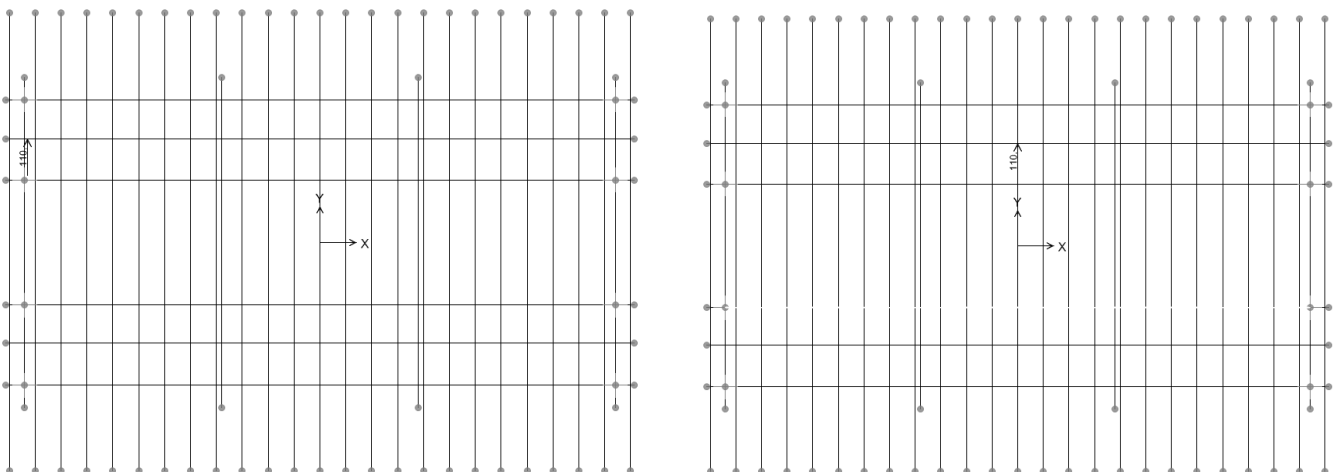
#### 6.4.4 Serpeggio

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  $Q_{sk}=100$  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.

Al fine di massimizzare gli effetti sulle travi, il carico, è stato disposto, su due configurazioni differenti, si veda ad esempio le posizioni per il serpeggio derivante dal modello di carico LM71.



**Figura 15 – Serpeggio nelle due configurazioni (LM71)**

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	23 di 86

#### 6.4.5 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.

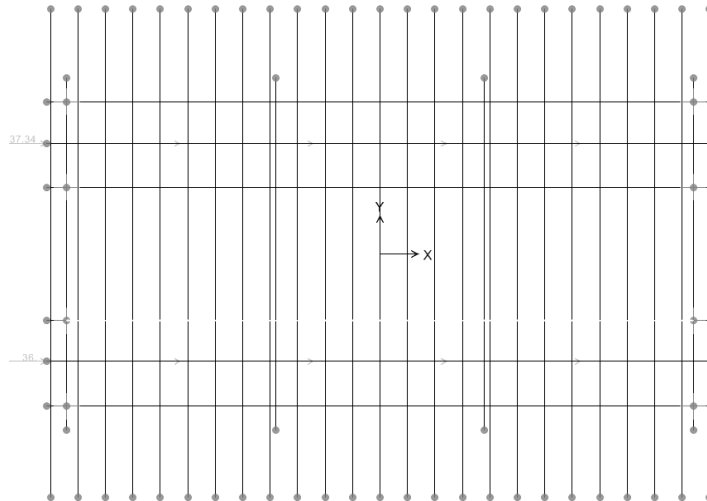
Si considerano i seguenti valori delle azioni:

<b>FRENATURA / AVVIAMENTO</b>									
Categoria ponte	A								
numero binari	2								
Lunghezza parte caricata	25 m								
<u>avviamento</u>									
	(kN/m)	L(m)	Q <sub>la</sub> ,k (kN)	$\alpha$	Q <sub>la</sub> ,k (kN)				
LM 71	33x	25.0=	825x	1.10=	908				
SW 0	33x	19.7=	650x	1.10=	715				
SW 2	33x	25.0=	825x	1.00=	825				
<u>frenatura</u>									
	(kN/m)	L(m)	Q <sub>lb</sub> ,k (kN)	$\alpha$	Q <sub>lb</sub> ,k (kN)				
LM 71	20x	25.0=	500x	1.10=	550				
SW 0	20x	19.7=	394x	1.10=	433				
SW 2	35x	25.0=	875x	1.00=	875				
<u>Combinazioni</u>									
aw	LM 71	LM 71	LM 71	SW 0	SW 0	SW 0	SW 2	SW 2	SW 2
fren	LM 71	SW 0	SW 2	LM 71	SW 0	SW 2	LM 71	SW 0	SW 2
Q <sub>la</sub> ,k (kN)	908	908	908	715	715	715	825	825	825
Q <sub>lb</sub> ,k (kN)	550	433	875	550	433	875	550	433	875
Q <sub>l</sub> ,k (kN)	1458	1341	1783	1265	1149	1590	1375	1258	1700
Q <sub>lk,max</sub>	<b>1783</b>	kN							

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.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	24 di 86



**Figura 16 – Avviamento e frenatura**

## 6.5 Azioni dinamiche

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

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

Per effetti globali  $L_\phi = 22.80\text{m}$  da cui  $\phi_3 = \mathbf{1.202}$

Pe effetti locali  $L_\phi = 3 * 1.5 = 4.50\text{m}$  da cui  $\phi_3 = \mathbf{1.854}$

avendo considerato per gli effetti globali la luce tra gli appoggi delle travi principali, mentre per gli effetti locali la luce della soletta tra le nervature delle travi principali pari a 1.50 m.



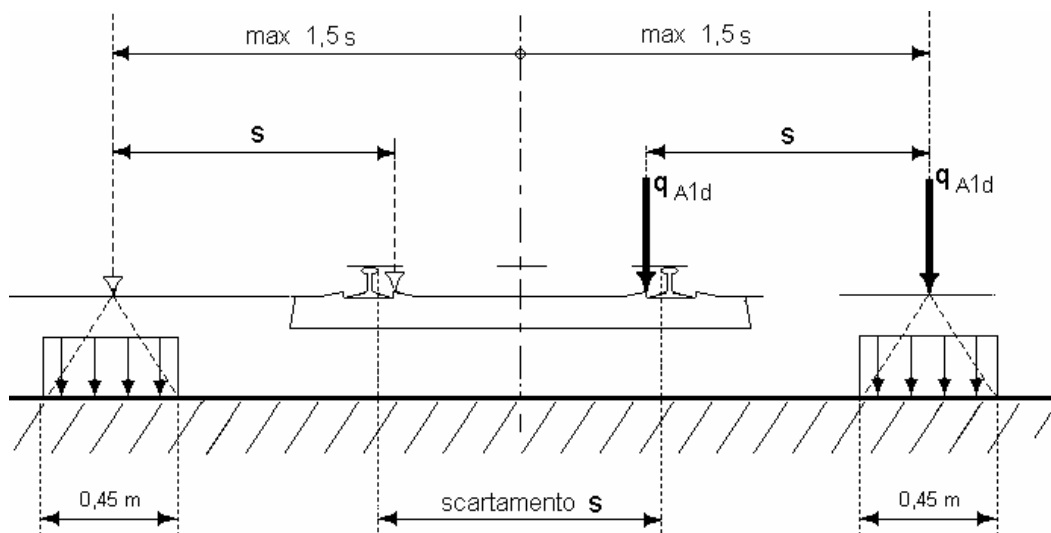
## 6.6 Azioni dovute al deragliamento

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;

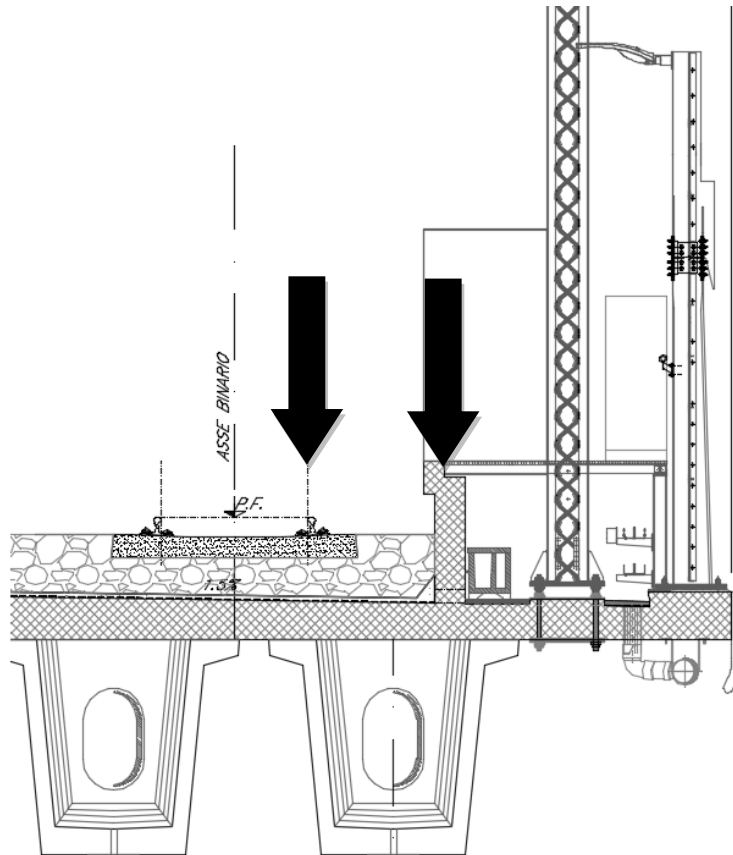
### Caso 1

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..

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



**Figura 17 – posizione azioni da deragliamento – caso 1**



**Figura 18 – 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.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	27 di 86

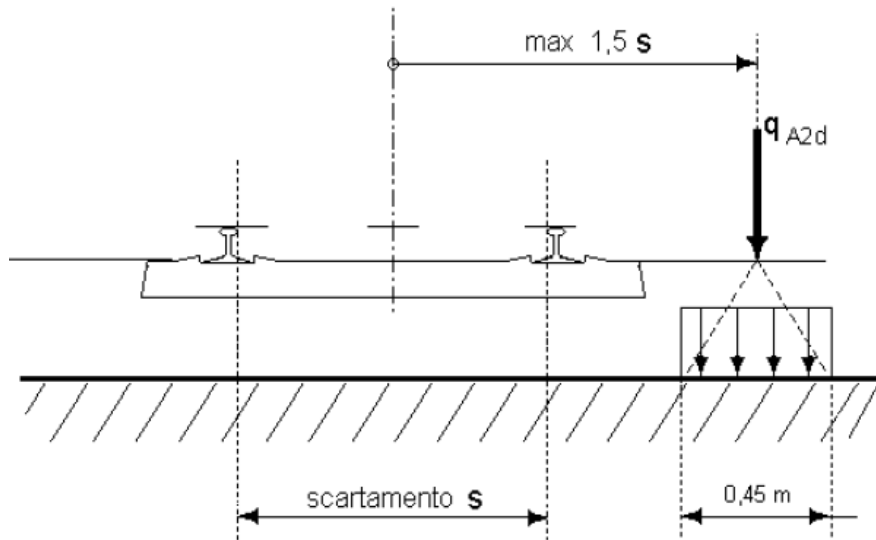


Figura 19 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

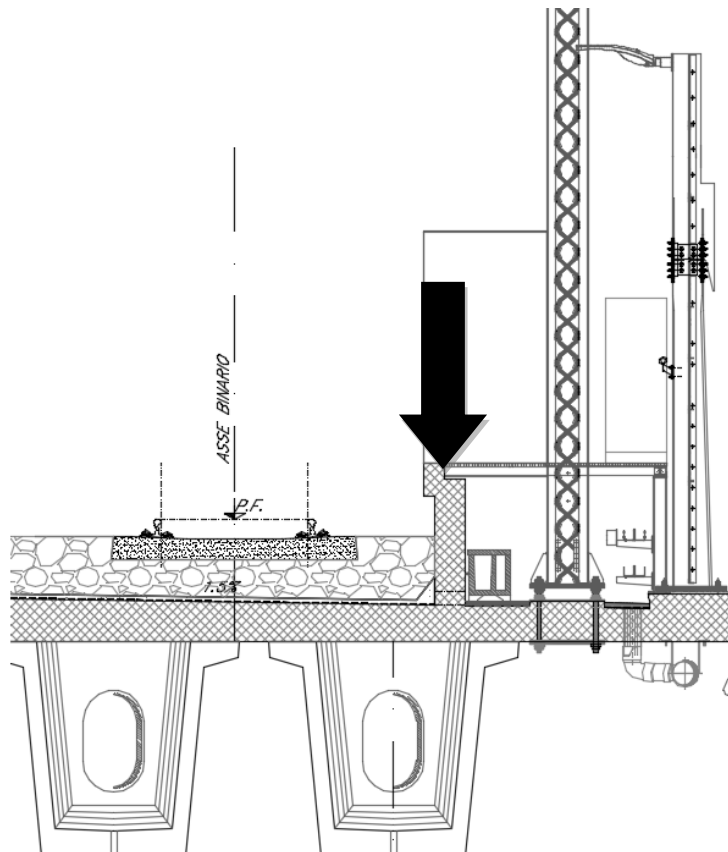


Figura 20 – posizione azioni da deragliamento – caso 2

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	28 di 86

## 6.7 Vento (Q5q)

Viene effettuato un calcolo del vento a ponte carico (Q5q). La velocità di riferimento del vento a ponte carico viene calcolata con la normativa nazionale viene assunta pari a 25 m/s.

### Azione del vento - generale - NTC08 e EC 1-1-4:2005

Condizione (ponte carico o scarico)		carico
Altitudine sul livello del mare	$a_s$	30 m
Zona	Z	4 -
Parametri	$v_{b,0}$	25 m/s
Parametri	$a_0$	500 m
Parametri	$k_a$	0.020 1/s
Velocità di riferimento ( $T_r=50$ anni)	$v_b = v_{b,0} + k_a * (a_s - a_0)$	25 m/s
Periodo di ritorno considerato	$T_R$	75 anni
	$\alpha_r$	1.02 -
Velocità di riferimento	$v_b$	25.6 m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25 kg/m <sup>3</sup>
pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.41 kN/m <sup>2</sup>
Classe di rugosità del terreno		D
Distanza dalla costa		
Altitudine sul livello del mare		< 500 m
Categoria di esposizione del sito	Cat	2

### Vento su impalcato

Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	13 m
parametri	$k_r$	0.19
parametri	$z_0$	0.05 m
parametri	$z_{min}$	4 m
parametri	$z_{max}$	200 m
Coefficiente di topografia	$c_t$	1
coefficiente di esposizione ( $z \leq z_{min}$ )	$c_e(z_{min})$	1.80 -
coefficiente di esposizione (z)	$c_e(z)$	2.52 -
Coefficiente di esposizione	$c_e$	2.52 -
Larghezza impalcato	b	13.7 m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7.83 m
Rapporto di forma	b/dtot	1.75 -
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.91 -

### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0.41 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di esposizione	$c_e$	2.52 -
Coefficiente di forza	cfx	1.91 -
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	7.83 -

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	29 di 86

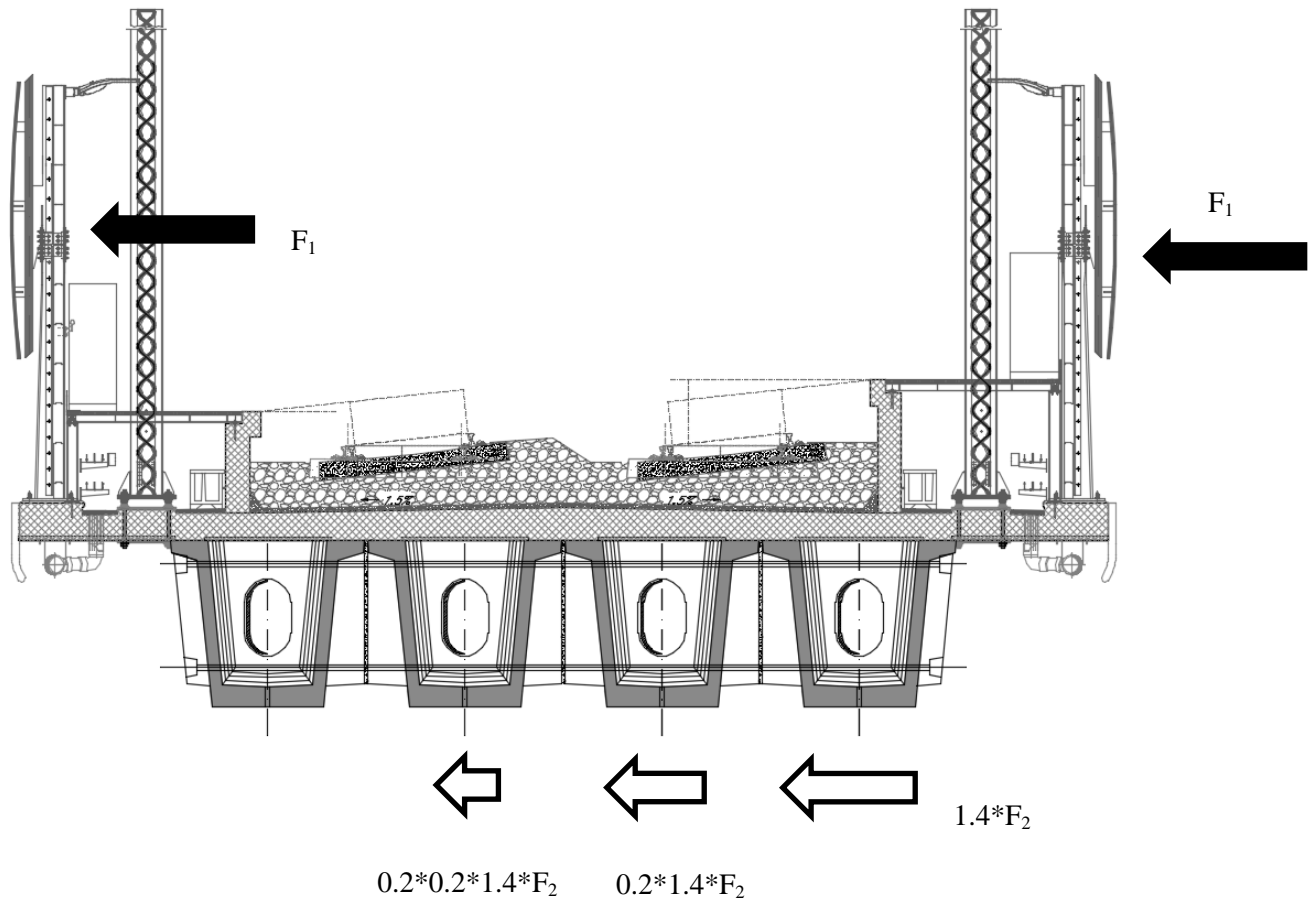
$$F_w = 0.41 \text{ kN/m}^2 * 2.52 = 1.033 \text{ kN/m}$$

L'azione del vento viene applicata considerando due distinte risultanti. La prima applicata a metà dell'altezza delle strutture dell'impalcato, la seconda a metà dell'altezza di barriera considerata, secondo lo schema riportato di seguito. Per semplicità di calcolo, è stata trascurata l'eccentricità della forza  $F_1$  rispetto al baricentro dell'impalcato.


$$F_1 = F_w * h_{\text{barriera+cordolo+soletta}} = 1.033 * 5.73 = 5.91 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_w * h_{\text{trave}} = 1.033 * 2.1 = 2.17 \text{ kN}$$

Il contributo dell'azione del vento incidente sulla prima trave è moltiplicato per un fattore 1.4 (travi isolate) in accordo con quanto descritto al punto "C3.3.10.4.1 Travi isolate" della Circolare Esplicativa 2 febbraio 2009, n. 617. Analogamente il contributo così calcolato viene considerato anche sulle rimanenti travi in una percentuale pari al 20% rispetto alla trave precedente, in direzione del vento incidente, considerata. Si trascura il contributo del vento della trave opposta alla direzione del vento incidente.




