

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

VI08_VIADOTTO SU TORRENTE MERULA DA KM 97+025 A KM 97+175

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 0 9 C L V I 0 8 0 9 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione definitiva	A.M.Natta 	Febbraio 2022	F.Bonifacio 	Febbraio 2022	G.Fadda 	Febbraio 2022	A. Vitozzi 	Febbraio 2022

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e gestione delle viabilità
Dott. Ing. Angelo Vitozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
N° A.20783

File: IV0I00D09CLVI0809001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	Descrizione dell'opera	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	MATERIALI IMPIEGATI	6
4	ANALISI DEI CARICHI UNITARI	7
4.1	CARICHI PERMANENTI	7
4.1.1	Pesi propri.....	7
4.1.2	Carichi permanenti portati	7
4.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	9
4.2.1	Treni di carico	9
4.2.2	Azioni orizzontali.....	12
4.3	AZIONI CLIMATICHE	16
4.3.1	Variazione termica	16
4.3.2	Azione della neve	17
4.3.3	Azione del vento	18
4.4	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI	21
4.5	RITIRO.....	22
4.6	AZIONI ECCEZIONALI	24
4.7	AZIONI SISMICHE	25
5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	29
6	EFFETTI GLOBALI	30
6.1	MODELLO DI CALCOLO	30
6.1.1	SEZIONI	33
7	VERIFICHE SLU	39
7.1	VASCA IN ACCIAIO PORTA BALLAST	39
7.1.1	Verifiche di resistenza - SLU	39
7.2	TRAVERSI.....	45
7.2.1	Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico).....	45

7.2.2	Verifiche a fatica	50
7.3	LONGHERINE.....	51
7.3.1	Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico).....	51
7.3.2	Verifiche a fatica	52
7.4	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI.....	53
7.4.1	Verifiche di resistenza e di instabilità travi principali – SLU	53
7.4.2	VERIFICHE A FATICA DEGLI ELEMENTI DI PARETE	62
8	ANALISI MODALE	63
8.1	Verifica della prima frequenza flessionale.....	64
9	VERIFICHE SLE.....	65
9.1	Verifiche dell’inflessione dell’impalcato nel piano verticale.....	65
9.2	Verifiche dell’inflessione impalcato nel piano orizzontale.....	66
9.1	Verifiche massime deformazioni torsionali dell’impalcato	67
10	REAZIONI VINCOLARI	69
11	INTERAZIONE STATICA TRENO - BINARIO - STRUTTURA.....	75
12	ESECUZIONE DEL MANUFATTO	75

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza dell'impalcato del viadotto ferroviario sul Torrente Merula, denominato VI08 e ubicato tra le progressive chilometriche 97+025 e 97+175, previsto dal progetto definitivo di raddoppio della linea Genova-Ventimiglia tratta Finale Ligure-Andora.

1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto in esame si compone di due campate semplicemente appoggiate, ciascuna di luce pari a 75.00 m e portata teorica 73.12m, coperte mediante due travate reticolari metalliche a doppio binario.

La travata metallica, con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 16 scomparti lunghi 4.57 m, con altezza baricentrica variabile tra 9.50m e 12.50m in mezzzeria, interasse delle pareti di 10.24m ed ampiezza della cassetta pari a 800mm. L'impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con riempimento in calcestruzzo, da traversi in composizione saldata di altezza pari a 1550 mm e da longherine HEA700. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 2540 mm. L'interasse tra i binari curvi varia tra 4m e 4.368m.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente:

- [N1] **Legge 05/01/1971 n°1086:** *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- [N2] **Legge 02/02/1974 n°64:** *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- [N3] **D.M. del 17 gennaio 2018:** *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;*
- [N4] **C.M. 21/01/2019 n.7:** *Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";*
- [N5] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 E:** *Manuale di progettazione delle Opere Civili. Emissione per applicazione del 31/12/2020;*
- [N6] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 E:** *Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;*

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- [N7] **UNI EN 1991-1-4:2005:** *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;*
- [N8] **UNI EN 1992-1-1:2005:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N9] **UNI EN 1992-2:2006:** *Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;*
- [N10] **UNI EN 1993-1-1:2005:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;*
- [N11] **UNI EN 1993-2:2007:** *Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;*
- [N12] **UNI EN 1998-1:2005:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;*
- [N13] **UNI EN 1998-2:2006:** *Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;*
- [N14] **STI 2014 – REGOLAMENTO UE N.1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014** *relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.*

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in in accordo al capitolato generale tecnico delle opere civili di RFI "parte II sezione 6 e sezione 12" e alla uni en 1090-2.

3 MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO PER SOLETTA			
C32/40			
R_{ck}	40	Mpa	Resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	33,2	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	41,2	Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica media
γ_M	1,5	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
f_{cd}	18,8	Mpa	Resistenza di progetto
E_{cm}	33643	Mpa	Modulo elastico BT
XC4		Classe di esposizione	
c	40	mm	Copriferro minimo
ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE			
B 450 C controllato in stabilimento			
$f_{yk} =$	450	N/mm^2	tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_M =$	1.15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
$f_{yd} =$	391.3	N/mm^2	resistenza di progetto
$E_s =$	210000	N/mm^2	modulo elastico
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA			
S355 J2 lamiere e profili per elementi saldati			
S355 J0 lamiere e profili per elementi non saldati			
$f_{yk} =$	355	MPa	Resistenza di calcolo ($t \leq 40$ mm)
$f_{yk} =$	335	MPa	Resistenza di calcolo ($t > 40$ mm)
$\gamma_M =$	1.05	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
$f_{yd} =$	338.1	N/mm^2	resistenza di progetto ($t \leq 40$ mm)
$f_{yd} =$	319.0	N/mm^3	resistenza di progetto ($t > 40$ mm)
$E_s =$	209000	MPa	modulo elastico
ACCIAIO PIOLI NELSON			
St 37-3K DIN 17100			
$f_{yk} =$	355	N/mm^2	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000	N/mm^2	modulo elastico
ACCIAIO bulloni e dadi			
viti	8.8; 10.9	Conformi per le caratteristiche dimensionali alle	
dadi	8; 10	UNI-EN ISO 898-1 e UNI 20898-2	
SALDATURE			
Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a D.M. 14.01.2008.			

4 ANALISI DEI CARICHI UNITARI

4.1 CARICHI PERMANENTI

4.1.1 Pesi propri

Il peso proprio della carpenteria metallica (inclusi trasversi, longherine, ecc.) è pari a **164 kN/m** (valore stimato da modello già amplificato del 25%, per tenere in conto piatti, saldature, bullonature e piolature e considerando la piastra spessa 30mm). Il **peso proprio del calcestruzzo e della carpenteria metallica è di 190 kN/m** (il contributo del solo calcestruzzo è di 26 kN/m).

4.1.2 Carichi permanenti portati

Ballast + Armamento + Impermeabilizzazione

γ	20	kN/mc	<i>Soluzione in curva</i>
h	0,8	m	<i>Altezza ballast</i>
B	8,3	m	<i>Larghezza vasca</i>
pp	132,8	kN/m	<i>Peso al metro di impalcato</i>
L	10,24	m	<i>Lunghezza trasversi</i>
Lcampo	4,57	m	<i>Lunghezza campo</i>
P_ballast	59,3	kN/m	<i>Peso del ballast al metro di traverso</i>
P_ballast 0	29,6	kN/m	<i>Peso del ballast al metro di traverso di estremità</i>

Velette + camminamenti + parapetti

p	15	kN/m	<i>Peso al metro di impalcato</i>
p	7,5	kN/m	<i>Peso al metro su ogni trave</i>

Barriere antirumore

γ	4	kN/mq	
H	4	m	<i>Altezza barriera</i>
p	16	kN/m	<i>Peso di una barriera al metro di impalcato</i>

Totale carichi permanenti portati = **180 kN/m**

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL VI0809	001 A	8 di 75

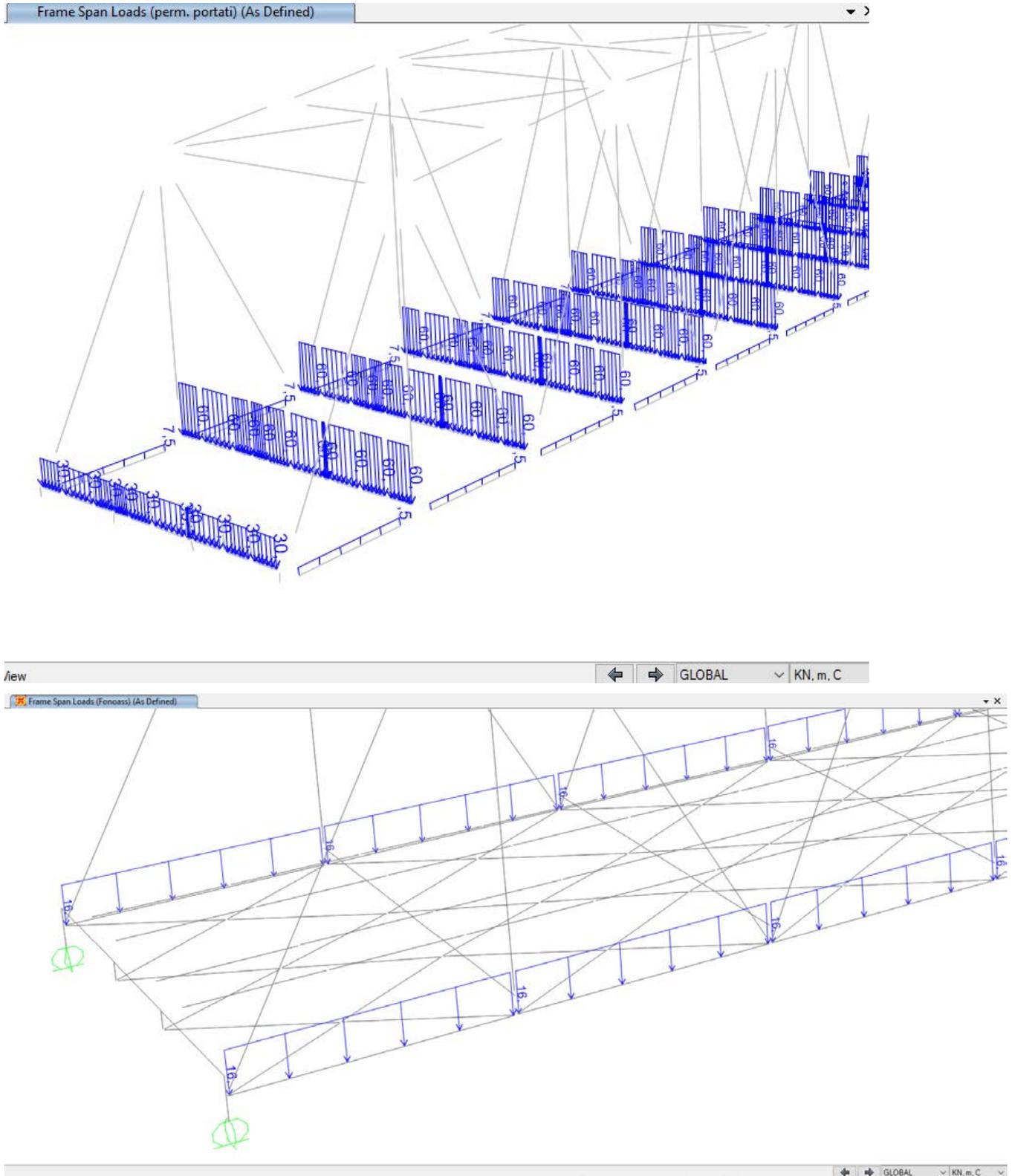


Figura 1 – Applicazione sul modello dei carichi permanenti portati

4.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

4.2.1 Treni di carico

I carichi verticali da traffico sono definiti attraverso due modelli: il primo rappresentativo del traffico normale (LM 71) ed il secondo di quello pesante (SW2).

Traffico normale: Treno LM71

Il treno di carico LM71 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.60 m;
- una stesa uniforme ed illimitata di 80 kN/m in entrambe le direzioni, distante 0.8 m dagli assi.

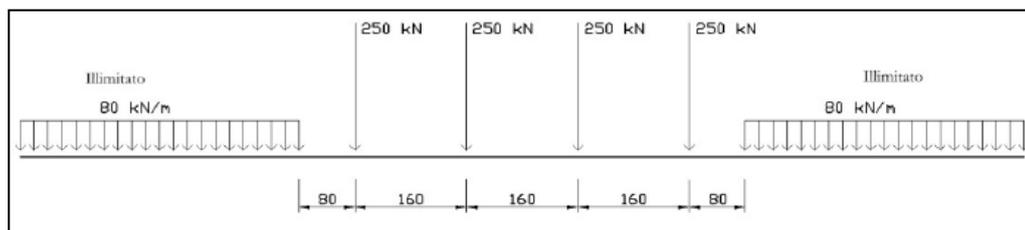
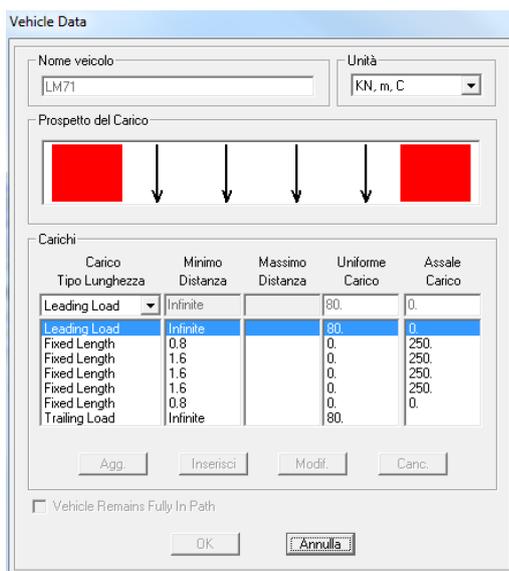


Figura 2 – Treno di carico LM71

È stata considerata un'eccentricità di carico pari a 1/8 dello scartamento: $e = \frac{s}{8} = \frac{143.5}{8} = 8 \text{ cm}$.

Su ogni binario del modello è stato applicato pertanto un carico mobile così definito:



Carico	Minimo Distanza	Massimo Distanza	Uniforme Carico	Assale Carico
Leading Load	Infinite		80.	0.
Leading Load	Infinite		80.	0.
Fixed Length	0.8		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	1.6		0.	250.
Fixed Length	0.8		0.	0.
Trailing Load	Infinite		80.	

Figura 3 – Moving Load LM71

I valori caratteristici del carico mobile (LM71) sono stati moltiplicati per un coefficiente di adattamento $\alpha = 1.10$.

Traffico pesante treno SW/2

Il carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Il modello di carico è costituito da due stese di carico di intensità 150 kN/m, lunghe 25.00 m distanziate da un lasco di 7.00 m.

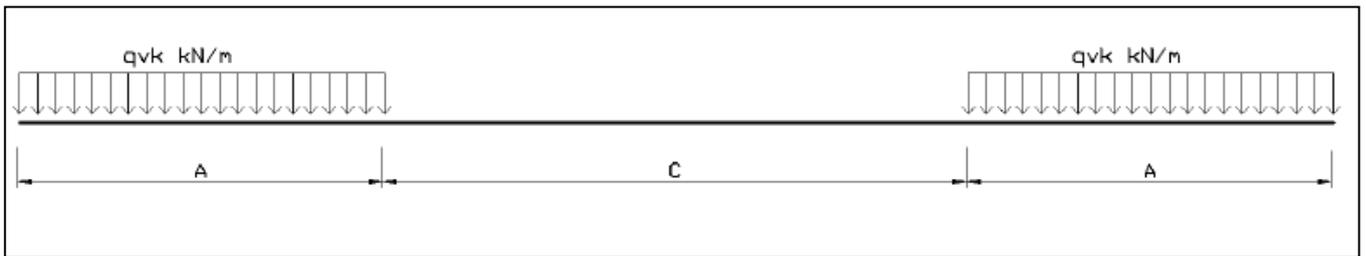


Figura 4 – Treno di carico SW/2

Su ogni binario del modello è stato applicato quindi un carico mobile così definito:

Vehicle Data

Nome veicolo: SW2 Unità: KN, m, C

Prospetto del Carico: 

Carico	Minimo	Massimo	Uniforme	Assale
Tipo Lunghezza	Distanza	Distanza	Carico	Carico
Fixed Length	25.		150.	0.
Fixed Length	25.		150.	0.
Fixed Length	7.		0.	0.
Fixed Length	25.		150.	0.

Buttons: Agg. Inserisci Modif. Canc.

Vehicle Remains Fully In Path

Buttons: OK Annulla

Figura 5 – Moving Load SW/2

Coefficienti dinamici

I coefficienti di incremento dinamico per linee con normale standard manutentivo sono stati determinati con la seguente equazione:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.73 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_3 \leq 2$$

- *Travi principali* $L_\Phi = L = 73.12 \text{ m}$; $\Phi_3 = 1.00$
- *Longherine* $i = 4.57 \text{ m}$; $L_\Phi = 3 + 4.57 = 7.57 \text{ m}$ $\Phi_3 = 1.58$
- *Piastra* $i = 4.57 \text{ m}$; $L_\Phi = 3 * 4.57 = 13.71 \text{ m}$ $\Phi_3 = 1.35$
- *Travi trasversali intermedie* $L = 10.24 \text{ m}$; $L_\Phi = 2 * L = 2 * 10.24 \text{ m} = 20.48 \text{ m}$ $\Phi_3 = 1.23$
- *Travi trasversali di estremità* $L_\Phi = 3.6 \text{ m}$ $\Phi_3 = 2.00$

Per la verifica a fatica invece, il coefficiente di incremento dinamico del sovraccarico teorico è stato valutato mediante la seguente formula, in accordo al Manuale di progettazione RFI:

$$\Phi_3 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.82 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_3 \leq 1.67$$

- *Travi principali* $\Phi_3 = 1.0$
- *Longherine* $\Phi_3 = 1.38$
- *Travi trasversali intermedie* $\Phi_3 = 1.15$
- *Travi trasversali estremità* $\Phi_3 = 1.67$

Per valutare correttamente i massimi effetti dei carichi viaggianti previsti dalla normativa, essi sono stati implementati all'interno del modello agli elementi finiti come "moving load cases".

4.2.2 Azioni orizzontali

4.2.2.1 Serpeggio

Si assume una forza orizzontale di 100 kN applicata alla sommità delle rotaie.

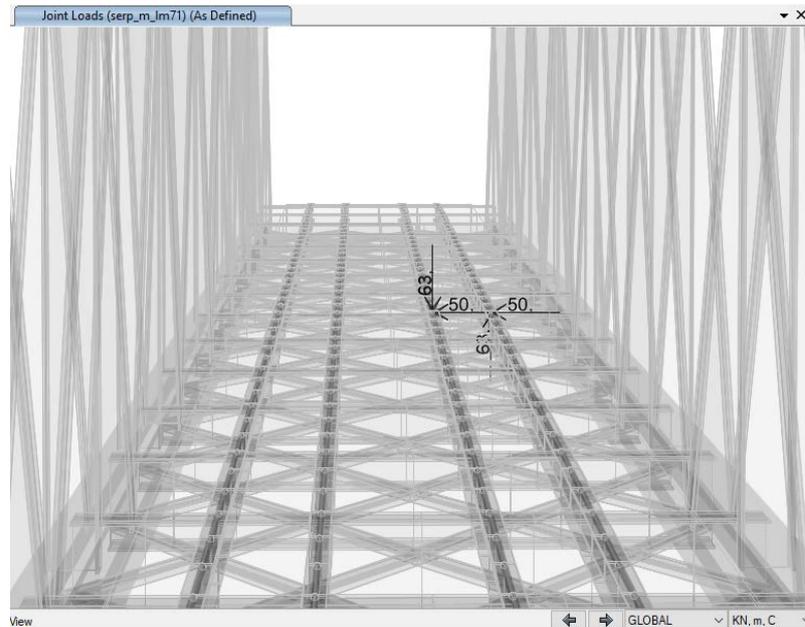


Figura 6 – Azione di serpeggio sui due binari con il momento di trasporto

4.2.2.2 Avviamento e frenatura

Avviamento: $Q_{ak} = 33 * L \leq 1000 \text{ kN}$

Treno LM71 $Q_{ak} = 33 * 75 * 1.1 = 2722 \text{ kN} > 1000 \text{ kN} \rightarrow Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$

Treno SW2 $Q_{ak} = 33 * 50 * 1 = 1650 \text{ kN} \rightarrow Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$

Frenatura: Treno LM71 $Q_{bk} = 20 * L \leq 6000 \text{ kN}$

Treno SW2 $Q_{bk} = 35 * L$

Treno LM71 $Q_{bk} = 20 * 75 * 1.1 = 1650 \text{ kN}$

Treno SW2 $Q_{bk} = 35 * (50) = 1750 \text{ kN}$

La forza di frenatura ed avviamento del treno di carico LM71 deve poi essere moltiplicata per il coefficiente $\alpha = 1.1$.