**Figura 21 – Schema di applicazione dell'azione del vento**

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampileri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>30 di 86</b>

## 6.8 Azione sismica (SX,SY,SZ)

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.

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>31 di 86</b>

## 7 SIMBOLOGIA E CONVENZIONI

Se non diversamente specificato, nel seguito le sollecitazioni e le tensioni rispondono ai seguenti simboli e convenzioni:

- Sollecitazioni
  - P = sforzo assiale
  - V2 = sforzo di taglio longitudinale
  - M3 = momento flettente longitudinale
  - V3 = sforzo di taglio trasversale
  - M2 = momento flettente trasversale
  - T = momento torcente

Le sollecitazioni sono espresse in kN,m e le tensioni in MPa.

## 8 ANALISI IMPALCATO

### 8.1 Modello di calcolo

E' stato realizzato un modello di calcolo agli elementi finiti con elementi tipo frame. Il modello costituisce il graticcio dell'impalcato realizzato con le quattro travi, i quattro traversi e gli elementi della soletta posti ad interasse 1m.

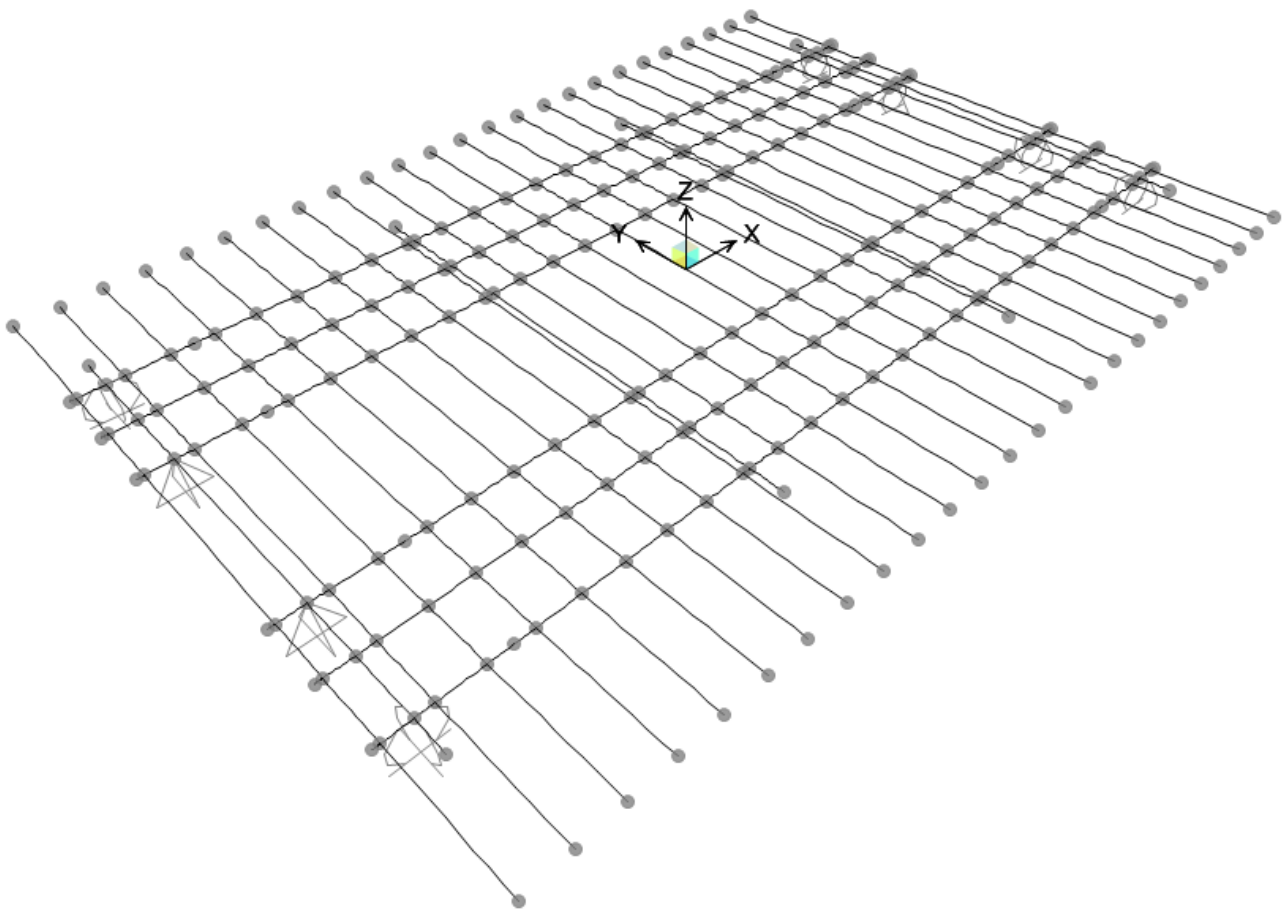


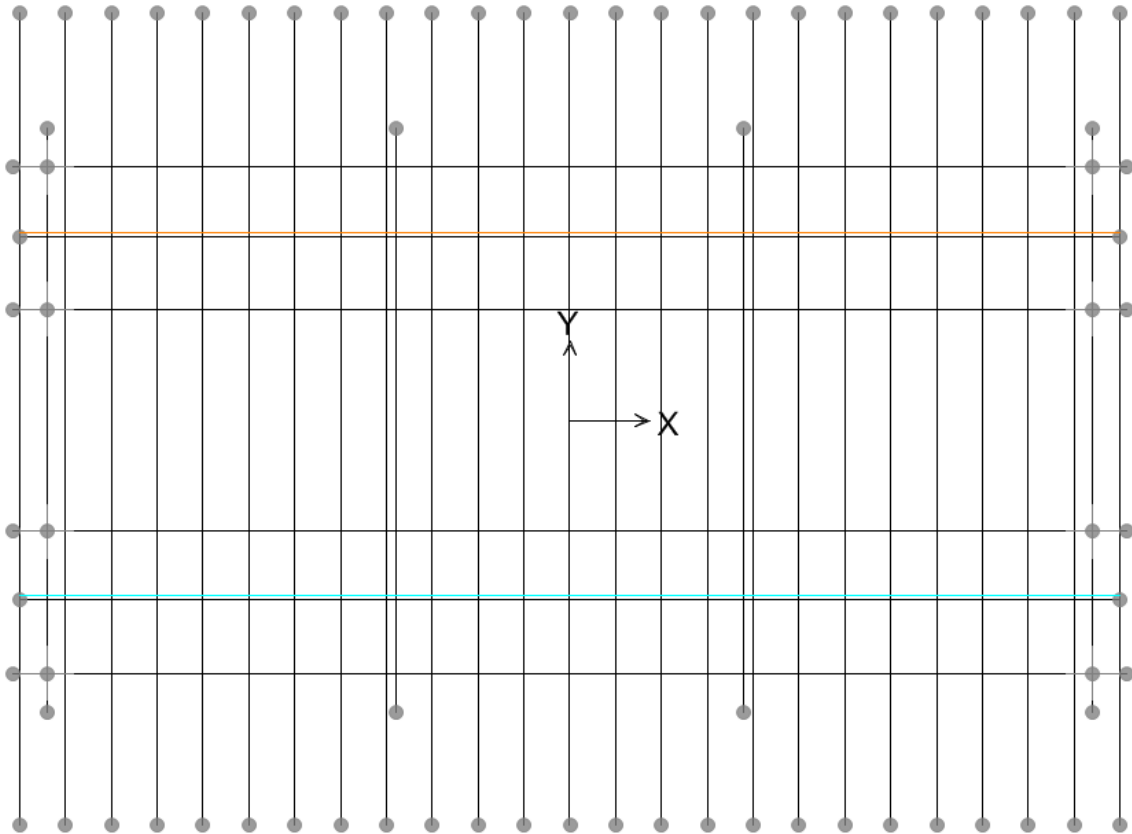
Figura 22 – Modello a graticcio



Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
*m*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	33 di 86

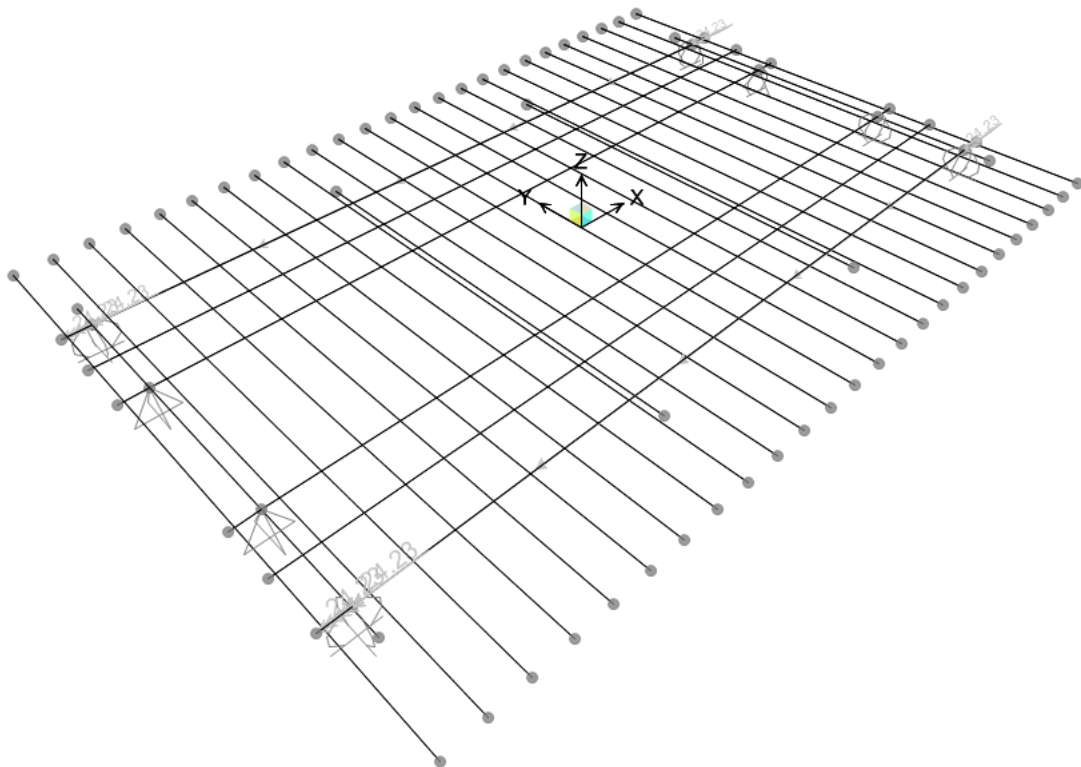
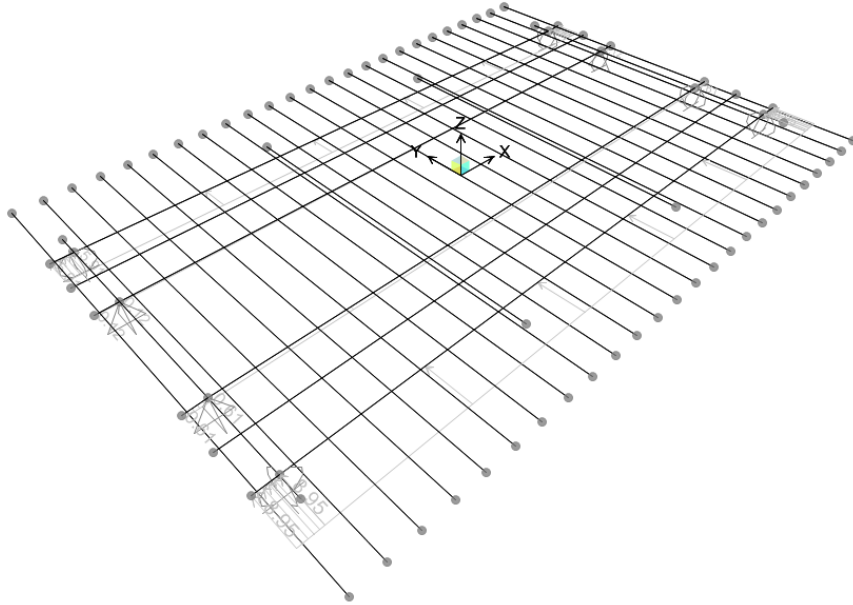
Si riportano le linee di applicazione del carico mobile.



Il vento è stato applicato come carichi e momenti uniformemente distribuiti sulle travi.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	34 di 86

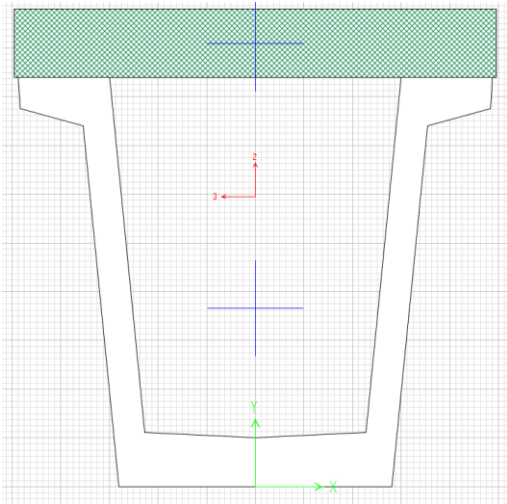


Di seguito si riportano le caratteristiche inerziali degli elementi. Come da prassi, agli elementi frame della soletta è stata dimezzata la rigidità torsionale.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

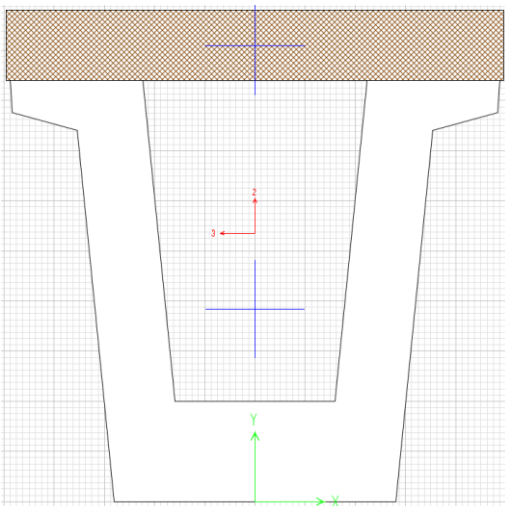
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	35 di 86

Sezione corrente



Property Data			
Section Name		C	
<b>Properties</b>			
Cross-section (axial) area	1.8909	Section modulus about 3 axis	0.9747
Moment of Inertia about 3 axis	1.4511	Section modulus about 2 axis	0.7561
Moment of Inertia about 2 axis	0.9375	Plastic modulus about 3 axis	1.339
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.0863
Shear area in 2 direction	0.8306	Radius of Gyration about 3 axis	0.876
Shear area in 3 direction	1.2362	Radius of Gyration about 2 axis	0.7041
Torsional constant	1.2966	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Sezione di testata



Property Data			
Section Name		A	
<b>Properties</b>			
Cross-section (axial) area	2.7707	Section modulus about 3 axis	1.3995
Moment of Inertia about 3 axis	1.8738	Section modulus about 2 axis	0.9444
Moment of Inertia about 2 axis	1.1711	Plastic modulus about 3 axis	1.8979
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.5129
Shear area in 2 direction	1.6944	Radius of Gyration about 3 axis	0.8224
Shear area in 3 direction	1.7564	Radius of Gyration about 2 axis	0.6501
Torsional constant	1.8321	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	36 di 86

*Caratteristiche dell'elemento di soletta  $B=1.00m$*

**Rectangular Section**

Section Name:  Display Color:

Section Notes:

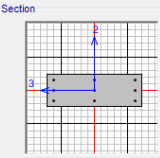
Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):

Material:

Property Modifiers:



**Property Data**

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.35	Section modulus about 3 axis	0.0204
Moment of Inertia about 3 axis	3.573E-03	Section modulus about 2 axis	0.0583
Moment of Inertia about 2 axis	0.0292	Plastic modulus about 3 axis	0.0306
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0875
Shear area in 2 direction	0.2917	Radius of Gyration about 3 axis	0.101
Shear area in 3 direction	0.2917	Radius of Gyration about 2 axis	0.2887
Torsional constant	0.0111	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

*Traversi intermedi*

**Rectangular Section**

Section Name:  Display Color:

Section Notes:

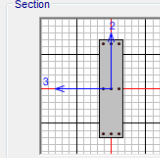
Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):

Material:

Property Modifiers:



**Property Data**

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.8099	Section modulus about 3 axis	0.2457
Moment of Inertia about 3 axis	0.2236	Section modulus about 2 axis	0.0601
Moment of Inertia about 2 axis	0.0134	Plastic modulus about 3 axis	0.3685
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0901
Shear area in 2 direction	0.6749	Radius of Gyration about 3 axis	0.5254
Shear area in 3 direction	0.6749	Radius of Gyration about 2 axis	0.1285
Torsional constant	0.0452	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	37 di 86

Traversi di testata

**Rectangular Section**

Section Name: T\_T      Display Color: ■

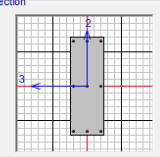
Section Notes:

**Dimensions**

Depth (t3): 1.82

Width (t2): 0.63

**Section**



**Material**: C32/40

**Property Modifiers**:

**Property Data**

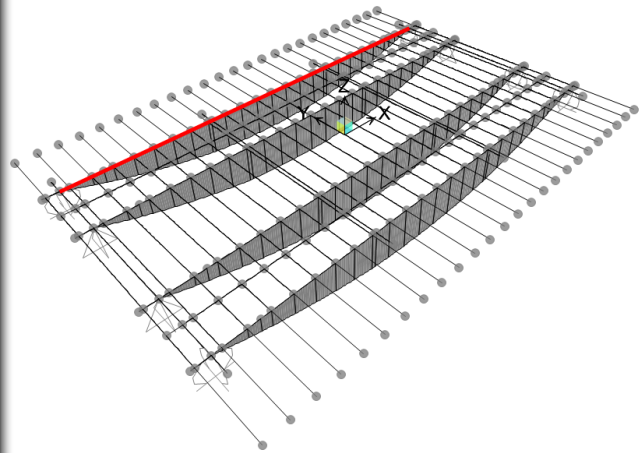
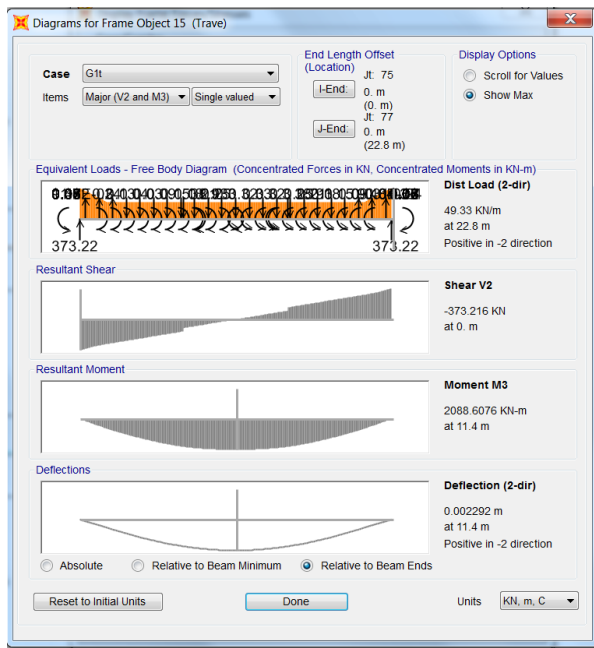
Section Name: T\_T

**Properties**

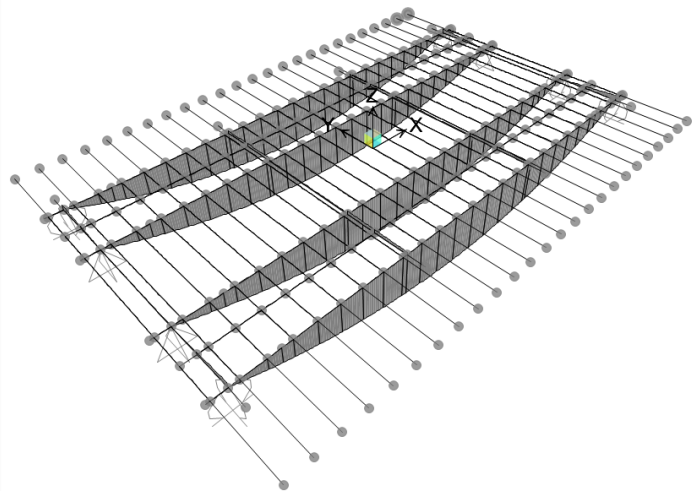
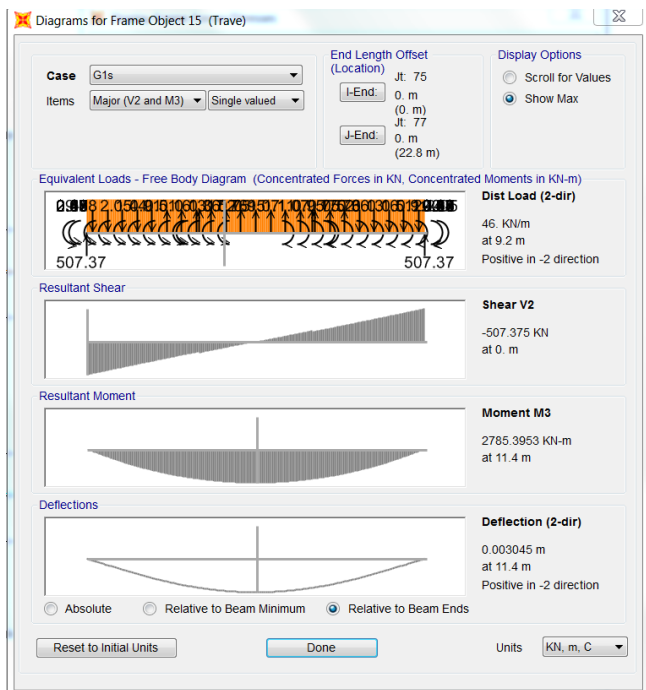
Cross-section (axial) area	1.1466	Section modulus about 3 axis	0.3478
Moment of Inertia about 3 axis	0.3165	Section modulus about 2 axis	0.1204
Moment of Inertia about 2 axis	0.0379	Plastic modulus about 3 axis	0.5217
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.1806
Shear area in 2 direction	0.9555	Radius of Gyration about 3 axis	0.5254
Shear area in 3 direction	0.9555	Radius of Gyration about 2 axis	0.1819
Torsional constant	0.1187	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

## 8.2 Sollecitazioni

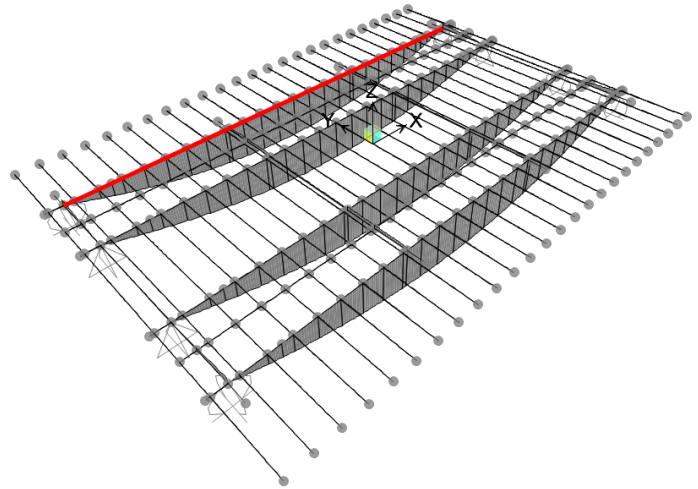
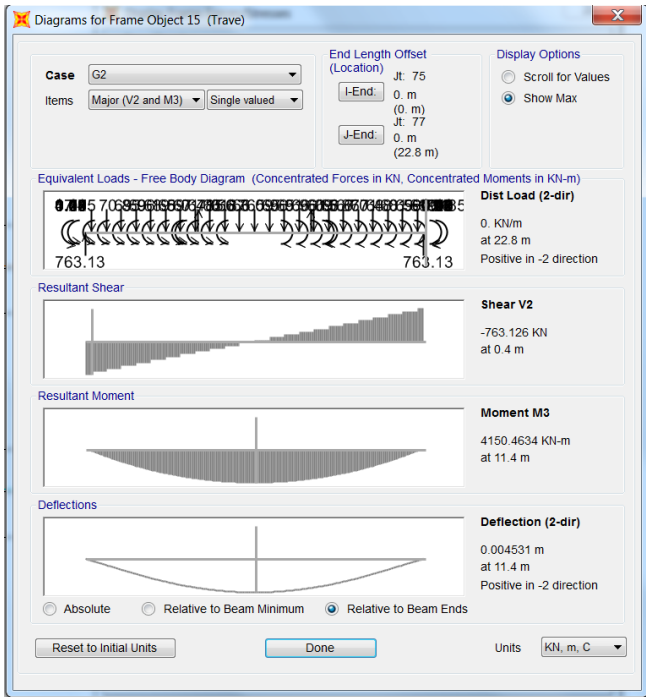
### Peso proprio (G1t)



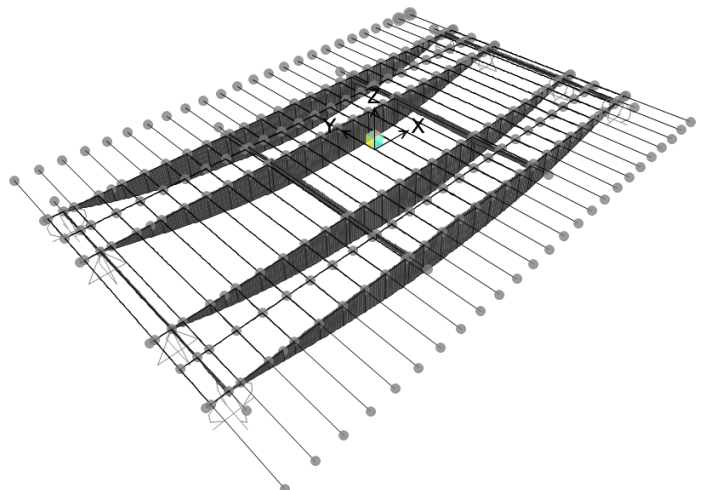
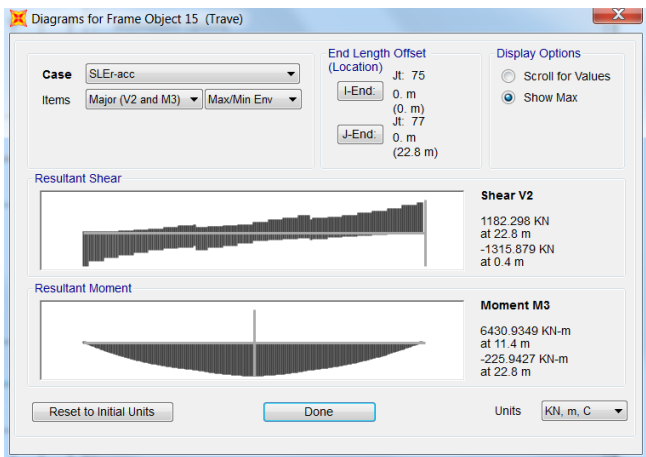
### Soletta (G1s)



Permanenti portati (G2)



Carichi accidentali – involuppo (SLer acc)



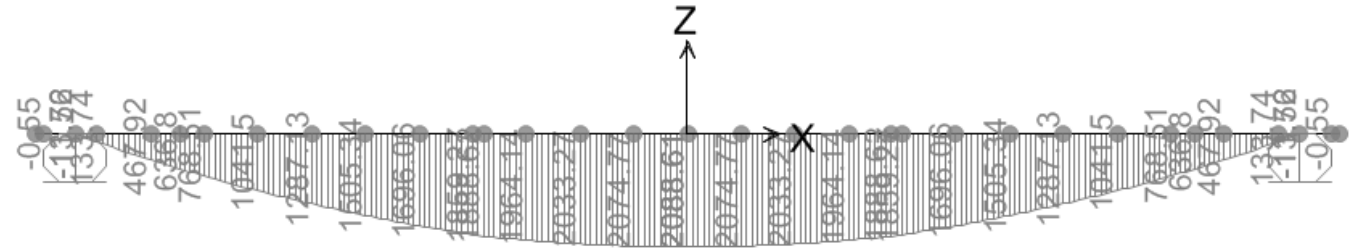
**Figura 23 – Sollecitazioni caratteristiche**

Nelle figure seguenti sono rappresentati i digrammi di momento e taglio sulla trave più sollecitata.

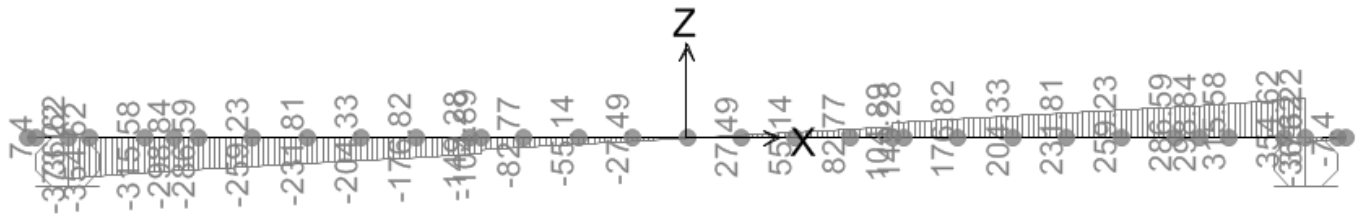
Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$  m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	40 di 86