Nel modello di calcolo sono state considerate per ciascun treno di carico solamente le azioni (frenatura o avviamento) che determinano le sollecitazioni massime sulla struttura, tenendo in conto che nel caso di impalcato a due binari si deve considerare la contemporaneità della massima azione di frenatura e di avviamento.

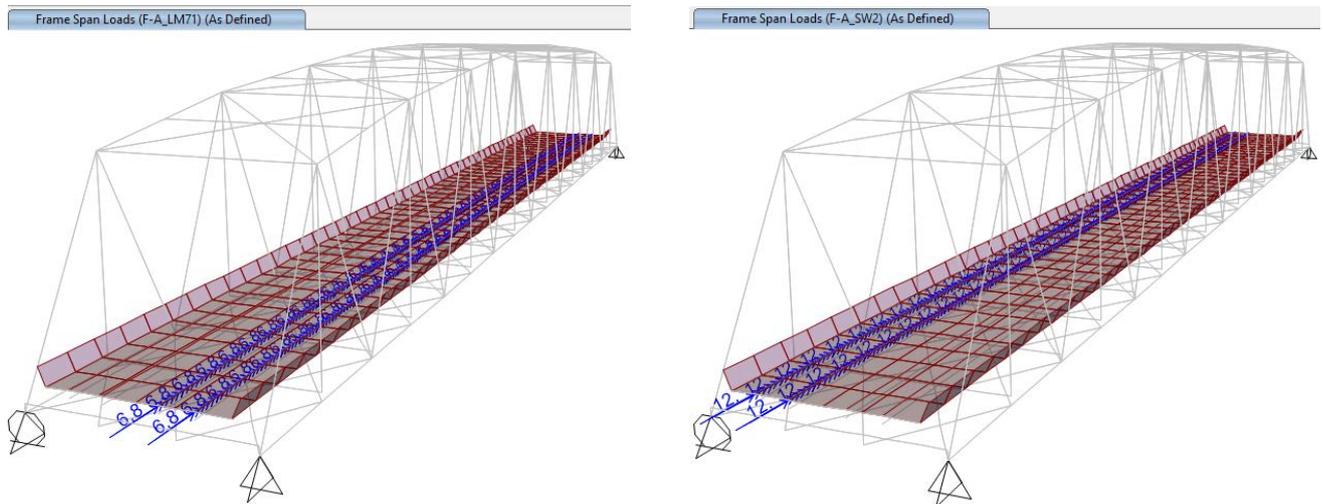


Figura 7 – Azione di frenatura (SW/2) e di avviamento

4.2.2.4 Forza centrifuga

Nei ponti ferroviari al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva, deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione della curva.

L'azione 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.

Raggio di curvatura considerato: R= 2400 m

- Per il treno di carico tipo SW/2 si considerano i seguenti parametri e valori:

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1$$

$$f = 1$$

$$Q_{tk} = 0 \text{ perché } Q_{vk} = 0$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 4.9 \text{ kN/m}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot 1 \cdot SW/2 = 1.0 \cdot 1 \cdot 150 \text{ kN/m} = 150 \text{ kN/m}$$

- Per il treno di carico tipo LM/71 occorre distinguere due casi:

Caso 1)

$$V=120 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1.1$$

$$f = 1$$

$$Q_{tk} = 1.1 \cdot \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot Q_{vk} = 13 \text{ kN}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot \alpha \cdot LM/71 = 1.0 \cdot 1.1 \cdot 250 \text{ kN} = 275 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = 1.1 \cdot \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 4.2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot \alpha \cdot LM/71 = 1.0 \cdot 1.1 \cdot 80 \text{ kN/m} = 88 \text{ kN/m}$$

Caso 2)

$$V=200 \text{ km/h}$$

$$\alpha = 1$$

$$f = 0.63 \text{ (considerando } L_f=73.12 \text{ m)}$$

$$Q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot Q_{vk} = 20.6 \text{ kN}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot LM/71 = 1.0 \cdot 250 \text{ kN} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 r} \cdot f \cdot q_{vk} = 6.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Il traffico verticale associato è pari a } \Phi \cdot LM/71 = 1.0 \cdot 80 \text{ kN/m} = 80 \text{ kN/m}$$

La forza centrifuga non andrà amplificata con i coefficienti dinamici e dovrà essere considerato anche il caso di assenza di forza centrifuga (convogli fermi).

Si riporta, a titolo di esempio, la forza centrifuga distribuita per il caso LM71 a 200km/h, relativa al binario 1:

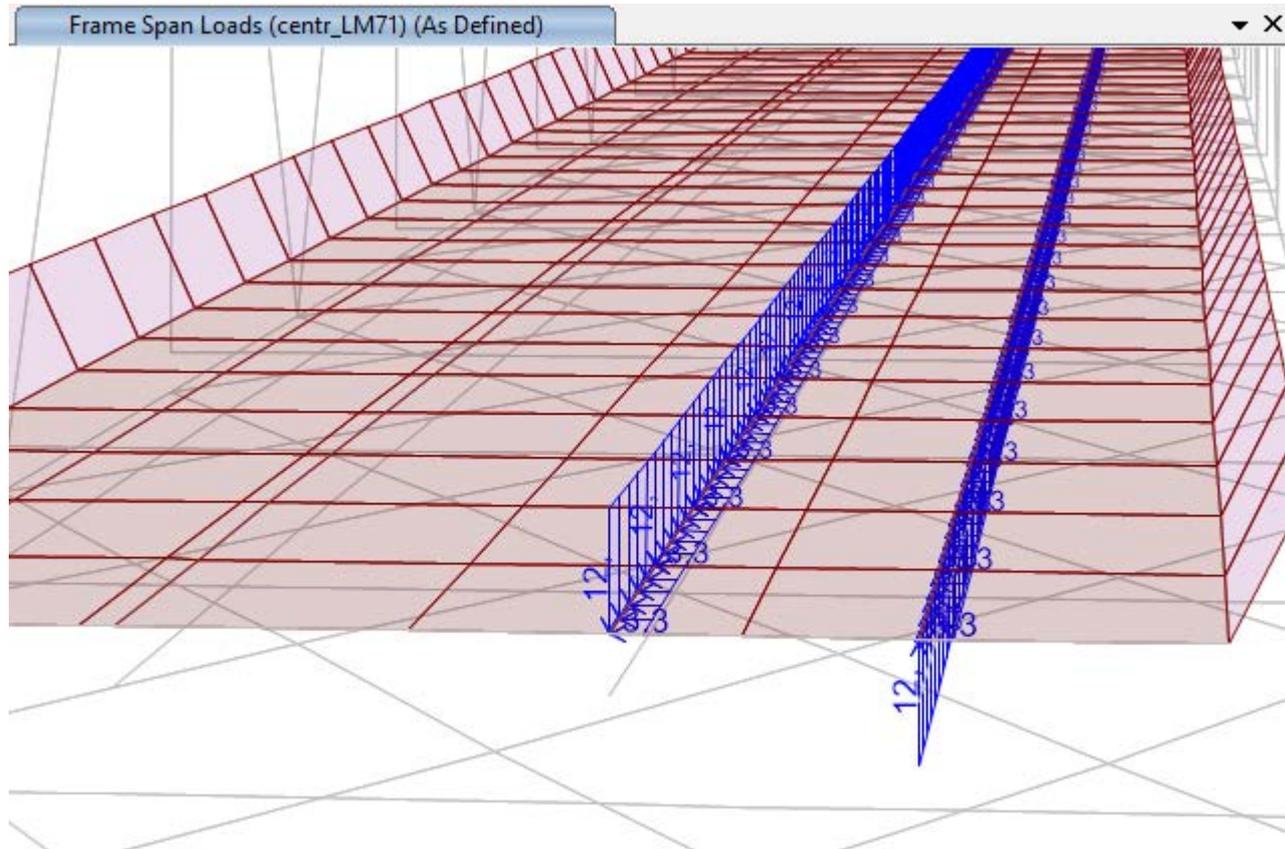


Figura 8_Azione centrifuga distribuita LM71 bin.1

4.3 AZIONI CLIMATICHE

4.3.1 Variazione termica

Nelle verifiche dei singoli elementi è stata considerata una variazione termica uniforme, una variazione volumetrica ed una variazione termica non uniforme secondo quanto indicato sulla “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”.

Variazione termica uniforme

Si considera una variazione termica uniforme volumetrica pari a $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $20^{\circ} * 1.5 = 30^{\circ}\text{C}$.

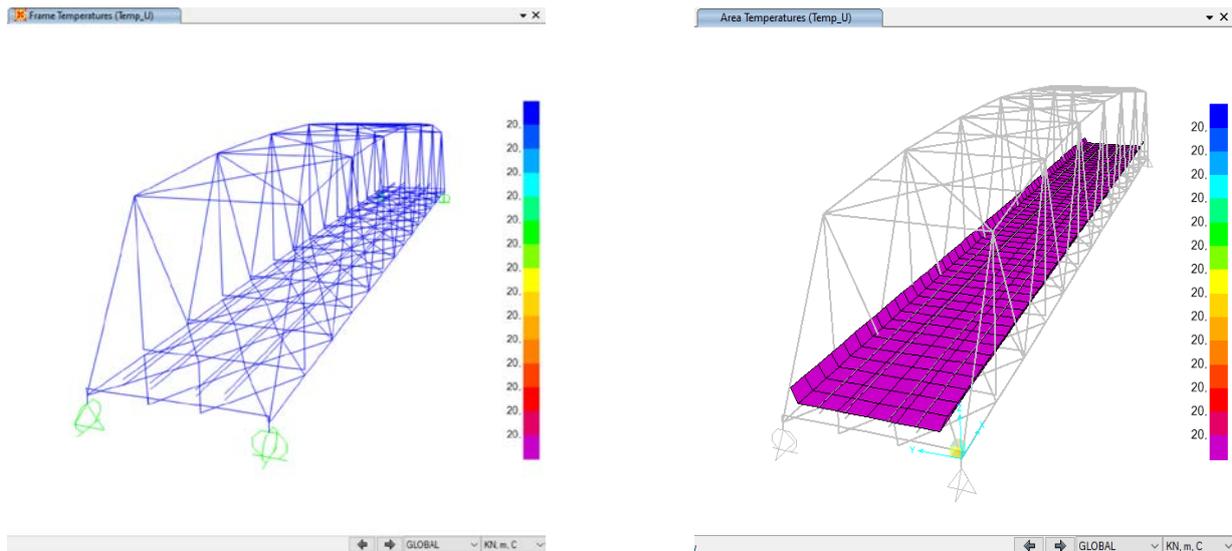


Figura 9 – Modellazione della variazione termica uniforme

Variazione termica non uniforme

In aggiunta alla variazione termica uniforme è stato considerato un gradiente termico pari a **5°C** tra intradosso ed estradosso di impalcato.

Per la verifica delle deformazioni orizzontali e verticali dell'impalcato sono state considerate delle differenze di temperatura tra estradosso ed intradosso e fra le superfici laterali più esterne degli impalcati di **10°C**.

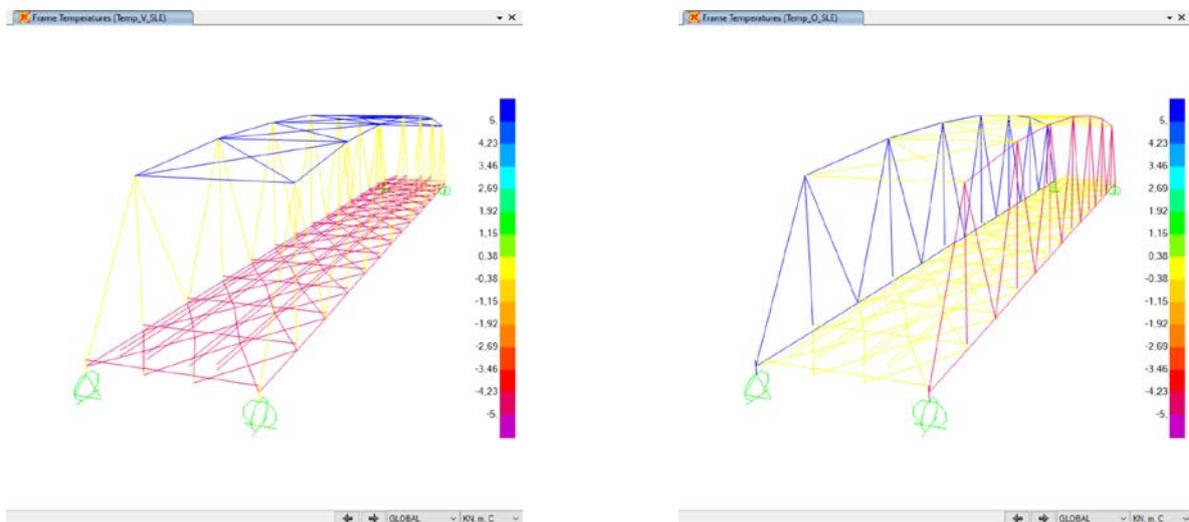


Figura 10 – Modellazione della variazione termica non uniforme per le verifiche SLE

4.3.2 Azione della neve

Per l'opera oggetto della presente relazione il carico risulta non dimensionante.

4.3.3 Azione del vento

Il calcolo della pressione del vento viene effettuato in accordo alle NTC18.

Tabella 1 – Calcolo dell'azione del vento

Velocità base di riferimento

Zona	7	-	
a_0	1000	m	
$V_{b,0}$	28	m/s	Velocità base di riferimento al livello del mare
k_s	0,54	-	
a_s	85	m s.l.m.	Altitudine sul livello del mare
c_a	1	-	Coefficiente di altitudine
V_b	28	m/s	Velocità base di riferimento

Velocità di riferimento

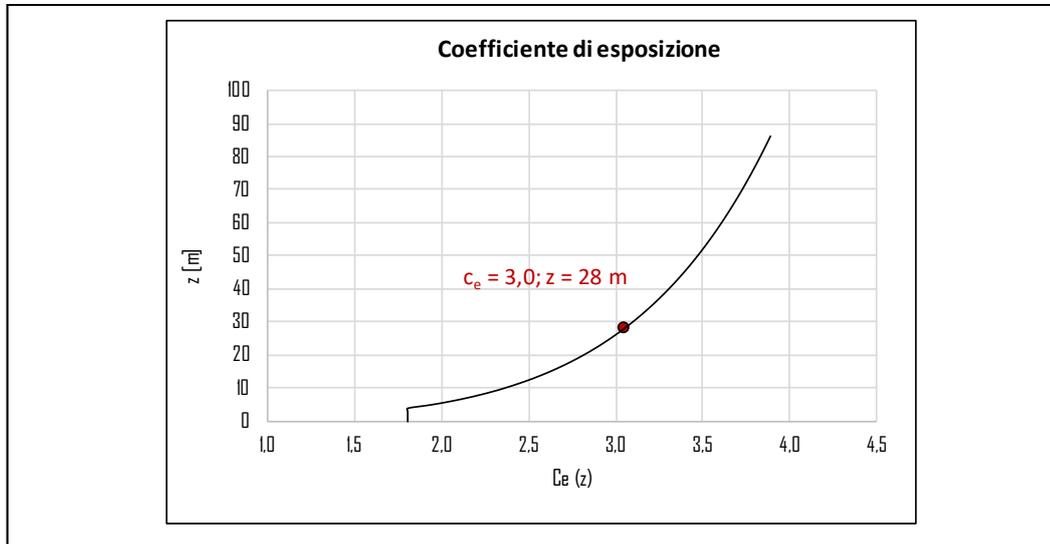
T_R	100	anni	Periodo di ritorno dell'azione
c_R	1,04	-	Coefficiente di ritorno
V_r	29,1	m/s	Velocità di riferimento

Pressione cinetica di riferimento

ρ	1,25	kg/m ³	Densità dell'aria
q_r	529,21	N/m²	Pressione cinetica di riferimento

Coefficiente di esposizione

Classe Rug.	D	-	Classe di rugosità
Cat. E.	II	-	Categoria di esposizione
K_R	0,19	-	
z_0	0,05	m	
z_{min}	4	m	
c_t	1	-	Coefficiente di topografia
z	28	m	Altezza sul suolo del punto considerato
$c_e(z)$	3,0	-	Coefficiente di esposizione



Coefficiente di attrito

Superficie	Liscia	Acciaio, cemento a faccia liscia
c_f	0,01	Coefficiente d'attrito

§C3.3.8.6 COEFFICIENTE DI PRESSIONE PER TRAVI AD ANIMA PIENA E RETICOLARI

Travi isolate [§ C3.3.8.6.1]

<i>Travi reticolari</i>			
S	817	m ²	Superficie delimitata dal contorno della trave
S _p	217	m ²	Superficie della parte piena
φ	0,27	-	
C_p	1,65	-	Coefficiente di pressione

Travi multiple [§ C3.3.8.6.2]

Travi disposte parallelamente a distanza d non maggiore del doppio dell'altezza h

d	10,24	m	Interasse tra le travi parallele
h	12,5	m	Altezza totale della trave
d/h	0,82	-	
μ	0,68	-	Coefficiente di riduzione della pressione sulla trave adiacente
C_{p,2}	1,12	-	Coefficiente di pressione sulla trave parallela adiacente

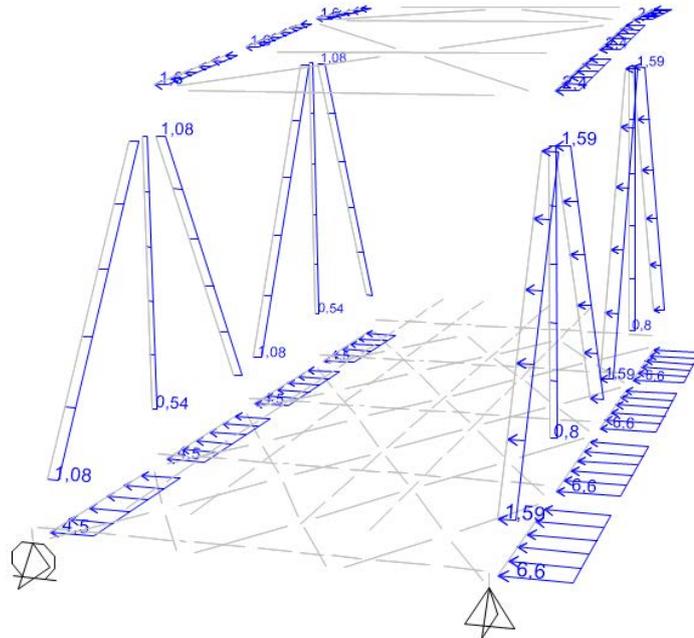
Pressione del vento sulle travi

Z _e	28,00	m	Quota di sommità dell'edificio
q _r	529,2	N/m ²	Pressione cinetica di riferimento
c _e	3,04	-	Coefficiente di esposizione
c _d	1,0	-	Coefficiente dinamico
C_p	1,6	-	Coefficiente di pressione sulla trave isolata
C_{p,2}	1,1	-	Coefficiente di pressione sulla adiacente
p_e	2,65	kN/m²	Pressione del vento sulle travi esposte
p_{e,2}	1,81	kN/m²	Pressione del vento sulla 2^a trave

L'azione del vento è stata distinta in:

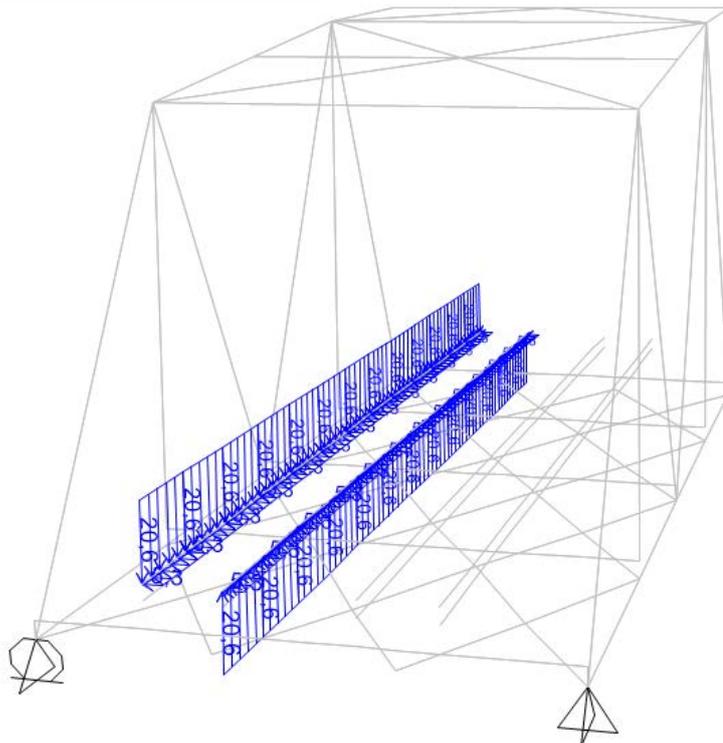
- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;

Frame Distributed Loads (Vento_trave)



- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

Frame Distributed Loads (Vento_treno)



4.4 EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI

Per una distanza minima a_g dall'asse del binario pari a 2.9 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 200 km/h, il valore caratteristico dell'azione sul pannello è di 0.55 kN/m².