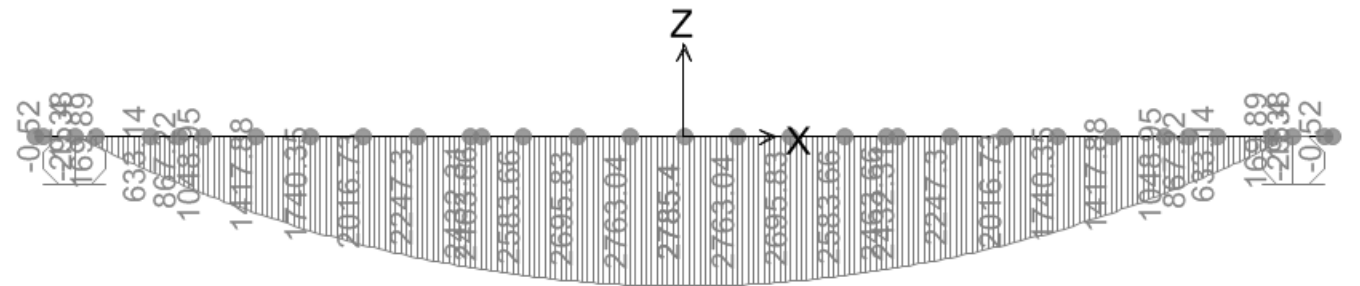
Glt



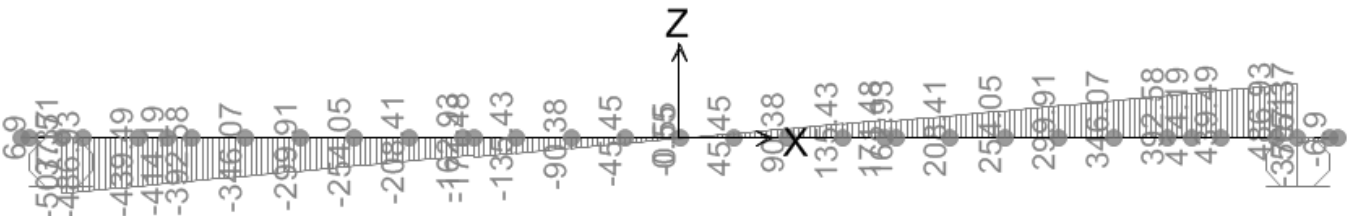
Gls



Gls



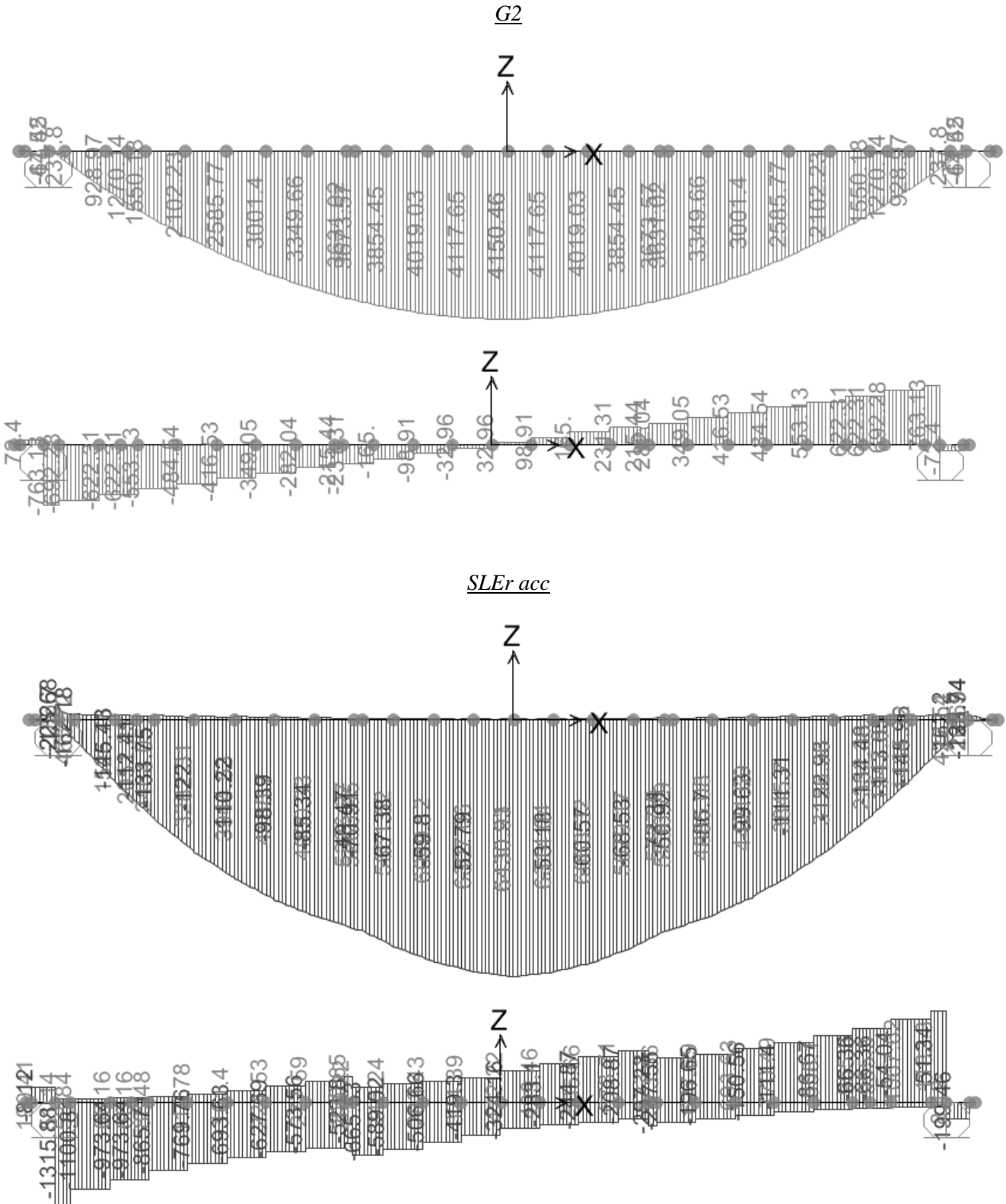
Gls






Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$  m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	41 di 86



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

### 8.3 Combinazioni

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:

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	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.

**Tabella 4 - Valutazione dei carichi da traffico (da “Istruzioni per la progettazione e l’esecuzione dei ponti 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:

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

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	43 di 86

- 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):


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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

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	Combinazione	Azione principale	G1_pp	G1_perm	P_Precompr	gr_traffico	Fw_Vento	Ritiro	Viscosità
SLU	A1STR_gr1	gr1	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2	gr2	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3	gr3	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Fw	Fw	1.35	1.5	1	1.16	1.5	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr1_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr2_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
SLU	A1STR_gr3_Tk	Tk	1.35	1.5	1	1.45	0.9	1.2	1.2
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1	gr1	1	1	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2	gr2	1	1	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3	gr3	1	1	1	1	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0.8	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Fw	Fw	1	1	1	0.8	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Fw	Fw	1	1	1	0.8	1	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0.8	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr2_Tk	Tk	1	1	1	0.8	0.6	1	1
RARA (Caratteristica)	RARA_gr3_Tk	Tk	1	1	1	0.8	0.6	1	1
FREQUENTE	FR_gr1	gr1	1	1	1	0.8	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr2	gr2	1	1	1	0.8	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr3	gr3	1	1	1	0.8	0	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Fw	Fw	1	1	1	0	0.5	1	1
FREQUENTE	FR_gr1_Tk	Tk	1	1	1	0	0	1	1
QP	QP_Tk	Tk	1	1	1	0	0	1	1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
	<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>

#### 8.4 Effetti globali sull'impalcato – Verifica tensionale trave in mezzeria

Per ogni fase sono verificate le tensioni ai lembi superiore ed inferiore della trave e, una volta che la soletta diventa collaborante, anche la tensione ai lembi superiore ed 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 nella Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 “Specificazione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” del 21 Dicembre 2011. I limiti tensionali considerati, tengono conto del livello di maturazione del cls, secondo quanto di seguito definito.

##### Fase 0 e 1:

- 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  $0.6 \times f_{ck}$
- test precompr. : si verifica che la tensione di trazione nell'armatura di precompressione non sia superiore al limite  $0.75 \times f_{pk}$

##### Fase 2 e 3:

- 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.
- 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 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  $0.75 \times f_{pk}$

Tali verifiche sono state effettuate in corrispondenza della sezione di seguito indicata.

- sezione corrente in mezzeria ( $x=12.15$  m), 72 trefoli

Oltre che per la geometria della sezione in c.a., le sezioni considerate differiscono anche per la precompressione agente.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	45 di 86

#### Materiali

	fck (MPa)	fc <sub>m</sub> (MPa)	fc <sub>fm</sub> (MPa)	Ec (MPa)
caratteristiche trave al rilascio trefoli	t=0 40	48	4.21	35 220
caratteristiche trave	t=inf 45	53	4.55	36 283
caratteristiche soletta	t=inf 32	40	3.63	33 346
modulo elastico	Ep = 195000.00 MPa			
resistenza a rottura	f <sub>ptk</sub> = 1860.00 MPa			
resistenza a snervamento	f <sub>p1k</sub> = 1670.00 MPa			
tensione iniziale	sigma-spi = 1350.00 MPa			
coef. di omogeneizzazione acciaio	n = 5.37			
caduta a 1000h	2.50 % di 0.75 f <sub>ptk</sub>			

#### Viscosità

umidità relativa	UR = 75%
tempo di applicazione della precompressione	t <sub>0</sub> = 7 giorni
calcolo perdite	1=somma; 2=interdipendenza EC

#### Normativa

	NTC - Istruz. FS
Compressione trave t=0	0.60
Compressione trave t=inf (G+P+Q)	0.55
Compressione trave t=inf (G+P)	-
Compressione soletta t=inf (G+P+Q)	0.55
Trazione trave t=0/t=inf	0.00
Trazione trave t=0	0.00
Trazione trave t=inf	0.00
Trazione soletta t=inf	0.00
coeff combinazione accidentale	1.00
coeff combinazione termica	0.60
coeff di viscosità	2.65
ritiro a tempo infinito (essiccamento x1000)	-0.23
ritiro a tempo infinito (autogenox1000)	-0.09
ritiro a tempo infinito (totalex1000)	-0.32

Nome geometria sezione	NS = - <b>E</b>
valida per distanza da asse appoggi (x)	x > m 2.000000
valida per distanza da asse appoggi (x)	x ≤ m 11.400000
Altezza	h1 = m 2.100000
Area	A1 = m <sup>2</sup> 1.093200
Baricentro dal lembo inferiore	y1i = m 0.915000
Momento statico rispetto lemb. inf	S1 = m <sup>3</sup> 1.000278
Momento di inerzia	I1 = m <sup>4</sup> 0.589900
Perimetro bagnato	u = m 11.846600
Dimensione fittizia	h0 = m 0.184559

#### Dati geometrici soletta

Spessore	ss = m 0.299500
Larghezza efficace	bs = m 3.100000
Area	As = m <sup>2</sup> 0.928450
Dist. baricentro lembo inferiore trave	yi = m 2.309750
Perimetro bagnato	u = m 3.100000
Dimensione fittizia	h0 = m 0.599000

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	46 di 86

numero trefoli

strato 1:	nt = -	14
strato 2:	nt = -	14
strato 3:	nt = -	12
strato 4:	nt = -	6
strato 5:	nt = -	4
strato 6:	nt = -	2
strato 7:	nt = -	2
strato 8:	nt = -	0
strato 9:	nt = -	0
strato 10:	nt = -	2
strato 11:	nt = -	2
strato 12:	nt = -	2
strato 13:	nt = -	2
strato 14:	nt = -	2
strato 15:	nt = -	2
strato 16:	nt = -	2
strato 17:	nt = -	2
strato 18:	nt = -	2
strato 19:	nt = -	
strato 20:	nt = -	
strato 21:	nt = -	
strato 22:	nt = -	

distanza da lembo inferiore trave

strato 1:	yi = m	0.06
strato 2:	yi = m	0.11
strato 3:	yi = m	0.16
strato 4:	yi = m	0.21
strato 5:	yi = m	0.26
strato 6:	yi = m	0.31
strato 7:	yi = m	0.36
strato 8:	yi = m	0.45
strato 9:	yi = m	0.51
strato 10:	yi = m	0.57
strato 11:	yi = m	0.63
strato 12:	yi = m	0.68
strato 13:	yi = m	0.73
strato 14:	yi = m	0.78
strato 15:	yi = m	0.83
strato 16:	yi = m	0.88
strato 17:	yi = m	0.93
strato 18:	yi = m	0.98
strato 19:	yi = m	1.03
strato 20:	yi = m	1.08
strato 21:	yi = m	1.13
strato 22:	yi = m	2.04

area singolo trefolo

strato 1:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 2:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 3:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 4:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 5:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 6:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 7:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 8:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 9:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 10:	At = mm <sup>2</sup>	140
strato 11:	At = mm <sup>3</sup>	140
strato 12:	At = mm <sup>4</sup>	140
strato 13:	At = mm <sup>5</sup>	140
strato 14:	At = mm <sup>6</sup>	140
strato 15:	At = mm <sup>7</sup>	140
strato 16:	At = mm <sup>8</sup>	140
strato 17:	At = mm <sup>9</sup>	140
strato 18:	At = mm <sup>10</sup>	140
strato 19:	At = mm <sup>11</sup>	140
strato 20:	At = mm <sup>12</sup>	140
strato 21:	At = mm <sup>12</sup>	140
strato 22:	At = mm <sup>12</sup>	140

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	47 di 86

## Analisi dei carichi trave.

Il momento del carico da traffico è stato calcolato con il modello a graticcio precedentemente descritto.

### SOLLECITAZIONI DI INPUT

Sezione n° **5**  
ascissa x = **11.40** m  
nome geometria sezione = **E -**  
luce calcolo = **22.80** m

	N (kN)	M (kNm)	c (-)	M*c (kNm)	p-eq (kN/ml)
O) Peso proprio trave	0	2 088	1.00	2 088	32.13
C) Getto soletta e trasversi	0	2 786	1.00	2 786	42.87
E) Sovraccarichi permanenti	0	4 150	1.00	4 150	63.87
H) Carichi accidentali	0	6 431	1.00	6 431	98.97
G) Ritiro diff. trave - soletta		10% ritiro totale	1.00	10%	
I) Termica diff. trave - soletta		-10.00 °C	0.60	-6.00	

### CALCOLO DI SEZIONI IN C.A.P. PRETESO

Definizione della simbologia adottata:

Altezza: h (m)  
Area: A (m<sup>2</sup>)  
Momenti statici: S (m<sup>3</sup>) (rispetto al lembo inferiore)  
Momenti d'inerzia: I (m<sup>4</sup>) (rispetto al baricentro della sezione)  
Distanze dal bar.: y (m) (positive verso il lembo inf.)  
Modulo di resist.: W (m<sup>3</sup>)  
Sforzo normale: N (kN) (positivo di trazione)  
Momento flettente: M (kNm) (positivo se tende il lembo inf.)

Nome lavoro:  
Titolo: ascissa x =11.400m

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED INERZIALI

#### 1) Caratteristiche sezione sola trave in calcestruzzo

	fck	fcm	Ec
fck al taglio dei trefoli=	40	48.00	35 220
fck finale=	45	53.00	36 283

I limiti tensionali sono quindi (valori in MPa):

	a tempo T=0	in esercizio
TRAVE - trazione	$f_{cm}/1.2 = 3.51$	$f_{cm}/1.2 = 3.80$
TRAVE - compressione	$-0.60 \cdot f_{ck} = -24.00$	$-0.55 \cdot f_{ck} = -24.75$
SOLETTA - compressione	-	$-0.55 \cdot f_{ck} = -17.60$
SOLETTA - trazione	-	$f_{cm}/1.2 = 3.02$

Sezione:	5		
h1=	2.100000 m	y1s del lembo superiore=	-1.185000 m
A1=	1.093200 m <sup>2</sup>	y1i del lembo inferiore=	0.915000 m
S1=	1.000278 m <sup>3</sup>	W1s=	-0.497806 m <sup>3</sup>
I1=	0.589900 m <sup>4</sup>	W1i=	0.644699 m <sup>3</sup>

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	48 di 86

**2) Armatura di precompressione a fili aderenti e andamento rettilineo**

modulo elastico =	195000.00 MPa	cadute a ore..	
resistenza a rottura: fptk =	1860.00 MPa	1000	2.50 % di 0.75 fptk
resistenza a snervamento: fp1k =	1670.00 MPa		
tensione iniziale: sigma-spi =	1350.00 MPa		
coef. di omogeneiz. Acciaio =	5.37		

	numero trefoli=	area 1 tref		
strato 1:	14	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.06 m
strato 2:	14	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.11 m
strato 3:	12	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.16 m
strato 4:	6	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.21 m
strato 5:	4	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.26 m
strato 6:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.31 m
strato 7:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.36 m
strato 8:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.45 m
strato 9:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.51 m
strato 10:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.57 m
strato 11:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.63 m
strato 12:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.68 m
strato 13:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.73 m
strato 14:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.78 m
strato 15:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.83 m
strato 16:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.88 m
strato 17:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.93 m
strato 18:	2	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	0.98 m
strato 19:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	1.03 m
strato 20:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	1.08 m
strato 21:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	1.13 m
strato 22:	0	0.0001400	dist. dal lembo inferiore =	2.04 m
Totale trefoli =				72
dis. baricentro dal lembo inf.				0.31 m

**4) Soletta collaborante**

fck =	32 MPa		
spessore =	0.299500 m		
larghezza efficace =	3.100000 m		
Area =	0.928450 m <sup>2</sup>		
dist. bar. risp. lembo inf. =	2.309750 m		
Momento d'inerzia bar. =	0.006940 m <sup>4</sup>		
	fck	fcm	Ec
fck trave =	45.00	53.00	36 283
fck soletta =	32.00	40.00	33 346
coeff. omogeneizzazione =			0.92

**5) Caratteristiche delle sezioni di verifica.**

**5.1) Caratteristiche sezione trave+trefoli aderenti:**

A2 =	1.137294 m <sup>2</sup>	y2s del lembo superiore =	-1.21 m
S2 =	1.013727 m <sup>3</sup>	y2i del lembo inferiore =	0.89 m
I2 =	0.609373 m <sup>4</sup>	e2t del baricentro trefoli =	0.59 m
W2s =	-0.504176 m <sup>3</sup>		
W2i =	0.683651 m <sup>3</sup>		
W2t =	1.039264 m <sup>3</sup>		

**5.2) Caratteristiche sezione trave+trefoli+soletta collaborante:**

A3 =	1.990578 m <sup>2</sup>	y3s del lembo superiore =	-0.60 m
S3 =	2.984600 m <sup>3</sup>	y3i del lembo inferiore =	1.50 m
I3 =	1.596561 m <sup>4</sup>	e3t del baricentro trefoli =	1.19 m
		e3ss del lembo sup. soletta =	-0.90 m
		e3si del lembo inf. Soletta =	-0.60 m
W3s =	-2.658114 m <sup>3</sup>		
W3i =	1.064826 m <sup>3</sup>		
W3t =	1.336746 m <sup>3</sup>		
W3ss =	-1.929931 m <sup>3</sup>		
W3si =	-2.892267 m <sup>3</sup>		



Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	49 di 86

**FASI DI CALCOLO DELLA SEZIONE**

**0) Precompressione iniziale a trefoli aderenti**

N = -13608.00 kN  
M = -7979.05 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = 3.86$  MPa  
 $\sigma_i = -23.64$  MPa  
 $\sigma_t = -19.64$  MPa

**0) Peso proprio trave**

M = 2088.00 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = -4.14$  MPa  
 $\sigma_i = 3.05$  MPa  
 $\sigma_t = 2.01$  MPa

**A) Peso proprio+prec**

Tensioni:	$\sigma_s =$	-0.28	MPa
	$\sigma_i =$	-20.58	MPa
	$\sigma_t =$	-17.63	MPa

**B) Cadute di tensione: fase 1 (trefoli aderenti)**

fck = 45.00      fcm Ec = 53.00 36283

**Rilassamento**

sigspi = 1350.00      fptk 1860.00  
ro1000 = 2.50 %  
mu=sigspi/fpk = 0.73  
t = 500 000  
Deltasigril/sigspi = 0.04       $\Delta\sigma_{pi}/\sigma_{pi} = 0,66 \rho_{1000} e^{9,14} (t/1000)^{0,75(1+4)}$  10<sup>-5</sup> per Classe 2  
Deltasigril = 59.06

**Viscosità**

Ac = 1.09 m<sup>2</sup>  
u = 11.85 m  
h0 = 184.56 mm  
UR = 75 %  
t0 = 7 giorni  
fi\_inf = 2.65 -

**Ritiro**

h0 = 184.56 mm  
kh = 0.87 -  
eps\_co(UR%,fck)\*1000 = -0.26 -  
eps\_cd,inf = -0.23 x1000  
eps\_ca,inf = -0.09 x1000  
eps\_cs,inf = -0.32 x1000  
rilassamento trefoli = 100 %  
ritiro = 40 %  
viscosità = 40 %  
Delta sig\_el = 97.63 MPa  
sigma\_spi = 1252.37 MPa  
perdite tot. per rilass. = 59.06 MPa  
coeff. di ritiro = 0.32 x1000  
perdite tot. per ritiro = 61.44 MPa  
coeff.di viscosità = 2.65 -  
perdite tot. per viscosità = 259.10 MPa  
perdite fase 1 = 187.28 MPa

(ad accorciamento elastico avvenuto)

N = 1887.74 kN  
M = 1106.88 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = -0.54$  MPa  
 $\sigma_i = 3.28$  MPa  
 $\sigma_t = 2.72$  MPa

Tensioni:	$\sigma_s =$	-0.82	MPa
	$\sigma_i =$	-17.30	MPa
	$\sigma_t =$	-14.91	MPa

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	50 di 86

**C) Getto soletta e trasversi**

M = 2786.00 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = -5.53$  MPa  
 $\sigma_i = 4.08$  MPa  
 $\sigma_t = 2.68$  MPa

Tensioni:	$\sigma_s =$	-6.34	MPa
	$\sigma_i =$	-13.23	MPa
	$\sigma_t =$	-12.23	MPa

**D) Cadute di tensione: fase 2**

ritiro = 30 %  
viscosità = 30 %

perdite tot. per ritiro = 61.44 MPa  
perdite tot. viscosità trefoli = 174.41 MPa

perdite fase 2: ai trefoli = **70.75** MPa

N = 713.21 kN  
M = 851.83 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = 0.04$  MPa  
 $\sigma_i = 1.16$  MPa  
 $\sigma_t = 1.00$  MPa  
 $\sigma_{ss} = -0.08$  MPa  
 $\sigma_{si} = 0.06$  MPa

Tensioni:	$\sigma_s =$	-6.30	MPa
	$\sigma_i =$	-12.07	MPa
	$\sigma_t =$	-11.23	MPa
	$\sigma_{ss} =$	-0.08	MPa
	$\sigma_{si} =$	0.06	MPa

**E) Sovraccarichi permanenti**

N = 0.00 kN  
M = 4150.00 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = -1.56$  MPa  
 $\sigma_i = 3.90$  MPa  
 $\sigma_t = 3.10$  MPa  
 $\sigma_{ss} = -2.15$  MPa  
 $\sigma_{si} = -1.43$  MPa

Tensioni:	$\sigma_s =$	-7.87	MPa
	$\sigma_i =$	-8.17	MPa
	$\sigma_t =$	-8.13	MPa
	$\sigma_{ss} =$	-2.23	MPa
	$\sigma_{si} =$	-1.37	MPa

**F) Cadute di tensione: fase 3**

ritiro = 30 %  
viscosità = 30 %

perdite tot. per ritiro = 61.44 MPa  
perdite tot. viscosità trefoli = 115.93 MPa

perdite fase 3: ai trefoli = **53.21** MPa

tensione finale ai trefoli = 941.13 MPa  
perdita applicata: trefoli = 53.21 MPa

<= 1336 MPa

N = 536.36 kN  
M = 640.61 kNm

Tensioni parziali:  $\sigma_s = 0.03$  MPa  
 $\sigma_i = 0.87$  MPa  
 $\sigma_t = 0.75$  MPa  
 $\sigma_{ss} = -0.06$  MPa  
 $\sigma_{si} = 0.05$  MPa

Tensioni:	$\sigma_s =$	-7.84	MPa
	$\sigma_i =$	-7.30	MPa
	$\sigma_t =$	-7.38	MPa
	$\sigma_{ss} =$	-2.30	MPa
	$\sigma_{si} =$	-1.32	MPa

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	51 di 86

**G) Ritiro diff. trave - soletta**

percentuale su ritiro totale = 10%  
eps\_c,diff = -0.032 x1000

N =  $e \cdot E_c \cdot A_c$  = 975.45 kN  
N = -975.45 kN  
M = 790.49 kNm

Trazione sulla sola soletta  
Compressione sulla sezione omogeneizzata  
Momento sulla sezione omogeneizzata

Tensioni parziali: sigma\_s = -0.79 MPa  
sigma\_i = 0.25 MPa  
sigma\_t = 0.10 MPa  
sigma\_ss = 0.15 MPa  
sigma\_si = 0.29 MPa

Tensioni:	sigma s =	-8.62 MPa
	sigma i =	-7.05 MPa
	sigma t =	-7.28 MPa
	sigma ss =	-2.14 MPa
	sigma si =	-1.04 MPa

**H) Carichi accidentali**

N = 0.00 kN  
M = 6431.00 kNm

Tensioni parziali: sigma\_s = -2.42 MPa  
sigma\_i = 6.04 MPa  
sigma\_t = 4.81 MPa  
sigma\_ss = -3.33 MPa  
sigma\_si = -2.22 MPa

Tensioni:	sigma s =	-11.04 MPa
	sigma i =	-1.01 MPa
	sigma t =	-2.47 MPa
	sigma ss =	-5.48 MPa
	sigma si =	-3.26 MPa

**I) Termica diff. trave - soletta**

Delta termico trave soletta = -6.00 °C  
coeff. di dilatazione termica = 0.000010 (°C)<sup>-1</sup>  
deformazione termica diff. = -0.060 x1000

negativo se soletta più calda rispetto alla trave

N =  $e \cdot E_c \cdot A_c$  = 1857.59 kN  
N = -1857.59 kN  
M = 1505.37 kNm

Trazione sulla sola soletta  
Compressione sulla sezione omogeneizzata  
Momento sulla sezione omogeneizzata

Tensioni parziali: sigma\_s = -1.50 MPa  
sigma\_i = 0.48 MPa  
sigma\_t = 0.19 MPa  
sigma\_ss = 0.29 MPa  
sigma\_si = 0.55 MPa

Tensioni:	sigma s =	-12.54 MPa
	sigma i =	-0.53 MPa
	sigma t =	-2.27 MPa
	sigma ss =	-5.19 MPa
	sigma si =	-2.71 MPa

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	52 di 86

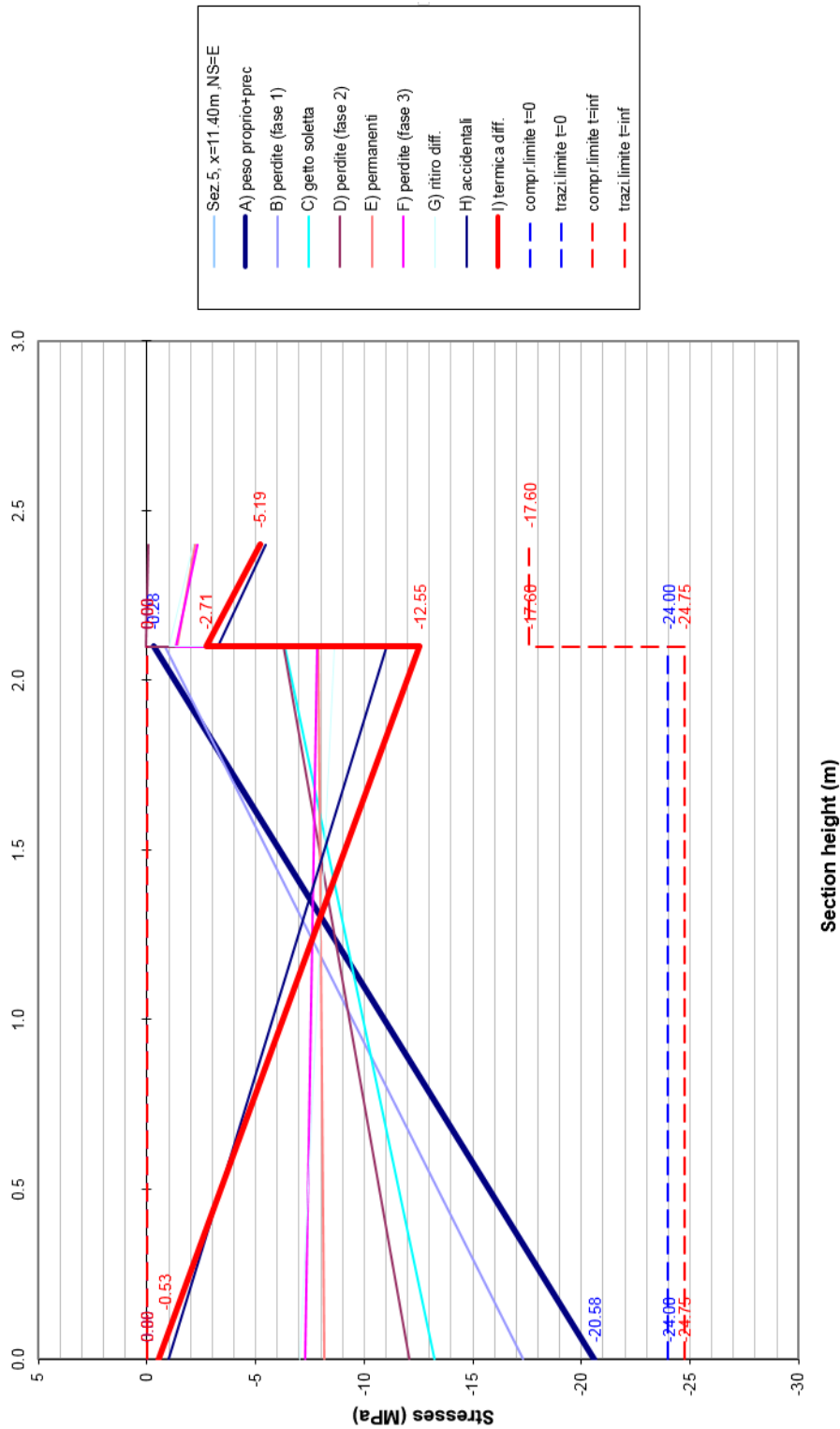
## Riepilogo


Tutte le tensioni rientrano all'interno dei limiti da normativa e pertanto la sezione è verificata.

Sezione n°5 - x=11.40m							
FASE	SOLLECITAZIONI PARZIALI (kN;kNm)			TENSIONI PARZIALI (MPa)			
	N	N	M	sigma_i	sigma_s	sigma_si	sigma_ss
O) precompressione		-13 608	-7 979	-23.64	3.86		
O) peso proprio trave			2 089	3.06	-4.14		
A) peso proprio+prec		-13 608	-5 890	-20.58	-0.28		
B) perdite (fase 1)		1 888	1 107	3.28	-0.54		
C) getto soletta			2 786	4.08	-5.53		
D) perdite (fase 2)		713	852	1.16	0.04	0.06	-0.08
E) permanenti			4 150	3.90	-1.56	-1.43	-2.15
F) perdite (fase 3)		536	641	0.87	0.03	0.05	-0.06
G) ritiro diff.	975	-975	790	0.25	-0.79	0.29	0.15
H) accidentali		0	6 430	6.04	-2.42	-2.22	-3.33
I) termica diff.	1 858	-1 858	1 505	0.48	-1.50	0.55	0.29
Sez.5, x=11.40m ,NS=E				<b>TENSIONI TOTALI (MPa)</b>			
FASE				sigma_i	sigma_s	sigma_si	sigma_ss
h(m)				0.00	2.10	2.10	2.40
A) peso proprio+prec				<b>-20.58</b>	<b>-0.28</b>		
B) perdite (fase 1)				-17.30	-0.82		
C) getto soletta				-13.23	-6.34		
D) perdite (fase 2)				-12.07	-6.31	0.06	-0.08
E) permanenti				-8.17	-7.87	-1.37	-2.23
F) perdite (fase 3)				-7.30	-7.84	-1.32	-2.30
G) ritiro diff.				-7.05	-8.63	-1.04	-2.14
H) accidentali				-1.01	-11.05	-3.26	-5.48
I) termica diff.				<b>-0.53</b>	-12.55	-2.71	-5.19
<b>LIMITI TENSIONALI</b>							
h(m)				0.00	2.10	2.10	2.40
compr.limite t=0				<b>-24.00</b>	-24.00		
trazi.limite t=0				0.00	<b>0.00</b>		
compr.limite t=inf				-24.75	-24.75	-17.60	-17.60
trazi.limite t=inf				<b>0.00</b>	0.00	0.00	0.00

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	53 di 86



 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampileri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>54 di 86</b>

## 8.5 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

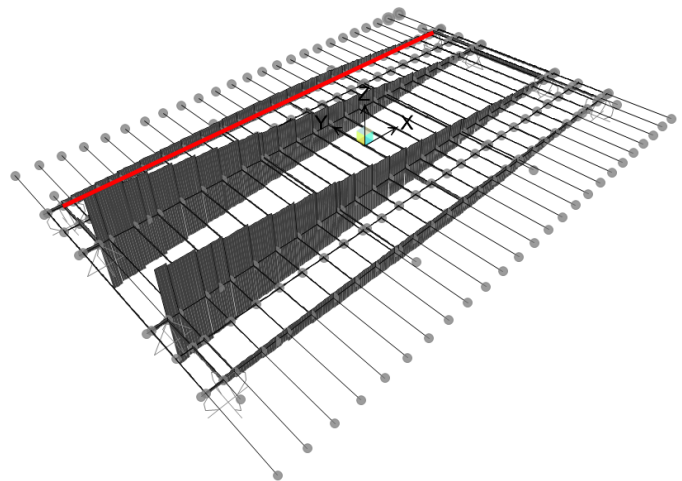
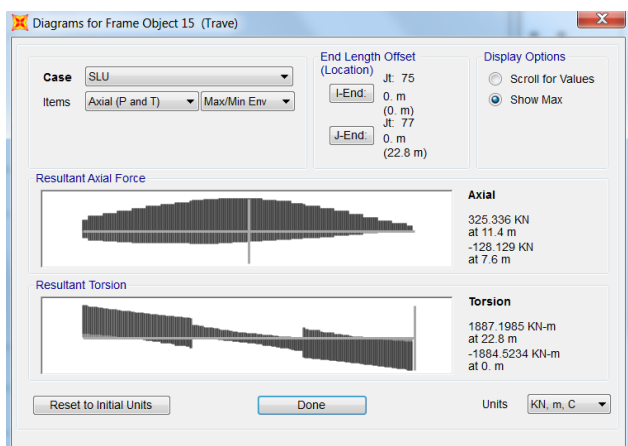
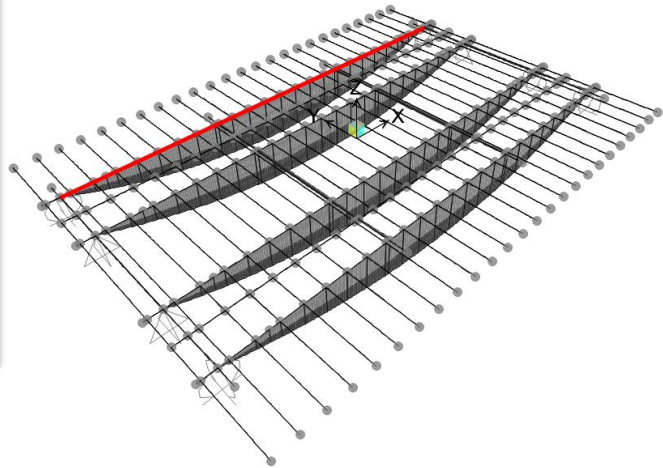
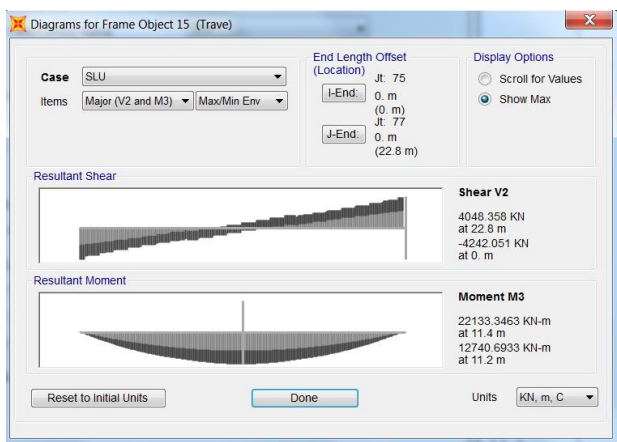
$$\frac{f_{ctm}}{1.2} = 3.16 \text{ MPa}$$

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.