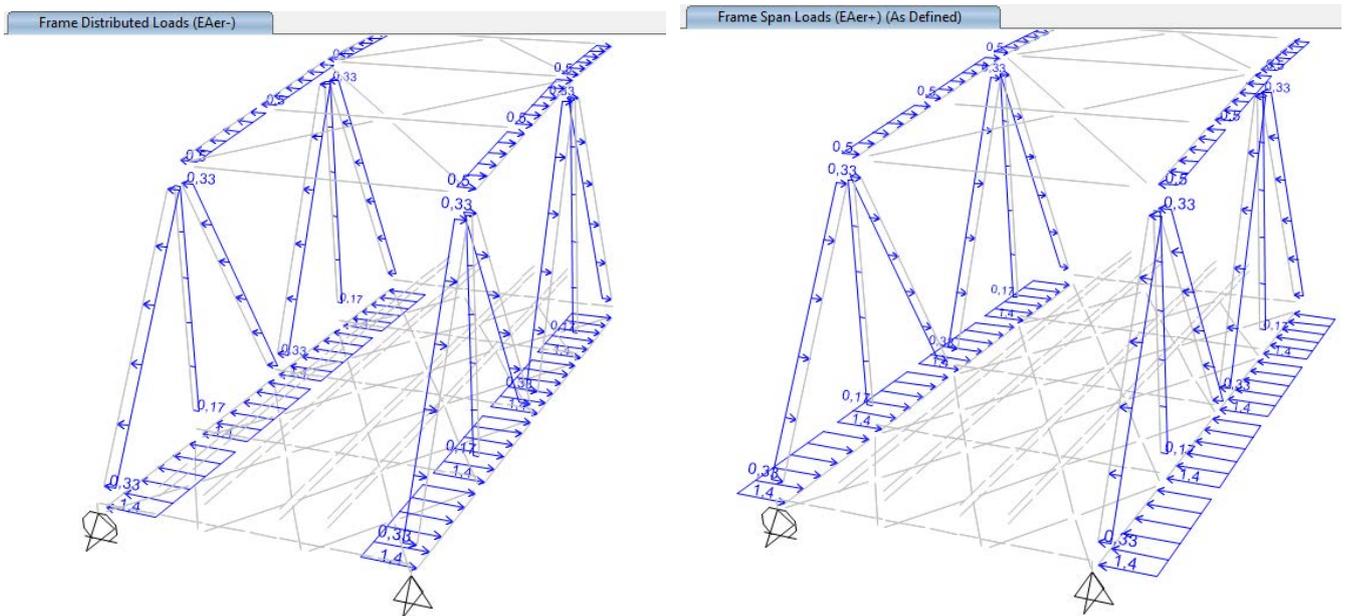


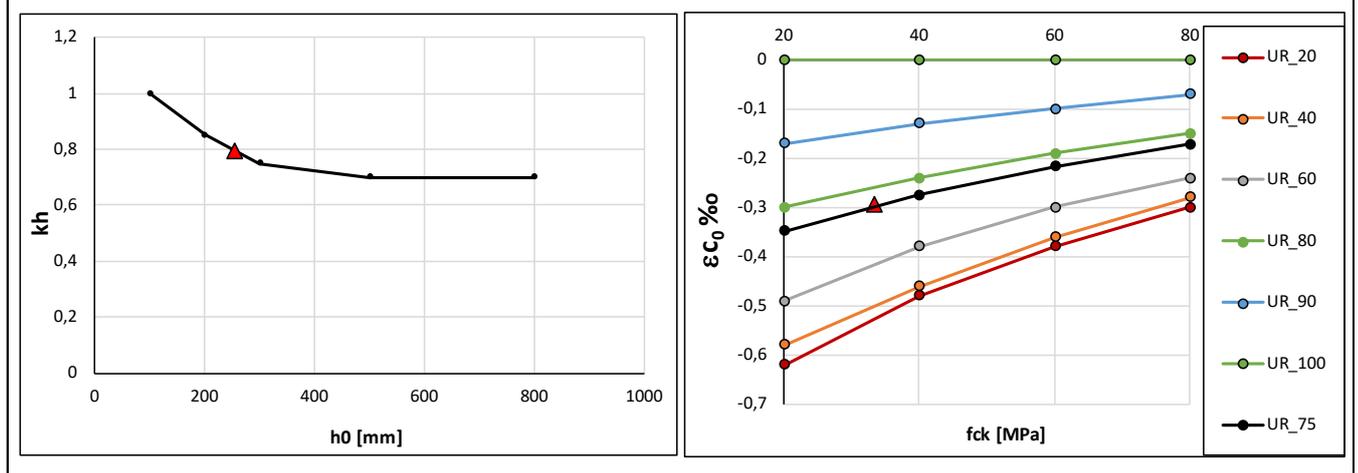
Figura 11 – Effetti aerodinamici sulle travi

4.5 RITIRO

La valutazione della deformazione totale da ritiro è stata svolta in conformità con le indicazioni fornite dalle NTC2018. Questa è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e dalla deformazione per ritiro autogeno.

Tabella 2 – Ritiro del calcestruzzo

RITIRO DEL CLS [§11.2.10.6 NTC2018]			
Ac	1056037,5	mm ²	Area del calcestruzzo
u	8300	mm	Perimetro del calcestruzzo esposto all'aria
fck	33,2	MPa	Resistenza cilindrica del calcestruzzo
UR	75	%	Umidità relativa
ϵ_{co}	-2,94E-04	‰	Deformazione da ritiro per essiccamento a t=0
h ₀	254,47	mm	Dimensione fittizia
kh	0,80	-	
$\epsilon_{cd,00}$	-2,3E-04	‰	Deformazione da ritiro per essiccamento a t=00
t	10000	giorni	Età del calcestruzzo ad oggi
ts	1	giorni	Età del calcestruzzo dalla quale consideriamo il ritiro
$\beta_{ds}(t-ts)$	0,98	-	Funzione di sviluppo temporale
$\epsilon_{cd}(t)$	-2,31E-04	‰	Deformazione da ritiro per essiccamento al tempo t
$\epsilon_{ca,00}$	-5,8E-05	‰	Deformazione per ritiro autogeno a t=00
ϵ_{cs}	-2,9E-04	‰	Deformazione totale da ritiro



La deformazione da ritiro si traduce in uno stato di presso – flessione per l'impalcato in acciaio, pertanto è stata assegnata allo shell rappresentativo della vasca uno sforzo normale di compressione $N_{rit} = Ac \cdot E_{c\infty} \cdot \epsilon_{cs} = 3767$ kN, nel cui calcolo si è tenuto conto del modulo ridotto del calcestruzzo per effetto della viscosità a lungo termine.

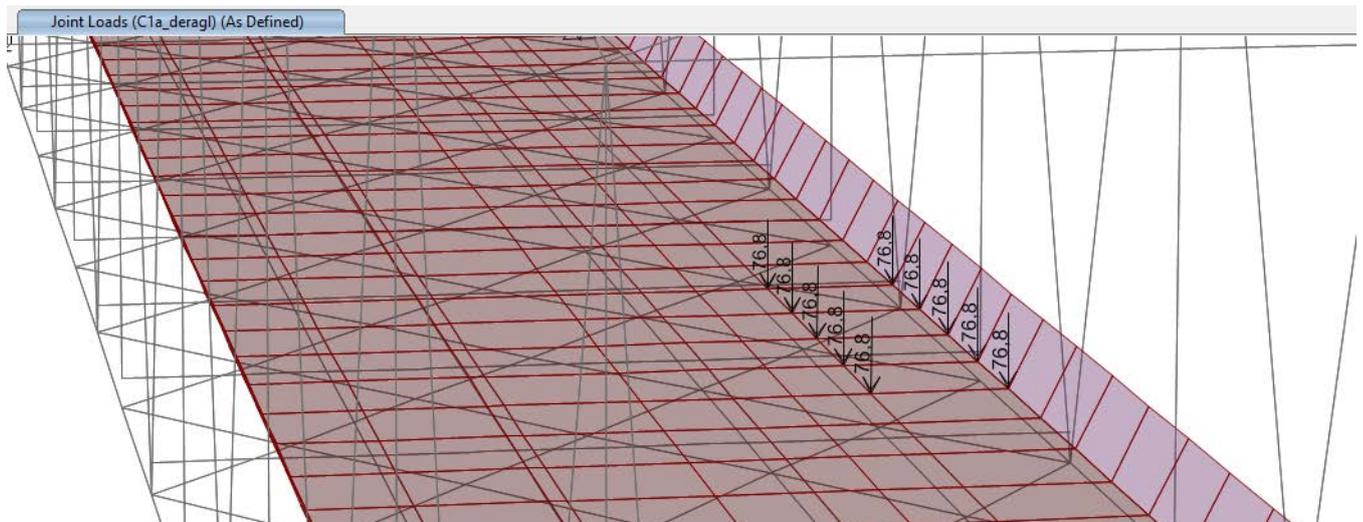
Tabella 3 – Effetto della viscosità a lungo termine del calcestruzzo

EFFETTO DELLA VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO			
E_{c0}	33642,78	Mpa	Modulo elastico del cls a 28gg
E_s	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
Ψ_L	0,55	-	Coefficiente correttivo per le azioni da ritiro
t_{01}	1,00	gg	Età del cls al momento di applicazione del carico
t	10000	gg	Età del cls in giorni al momento considerato
f_{cm}	41,20	Mpa	
RH	75,00	%	Umidità relativa
h_0	254,47	mm	Dimensione fittizia
α_3	0,92	-	
ϕ_{RH}	1,34	-	
$\beta(f_{cm})$	2,62	-	
$\beta(t_{01})$	0,91	-	
ϕ_{01}	3,19	-	
β_H	669,41	-	
$\beta_c(t, t_{01})$	0,98		
$\phi(t, t_{01})$	3,13		
E_{c^*}	12365,5	MPa	Modulo del calcestruzzo a lungo termine
n_{rit}	16,98	-	Coefficiente di omogeneizzazione per azioni da ritiro
Nrit	-3767	kN	Sforzo di compressione totale da ritiro

4.6 AZIONI ECCEZIONALI

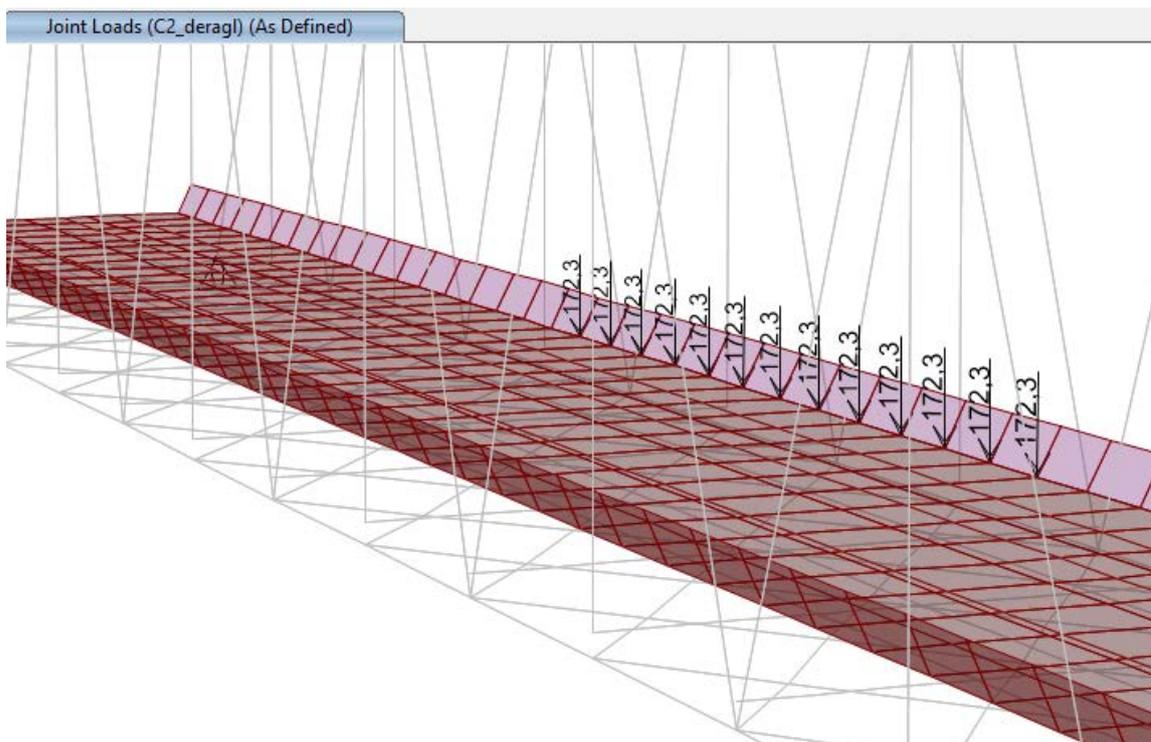
Deragliamento schema 1

Sono state considerate due stese di carico di lunghezza 6.40 m, intensità di 60 kN/m, ad una distanza pari allo scartamento S ed eccentriche 1.5s.



Deragliamento schema 2

È stato applicato un carico lineare di lunghezza 20m, intensità $80 \cdot 1.4$ kN/m, eccentrico di 1.5s (2.15m) rispetto all'asse binari.



4.7 AZIONI SISMICHE

Lo spettro di progetto è stato ottenuto utilizzando il foglio di calcolo elettronico messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

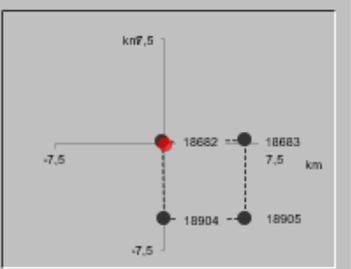
Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:

Nodi del reticolo intorno al sito



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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

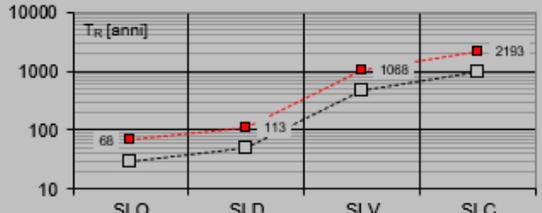
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---□--- Strategia scelta

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considera **SLV** info

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo **C** info

$S_s = 1,404$

$C_c = 1,561$ info

Categoria topografica **T1** info

$h/H = 1,000$

$S_T = 1,000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5**

$\eta = 1,000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_a **1**

Regol. in altezza **sì** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1**

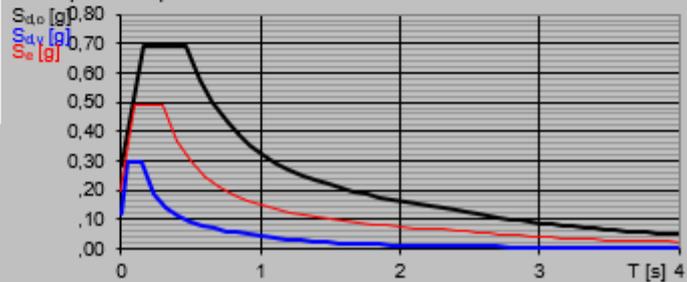
$\eta = 1/q = 1,000$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

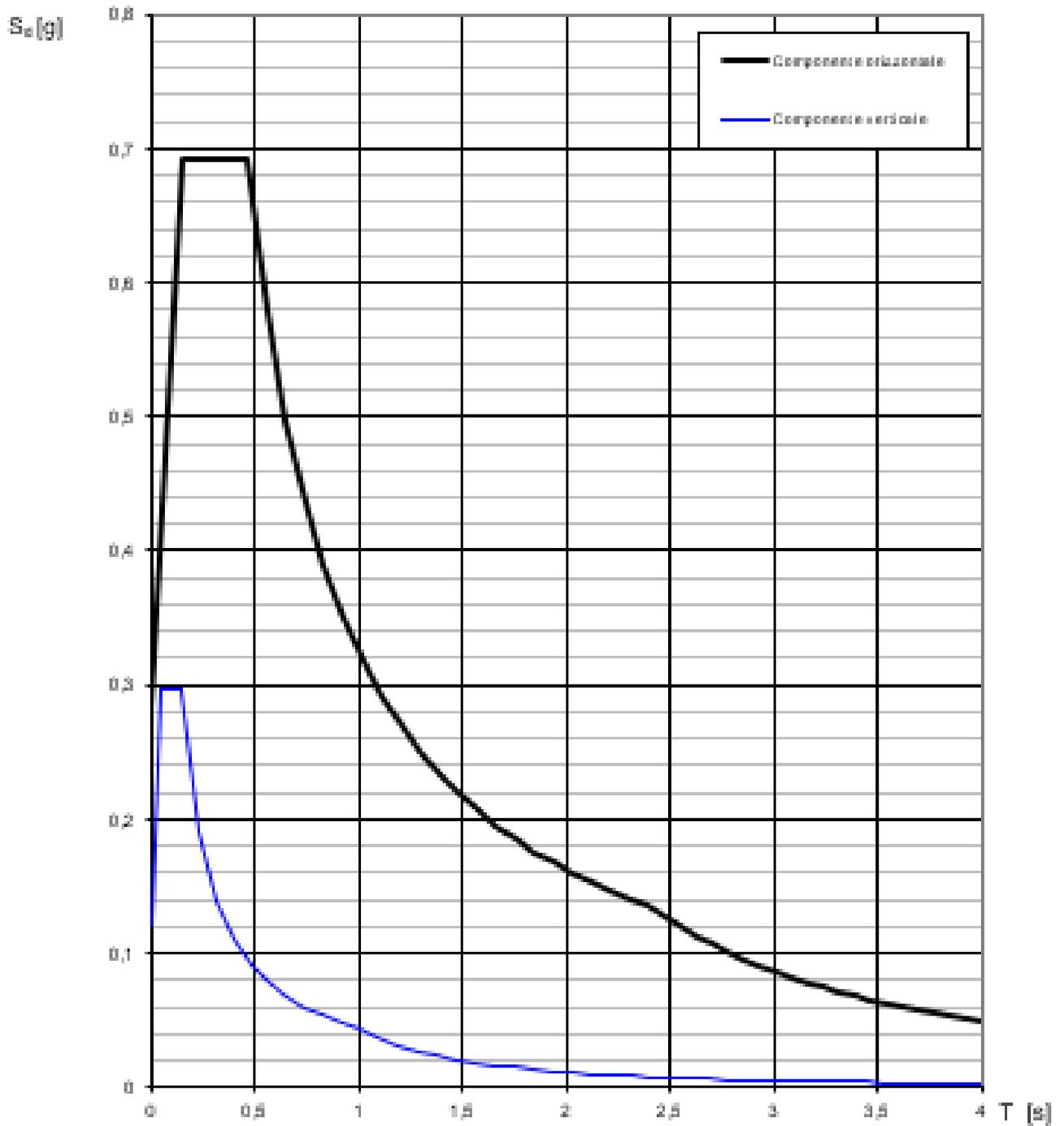
Spettri di risposta



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0,045	2,578	0,225
SLD	113	0,063	2,552	0,246
SLV	1068	0,200	2,463	0,301
SLC	2193	0,266	2,484	0,319

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL	VI0809	001	A	27 di 75



Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG.REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 28 di 75

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_d	0,200 g
F_{q_1}	2,463
T_c	0,301 s
S_s	1,404
C_c	1,561
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,404
η	1,000
T_B	0,157 s
T_C	0,470 s
T_D	2,400 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,281
T_B	0,157	0,632
T_C	0,470	0,632
	0,562	0,579
	0,654	0,497
	0,746	0,436
	0,837	0,388
	0,929	0,350
	1,021	0,318
	1,113	0,292
	1,205	0,270
	1,297	0,251
	1,389	0,234
	1,481	0,219
	1,573	0,207
	1,665	0,195
	1,757	0,185
	1,849	0,176
	1,941	0,167
	2,033	0,160
	2,125	0,153
	2,217	0,147
	2,308	0,141
T_D	2,400	0,135
	2,477	0,127
	2,553	0,120
	2,629	0,113
	2,705	0,107
	2,781	0,101
	2,857	0,096
	2,934	0,091
	3,010	0,086
	3,086	0,082
	3,162	0,078
	3,238	0,074
	3,314	0,071
	3,391	0,068
	3,467	0,065
	3,543	0,062
	3,619	0,060
	3,695	0,057
	3,771	0,055
	3,848	0,053
	3,924	0,051
	4,000	0,049

5 COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate come previsto sulla Normativa Ferroviaria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”;

COEFFICIENTI DI COMB.			A1 STR
Carichi permanenti	<i>sfav</i>	YG1	1.35
	<i>fav</i>		1
Carichi permanenti non strutturali	<i>sfav</i>	YG2	1.5
	<i>fav</i>		0
Traffico	<i>sfav</i>	Yq	1.45
	<i>fav</i>		0
Variabili	<i>sfav</i>	Yqi	1.5
	<i>fav</i>		0

Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
<i>treno scarico</i>		
1	0	0
<i>serpeggio</i>		
1	0.8	0
<i>Eff_aerodinamici</i>		
0.8	0.5	0
<i>vento</i>		
0.6	0.5	0
<i>temperatura</i>		
0.6	0.6	0.5

VALUTAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO													
Commenti	TIPO DI CARICO	Azioni Verticali			Azioni Orizzontali				γ_q				
	GRUPPO DI CARICO	Carico verticale		Treno scarico	Frenatura e avviamento		Centrifuga		Serpeggio		1.45		
		<i>sfav</i>	<i>fav</i>		<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	<i>sfav</i>	<i>fav</i>	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
massima azione verticale e laterale	<i>Gruppo1</i>	1	1	0	0.5	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
stabilità laterale	<i>Gruppo2</i>	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0.8	0.8	0
massima azione longitudinale	<i>Gruppo3</i>	1	0.5	0	1	1	0.5	0	0.5	0	0.8	0.8	0
fessurazione	<i>Gruppo4</i>	0.8	0.6	0	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6	1	1	0

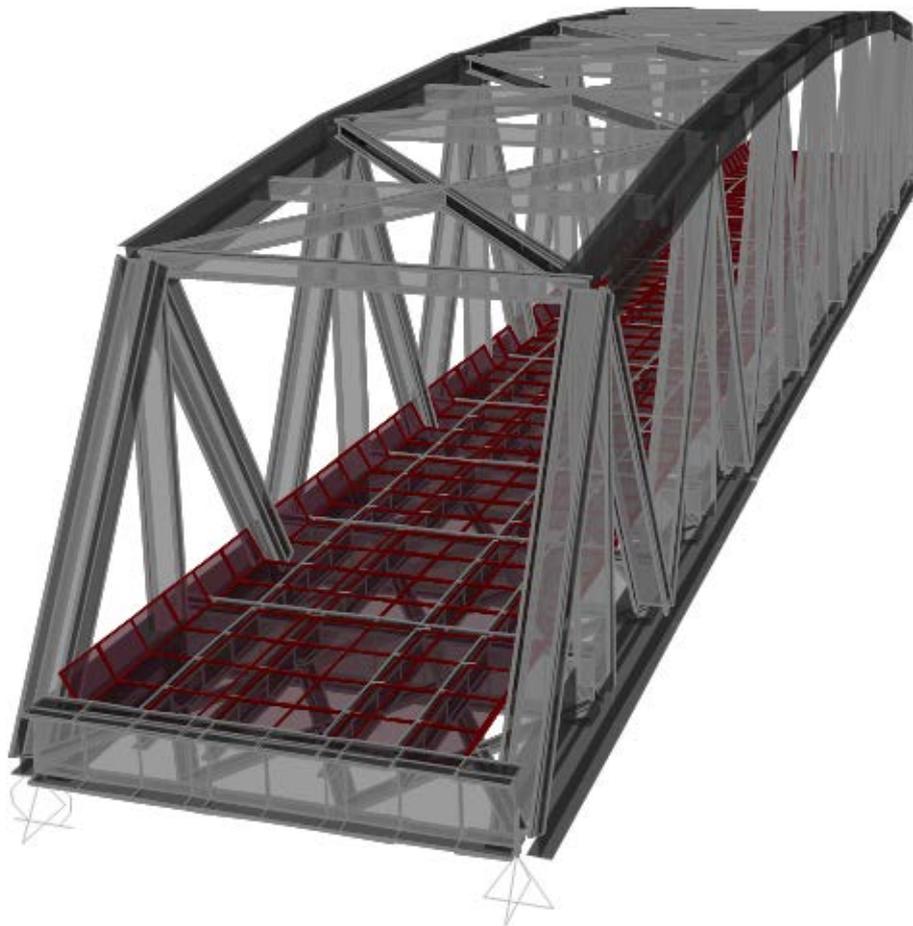
S.L.U															
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA				
CARICHI	SW2				LM71				STR.		SW2		LM71		STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	STR.	STR.	GR1	GR3	GR1	GR3	STR.
<i>combinazioni</i>	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Peso Proprio (G1)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Permanenti Portati (G2)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
SW2	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	1.16	1.16	1.16	1.16	0
LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	1.45	1.45	0	0	0	0	1.16	1.16	0
Serp_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	1.16	0.58	0
Serp_LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
F-A_SW2	0.73	0.73	1.45	1.45	0.73	0.73	1.45	1.45	0	0	0.58	1.16	0.58	1.16	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.73	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0.58	1.16	0
centrifuga_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	1.16	0.58	1.16	0.58	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	1.45	1.45	0.73	0.73	0	0	0	0	1.16	0.58	0
Eff_aerodinamici	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	1.20	1.20	1.20	1.20	0
Vento_scarico	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Vento_carico	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0	0.9	0.9	0.9	0.9	0
Temp_SLU	0	0.9	0	0.9	0	0.9	0	0.9	0	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

6 EFFETTI GLOBALI

6.1 MODELLO DI CALCOLO

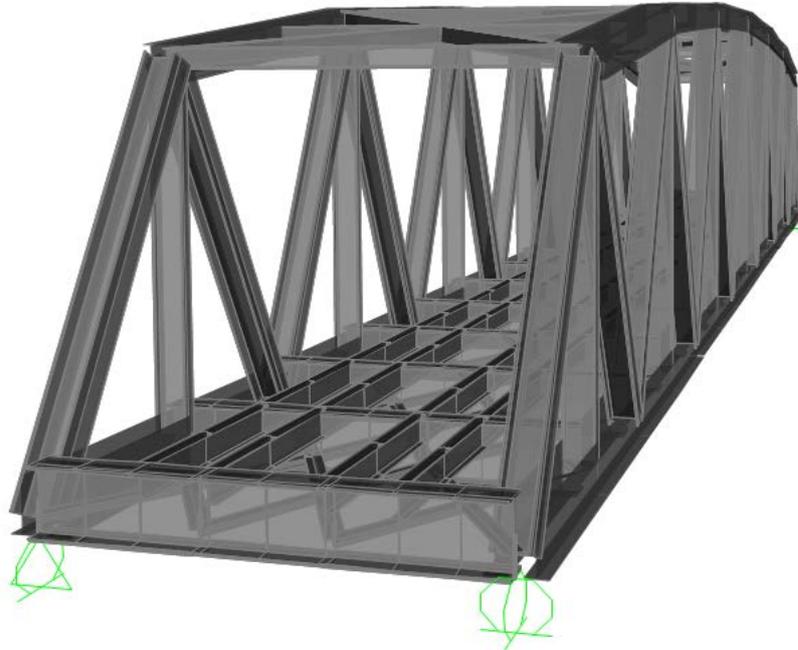
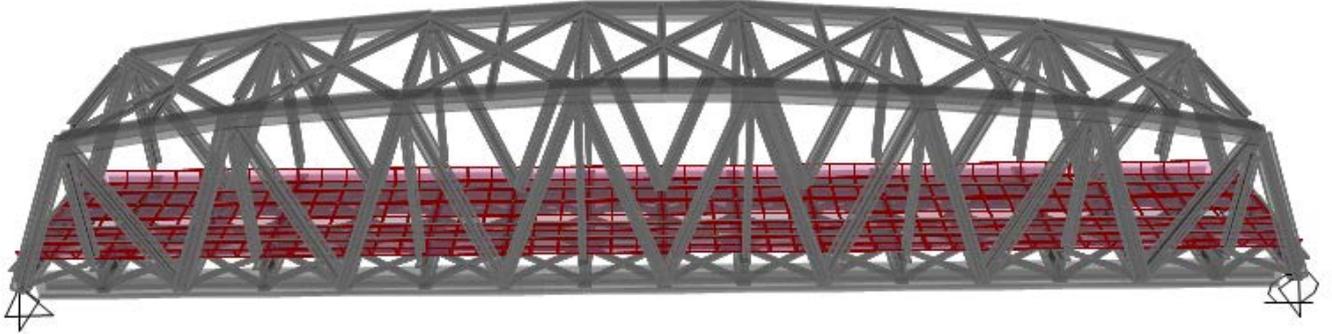
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica svolta è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

Di seguito viene rappresentato il modello tridimensionale con il quale sono stati valutati gli effetti globali in termini di resistenza, di deformazione e di stabilità.



Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL VI0809	001 A	31 di 75



Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL VI0809	001 A	32 di 75



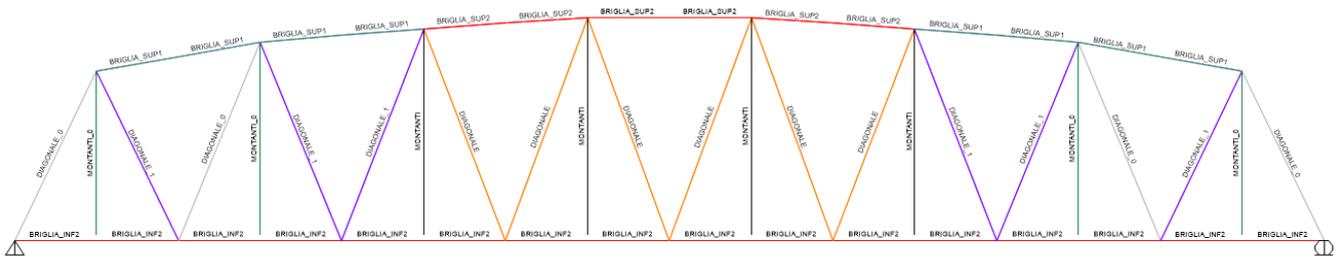
Figura 12 – Modello di calcolo in SAP2000

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

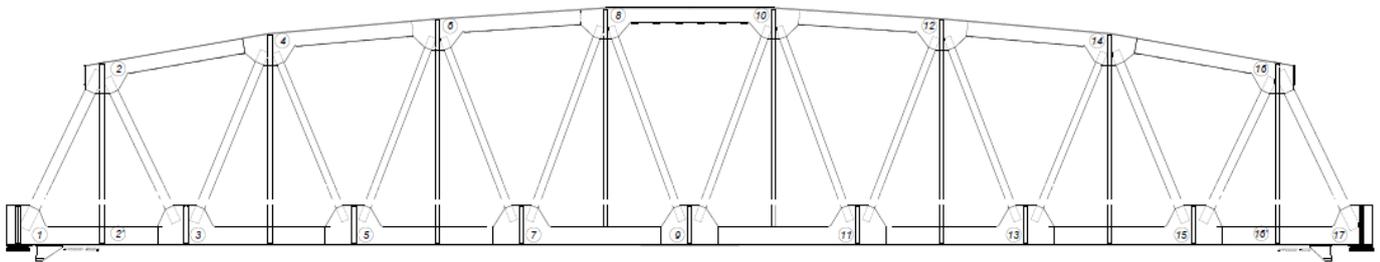
PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 33 di 75

6.1.1 SEZIONI

Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:



Coerente a quanto riportato negli elaborati grafici:



- Briglie inferiori

Property Data

Section Name: BRIGLIA_INF2			
Properties			
Cross-section (axial) area	0,096	Section modulus about 3 axis	0,0195
Moment of Inertia about 3 axis	0,0163	Section modulus about 2 axis	0,0258
Moment of Inertia about 2 axis	0,0171	Plastic modulus about 3 axis	0,0344
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	0,0396
Shear area in 2 direction	0,0555	Radius of Gyration about 3 axis	0,4124
Shear area in 3 direction	0,0596	Radius of Gyration about 2 axis	0,4216
Torsional constant	2,688E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

- Briglie superiori

Property Data

Section Name: BRIGLIA_SUP1			
Properties			
Cross-section (axial) area	0,083	Section modulus about 3 axis	0,0167
Moment of Inertia about 3 axis	9,344E-03	Section modulus about 2 axis	0,0217
Moment of Inertia about 2 axis	0,0133	Plastic modulus about 3 axis	0,0246
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	0,0315
Shear area in 2 direction	0,0432	Radius of Gyration about 3 axis	0,3355
Shear area in 3 direction	0,0248	Radius of Gyration about 2 axis	0,3997
Torsional constant	1,765E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Property Data

Section Name: BRIGLIA_SUP2			
Properties			
Cross-section (axial) area	0,0952	Section modulus about 3 axis	0,0176
Moment of Inertia about 3 axis	0,0106	Section modulus about 2 axis	0,0242
Moment of Inertia about 2 axis	0,0148	Plastic modulus about 3 axis	0,027
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	0,0353
Shear area in 2 direction	0,0436	Radius of Gyration about 3 axis	0,3341
Shear area in 3 direction	0,0349	Radius of Gyration about 2 axis	0,3939
Torsional constant	2,875E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL	VI0809	001	A	34 di 75

• TRASVERSI:

Section Name TRAVERSI Display Color

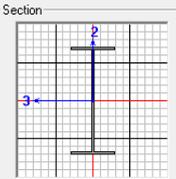
Section Notes

Dimensions

Outside height (t3)	1.55
Top flange width (t2)	0.65
Top flange thickness (tf)	0.04
Web thickness (tw)	0.02
Bottom flange width (t2b)	0.65
Bottom flange thickness (tfb)	0.04

Material STEEL

Property Modifiers

Section 

Properties

Section Name TRAVERSI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0814	Section modulus about 3 axis	0.0451
Moment of Inertia about 3 axis	0.0349	Section modulus about 2 axis	5.636E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.832E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0501
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.597E-03
Shear area in 2 direction	0.031	Radius of Gyration about 3 axis	0.6552
Shear area in 3 direction	0.0433	Radius of Gyration about 2 axis	0.15
Torsional constant	3.054E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name TRAVERSO_TEST Display Color

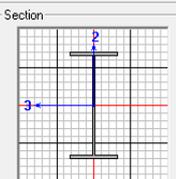
Section Notes

Dimensions

Outside height (t3)	1.55
Top flange width (t2)	0.7
Top flange thickness (tf)	0.06
Web thickness (tw)	0.03
Bottom flange width (t2b)	0.7
Bottom flange thickness (tfb)	0.06

Material STEEL

Property Modifiers

Section 

Properties

Section Name TRAVERSO_TEST

Properties

Cross-section (axial) area	0.1269	Section modulus about 3 axis	0.0696
Moment of Inertia about 3 axis	0.054	Section modulus about 2 axis	9.809E-03
Moment of Inertia about 2 axis	3.433E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0779
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.015
Shear area in 2 direction	0.0465	Radius of Gyration about 3 axis	0.6521
Shear area in 3 direction	0.07	Radius of Gyration about 2 axis	0.1645
Torsional constant	1.081E-04	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• VASCA PORTABALLAST

La piastra metallica, posizionata sui traversi ha uno spessore pari a 30mm.

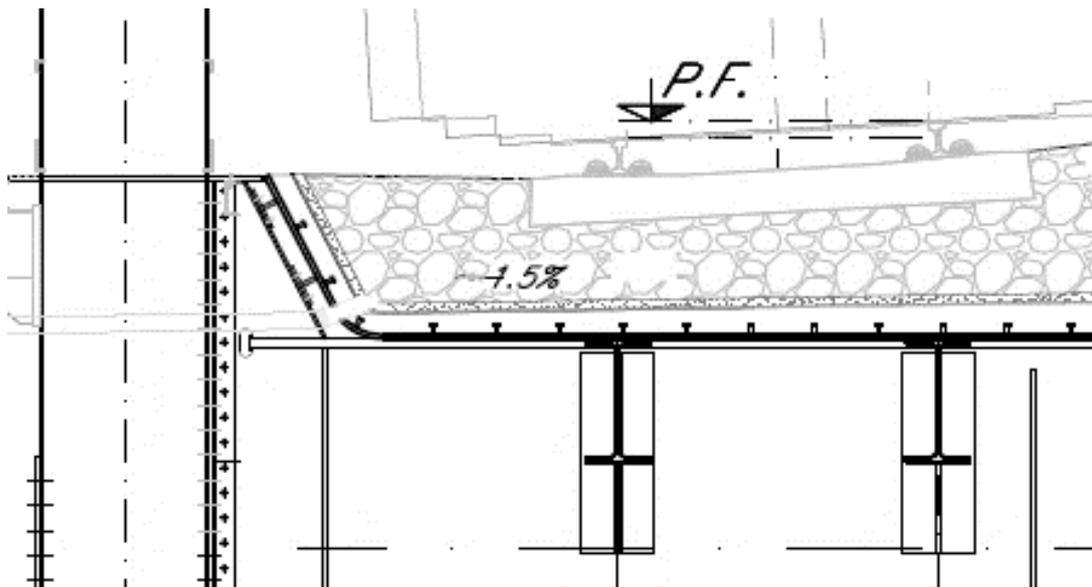


Figura 13 – Vasca portaballast

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 35 di 75

• TRAVERSI SUPERIORI

Section Name: TRAVERSONE Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

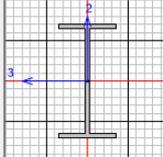
Bottom flange thickness (tfb)

Fillet Radius

Material STEEL

Property Modifiers

Section



Properties

Section Name: TRAVERSONE

Properties

Cross-section (axial) area	0,0192	Section modulus about 3 axis	2,954E-03
Moment of Inertia about 3 axis	7,386E-04	Section modulus about 2 axis	4,191E-04
Moment of Inertia about 2 axis	5,239E-05	Plastic modulus about 3 axis	3,458E-03
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	6,710E-04
Shear area in 2 direction	0,01	Radius of Gyration about 3 axis	0,1961
Shear area in 3 direction	8,333E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0522
Torsional constant	2,459E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

Section Name: TRAVERSONE_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

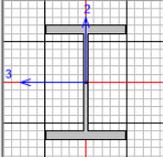
Bottom flange thickness (tfb)

Fillet Radius

Material STEEL

Property Modifiers

Section



Properties

Section Name: TRAVERSONE_0

Properties

Cross-section (axial) area	0,0364	Section modulus about 3 axis	6,434E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1,608E-03	Section modulus about 2 axis	1,635E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2,861E-04	Plastic modulus about 3 axis	7,322E-03
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	2,492E-03
Shear area in 2 direction	0,01	Radius of Gyration about 3 axis	0,2102
Shear area in 3 direction	0,0233	Radius of Gyration about 2 axis	0,0887
Torsional constant	1,494E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

• MONTANTI

Section Name: MONTANTI_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

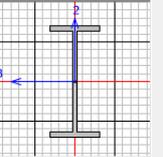
Bottom flange thickness (tfb)

Fillet Radius

Material STEEL

Property Modifiers

Section



Properties

Section Name: MONTANTI_0

Properties

Cross-section (axial) area	0,046	Section modulus about 3 axis	0,0121
Moment of Inertia about 3 axis	4,825E-03	Section modulus about 2 axis	1,639E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2,868E-04	Plastic modulus about 3 axis	0,0139
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	2,563E-03
Shear area in 2 direction	0,02	Radius of Gyration about 3 axis	0,3239
Shear area in 3 direction	0,0233	Radius of Gyration about 2 axis	0,079
Torsional constant	1,753E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

Section Name: MONTANTI Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

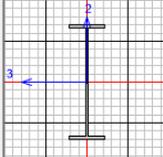
Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Material STEEL

Property Modifiers

Section



Properties

Section Name: MONTANTI

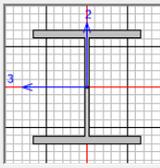
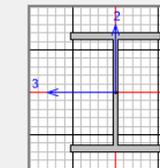
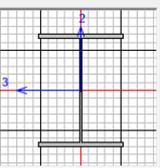
Properties

Cross-section (axial) area	0,0275	Section modulus about 3 axis	6,452E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2,581E-03	Section modulus about 2 axis	5,248E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6,560E-05	Plastic modulus about 3 axis	7,656E-03
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	8,563E-04
Shear area in 2 direction	0,016	Radius of Gyration about 3 axis	0,3063
Shear area in 3 direction	0,0104	Radius of Gyration about 2 axis	0,0488
Torsional constant	4,407E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

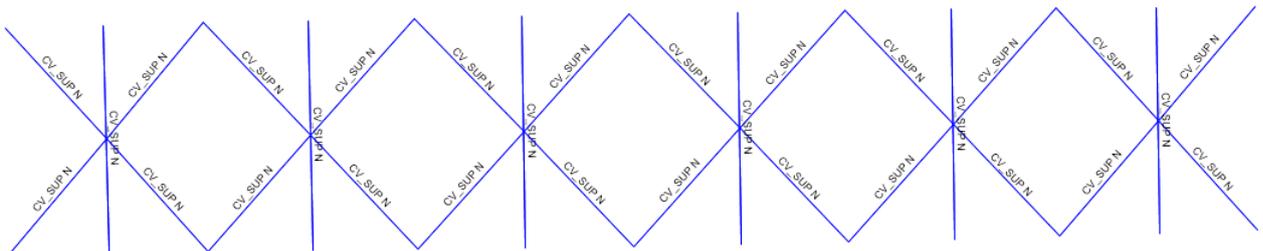
Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

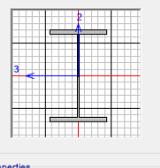
PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 36 di 75