## 8.6 Effetti globali sull'impalcato – Verifiche agli SLU

### 8.6.1 Sollecitazioni

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




$$M_{Ed,SLU} = 22133 \text{ kNm (mezzeria)}$$

$$V_{Ed,SLU} = 4049 \text{ kN (appoggio)}$$

$$N_{Ed,SLU} = 325 \text{ kN (mezzeria)}$$

$$T_{Ed,SLU} = 1835 \text{ kNm (appoggio)}$$

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>56 di 86</b>

Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito.

$$N_{\text{prec}} = \sigma_p \times A_p = 1350 \times 10080 / 1000 = 13608 \text{ kN}$$

$$M_{\text{prec}} = N_{\text{prec}} \times e_p = -13608 \times (0.92 - 0.31) = -8301 \text{ kN-m}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

$$M_{\text{Ed,SLU}} = 22133 - 8301 = 13832 \text{ kN-m}$$

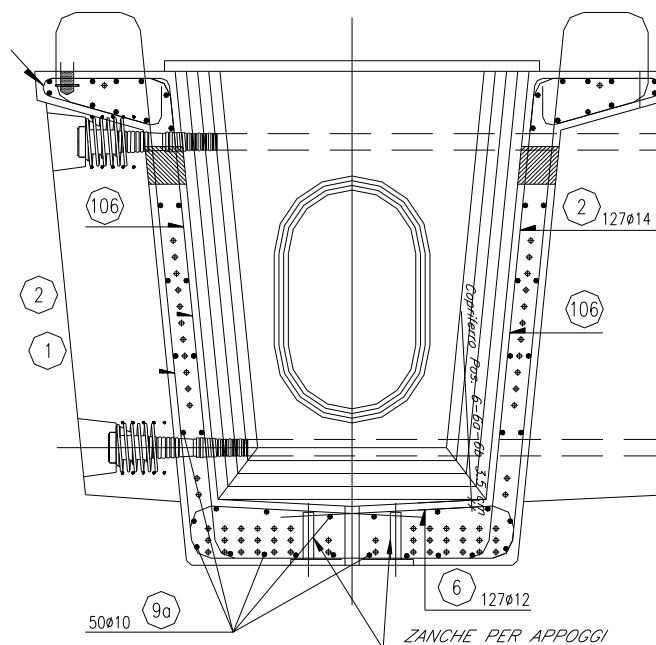
$$N_{\text{Ed,SLU}} = 13608 + 325 = 13933 \text{ kN}$$



### 8.6.2 Verifiche

#### Verifica a pressoflessione

Si riporta lo schema di armatura per la trave esterna (più sollecitata).



Si riporta di seguito la verifica allo SLU per presso-flessione retta della sezione di mezzeria della trave composta di bordo, ovvero la più sollecitata.

Si omettono per sintesi i risultati delle verifiche condotte considerando le fasi intermedie di costruzione.

Per semplicità l'armatura di precompressione è stata definita come cavo risultante. Il contributo dell'armatura lenta è stato trascurato.

Si riporta inoltre la verifica a taglio con le sollecitazioni di taglio e torsione massime (zona di appoggio) dedotte dai modelli di calcolo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: sezione mezzeria- vi06

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

Titolo: **sezione mezzeria**

N° Vertici: 22 Zoom N° barre: 1 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	100.8	0	31
2	-70	0				
3	-88.5	185				
4	-119.5	193.93				
5	-119.5	210				
6	-120	210				

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 13933 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 13832 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura: **Lato calcestruzzo - Acciaio elastico**

Materiali: **trefolo140 C45/55**

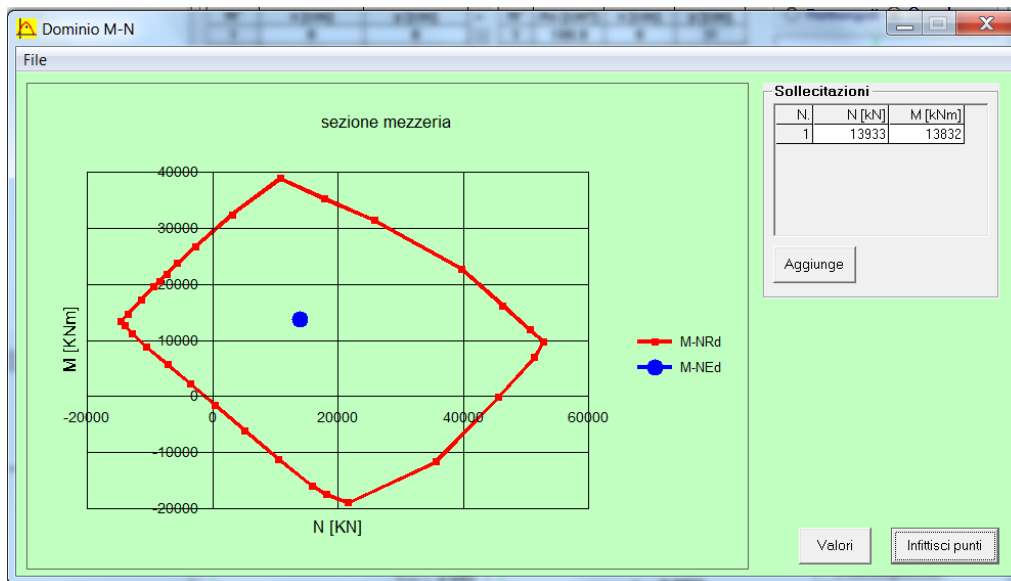
$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  1.452 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  25.5  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  7.26 ‰  $\sigma_{c,adm}$  16  
 $\sigma_{s,adm}$  0 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.9333  
 $\tau_{c1}$  2.543

M<sub>xRd</sub> 37 319 kNm  
 $\sigma_c$  -25.5 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  1 221 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  6.104 ‰  
d 214 cm  
x 77.99 x/d 0.3644  
 $\delta$  0.8955

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

Tipo flessione:  Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso



### Verifica a Taglio

$V_{Ed}$	4242	kN	Taglio SLU agente sulla sezione
$T_{Ed}$	1887	kNm	Torsione SLU agente sulla sezione
<b>Verifica a taglio - NTC08 par #4.1.2.1.3.2</b>			
$f_{ck}$	45	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
$f_{cd}$	25.50	MPa	Resistenza cilindrica di progetto
$f_{yk}$	450.00		tensione caratteristica di snervamento
$f_{yd}$	391.3	MPa	tensione caratteristica di progetto
Inc.staffe	90.0	°	Disposizione armatura trasversale taglio
$\Phi_{staffe}$	<b>14</b>	mm	
n.bracci	<b>4</b>	[-]	
$S_{staffe}$	<b>125</b>	mm	
$A_{sw}$	616	mm <sup>2</sup>	
$h_{anima}$	2450	mm	altezza sezione
$b_{w,sp\ anima}$	348	mm	larghezza minima sezione
c	50	mm	copriferro
$d=h-c$	2400	mm	altezza sezione
<b>Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</b>			
$n_{barre\ arm\ long}$	70	[-]	Disposizione armatura longitudinale
$\Phi_{arm, long}$	12	mm	
$A_{sl}$	7917	mm <sup>2</sup>	
k	1.289	[-]	
$\rho_l$	0.0095	[-]	
$V_{Rd}'$	350	[kN]	
$v_{min} * b_w * d$	287	[kN]	
<b><math>V_{Rd, anima}</math></b>	<b>350</b>	<b>[kN]</b>	NTC08 4.1.2.1.3.1
<b><math>V_{Ed, anima}</math></b>	<b>2121</b>	<b>[kN]</b>	<b>Occorre <math>A_{sw}</math> a taglio</b>
$1 \leq ctg\ \theta \leq 2,5$			NTC08 4.1.2.1.3.2
$V_{Rsd}$ "taglio trazione"			
$A_{sw}/s$	4.926	mm <sup>2</sup> /mm	Armatura trasversale a taglio
cot $\theta$	1.000	[-]	
$V_{Rds}$	4164	[kN]	NTC08 (4.1.18)
$V_{Rdc}$	4792	[kN]	NTC08 (4.1.19)
$V_{Rd, anima}$	4164	[kN]	
<b><math>V_{Ed, anima}</math></b>	<b>2121</b>	<b>[kN]</b>	$V_{Ed, anima} = V_{Ed, sez}/2$
<b>FS</b>	<b>1.96</b>	<b>[-]</b>	
$V_{Rd, sezione}$	8327	[kN]	$V_{Rd, sezione} = 2 * V_{Rd, anima}$ (x verific. NTC08 4.1.32)

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	60 di 86

Verifica a Torsione

Verifica a torsione		
$0.4 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$		NTC08 (4.1.30)
cot $\theta_{\text{ottimale}}$	1.0 [-]	
Inc.staffe	90.0 °	
$\Phi_{\text{staffe}}$	14 mm	Armatura trasversale a torsione
n.bracci	2 [-]	
$S_{\text{staffe}}$	125 mm	
$A_{sw}$	308 mm <sup>2</sup>	
um	6.675 m	perimetro medio sezione cava
$A_c$	2.6376 m <sup>2</sup>	Area all'interno del perimetro medio
t	348 mm	sp.sezione cava (min sp. Ala/anima)
$T_{Rcd}$	11703 kNm	NTC08 (4.1.27)
$T_{Rsd}$	5084 kNm	NTC08 (4.1.28)
$T_{Rld}$	2448 kNm	NTC08 (4.1.29)
$T_{Rd}$	2448 kNm	NTC08 (4.1.31)
$T_{Ed}$	1887 kNm	
<b>FS</b>	<b>1.30</b>	

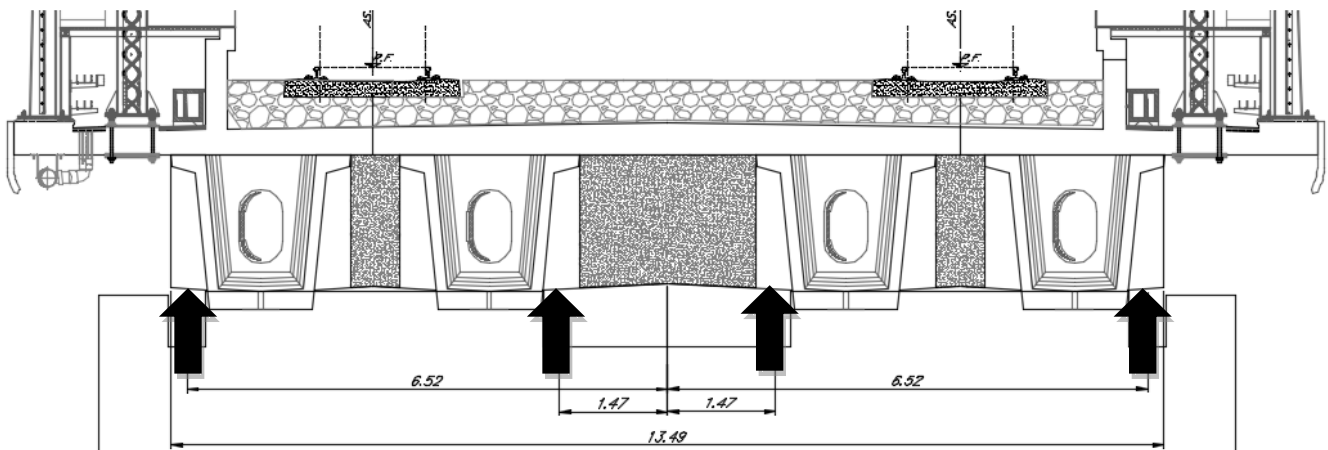
Verifica a Torsione e Taglio

Sollecitazioni composte - Torsione e Taglio		
Verifica crisi lato calcestruzzo		
$\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rcd}} \leq 1$		NTC08 (4.1.32)
1887	+	4242
11703		8327
<b>0.671</b>		
0.161	+	0.509

## 8.7 Traversi – Verifiche Tensionali agli SLE

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza per i traversi. Si considera solamente il traverso di testata, nella condizione di sollevamento che è la più gravosa per questo elemento strutturale. Tale scenario è stato considerato come condizione eccezionale.

Per le analisi delle sollecitazioni si considera il seguente schema di posizionamento dei martinetti di sollevamento, ipotizzati in numero di 4 per fila, localizzati sotto il traverso.



Si riportano di seguito le caratteristiche principali del traverso:

Altezza: 1.80 m

Spessore soletta: 0.35 m

Spessore minimo: 0.35 m

Precompressione superiore: 1 cavo da 9 trefoli da 0.6''

Distanza cavo superiore da estradosso traverso: 0.3 m

Precompressione inferiore: 1 cavo da 7 trefoli da 0.6''

Distanza cavo inferiore da estradosso traverso: 1.6 m

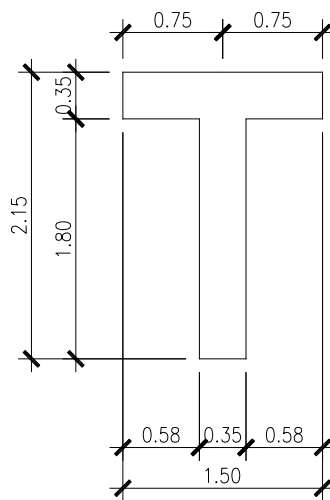
Si riportano di seguito le verifiche relative alle seguenti fasi:

- T=0
- T=∞
- Esercizio

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	62 di 86

Nelle fasi  $T=0$  e  $T=\infty$  si considera la sola porzione del traverso composta dal prefabbricato. In esercizio si considera anche il contributo della soletta. Nella figura seguente è riportata la geometria della sezione considerata in fase di esercizio. La verifica della sezione di traverso forata non viene considerata in fase di esercizio, in quanto lo scenario di progetto (sollevamento con martinetti) comporta sollecitazioni non significative nelle zone interne alle travi in c.a.p.



*Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$  m*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	63 di 86

h traverso	1800	mm	
Sp. Traverso	350	mm	
Sp. Soletta	350	mm	
<b>Verifica Traverso T=0</b>			
<b>Geometria</b>			
$A_{sez.piena}$	630000	mm <sup>2</sup>	area sezione piena
$W_{sup}$	189000000	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore
$W_{inf}$	189000000	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore
$A_{sez.cava}$	287000	mm <sup>2</sup>	area sezione cava
$W_{sup}$	170134639	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore
$W_{inf}$	141260163	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore
$\sigma_{p0}$	1300	MPa	tensione cavi
$A_{trefoli}$	140	mm <sup>2</sup>	area trefolo
$n_{trefoli,sup}$	9	-	numero trefoli cavo sup
$n_{trefoli,inf}$	7	-	numero trefoli cavo inf
$A_{cavo,sup}$	1260	mm <sup>2</sup>	Area cavo sup
$A_{cavo,inf}$	980	mm <sup>2</sup>	Area cavo inf
$N_{cavo,sup}$	1638	kN	tiro cavo sup
$N_{cavo,inf}$	1274	kN	tiro cavo inf
$e_{cavo,sup}$	610	mm	eccentricità cavo sup (>0)
$e_{cavo,inf}$	-710	mm	eccentricità cavo inf (<0)
<b>Sollecitazioni a T=0</b>			
N	2912	kN	N di precompressione totale
M	94.64	kNm	M di precompressione totale
$M_{est}$	0	kNm	M di precompressione esterno
<b>Tensioni a T=0</b>			
sezione piena			
$\sigma_{c,sup}$	5.12	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{c,inf}$	4.12	MPa	tensione lembo inf.
sezione cava			
$\sigma_{c,sup}$	10.70	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{c,inf}$	10.82	MPa	tensione lembo inf.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
 m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	64 di 86

<b>Verifica Traverso T=00</b>			
<b>Geometria</b>			
$A_{sez.piena}$	630000	mm <sup>2</sup>	area sezione piena
$W_{sup}$	189000000	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore
$W_{inf}$	189000000	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore
<b>Sezione cava</b>			
$A_{sez.cava}$	287000	mm <sup>2</sup>	area sezione cava
$W_{sup}$	170134639	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore
$W_{inf}$	141260163	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore
$\sigma_{p0}$	1105	MPa	tensione cavi
$A_{trefoli}$	140	mm <sup>2</sup>	area trefolo
$n_{trefoli,sup}$	9	-	numero trefoli cavo sup
$n_{trefoli,inf}$	7	-	numero trefoli cavo inf
$A_{cavo,sup}$	1260	mm <sup>2</sup>	Area cavo sup
$A_{cavo,inf}$	980	mm <sup>2</sup>	Area cavo inf
$N_{cavo,sup}$	1392.3	kN	tiro cavo sup
$N_{cavo,inf}$	1082.9	kN	tiro cavo inf
$e_{cavo,sup}$	610	mm	eccentricità cavo sup (>0)
$e_{cavo,inf}$	-710	mm	eccentricità cavo inf (<0)
<b>Sollecitazioni a T=∞</b>			
N	2475.2	kN	N di precompressione totale
M	80.444	kNm	M di precompressione totale
$M_{est}$	0	kNm	M esterno
<b>Tensioni a T=∞</b>			
sezione piena			
$\sigma_{c,sup}$	4.35	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{c,inf}$	3.50	MPa	tensione lembo inf.
sezione cava			
$\sigma_{c,sup}$	9.10	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{c,inf}$	9.19	MPa	tensione lembo inf.

Le verifiche risultano soddisfatte.




Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	65 di 86

<b>Verifica Traverso <math>M_{est}</math></b>			
h traverso	1800	mm	
Sp. Traverso	350	mm	
Sp. Soletta	350	mm	
Largh. Soletta	1500	mm	
<b>Geometria</b>			
$A_{sez.piena}$	1155000	mm <sup>2</sup>	area sezione piena
$W_{sup,sol}$	665055586.3	mm <sup>3</sup>	
$W_{sup}$	1230822875	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza superiore
$W_{inf}$	364681405.4	mm <sup>3</sup>	modulo di resistenza inferiore
<b>Sollecitazioni a T=0</b>			
N	0	kN	N di precompressione totale
M	0	kNm	M di precompressione totale
$M_{est}$	-1163	kNm	M esterno
<b>Tensioni</b>			
sezione piena			
$\sigma_{c,sup,sol}$	-1.749	MPa	tensione lembo sup.soletta
$\sigma_{c,sup}$	-0.945	MPa	tensione lembo sup.
$\sigma_{c,inf}$	-3.189	MPa	tensione lembo inf.
Le tensioni totali sono le seguenti.			
$\sigma_{c,sup,sol}$			= -1.749 (trazione)
$\sigma_{c,sup}$	4.35 +	-0.945	= 3.410 (compressione)
$\sigma_{c,inf}$	9.19 +	-3.189	= 6.005 (compressione)

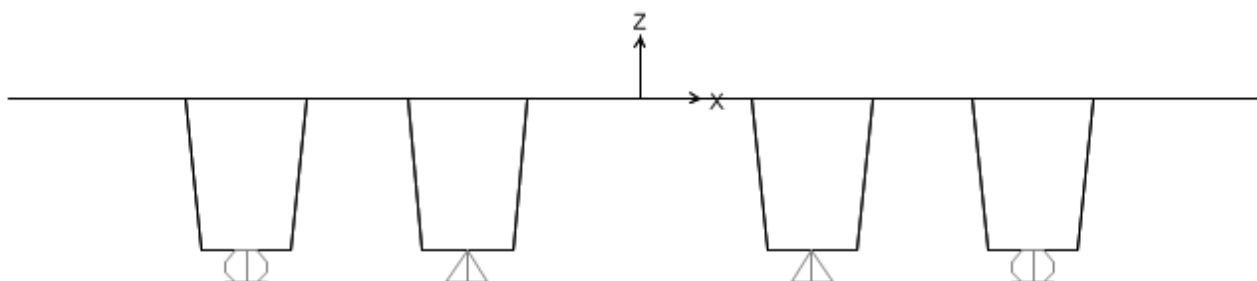
Le verifiche risultano soddisfatte.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>66 di 86</b>

## 9 EFFETTI LOCALI SULL'IMPALCATO – MODELLO TRASVERSALE E VERIFICA SOLETTA

La valutazione degli effetti locali prodotti dalle azioni di progetto è stata effettuata mediante un modello a telaio, riferito ad una striscia di impalcato avente larghezza pari a 1 m. Il modello riproduce la geometria e la rigidezza degli elementi che costituiscono l'impalcato nella sua sezione corrente. Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.

Di seguito si riporta una vista del modello di calcolo.



### 9.1 Analisi dei carichi

Per l'analisi dei carichi elementari si rimanda al Capitolo 6. Di seguito si riporta l'analisi delle azioni considerate e applicate al modello di calcolo per l'analisi degli effetti locali trasversali sull'impalcato.

#### 9.1.1 *Peso proprio soletta (G1s)*

Il peso proprio delle strutture viene considerato automaticamente dal software di calcolo utilizzato. Il carico della soletta viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc e uno spessore pari a 35cm.

#### 9.1.2 *Pesi permanenti portati (G2)*

In accordo con i carichi precedentemente adottati per il modello globale, si riportano qui i valori per il modello trasversale ( $B=1.00m$ ), schematizzati come carichi concentrati (muri banchina, cordoli, velette, canalette, barriere) e come distribuiti (ballast+impermeab.sottoballast + armamento, impermeabilizzazioni marciapiedi, Telaio FFPP, impianti) coerentemente alle posizioni della sezione trasversale reale di larghezza massima pari a 17.70m in corrispondenza della pila P12.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	67 di 86

Permanenti portati	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	$\rho$		Peso
				$r$	$r$	$r$	$r$		
Muri banchina FFPP	2			0.4		0.8000	25		20.0
Cordolo in sx	1	0.14	0.82			0.1148	25		2.9
Cordolo in dx	1	0.14	0.82			0.1148	25		2.9
Velette	2			0.09		0.1800	25		4.5
Ballast+ impermab. sottoballast + armamento	1	0.8	11.92			9.5360	18		171.65
Canalette	2			0.085		0.1700	25		4.25
Impermeabilizzazione marciapiedi	2	0.05	1.78			0.1780	20		3.6
Barriere antirumore	2	1	4			8.0000	4		32.0
Telaio FFPP	2					2.0000	1.5		3.0
Impianti	2					2.0000	1.5		3.0

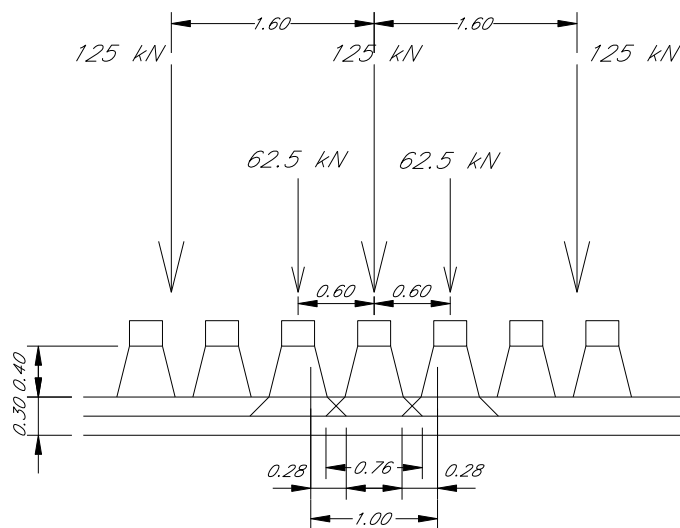
### 9.1.3 Carichi verticali da traffico

Si considera il treno di carico LM71, che è il carico più gravoso.


$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 (\text{coefficiente di adattamento})$$

Nella seguente figura è indicata la distribuzione longitudinale dei carichi assiali  $Q_{vk}$  nell'ipotesi di ripartizione nel ballast 4:1 e nella soletta 1:1 ipotizzata ad altezza costante e pari a 0.30 m.



$$Q'_{vk} = (125 + 62.5 \times 2 \times 0.28 / 0.76) / 1.00 = 171.1 \text{ kN/m}$$

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi B<sub>max</sub> = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>68 di 86</b>

Coerentemente alle NTC2008 e alla ex-Istruzione Ferroviaria, per gli effetti locali il coefficiente dinamico  $\phi_3$  è calcolato sulla base di una lunghezza  $L_\phi$  presa, per “solette superiori di impalcato a sezione scatolare o graticcio di travi) pari a “3 volte la luce della soletta”

$$L_\phi = 3 * 1.5 = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{da cui } \phi_3 = 1.854$$

Il carico appena calcolato si ripartisce trasversalmente per una larghezza valutata, a vantaggio di sicurezza, trascurando lo spessore strutturale della soletta. Tale larghezza è pari a 2.60 m. Il carico sul modellom moltiplicato per  $\alpha$  e per  $\phi_3$  è quindi pari a:

$$q_{vk} = 1.1 * 1.854 * 171.1 / 2.60 = 134.2 \text{ kN/mq}$$

Sono state considerate tre diverse posizioni del carico, corrispondenti alla posizione centrata e a quelle con massima eccentricità. Di seguito si calcolano le distanze dall'asse del ponte per i tre casi.

$$d_0 = (4.00/2 + 0.06 + 0.08) = 2.14 \text{ m}$$

$$d_1 = (4.00/2) = 2.00 \text{ m}$$

$$d_2 = (4.00/2 - 0.06 - 0.08) = 1.86 \text{ m}$$

con

- 4.00m                      interasse binari
- 0.06m                    scostamento in pianta per effetto della curvatura del tracciato e della pendenza del ballast
- 0.08 = s/18              eccentricità treni tipo LM71

### **9.1.4 Carichi sui marciapiedi**


Vedi paragrafo 6.4.2

### **9.1.5 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.

Considerando il carico tipo 3 del precedente paragrafo 6.4.3 e considerando la stessa legge di ripartizione utilizzata per i carichi verticali concentrati si ottiene la seguente azione orizzontale.

$$q_{vk} = 160^2 / (127 \times 1300) \times 1.1 \times 171.1 / 2.60 = 11.22 \text{ kN/mq}$$

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>69 di 86</b>

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.

Considerando un sovrizzo di 0.105 cm e un distanza PF-Estradosso soletta pari a 0.90 m si ottiene la quota di applicazione dell'azione centrifuga rispetto al piano medio della soletta:

$$h_t = 1.80 + (.375/2) + (0.105/2) + 0.90 = 2.94 \approx 3.00 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 11.22 \times 3.00 = 33.66 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{\max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 33.66 / (2.60^2) = 29.88 \text{ kN/m}$$

### 9.1.6 Serpeggio

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. Si considera una larghezza di diffusione pari a 1.96 m.

$$q_{vk} = 1.1 \times 100 / 1.96 = 56.12 \text{ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_t = + (.35/2) + (0.105/2) + 0.90 = 1.13 \text{ m}$$

Il momento da applicare al modello è pari a

$$M_t = 56.12 \times 1.13 = 63.42 \text{ kN-m/m}$$

Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza b di applicazione del carico è calcolata di seguito.


$$q_{\max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 63.42 / (2.60^2) = 56.29 \text{ kN/m}$$

### 9.1.7 Avviamento e frenatura

Si trascurano gli effetti delle azioni di avviamento e frenatura.

### 9.1.8 Azioni dinamiche

Vedi paragrafo 6.5.

	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>70 di 86</b>

### 9.1.9 Azioni dovute al deragliament

Vedi paragrafo 6.6.

### 9.1.10 Vento

Si assume una pressione uniforme agente lateralmente pari a 2.50 kN/mq.

#### Vento a struttura carica

Si applicano le seguenti azioni sulla struttura.

$$F = 2.50 \times 4.00 = 10.0 \text{ kN/m}$$

La quota di applicazione dell'azione rispetto al piano medio della soletta è pari a:

$$h_w = 4.0/2 + (0.375/2) + (0.105/2) + 0.90 = 3.14 \text{ m}$$

$$M = 10.0 \times 3.14 = 31.4 \text{ kN-m/m}$$


Tale momento viene applicato al modello come distribuzione a farfalla di carichi verticali. Le tensioni massime alle estremità della larghezza  $b$  di applicazione del carico è calcolata di seguito.

$$q_{\max} = 6 \times M_t / (b \times b) = 6 \times 31.4 / (2.60^2) = 27.87 \text{ kN/m}$$

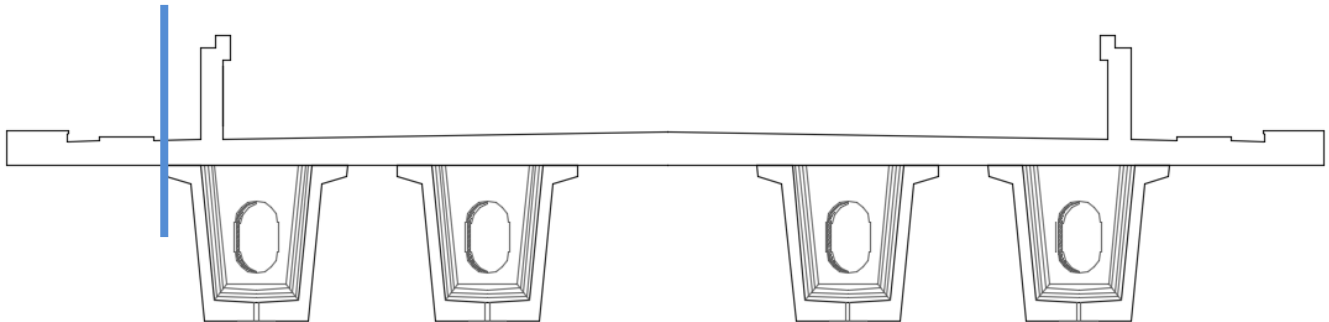
## 9.2 Verifiche SLU e SLE

Si riporta di seguito la verifica a flessione 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.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampileri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>71 di 86</b>

### 9.2.1 Sezione di incastro dello sbalzo



A forte vantaggio di sicurezza si considerano le sollecitazioni di picco nella sezione di “incastro”.

Combinazione A1STR\_Fw

$M_{max} = -113 \text{ kN-m/m}$

$V_{max} = 115 \text{ kN}$

Armatura:	$\varnothing 16/25 + \varnothing 20/25$	strato sup. I
	$\varnothing 16/25$	strato sup. II
	$\varnothing 16/25$	strato inf.

Nelle verifiche della soletta le predalles non sono state considerate reagenti, a favore di sicurezza.

Per le verifiche in esercizio non è stata considerata l'azione di peso proprio della soletta, in quanto agente sulle predalles in fase di getto.

Il limite di apertura delle fessure, calcolate nella soletta in combinazione caratteristica delle azioni, è stato considerato pari a 0.20 mm.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	72 di 86

### 9.2.1.1 Verifiche SLU – sezione di incastro

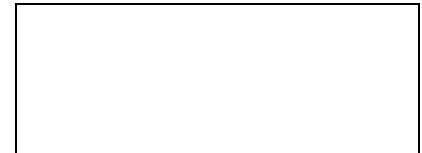
#### DEFINIZIONE DEI MATERIALI

##### Calcestruzzo - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	32	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1.5	[-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	0.85	[-]
Valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm}$	40	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	$f_{ctm}$	3.0	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk0,05}$	2.1	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk0,95}$	3.9	[MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	$E_{cm}$	33346	[MPa]
Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione $f_c$	$\epsilon_{c1}$	0.0020	[-]
Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo	$\epsilon_{cu}$	0.0035	[-]
Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	18.13	[MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd}$	1.41	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17.6	[MPa]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	12.8	[MPa]

##### Acciaio - Rif. UNI EN 1992 - 1 - 1 : 2005

Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	450	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio	$\gamma_s$	1.15	[-]
Modulo di elasticità secante dell'acciaio	$E_s$	200000	[MPa]
Deformazione a snervamento dell'acciaio	$\epsilon_{yd}$	0.001957	[-]
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{su}$	0.01	[-]
Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	$f_{yd}$	391.3	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	337.5	[MPa]



$f_{cm} = f_{ck} + 8$
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$ $f_{ck} \leq 50$ [MPa]
$f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10)$ $f_{ck} > 50$ [MPa]
$f_{ctk0,05} = 0,7 f_{ctm}$
$f_{ctk0,95} = 1,3 f_{ctm}$
$E_{cm} = 22[f_{cm}/10]^{0,3}$ in [GPa]
$\epsilon_{c1} = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$ $f_{ck} \geq 50$ [MPa]
$\epsilon_{cu} = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$ $f_{ck} \geq 50$ [MPa]
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$
$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$
$\sigma_{c,caratt.} = 0,55 f_{ck}$ (ex Istruzione FS par 1.8.3.2.1)
$\sigma_{c,q.p.} = 0,45 f_{ck}$ (ex Istruzione FS par 1.8.3.2.1)

$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$
$\epsilon_{su} = 1\%$
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
$\sigma_s = 0,8 f_{yk}$ (ex Istruzione FS par 1.8.3.2.1)



Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	73 di 86

### DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA

#### SEZIONE TRASVERSALE

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	337	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	287	[mm]

#### ARMATURA TESA

Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	20	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	16	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	8	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2865	[mm <sup>2</sup> ]

#### ARMATURA COMPRESSA

Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	4	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]

### DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE

Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	$\omega_s$	0.2154	[-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	$\delta$	0.1742	[-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	$\rho$	0.2807	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	0.1667	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	0.2593	[-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	$\xi'_3$	0.3951	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	$\beta_{2a}$	0.6667	[-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	$\beta_{2b}$	0.8095	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	-0.0463	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	0.5868	[-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$	1.0000	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	$\omega_{2a}$	0.1097	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	$\omega_{2b}$	0.2513	[-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	$\omega_3$	0.7209	[-]
	$\omega'_3$	0.4237	[-]

#### CAMPO 2b

Posizione adimensionale dell'asse neutro	$\xi$	0.2396	[-]
Posizione dell'asse neutro	x	68.75	[mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\epsilon_{c,max}$	0.0032	[-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\epsilon_{s,max}$	0.0100	[-]
Coefficiente di riempimento	$\beta$	0.7884	[-]
Coefficiente di baricentro	$\kappa$	0.4084	[-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	$\alpha'_s$	0.4392	[-]
Tensione nell'armatura compressa	$\sigma'_s$	171.86	[MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	$\epsilon'_s$	0.0009	[-]

<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>287.26</b>	[kNm]
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>113.4</b>	[kNm]

$M_{Rd} = 287.26 \text{ kNm} > M_{Ed,SLU} = 113.4 \text{ kNm}$ : verifica soddisfatta.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	74 di 86

Il taglio massimo SLU all'incastro è pari a 115.02 kN.

### DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

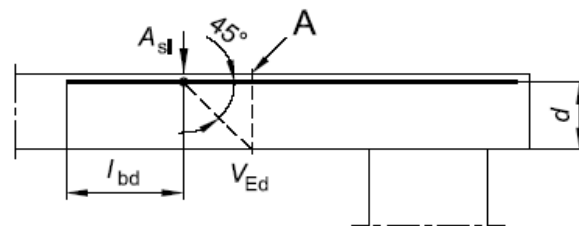
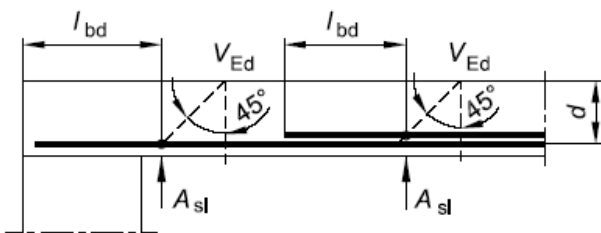
#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	115
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		NO
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12
Coefficiente k	k	1.83
		1.83
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.009983
		0

figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0.00
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	141.22
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>141.22</b>

Non occorre disporre armatura specifica a taglio.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	75 di 86

### 9.2.1.2 Verifiche SLE – sezione di incastro

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	78.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	337	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	287	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2865	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	114.97	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1829358752	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17.6	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	337.5	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.91</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>110.18</b>	<b>[MPa]</b>

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	78.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	337	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	287	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2865	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	114.97	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1829358752	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	12.8	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	337.5	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.91</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>110.18</b>	<b>[MPa]</b>

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	78.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	337	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Copriferro	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	287	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	2865	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	114.97	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1829358752	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.91</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>110.16</b>	<b>[MPa]</b>

Le verifiche sono soddisfatte

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	76 di 86

### CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	337 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	50 [mm]
Altezza utile della sezione	d	287 [mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	2865 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	804 [mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	60 [mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	50 [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>rif,max</sub>	344 [mm]

#### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>78.11 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	114.97 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	110.18 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>f</sub>	0.4 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	74.0090161 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	74009.0161 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.03871 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	$\alpha_e$	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000358 [-]
		0.000358 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	17.54 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5 [-]
	k <sub>3</sub>	3.4 [-]
	k <sub>4</sub>	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	281.02 [mm]
		281.02 [mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.1007 [mm]**

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.2 [mm]**

#### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>85.42 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	114.97 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	110.16 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>f</sub>	0.4 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	74.0090161 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	74009.0161 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.03871 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	$\alpha_e$	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.000358 [-]
		0.000358 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	17.54 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5 [-]
	k <sub>3</sub>	3.4 [-]
	k <sub>4</sub>	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	281.02 [mm]
		281.02 [mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.1007 [mm]**

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.2 [mm]**

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	77 di 86

**Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica**

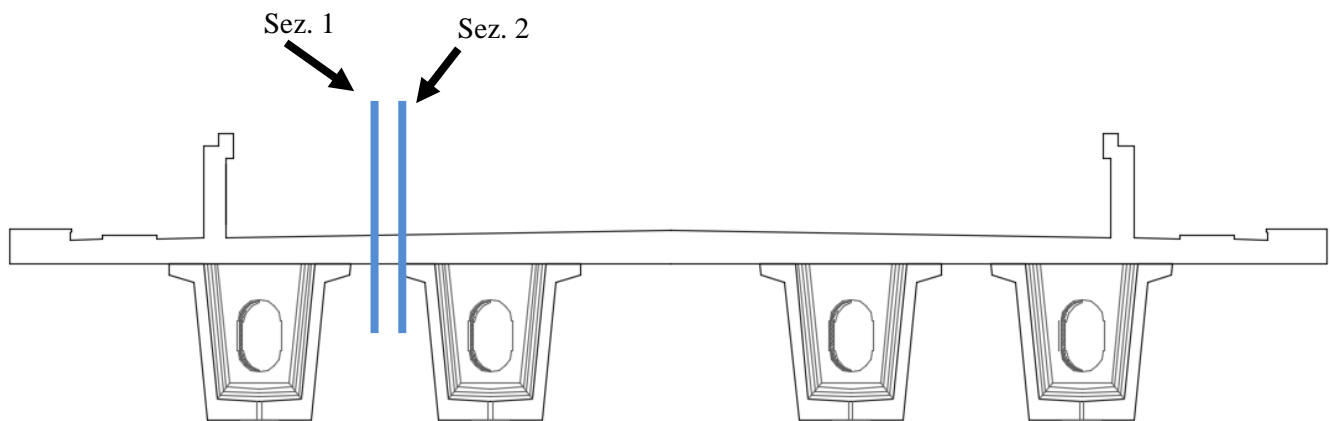
<b>Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica</b>	$M_{Ed,caratt.}$	<b>78.1</b> [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	114.97 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	110.16 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	74.0090161 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	74009.0161 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.03871 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0.000358 [-] 0.000358 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	17.54 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	281.02 [mm] 281.02 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	$w_k$	<b>0.1007</b> [mm]
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	$w_{max}$	<b>0.2</b> [mm]

Le verifiche sono soddisfatte.

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
*m*

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	78 di 86

### 9.2.2 Sezione al martello



Combinazione A1STR\_Fw

$M_{max} = 98.15$  kN-m/m

$V_{max} = 89.92$  kN-m/m

Verifica a flessione (Sezione 1) e a taglio (Sezione 2)

Sezione  $h=33$ cm

Armatura:  $\varnothing 16/25$  strato sup. I

$\varnothing 16/12.5$  strato inf

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	79 di 86

### 9.2.2.1 Verifiche SLU – sezione al martello

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA		
<b>SEZIONE TRASVERSALE</b>		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	386 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	50 [mm]
Altezza utile della sezione	d	336 [mm]
<b>ARMATURA TESA</b>		
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	16 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	8 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	0 [mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	0 [-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1608 [mm <sup>2</sup> ]
<b>ARMATURA COMPRESSA</b>		
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	16 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	4 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0 [mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0 [-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804 [mm <sup>2</sup> ]
DETERMINAZIONE DEL MOMENTO RESISTENTE		
Determinazione della percentuale meccanica di armatura tesa	$\omega_s$	0.1033 [-]
Rapporto tra copriferro e altezza utile	$\delta$	0.1488 [-]
Rapporto tra armatura compressa e armatura tesa	$\rho$	0.5000 [-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2a	$\xi_{2a}$	0.1667 [-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 2b	$\xi_{2b}$	0.2593 [-]
Posizione adimensionale dell'asse neutro per il Campo 3	$\xi_3$	0.3374 [-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2a	$\beta_{2a}$	0.6667 [-]
Coefficiente di riempimento per il Campo 2b	$\beta_{2b}$	0.8095 [-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2a	$\alpha'_{s(a)}$	0.1095 [-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 2b	$\alpha'_{s(b)}$	0.7621 [-]
Coefficiente $\alpha'_s$ per il Campo 3	$\alpha'_{s(3)}$	1.0000 [-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2a	$\omega_{2a}$	0.1175 [-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 2b	$\omega_{2b}$	0.3391 [-]
Percentuale meccanica d'armatura per il Campo 3	$\omega_3$	1.0371 [-]
	$\omega'_3$	0.5207 [-]
<b>CAMPO 2a</b>		
Posizione adimensionale dell'asse neutro	$\xi$	0.1569 [-]
Posizione dell'asse neutro	x	52.73 [mm]
Deformazione massima nel calcestruzzo	$\epsilon_{c,max}$	0.0019 [-]
Deformazione massima dell'acciaio	$\epsilon_{s,max}$	0.0100 [-]
Coefficiente di riempimento	$\beta$	0.6420 [-]
Coefficiente di baricentro	$\kappa$	0.3708 [-]
Coefficiente $\alpha'_s = \sigma'_s / f_{yd}$	$\alpha'_s$	0.0493 [-]
Tensione nell'armatura compressa	$\sigma'_s$	19.29 [MPa]
Deformazione dell'armatura compressa	$\epsilon'_s$	0.0001 [-]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b><math>M_{Rd}</math></b>	<b>198.70 [kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b><math>M_{Ed}</math></b>	<b>98.15 [kNm]</b>

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	80 di 86

### DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

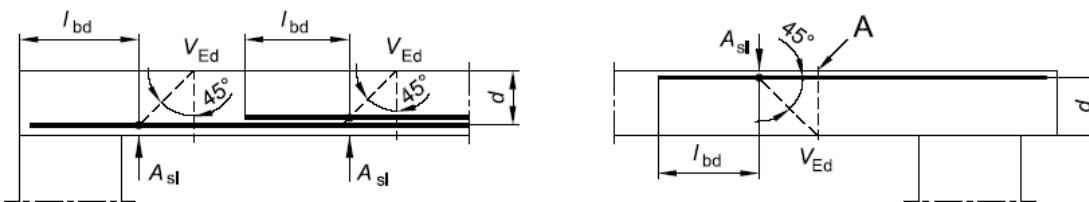
#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	89.92
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		NO
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12
Coefficiente k	k	1.77
		1.77
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0047872
		0

figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0.00
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	156.86
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>156.86</b>

Le verifiche sono soddisfatte.



Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	81 di 86

### 9.2.2.1 Verifiche SLE – sezione al martello

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	67.9	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	386	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Coprifero	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	336	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1608	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	100.67	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1707233647	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	17.6	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	337.5	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	4.00	[MPa]
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	140.40	[MPa]

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	28.7	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	386	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Coprifero	d'	50	[-]
Altezza utile della sezione	d'	336	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1608	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	100.67	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1707233647	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	12.8	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	337.5	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	1.69	[MPa]
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	59.34	[MPa]

#### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS

##### Controllo tensionale per la Combinazione Frequente

Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	42.0	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	n	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	j	386	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[-]
Coprifero	d'	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	d'	336	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1608	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	804	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	x	100.67	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	J	1707233647	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	$\sigma_c$	2.48	[MPa]
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	$\sigma_s$	86.84	[MPa]

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	82 di 86

### CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	386 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	50 [mm]
Altezza utile della sezione	d	336 [mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>S</sub>	1608 [mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>S</sub>	804 [mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	60 [mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	50 [mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>rif,max</sub>	340 [mm]

#### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>28.7 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	100.67 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	59.34 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>f</sub>	0.4 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	95.1114221 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	95111.4221 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01691 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0.000097 [-] 0.000178 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5 [-]
	k <sub>3</sub>	3.4 [-]
	k <sub>4</sub>	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	364.84 [mm] 364.84 [mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.0650 [mm]**

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.2 [mm]**

#### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>42 [kNm]</b>
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	100.67 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	86.84 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>f</sub>	0.4 [-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	95.1114221 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	95111.4221 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.01691 [-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.000040 [-] 0.000261 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5 [-]
	k <sub>3</sub>	3.4 [-]
	k <sub>4</sub>	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	364.84 [mm] 364.84 [mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.0950 [mm]**

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.2 [mm]**

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	83 di 86

**Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica**

Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica	$M_{Ed,caratt.}$	67.9 [kNm]
Durata del carico		lunga [-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	100.67 [mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$	140.40 [MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0 [MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	$k_t$	0.4 [-]
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	95.1114221 [mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	$A_{c,eff}$	95111.4221 [mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	$\rho_{p,eff}$	0.01691 [-]
Rapporto tra $E_s/E_{cm}$	$\alpha_e$	6.00 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	0.000308 [-] 0.000421 [-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	$\phi_{eq}$	16.00 [mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	$k_1$	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	0.5 [-]
	$k_3$	3.4 [-]
	$k_4$	0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	364.84 [mm] 364.84 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b><math>w_k</math></b>	<b>0.1537 [mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b><math>w_{max}</math></b>	<b>0.2 [mm]</b>

Le verifiche sono soddisfatte.

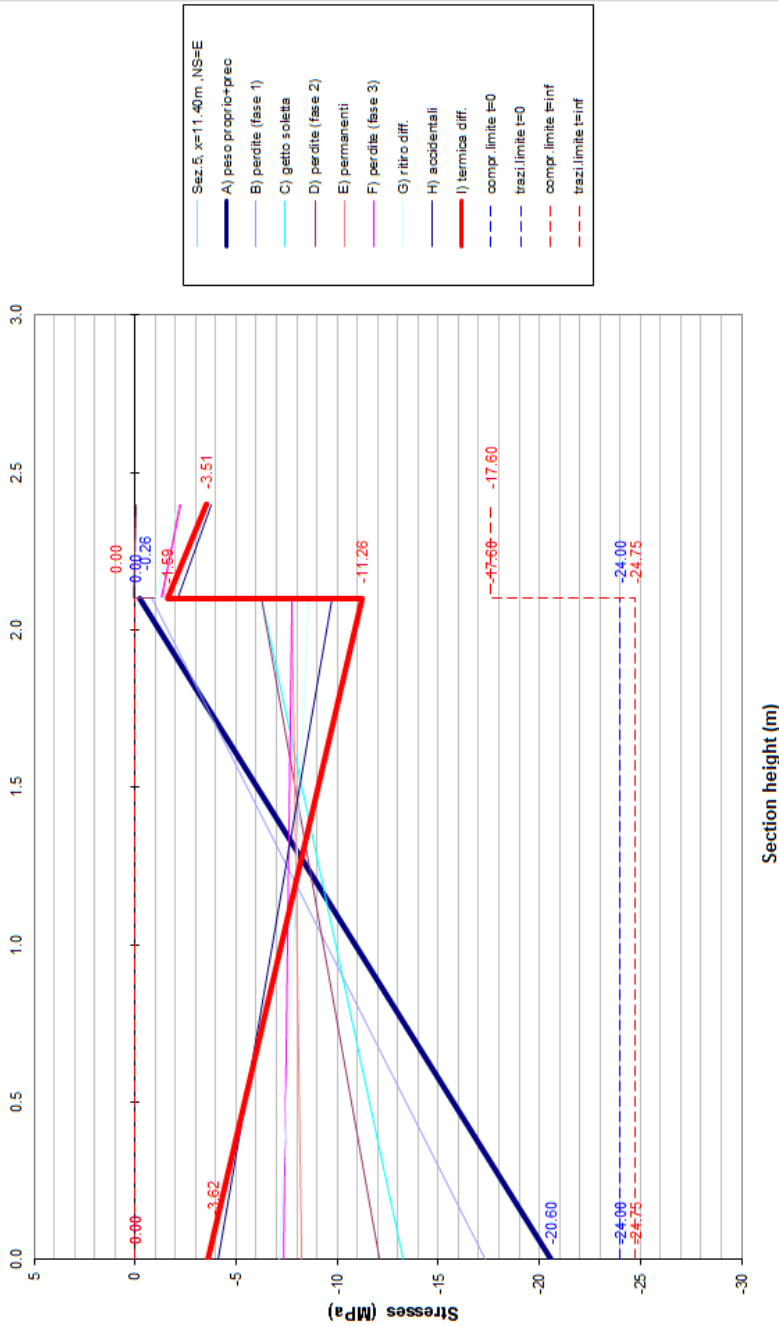
## 10 VERIFICA AL SOLLEVAMENTO


Con riferimento alla disposizione dei martinetti di sollevamento, si riportano in breve le verifiche tensionali relative alla trave più sollecitata: rispetto alle verifiche condotte precedentemente, le sollecitazioni sono relative alla nuova configurazione di sollevamento su martinetti, il momento sollecitante derivante dai carichi accidentali è preso pari a una percentuale del 50%, rispetto a quello derivante da modello (ricavato da modelli di treno teorici LM71, SW2).

Sezione n°5 - x=11.40m							
FASE	SOLLECITAZIONI PARZIALI (kN;kNm)			TENSIONI PARZIALI (MPa)			
	N	N	M	sigma_i	sigma_s	sigma_si	sigma_ss
O) precompressione		-13 608	-7 979	-23.64	3.86		
O) peso proprio trave			2 076	3.04	-4.12		
A) peso proprio+prec		-13 608	-5 903	-20.60	-0.26		
B) perdite (fase 1)		1 888	1 107	3.28	-0.54		
C) getto soletta			2 765	4.04	-5.48		
D) perdite (fase 2)		715	853	1.16	0.04	0.06	-0.08
E) permanenti			4 118	3.87	-1.55	-1.42	-2.13
F) perdite (fase 3)		539	643	0.87	0.03	0.05	-0.06
G) ritiro diff.	975	-975	790	0.25	-0.79	0.29	0.15
H) accidentali		0	3 215	3.02	-1.21	-1.11	-1.67
I) termica diff.	1 858	-1 858	1 505	0.48	-1.50	0.55	0.29
Sez.5, x=11.40m ,NS=E				<b>TENSIONI TOTALI (MPa)</b>			
FASE				sigma_i	sigma_s	sigma_si	sigma_ss
h(m)				0.00	2.10	2.10	2.40
A) peso proprio+prec				<b>-20.60</b>	<b>-0.26</b>		
B) perdite (fase 1)				-17.32	-0.79		
C) getto soletta				-13.28	-6.28		
D) perdite (fase 2)				-12.11	-6.24	0.06	-0.08
E) permanenti				-8.25	-7.79	-1.36	-2.22
F) perdite (fase 3)				-7.37	-7.76	-1.31	-2.28
G) ritiro diff.				-7.12	-8.55	-1.02	-2.13
H) accidentali				-4.10	-9.76	-2.14	-3.79
I) termica diff.				<b>-3.62</b>	-11.26	-1.59	-3.51
<b>LIMITI TENSIONALI</b>							
h(m)				0.00	2.10	2.10	2.40
compr.limite t=0				<b>-24.00</b>	-24.00		
trazi.limite t=0				0.00	<b>0.00</b>		
compr.limite t=inf				-24.75	-24.75	-17.60	-17.60
trazi.limite t=inf				<b>0.00</b>	0.00	0.00	0.00

Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi  $B_{max} = 17.70$   
m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	02	D 09 CL	VI 00 00 002	A	85 di 86



	<b>RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO</b> Lotto 2: Taormina (e) - Giampilieri (e)					
<i>Relazione di calcolo impalcato in c.a.p. a 4 travi Bmax = 17.70 m</i>	COMMESSA <b>RS2S</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>D 09 CL</b>	DOCUMENTO <b>VI 00 00 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>86 di 86</b>

## 11 VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

### 11.1 Verifica deformazioni torsionali (sghembo)

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM71 o SW/2 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente  $\alpha$ .

La condizione più severa si realizza in corrispondenza della zona di appoggio dell'impalcato, durante il passaggio del convoglio SW/2. 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:

$$\delta_{1,LM71} = 1.18\text{mm}$$

$$\delta_{1,SW2} = 1.43\text{mm}$$

$$\delta_{2,LM71} = 1.79\text{mm}$$

$$\delta_{2,SW2} = 1.92\text{mm}$$

Lo sghembo massimo è pari a:

$$t \cong \delta_{2,LM71} - \delta_{1,LM71} = (1.79 - 1.18) = 0.61\text{mm} / 3\text{m}$$

Il valore di  $t$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a 3.0 mm /3m per il caso  $120 < V_{\max} < 200$  km/h.

### 11.2 Verifica stato limite di confort

Considerando la presenza dei treni di carico LM71,SW/2, incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico  $\phi_3$  e con il coefficiente  $\alpha$ , il massimo valore di inflessione per effetto di tali carichi ferroviari non deve eccedere il valore  $L/600$ .

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:

$$\delta = 6.30 \text{ mm}$$

Il valore di  $\delta$  appena calcolato è inferiore al valore limite previsto dalla normativa e pari a  $L/600 = 22800/600 = 38$  mm.

## 12 RIEPILOGO APPOGGI E GIUNTI

Si veda il relativo elaborato grafico.