• DIAGONALI

<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE_0"/> Display Color: <input type="checkbox"/></p> <p>Section Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3) <input type="text" value="0,8"/></p> <p>Top flange width (t2) <input type="text" value="0,75"/></p> <p>Top flange thickness (tf) <input type="text" value="0,05"/></p> <p>Web thickness (tw) <input type="text" value="0,035"/></p> <p>Bottom flange width (t2b) <input type="text" value="0,75"/></p> <p>Bottom flange thickness (tfb) <input type="text" value="0,05"/></p> <p>Section</p> 	<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE_0"/></p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr><td>Cross-section (axial) area</td><td>0,0995</td><td>Section modulus about 3 axis</td><td>0,0289</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 3 axis</td><td>0,0116</td><td>Section modulus about 2 axis</td><td>9,382E-03</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 2 axis</td><td>3,518E-03</td><td>Plastic modulus about 3 axis</td><td>0,0324</td></tr> <tr><td>Product of Inertia about 2-3</td><td>0,</td><td>Plastic modulus about 2 axis</td><td>0,0143</td></tr> <tr><td>Shear area in 2 direction</td><td>0,028</td><td>Radius of Gyration about 3 axis</td><td>0,3409</td></tr> <tr><td>Shear area in 3 direction</td><td>0,0625</td><td>Radius of Gyration about 2 axis</td><td>0,188</td></tr> <tr><td>Torsional constant</td><td>6,956E-05</td><td>Shear Center Eccentricity (x3)</td><td>0,</td></tr> </table>	Cross-section (axial) area	0,0995	Section modulus about 3 axis	0,0289	Moment of Inertia about 3 axis	0,0116	Section modulus about 2 axis	9,382E-03	Moment of Inertia about 2 axis	3,518E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0324	Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	0,0143	Shear area in 2 direction	0,028	Radius of Gyration about 3 axis	0,3409	Shear area in 3 direction	0,0625	Radius of Gyration about 2 axis	0,188	Torsional constant	6,956E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,
Cross-section (axial) area	0,0995	Section modulus about 3 axis	0,0289																										
Moment of Inertia about 3 axis	0,0116	Section modulus about 2 axis	9,382E-03																										
Moment of Inertia about 2 axis	3,518E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0324																										
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	0,0143																										
Shear area in 2 direction	0,028	Radius of Gyration about 3 axis	0,3409																										
Shear area in 3 direction	0,0625	Radius of Gyration about 2 axis	0,188																										
Torsional constant	6,956E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,																										
<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE_1"/> Display Color: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Section Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3) <input type="text" value="0,8"/></p> <p>Top flange width (t2) <input type="text" value="0,6"/></p> <p>Top flange thickness (tf) <input type="text" value="0,045"/></p> <p>Web thickness (tw) <input type="text" value="0,025"/></p> <p>Bottom flange width (t2b) <input type="text" value="0,6"/></p> <p>Bottom flange thickness (tfb) <input type="text" value="0,045"/></p> <p>Section</p> 	<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE_1"/></p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr><td>Cross-section (axial) area</td><td>0,0718</td><td>Section modulus about 3 axis</td><td>0,0211</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 3 axis</td><td>8,450E-03</td><td>Section modulus about 2 axis</td><td>5,403E-03</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 2 axis</td><td>1,621E-03</td><td>Plastic modulus about 3 axis</td><td>0,0235</td></tr> <tr><td>Product of Inertia about 2-3</td><td>0,</td><td>Plastic modulus about 2 axis</td><td>8,211E-03</td></tr> <tr><td>Shear area in 2 direction</td><td>0,02</td><td>Radius of Gyration about 3 axis</td><td>0,3432</td></tr> <tr><td>Shear area in 3 direction</td><td>0,045</td><td>Radius of Gyration about 2 axis</td><td>0,1503</td></tr> <tr><td>Torsional constant</td><td>3,834E-05</td><td>Shear Center Eccentricity (x3)</td><td>0,</td></tr> </table>	Cross-section (axial) area	0,0718	Section modulus about 3 axis	0,0211	Moment of Inertia about 3 axis	8,450E-03	Section modulus about 2 axis	5,403E-03	Moment of Inertia about 2 axis	1,621E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0235	Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	8,211E-03	Shear area in 2 direction	0,02	Radius of Gyration about 3 axis	0,3432	Shear area in 3 direction	0,045	Radius of Gyration about 2 axis	0,1503	Torsional constant	3,834E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,
Cross-section (axial) area	0,0718	Section modulus about 3 axis	0,0211																										
Moment of Inertia about 3 axis	8,450E-03	Section modulus about 2 axis	5,403E-03																										
Moment of Inertia about 2 axis	1,621E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0235																										
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	8,211E-03																										
Shear area in 2 direction	0,02	Radius of Gyration about 3 axis	0,3432																										
Shear area in 3 direction	0,045	Radius of Gyration about 2 axis	0,1503																										
Torsional constant	3,834E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,																										
<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE"/> Display Color: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Section Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3) <input type="text" value="0,8"/></p> <p>Top flange width (t2) <input type="text" value="0,6"/></p> <p>Top flange thickness (tf) <input type="text" value="0,03"/></p> <p>Web thickness (tw) <input type="text" value="0,02"/></p> <p>Bottom flange width (t2b) <input type="text" value="0,6"/></p> <p>Bottom flange thickness (tfb) <input type="text" value="0,03"/></p> <p>Section</p> 	<p>Section Name: <input type="text" value="DIAGONALE"/></p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr><td>Cross-section (axial) area</td><td>0,0508</td><td>Section modulus about 3 axis</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 3 axis</td><td>6,014E-03</td><td>Section modulus about 2 axis</td><td>3,602E-03</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 2 axis</td><td>1,080E-03</td><td>Plastic modulus about 3 axis</td><td>0,0166</td></tr> <tr><td>Product of Inertia about 2-3</td><td>0,</td><td>Plastic modulus about 2 axis</td><td>5,474E-03</td></tr> <tr><td>Shear area in 2 direction</td><td>0,016</td><td>Radius of Gyration about 3 axis</td><td>0,3441</td></tr> <tr><td>Shear area in 3 direction</td><td>0,03</td><td>Radius of Gyration about 2 axis</td><td>0,1458</td></tr> <tr><td>Torsional constant</td><td>1,240E-05</td><td>Shear Center Eccentricity (x3)</td><td>0,</td></tr> </table>	Cross-section (axial) area	0,0508	Section modulus about 3 axis	0,015	Moment of Inertia about 3 axis	6,014E-03	Section modulus about 2 axis	3,602E-03	Moment of Inertia about 2 axis	1,080E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0166	Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	5,474E-03	Shear area in 2 direction	0,016	Radius of Gyration about 3 axis	0,3441	Shear area in 3 direction	0,03	Radius of Gyration about 2 axis	0,1458	Torsional constant	1,240E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,
Cross-section (axial) area	0,0508	Section modulus about 3 axis	0,015																										
Moment of Inertia about 3 axis	6,014E-03	Section modulus about 2 axis	3,602E-03																										
Moment of Inertia about 2 axis	1,080E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0166																										
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	5,474E-03																										
Shear area in 2 direction	0,016	Radius of Gyration about 3 axis	0,3441																										
Shear area in 3 direction	0,03	Radius of Gyration about 2 axis	0,1458																										
Torsional constant	1,240E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0,																										

• CONTROVENTI superiori:

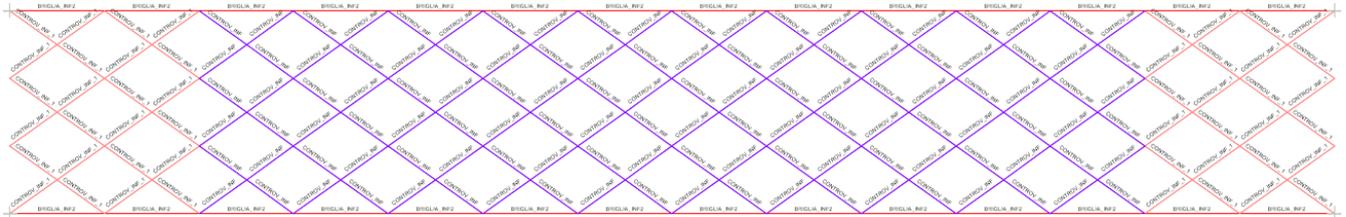


<p>Section Name: <input type="text" value="CV_SUP N"/> Display Color: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Section Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3) <input type="text" value="0,49"/></p> <p>Top flange width (t2) <input type="text" value="0,3"/></p> <p>Top flange thickness (tf) <input type="text" value="0,023"/></p> <p>Web thickness (tw) <input type="text" value="0,012"/></p> <p>Bottom flange width (t2b) <input type="text" value="0,3"/></p> <p>Bottom flange thickness (tfb) <input type="text" value="0,023"/></p> <p>Filet Radius <input type="text" value="0,"/></p> <p>Material: <input type="text" value="STEEL"/> Property Modifiers: <input type="button" value="Set Modifiers..."/></p> <p>Section</p> 	<p>Section Name: <input type="text" value="CV_SUP N"/></p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr><td>Cross-section (axial) area</td><td>0,0191</td><td>Section modulus about 3 axis</td><td>3,431E-03</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 3 axis</td><td>8,405E-04</td><td>Section modulus about 2 axis</td><td>6,904E-04</td></tr> <tr><td>Moment of Inertia about 2 axis</td><td>1,036E-04</td><td>Plastic modulus about 3 axis</td><td>3,814E-03</td></tr> <tr><td>Product of Inertia about 2-3</td><td>0,</td><td>Plastic modulus about 2 axis</td><td>1,051E-03</td></tr> <tr><td>Shear area in 2 direction</td><td>5,880E-03</td><td>Radius of Gyration about 3 axis</td><td>0,2096</td></tr> <tr><td>Shear area in 3 direction</td><td>0,0115</td><td>Radius of Gyration about 2 axis</td><td>0,0736</td></tr> <tr><td>Torsional constant</td><td>2,567E-06</td><td>Shear Center Eccentricity (x3)</td><td>0,</td></tr> </table>	Cross-section (axial) area	0,0191	Section modulus about 3 axis	3,431E-03	Moment of Inertia about 3 axis	8,405E-04	Section modulus about 2 axis	6,904E-04	Moment of Inertia about 2 axis	1,036E-04	Plastic modulus about 3 axis	3,814E-03	Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1,051E-03	Shear area in 2 direction	5,880E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,2096	Shear area in 3 direction	0,0115	Radius of Gyration about 2 axis	0,0736	Torsional constant	2,567E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,
Cross-section (axial) area	0,0191	Section modulus about 3 axis	3,431E-03																										
Moment of Inertia about 3 axis	8,405E-04	Section modulus about 2 axis	6,904E-04																										
Moment of Inertia about 2 axis	1,036E-04	Plastic modulus about 3 axis	3,814E-03																										
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1,051E-03																										
Shear area in 2 direction	5,880E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,2096																										
Shear area in 3 direction	0,0115	Radius of Gyration about 2 axis	0,0736																										
Torsional constant	2,567E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,																										

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 37 di 75

• CONTROVENTI inferiori:



Section Name CONTROV_INF **Display Color** ■

Section Notes

Dimensions

Outside stem (t3)	<input type="text" value="0,2"/>
Outside flange (t2)	<input type="text" value="0,4"/>
Flange thickness (tf)	<input type="text" value="0,025"/>
Stem thickness (tw)	<input type="text" value="0,016"/>
Fillet Radius	<input type="text" value="0"/>

Section

Section Name CONTROV_INF

Properties

Cross-section (axial) area	0,0128	Section modulus about 3 axis	1,784E-04
Moment of Inertia about 3 axis	2,954E-05	Section modulus about 2 axis	6,670E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1,334E-04	Plastic modulus about 3 axis	3,376E-04
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1,011E-03
Shear area in 2 direction	3,200E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,048
Shear area in 3 direction	8,333E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,1021
Torsional constant	2,271E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

Section Name CONTROV_INF_1 **Display Color** ■

Section Notes

Dimensions

Outside stem (t3)	<input type="text" value="0,2"/>
Outside flange (t2)	<input type="text" value="0,4"/>
Flange thickness (tf)	<input type="text" value="0,04"/>
Stem thickness (tw)	<input type="text" value="0,03"/>
Fillet Radius	<input type="text" value="0"/>

Section

Section Name CONTROV_INF_1

Properties

Cross-section (axial) area	0,0208	Section modulus about 3 axis	3,141E-04
Moment of Inertia about 3 axis	4,930E-05	Section modulus about 2 axis	1,068E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2,137E-04	Plastic modulus about 3 axis	6,256E-04
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1,636E-03
Shear area in 2 direction	6,000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,0487
Shear area in 3 direction	0,0133	Radius of Gyration about 2 axis	0,1014
Torsional constant	9,639E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

• LONGHERINE:

HEA 700

Section Name Longherine **Display Color** ■

Section Notes

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0,69"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0,3"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0,027"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0,0145"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0,3"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0,027"/>

Section

Section Name Longherine

Properties

Cross-section (axial) area	0,0254	Section modulus about 3 axis	6,064E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2,092E-03	Section modulus about 2 axis	8,111E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1,217E-04	Plastic modulus about 3 axis	6,837E-03
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1,248E-03
Shear area in 2 direction	0,01	Radius of Gyration about 3 axis	0,2869
Shear area in 3 direction	0,0135	Radius of Gyration about 2 axis	0,0692
Torsional constant	4,350E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 38 di 75

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle classi delle sezioni adottate.

ε	0,81	-
---------------	------	---

Sezione	Elemento	c	t	c/t	Classe
Briglia superiore	Piattabanda ext	185	25	7,4	2
	Piattabanda int	800	25	32,0	3
	Anima	850	25	34,0	3
<i>Classe sezione</i>					3
Traverso	Piattabanda	0,315	0,04	7,9	2
	Anima	1,47	0,02	73,5	3
<i>Classe sezione</i>					3
Traverso_test	Piattabanda	0,335	0,06	5,6	1
	Anima	1,43	0,03	47,7	1
<i>Classe sezione</i>					1
Traversone	Piattabanda	0,115	0,02	5,8	1
	Anima	0,46	0,02	23,0	1
<i>Classe sezione</i>					1
Traversone_0	Piattabanda	0,165	0,04	4,1	1
	Anima	0,42	0,02	21,0	1
<i>Classe sezione</i>					1
Montanti_0	Piattabanda	0,1625	0,04	4,1	1
	Anima	0,72	0,025	28,8	1
<i>Classe sezione</i>					1
Montanti	Piattabanda	0,115	0,025	4,6	1
	Anima	0,75	0,02	37,5	1
<i>Classe sezione</i>					1
Diagonale_0	Piattabanda	0,3575	0,05	7,2	1
	Anima	0,7	0,035	20,0	1
<i>Classe sezione</i>					1
Diagonale_1	Piattabanda	0,2875	0,045	6,4	1
	Anima	0,71	0,025	28,4	2
<i>Classe sezione</i>					2
Diagonale	Piattabanda	0,289	0,03	9,6	3
	Anima	0,74	0,022	33,6	3
<i>Classe sezione</i>					3
Controventi sup	Piattabanda	0,144	0,023	6,3	1
	Anima	0,444	0,012	37,0	4
<i>Classe sezione</i>					4
Longherine	Piattabanda	0,14275	0,027	5,3	1
	Anima	0,636	0,0145	43,9	1
<i>Classe sezione</i>					1

7 VERIFICHE SLU

Si riportano di seguito le verifiche agli SLU dei singoli elementi costituenti l'impalcato.

7.1 VASCA IN ACCIAIO PORTA BALLAST

7.1.1 Verifiche di resistenza - SLU

Per le verifiche di resistenza, è stato implementato un modello tridimensionale con i carichi permanenti e da traffico (LM71 e SW2). La vasca è stata modellata con elementi shell, i traversi e le longherine con elementi frames.

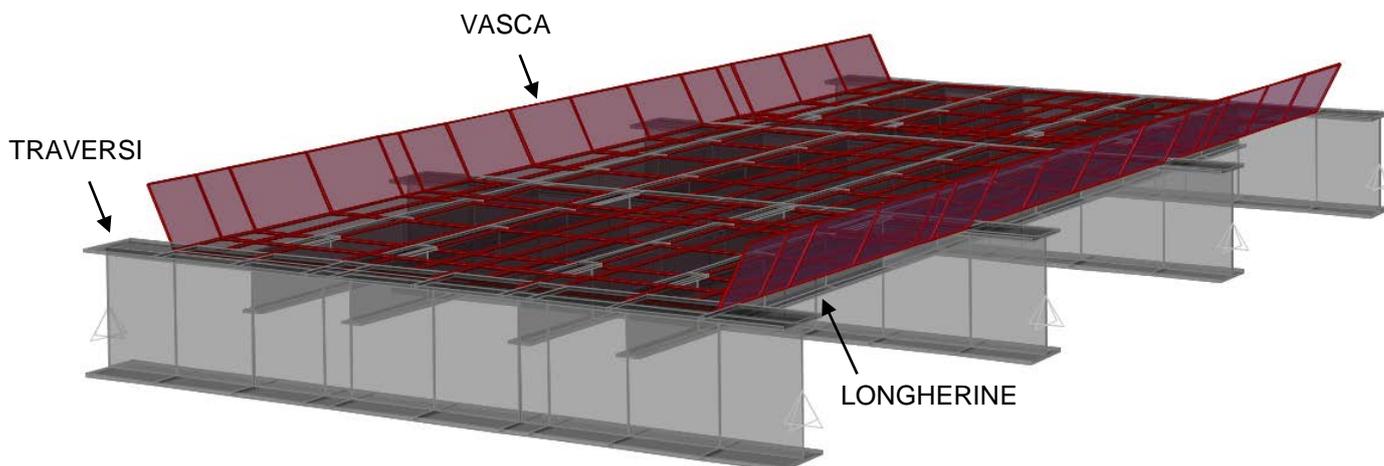


Figura 14 - Visione estrusa del modello locale della vasca

Nelle verifiche che seguono si è tenuto in conto di un sovrametallo di 2 mm per la vasca metallica, coerentemente con le prescrizioni del Manuale.

Di seguito si riportano i carichi applicati sul modello di calcolo.

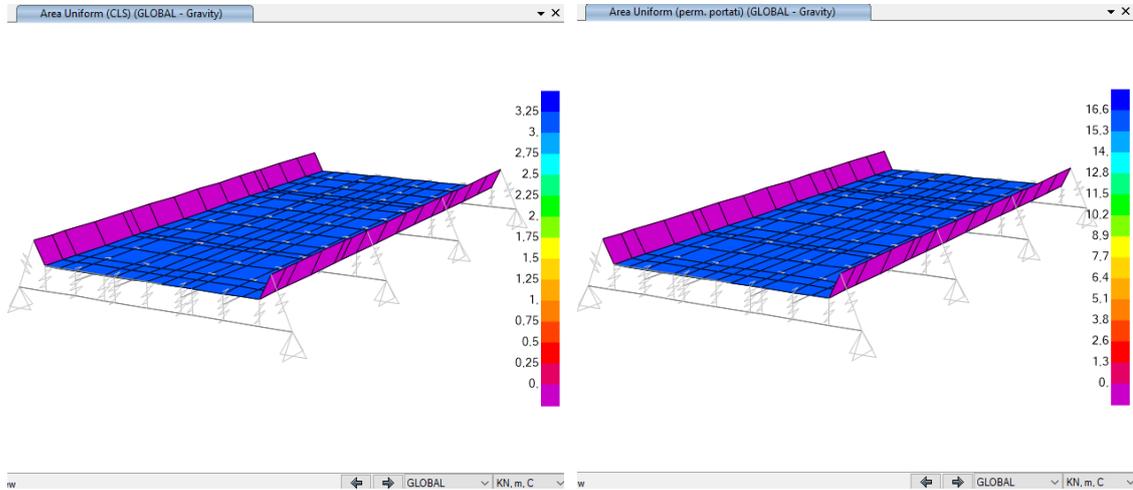


Figura 15 - Peso proprio del calcestruzzo di riempimento (a sinistra) e carichi g2 (ballast+armamento) a destra

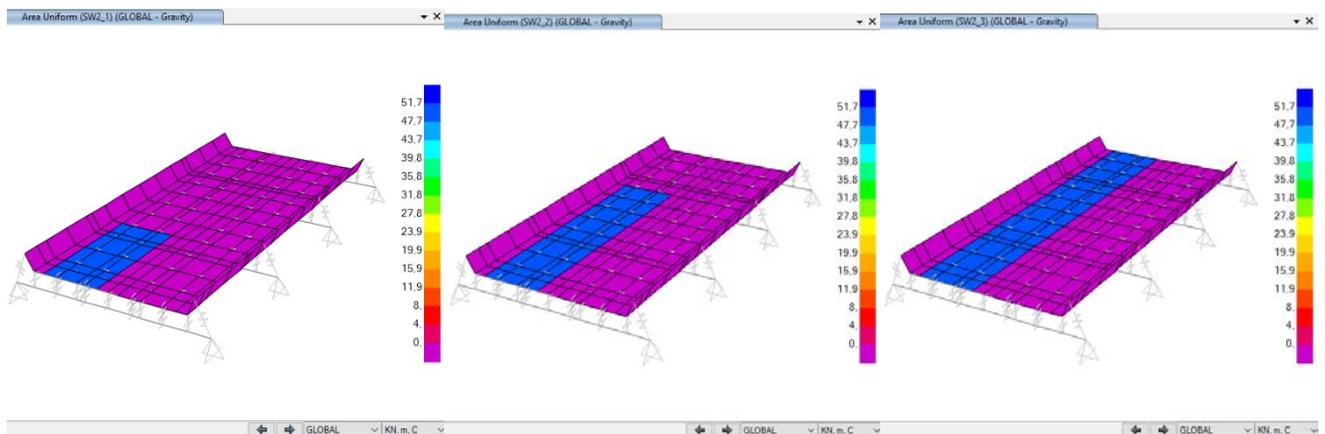


Figura 16 - Carico da traffico SW2

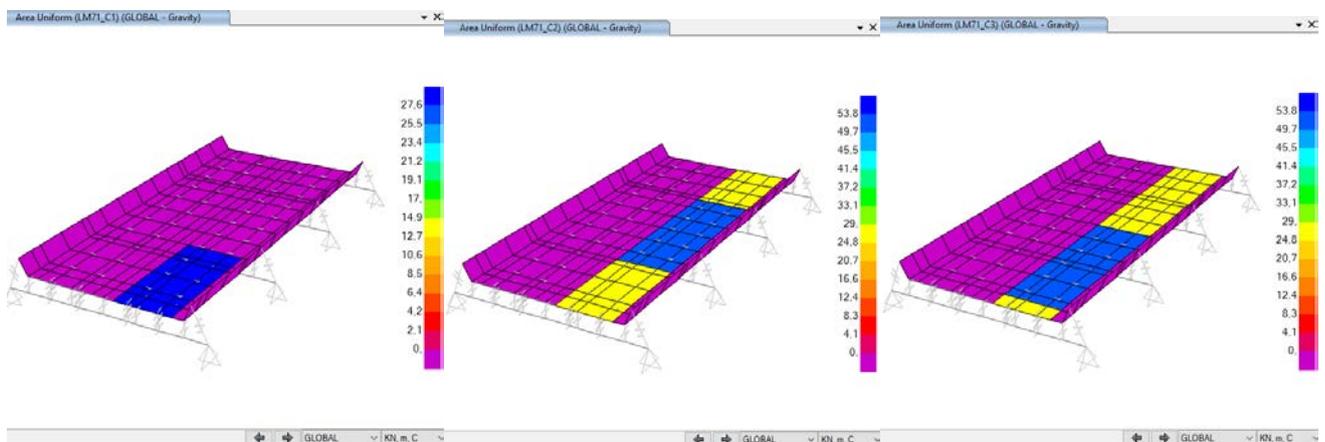


Figura 17 - Carico da traffico LM71

I valori del carico da traffico vengono poi amplificati con il coefficiente dinamico $\phi_3 = 1.35$ e il coefficiente $\alpha = 1.1$.

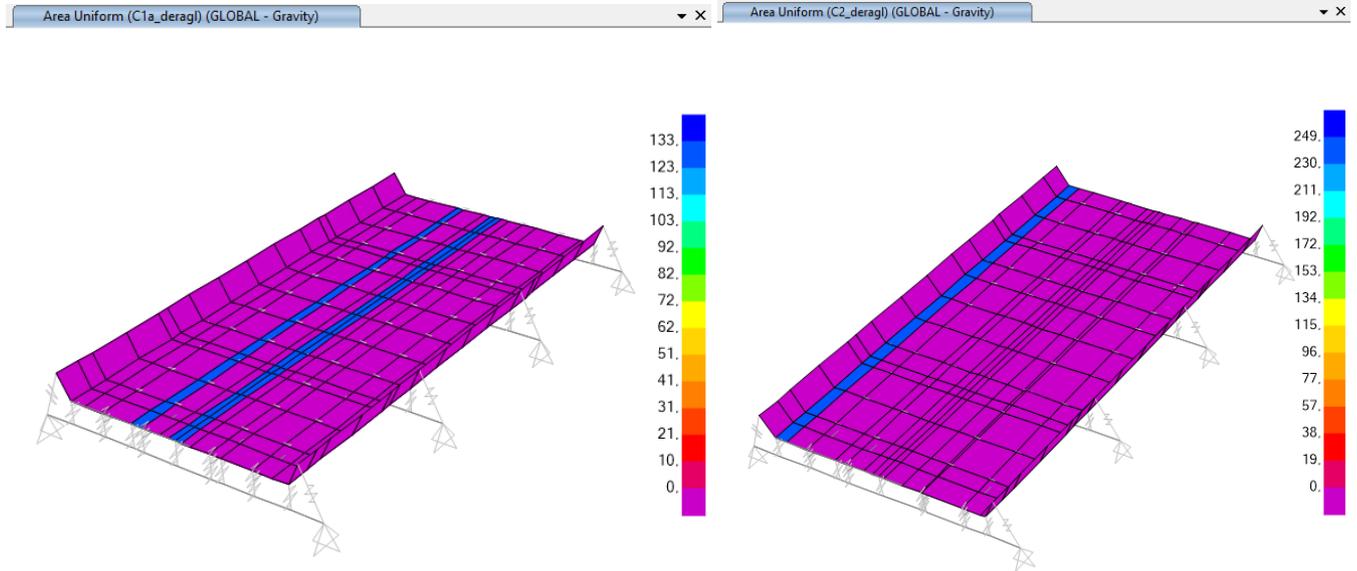


Figura 18 – Deragliamento caso 1 a sinistra, caso 2 a destra

Di seguito viene riportata la mappatura delle tensioni sommando in combinazione SLU gli effetti dei carichi permanenti e dei carichi da traffico (amplificati con i coefficienti dinamici definiti al § 4.2.1).

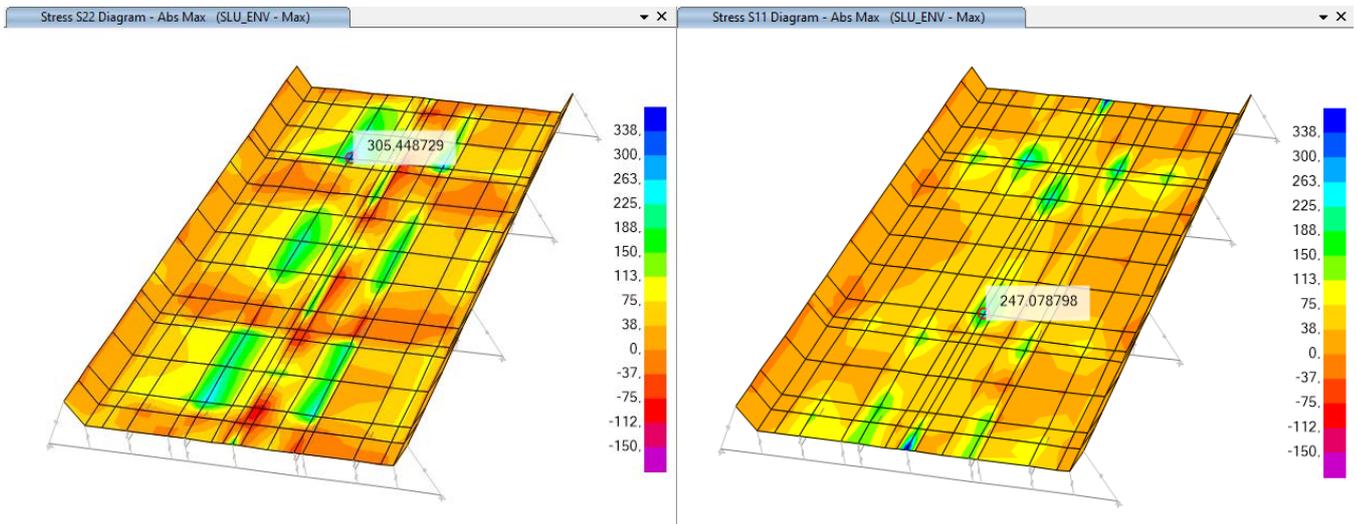


Figura 19 - Tensioni S22 e S11 massime sulla piastra con carichi in combinazione SLU – Modello locale

Alle tensioni calcolate con il modello locale bisogna sommare quelle estratte dal modello globale.

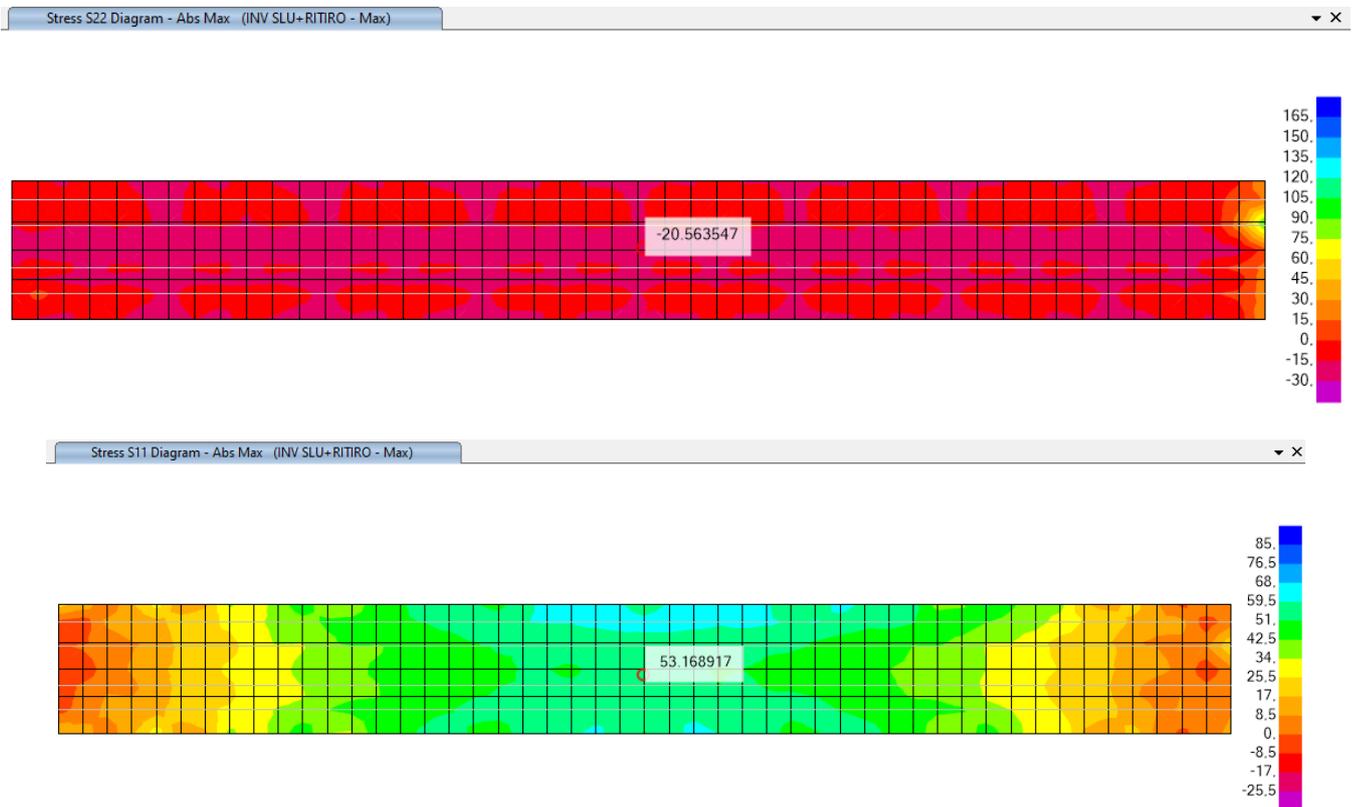


Figura 20 - Tensioni S22 e S11 massime sulla piastra con carichi in combinazione SLU – Modello globale

In via cautelativa sono stati sommati, in valore assoluto, i valori massimi di tensione estratti dal modello locale e da quello globale.

Le verifiche di resistenza SLU risultano soddisfatte:

- **S22: 305 + 21 = 326 Mpa < 338 MPa**
- **S11: 247 + 53 = 300 Mpa < 338 MPa.**

Le verifiche a fatica della vasca non vengono svolte in quanto si assume che il treno di carico LM71 scarichi direttamente sulle longherine senza gravare sulla piastra. Le longherine infatti si trovano in asse con il binario e sono molto più rigide della piastra.

È stata infine svolta la verifica in condizioni eccezionali tenendo conto del deragliamenti. Anche in questo caso le verifiche di resistenza sono soddisfatte.

Per tale analisi si è tenuto conto della variabilità dell'interasse tra i binari, esaminando sia il caso di interasse pari a $i = 4\text{m}$, che quello con $i = 4.37\text{m}$ (più gravoso).

• **Interasse binari $i = 4.37m$**

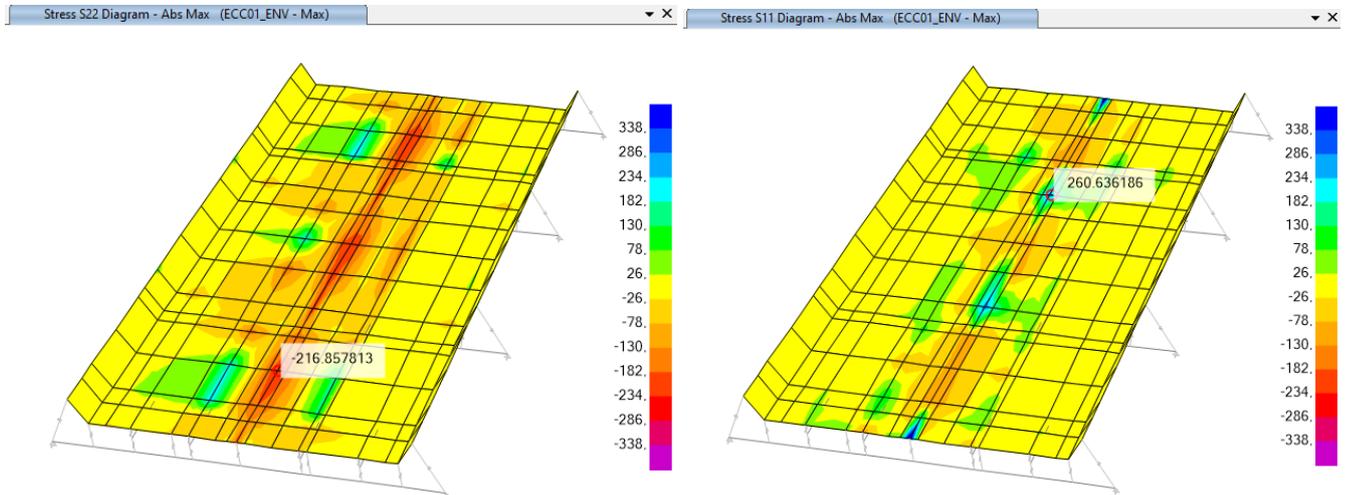


Figura 21 – Tensioni S22 e S11 con carichi in combinazione di carico eccezionale e deragliamento in caso 1

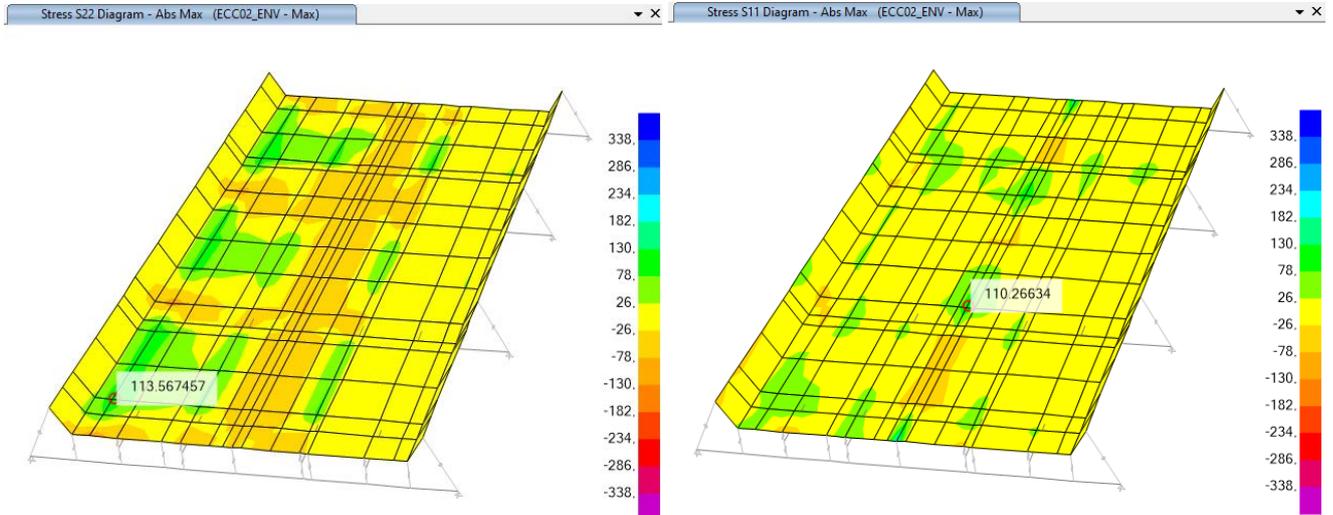


Figura 22 - Tensioni S22 e S11 con carichi in combinazione di carico eccezionale e deragliamento in caso 2

• **Interasse binari $i = 4m$**

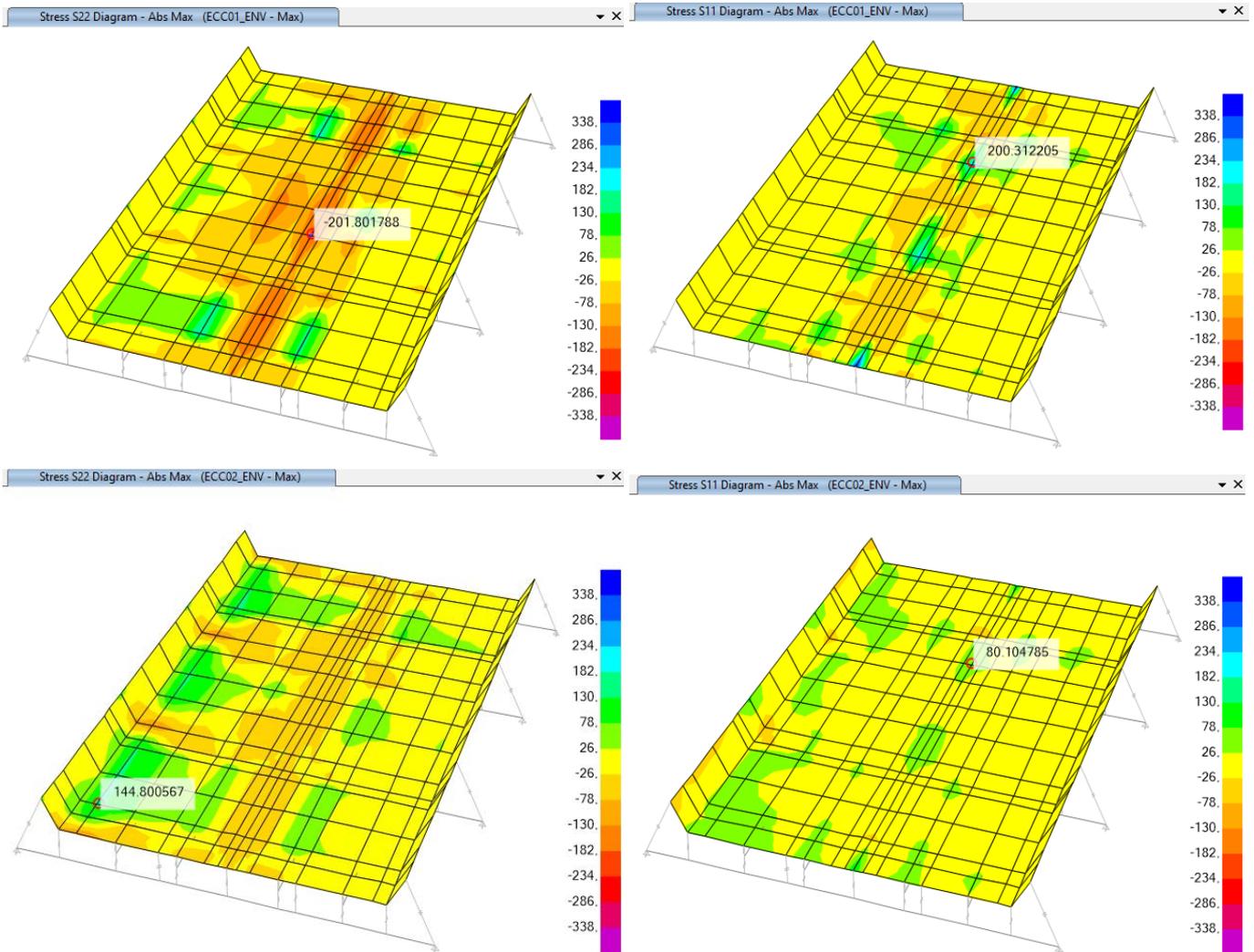


Figura 23 – Stato tensionale con i carichi in combinazione eccezionale (considerando il caso 1 di deragliament – ECC01, e il caso 2 – ECC02)

Le verifiche di resistenza risultano soddisfatte essendo la massima tensione registrata pari a 260 Mpa < 338 Mpa.

7.2 TRAVERSI

7.2.1 Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico)

Per le verifiche dei traveri è stato realizzato un modello di calcolo locale al fine di valutare le massime sollecitazioni flettenti M3. A queste sono state sommate quelle derivanti dal modello globale (sforzo normale N e flessione nel piano M2). Nei due modelli (locale e globale) si è tenuto conto dei rispettivi coefficienti di amplificazione dinamica.

Di seguito si riporta il momento flettente nel piano M2 ricavato dal modello globale, con applicazione di tutti i carichi combinati allo SLU.

Moment 2-2 Diagram (INV_SLU - Max/Min)

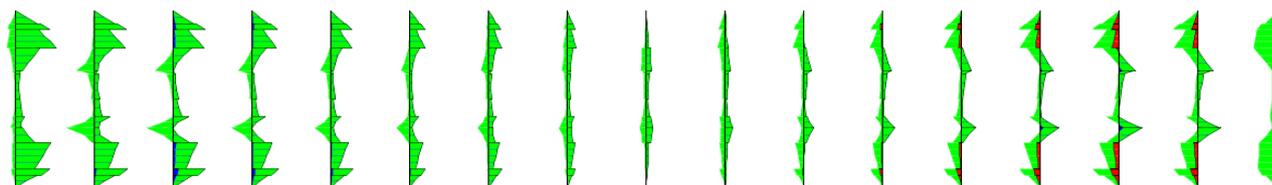


Figura 24 – Sollecitazioni sui traveri nel modello globale

TRAVERSO DI TESTATA

Caso 1 – Verifica nella sezione dove il momento M2 è massimo

Il traverso di testata maggiormente sollecitato nel piano è quello sulla spalla fissa.

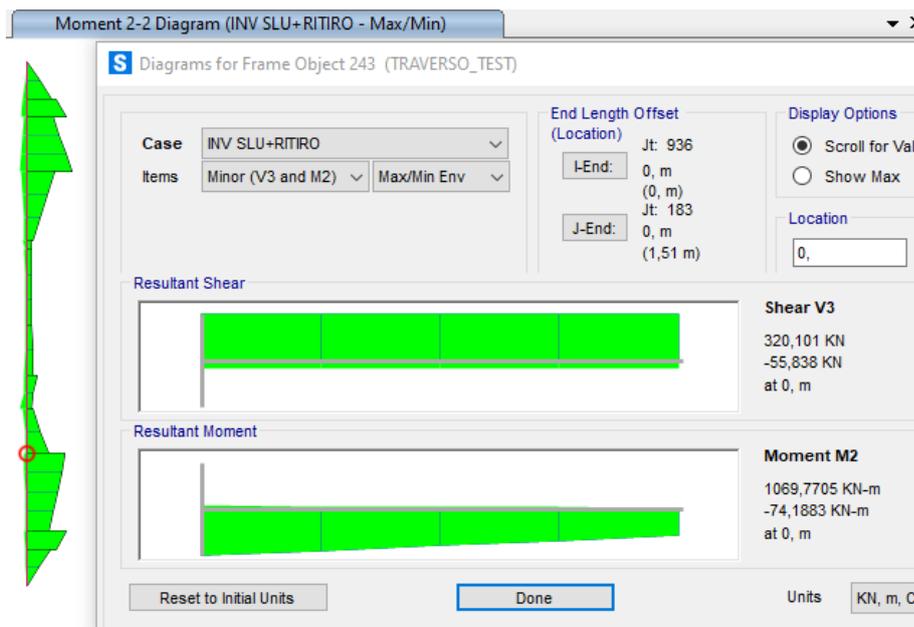


Figura 25 – Massimo momento M2 sul traverso di testata

A queste sollecitazioni bisogna aggiungere quelle ricavate dal modello locale.

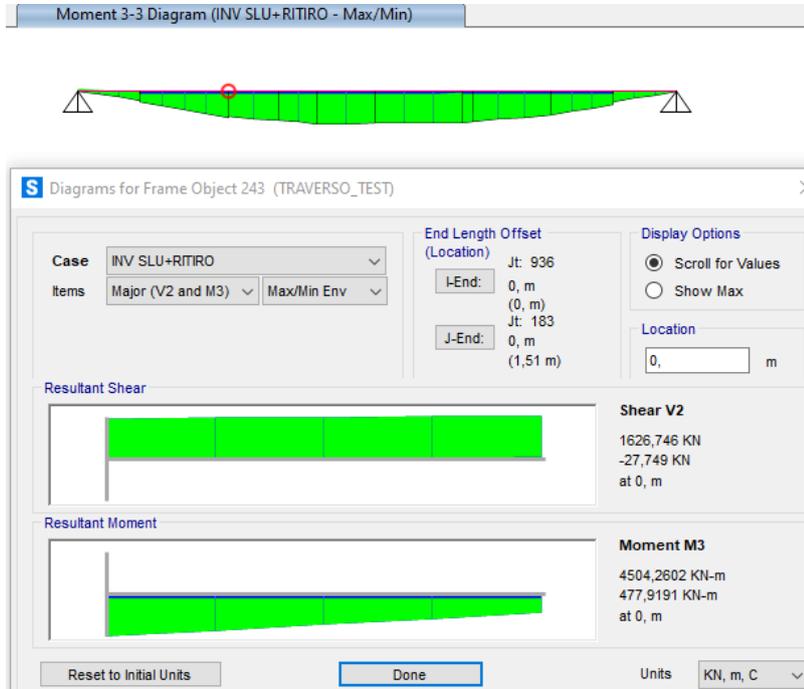


Figura 26 – Momento flettente M3 e taglio V2 sul traverso di testata nella sezione dove M2 è massimo

$\phi_{3x\beta}$ 2

TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m ²	0,121
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0,044
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0,080
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,066
$W_{y, NETTA}$	m ³	0,009
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	4504
T_y	kN	1627
σ_{Mx}	N/mm ²	68,12
τ_y	N/mm ²	36,83
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm ²	93,33
<i>Globali</i>		
N	KN	3025
M_y	KNm	1070,00
T_x	kN	320,00
σ_N	N/mm ²	25,09
σ_{My}	N/mm ²	114,82
τ_x	N/mm ²	4,01
σ_{tot}	N/mm ²	208,0
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm ²	208,2
$\gamma_{M2} =$	-	1,25
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	284
Verifica	soddisfatta	

Caso 2 – Verifica nella sezione dove il momento M3 è massimo

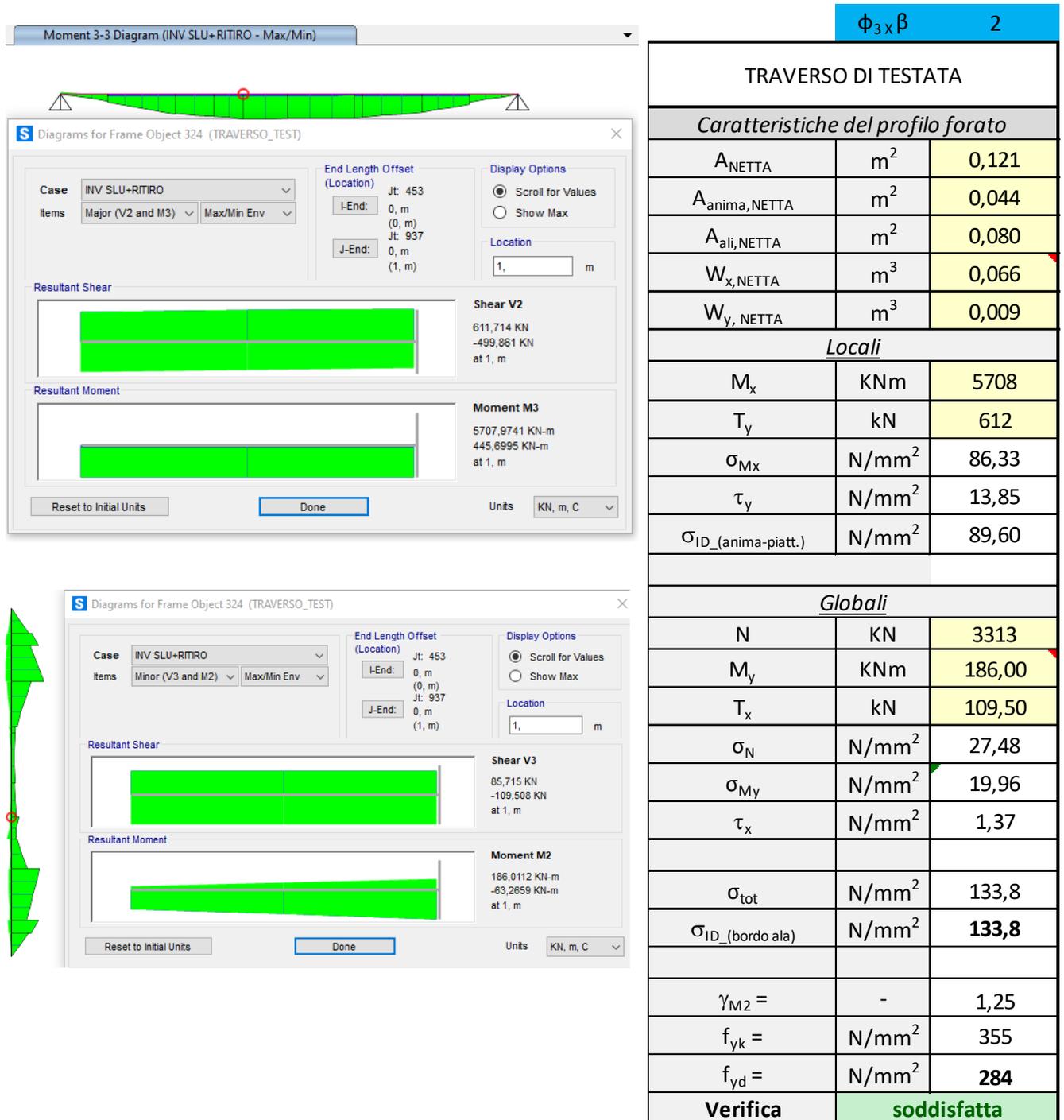


Figura 27 – Verifica traverso di testata nella sezione dove M3 è massimo - In alto il momento M3 massimo nel modello locale, in basso il momento M2 nella sezione corrispondente estratta dal modello globale

TRAVERSO INTERMEDIO

Il traveso intermedio più caricato è quello adiacente al traveso di testata lato spalla fissa.

Caso 1 – Verifica nella sezione dove M2 è massimo

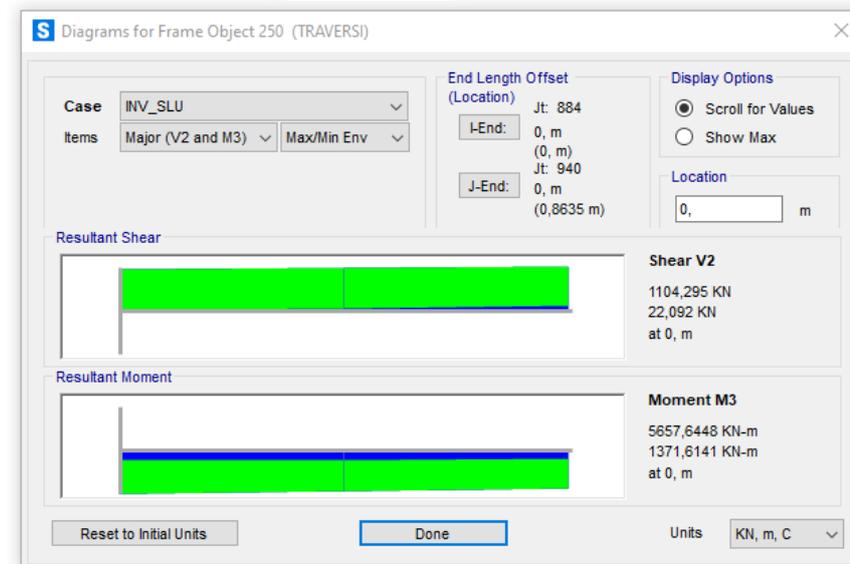
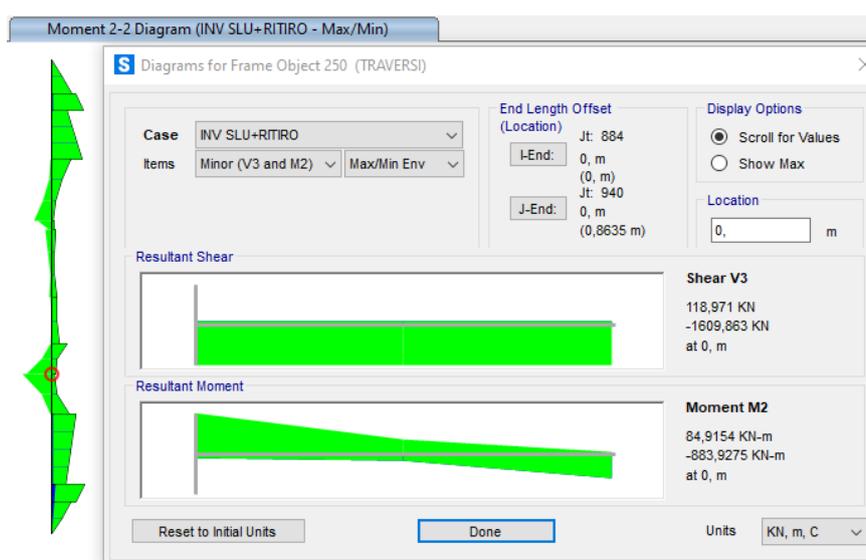


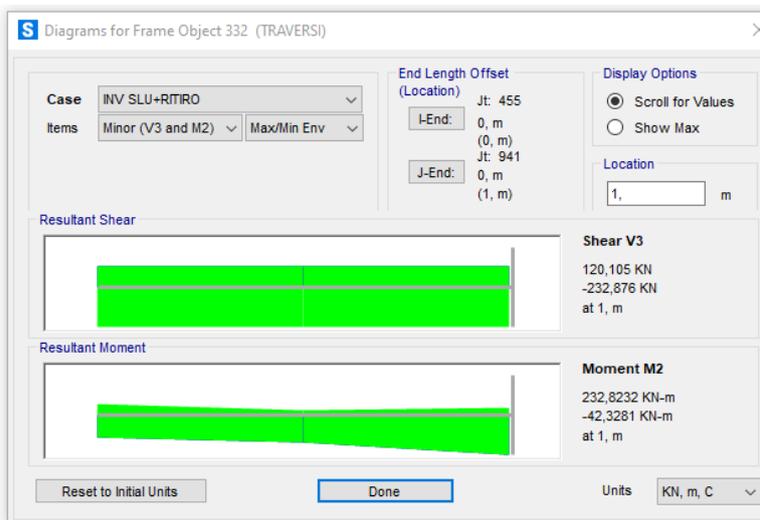
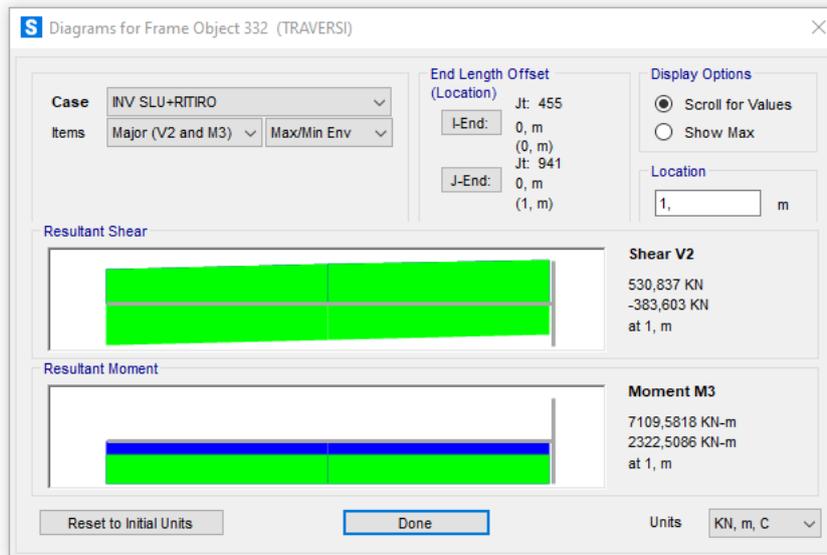
Figura 28 – In alto il momento M2 massimo nel modello globale, in basso il momento M3 nella sezione corrispondente estratta dal modello locale

$\Phi_3 \times \beta$ 1,23

TRAVERSO INTERMEDIO		
Caratteristiche del profilo		
A_{NETTA}	m ²	0,077
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0,029
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0,049
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,043
$W_{y,NETTA}$	m ³	0,005
Locali		
M_x	KNm	5945
T_y	kN	1115
σ_{Mx}	N/mm ²	138,76
τ_y	N/mm ²	37,85
$\sigma_{ID_}(anima-piatt.)$	N/mm ²	153,47
Globali		
N	KN	1353,00
M_y	KNm	884,00
T_x	kN	1610,00
σ_N	N/mm ²	17,50
σ_{My}	N/mm ²	165,10
τ_x	N/mm ²	32,59
σ_{tot}	N/mm ²	321,36
$\sigma_{ID_}(bordo ala)$	N/mm ²	326,3
$\gamma_{M0} =$	-	1,05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

Caso 2 – Verifica nella sezione con M3 massimo

Moment 3-3 Diagram (INV SLU+RITIRO - Max/Min)



$\phi_{3 \times \beta}$ 1,23

TRAVERSO INTERMEDIO		
Caratteristiche del profilo		
A_{NETTA}	m ²	0,077
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0,029
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0,049
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,043
$W_{y,NETTA}$	m ³	0,005
Locali		
M_x	KNm	7110
T_y	kN	531
σ_{Mx}	N/mm ²	165,94
τ_y	N/mm ²	18,03
$\sigma_{ID_}(anima-piatt.)$	N/mm ²	168,85
Globali		
N	KN	1848,00
M_y	KNm	233,00
T_x	kN	233,00
σ_N	N/mm ²	23,90
σ_{My}	N/mm ²	43,52
τ_x	N/mm ²	4,72
σ_{tot}	N/mm ²	233,35
$\sigma_{ID_}(bordo ala)$	N/mm ²	233,5
$\gamma_{M0} =$	-	1,05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

7.2.2 Verifiche a fatica

Come per la verifica SLU, anche per la verifica a fatica sono stati considerati gli effetti globali e gli effetti locali con i rispettivi coefficienti di amplificazione dinamica.

TRAVERSO TESTATA:

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - traverso testata					
Y_{Mf}	-				1,35
$\Delta\sigma_C$	N/mm ²				90
t	mm				60
k_s	-				0,80
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / Y_{Mf}$	N/mm ²				53,56
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1,15	λ_1	-	0,62
λ_2	-	1,00	λ_2	-	1,00
λ_3	-	1,00	λ_3	-	1,00
λ_4	-	0,83	λ_4	-	0,83
λ_{MAX}	-	1,40	λ_{MAX}	-	1,40
λ_{Ed}	-	0,95	λ_{Ed}	-	0,52
λ	-	0,95	λ	-	0,52
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	41,59	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	14,94
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	39,58	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	7,73
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm²		47,31
Verifica					soddisfatta

$\phi_2 \times \beta$ 1,67

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	0,121
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,066
$W_{y,NETTA}$	m ³	0,009
Tensioni - treno		
N	KN	495,0
M_x	KNm	2750
M_y	KNm	101
σ_N	N/mm ²	4,11
σ_{Mx}	N/mm ²	41,59
σ^*_{My}	N/mm ²	10,84
σ_{tot}	N/mm ²	56,54

1 binario

TRAVERSO INTERMEDIO:

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - traverso intermedio					
Y_{Mf}	-				1,35
$\Delta\sigma_C$	N/mm ²				90
t	mm				40
k_s	-				0,89
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / Y_{Mf}$	N/mm ²				59,28
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0,67	λ_1	-	0,62
λ_2	-	1,00	λ_2	-	1,00
λ_3	-	1,00	λ_3	-	1,00
λ_4	-	0,84	λ_4	-	0,82
λ_{MAX}	-	1,40	λ_{MAX}	-	1,40
λ_{Ed}	-	0,56	λ_{Ed}	-	0,51
λ	-	0,56	λ	-	0,51
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	60,85	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	41,16
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	34,05	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	20,97
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm²		55,03
Verifica					soddisfatta

$\phi_2 \times \beta$ 1,15

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	0,077
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,043
$W_{y,NETTA}$	m ³	0,005
Tensioni - treno		
N	KN	684,0
M_x	KNm	2607
M_y	KNm	173
σ_N	N/mm ²	8,85
σ_{Mx}	N/mm ²	60,85
σ^*_{My}	N/mm ²	32,31
σ_{tot}	N/mm ²	102,00

m3
m2

7.3 LONGHERINE

7.3.1 Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico)

Per le verifiche delle longherine è stato realizzato un modello di calcolo locale al fine di valutare le massime sollecitazioni flettenti M3. A queste sono state sommate quelle derivanti dal modello globale (sforzo normale N). Nei due modelli (locale e globale) si è tenuto conto dei rispettivi coefficienti di amplificazione dinamica.



Figura 29 – Momento massimo M3 nel modello locale

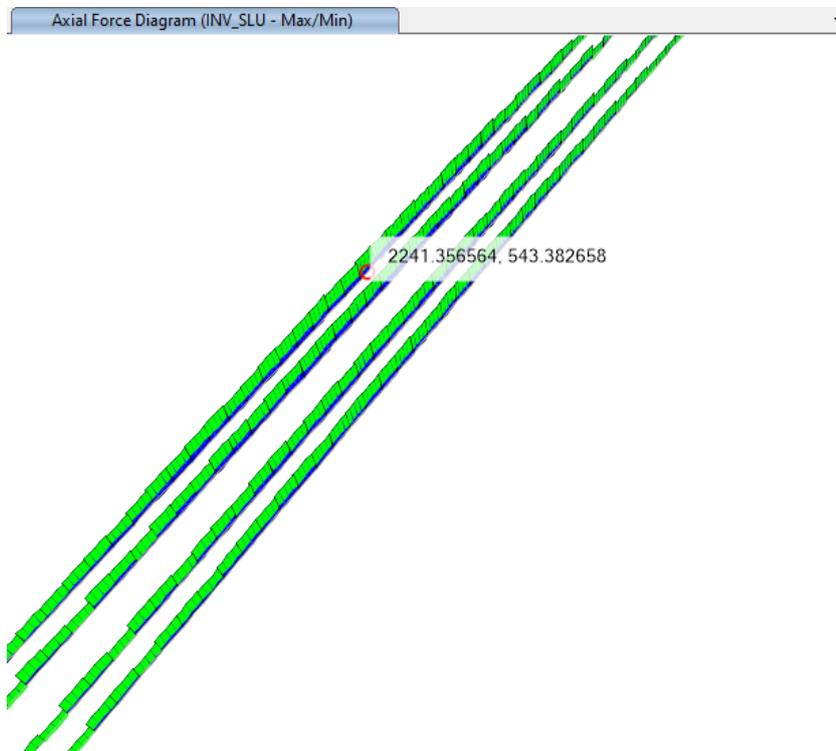


Figura 30 – Sforzo normale massimo sulle longherine

$$\phi_{3 \times \beta} = 1,58$$

LONGHERINA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m ²	0,024
$A_{anima,NETTA}$	m ²	0,0088
$A_{ali,NETTA}$	m ²	0,0154
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,0058
$W_{y,NETTA}$	m ³	7,705E-04
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	663
T_y	kN	433
σ_{Mx}	N/mm ²	115,09
τ_y	N/mm ²	49,42
$\sigma_{ID_}(anima-piatt.)$	N/mm ²	143,43
<i>Globali</i>		
N	KN	2241
σ_N	N/mm ²	92,87
σ_{tot}	N/mm ²	208,0
σ_{ID}	N/mm ²	224,9
$\gamma_{M2} =$	-	1,05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

7.3.2 Verifiche a fatica

Come per la verifica SLU, anche per la verifica a fatica sono stati considerati gli effetti globali e gli effetti locali con i rispettivi coefficienti di amplificazione dinamica.

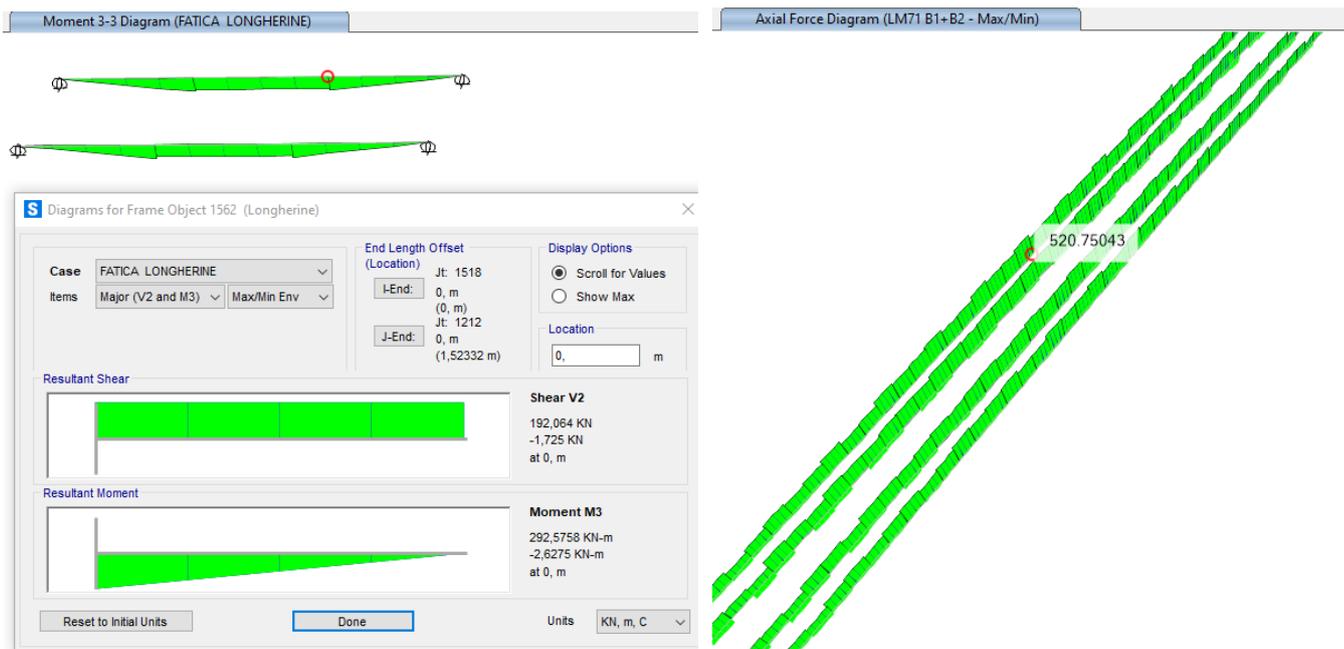


Figura 31 – Sollecitazioni indotte dai treni di carico nel modello locale (momento M3 sopra) e globale (sforzo normale N sotto)

Tabella 4 – Verifica a fatica delle longherine

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO					
LONGHERINA - SEZIONE MEZZERIA - VERIFICA A TENSO-FLESSIONE					
γ_{Mf}	-	1,35			
$\Delta\sigma_c$	N/mm ²	90			
t	mm	27			
k_s	-	0,98			
$k_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$	N/mm ²	65,40			
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0,94	λ_1	-	0,62
λ_2	-	1,00	λ_2	-	1,00
λ_3	-	1,00	λ_3	-	1,00
λ_4	-	1,00	λ_4	-	1,00
λ_{MAX}	-	1,40	λ_{MAX}	-	1,40
λ_{Ed}	-	0,94	λ_{Ed}	-	0,62
λ	-	0,94	λ	-	0,62
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	50,86	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	21,59
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	47,81	$\lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	13,39
$\lambda_{loc} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	61,20			
Verifica					soddisfatta

$\phi_2 \times \beta$ 1,38		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	0,024
$W_{x,NETTA}$	m ³	0,00576
$W_{y,NETTA}$	m ³	0,00077
Tensioni - treno		
N	KN	521,0
M_x	KNm	293
M_y	KNm	
σ_N	N/mm ²	21,59
σ_{Mx}	N/mm ²	50,86
σ_{My}	N/mm ²	0,00
σ_{tot}	N/mm ²	72,45

7.4 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

7.4.1 Verifiche di resistenza e di instabilità travi principali – SLU e SLV

Le verifiche allo SLV ed SLU degli elementi di parete e trasversali sono state svolte con la funzione Steel Design Sections di SAP2000, facendo riferimento alle prescrizioni delle NTC2018.

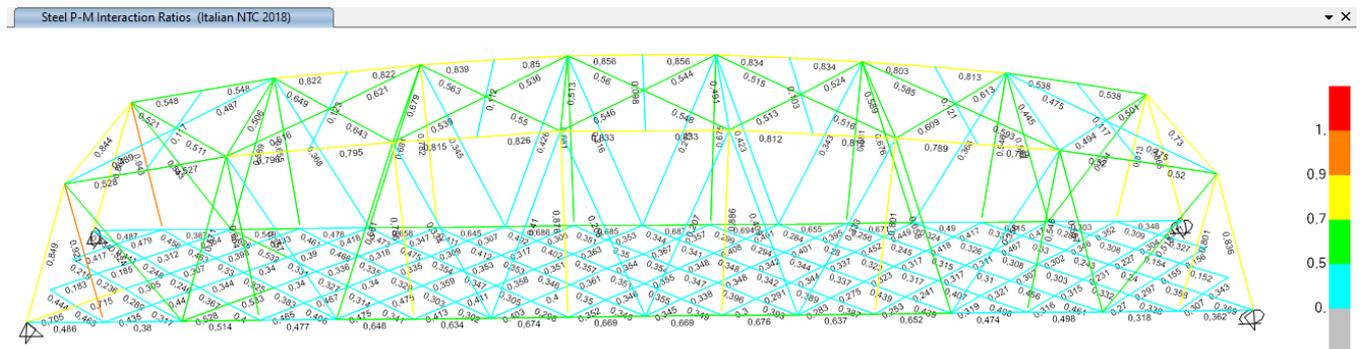


Figura 32_ Verifica di resistenza degli elementi di parete agli SLU e SLV

Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti le pareti della travata metallica, dei traversi superiori e dei controventi risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i tassi di lavoro ("Ratio" <1) estratti dal modello.

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018					
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text
2	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,380	INV_SISMA
3	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,514	INV_SLU
4	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,477	INV_SLU
5	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,648	INV_SLU
6	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,634	INV_SLU
7	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,674	INV_SLU
8	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,669	INV_SLU
9	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,669	INV_SLU
10	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,676	INV_SLU
11	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,637	INV_SLU
12	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,652	INV_SLU
13	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,474	INV_SLU
14	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,498	INV_SLU
17	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,367	INV_SLU
18	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,519	INV_SLU
19	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,478	INV_SLU
20	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,658	INV_SLU

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 54 di 75

21	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,645	INV_SLU
22	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,688	INV_SLU
23	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,685	INV_SLU
24	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,687	INV_SLU
25	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,694	INV_SLU
26	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,655	INV_SLU
27	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,671	INV_SLU
28	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,490	INV_SLU
29	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,515	INV_SLU
43	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,849	INV_SLU+RITIRO
44	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,524	INV_SLU+RITIRO
45	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,571	INV_SLU+RITIRO
46	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,357	INV_SLU+RITIRO
47	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,661	INV_SLU+RITIRO
48	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,334	INV_SLU
49	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,410	INV_SLU+RITIRO
50	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,208	INV_SLU
51	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,207	INV_SLU
52	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,409	INV_SLU+RITIRO
53	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,333	INV_SLU+RITIRO
54	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,658	INV_SLU+RITIRO
55	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,356	INV_SLU+RITIRO
56	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,567	INV_SLU+RITIRO
57	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,883	INV_SLU+RITIRO
58	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,543	INV_SLU+RITIRO
59	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,589	INV_SLU+RITIRO
60	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,368	INV_SLU+RITIRO
61	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,681	INV_SLU+RITIRO
62	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,345	INV_SLU
63	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,426	INV_SLU+RITIRO
64	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,216	INV_SLU
65	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,215	INV_SLU
66	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,423	INV_SLU+RITIRO
67	DIAGONALE	Brace	No Messages	0,343	INV_SLU
68	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,676	INV_SLU+RITIRO
69	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,366	INV_SLU+RITIRO
70	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,582	INV_SLU+RITIRO
72	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0,844	INV_SISMA
73	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0,506	INV_SISMA
74	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0,679	INV_SISMA

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 55 di 75

75	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0,513	INV_SISMA
76	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0,491	INV_SISMA
77	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0,589	INV_SISMA
78	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0,445	INV_SISMA
83	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,943	INV_SISMA
84	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,655	INV_SISMA
85	MONTANTI	Column	No Messages	0,782	INV_SISMA
86	MONTANTI	Column	No Messages	0,681	INV_SLU+RITIRO
87	MONTANTI	Column	No Messages	0,675	INV_SLU+RITIRO
88	MONTANTI	Column	No Messages	0,681	INV_SISMA
89	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,546	INV_SISMA
200	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,921	INV_SISMA
201	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,654	INV_SISMA
202	MONTANTI	Column	No Messages	0,786	INV_SISMA
203	MONTANTI	Column	No Messages	0,876	INV_SLU+RITIRO
204	MONTANTI	Column	No Messages	0,886	INV_SLU+RITIRO
205	MONTANTI	Column	No Messages	0,801	INV_SLU+RITIRO
206	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,546	INV_SISMA
229	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,548	INV_SLU+RITIRO
230	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,548	INV_SLU+RITIRO
231	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,822	INV_SLU+RITIRO
232	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,822	INV_SLU+RITIRO
233	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,839	INV_SLU+RITIRO
234	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,850	INV_SLU+RITIRO
235	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0,856	INV_SLU+RITIRO
236	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0,856	INV_SLU+RITIRO
237	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,834	INV_SLU+RITIRO
238	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,834	INV_SLU+RITIRO
239	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,803	INV_SLU+RITIRO
240	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,813	INV_SLU+RITIRO
253	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,528	INV_SLU+RITIRO
254	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,527	INV_SLU+RITIRO
255	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,796	INV_SLU+RITIRO
256	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,795	INV_SLU+RITIRO
257	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,815	INV_SLU+RITIRO
258	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,826	INV_SLU+RITIRO
259	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0,833	INV_SLU+RITIRO
260	BRIGLIA_SUP2	Beam	No Messages	0,833	INV_SLU+RITIRO
261	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,812	INV_SLU+RITIRO
262	BRIGLIA_SUP2	Brace	No Messages	0,812	INV_SLU+RITIRO

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 56 di 75

263	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,789	INV SLU+RITIRO
264	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,789	INV SLU+RITIRO
265	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,117	INV_SISMA
267	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,123	INV_SISMA
268	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,112	INV_SISMA
269	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,098	INV_SISMA
270	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,103	INV_SISMA
271	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,121	INV_SISMA
274	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,489	INV_SISMA
275	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,487	INV SLU+RITIRO
276	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,521	INV SLU+RITIRO
277	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,511	INV SLU+RITIRO
340	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,616	INV SLU+RITIRO
341	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,621	INV SLU+RITIRO
342	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,649	INV SLU+RITIRO
343	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,643	INV SLU+RITIRO
344	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,539	INV SLU+RITIRO
345	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,536	INV SLU+RITIRO
346	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,563	INV SLU+RITIRO
347	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,550	INV SLU+RITIRO
348	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,546	INV SLU+RITIRO
349	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,544	INV SLU+RITIRO
350	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,560	INV SLU+RITIRO
351	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,548	INV SLU+RITIRO
352	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,513	INV SLU+RITIRO
353	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,524	INV SLU+RITIRO
354	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,515	INV SLU+RITIRO
355	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,516	INV SLU+RITIRO
356	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,609	INV SLU+RITIRO
357	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,613	INV SLU+RITIRO
358	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,585	INV SLU+RITIRO
359	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,593	INV SLU+RITIRO
451	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,486	INV_SISMA
453	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,487	INV_SISMA
538	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,705	INV_SISMA
539	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,715	INV_SISMA
540	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,444	INV_SISMA
541	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,463	INV_SISMA
542	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,435	INV_SISMA
543	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,440	INV_SISMA

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 57 di 75

544	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,289	INV SLU+RITIRO
545	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,317	INV SLU+RITIRO
546	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,183	INV_SISMA
547	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,185	INV_SISMA
548	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,215	INV_SISMA
549	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,236	INV_SISMA
550	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,417	INV_SISMA
551	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,479	INV_SISMA
552	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,434	INV_SISMA
553	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,441	INV_SISMA
554	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,305	INV_SISMA
555	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,307	INV_SISMA
556	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,248	INV_SLU
557	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,246	INV_SLU
558	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,312	INV_SISMA
559	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,354	INV_SISMA
560	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,456	INV_SISMA
561	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,463	INV_SISMA
562	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,319	INV_SISMA
563	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,321	INV_SISMA
564	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,407	INV_SLU
565	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,408	INV_SLU
566	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,317	INV_SLU
567	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,311	INV_SLU
568	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,315	INV_SLU
569	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,310	INV_SLU
570	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,418	INV_SLU
571	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,417	INV_SLU
572	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,324	INV_SISMA
573	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,326	INV_SISMA
574	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,316	INV_SISMA
575	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,315	INV_SISMA
576	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,456	INV SLU+RITIRO
577	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,461	INV SLU+RITIRO
578	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,307	INV_SLU
579	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,302	INV_SLU
580	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,308	INV_SLU
581	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,303	INV_SLU
582	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,467	INV SLU+RITIRO
583	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,470	INV SLU+RITIRO

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 58 di 75

584	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,331	INV_SISMA
585	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,330	INV_SISMA
586	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,528	INV_SLU+RITIRO
587	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,533	INV_SLU+RITIRO
588	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,367	INV_SISMA
589	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,400	INV_SISMA
590	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,344	INV_SLU
591	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,340	INV_SLU
592	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,330	INV_SLU
593	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,325	INV_SLU
594	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,393	INV_SISMA
595	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,433	INV_SISMA
596	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,526	INV_SLU+RITIRO
597	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,532	INV_SLU+RITIRO
598	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,465	INV_SLU
599	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,467	INV_SLU
600	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,383	INV_SISMA
601	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,406	INV_SISMA
602	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,340	INV_SLU
603	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,336	INV_SLU
604	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,331	INV_SLU
605	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,327	INV_SLU
606	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,390	INV_SISMA
607	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,418	INV_SISMA
608	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,461	INV_SLU
609	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,466	INV_SLU
610	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,475	INV_SLU
611	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,475	INV_SLU
612	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,314	INV_SISMA
613	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,341	INV_SISMA
614	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,340	INV_SLU
615	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,335	INV_SLU
616	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,335	INV_SLU
617	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,329	INV_SLU
618	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,318	INV_SISMA
619	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,347	INV_SISMA
620	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,473	INV_SLU
621	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,475	INV_SLU
622	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,413	INV_SLU
623	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,411	INV_SLU

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 59 di 75

624	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,303	INV_SISMA
625	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,302	INV_SISMA
626	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,359	INV_SLU
627	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,353	INV_SLU
628	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,354	INV_SLU
629	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,347	INV_SLU
630	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,309	INV_SISMA
631	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,307	INV_SISMA
632	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,411	INV_SLU
633	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,412	INV_SLU
634	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,403	INV_SLU
635	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,400	INV_SLU
636	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,305	INV_SLU
637	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,298	INV_SLU
638	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,358	INV_SLU
639	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,351	INV_SLU
640	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,353	INV_SLU
641	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,346	INV_SLU
642	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,317	INV_SLU
643	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,306	INV_SLU
644	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,402	INV_SLU
645	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,402	INV_SLU
646	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,352	INV_SLU
647	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,346	INV_SLU
648	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,350	INV_SLU
649	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,345	INV_SLU
650	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,361	INV_SLU
651	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,354	INV_SLU
652	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,357	INV_SLU
653	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,351	INV_SLU
654	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,363	INV_SLU
655	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,353	INV_SLU
656	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,351	INV_SLU
657	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,350	INV_SLU
658	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,345	INV_SLU
659	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,338	INV_SLU
660	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,355	INV_SLU
661	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,349	INV_SLU
662	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,355	INV_SLU
663	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,348	INV_SLU

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 60 di 75

664	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,354	INV_SLU
665	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,347	INV_SLU
666	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,367	INV_SLU
667	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,357	INV_SLU
668	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,344	INV_SLU
669	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,341	INV_SLU
670	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,300	INV_SLU
671	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,291	INV_SLU
672	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,396	INV_SLU
673	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,393	INV_SLU
674	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,348	INV_SLU
675	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,342	INV_SLU
676	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,348	INV_SLU
677	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,342	INV_SLU
678	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,408	INV_SLU
679	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,401	INV_SLU
680	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,299	INV_SLU
681	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,294	INV_SLU
682	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,283	INV_SLU
683	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,275	INV_SLU
684	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,389	INV_SLU
685	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,387	INV_SLU
686	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,344	INV_SLU
687	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,337	INV_SLU
688	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,344	INV_SLU
689	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,337	INV_SLU
690	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,401	INV_SLU
691	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,395	INV_SLU
692	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,284	INV_SLU
693	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,280	INV_SLU
694	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,253	INV_SISMA
695	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,241	INV_SISMA
696	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,439	INV_SLU
697	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,439	INV_SLU
698	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,323	INV_SLU
699	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,317	INV_SLU
700	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,323	INV_SLU
701	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,317	INV_SLU
702	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,452	INV_SLU
703	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,449	INV_SLU

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 61 di 75

704	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,256	INV_SISMA
705	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0,245	INV_SISMA
15	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,318	INV_SISMA
16	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,362	INV_SLU
30	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,303	INV_SLU
31	BRIGLIA_INF2	Beam	No Messages	0,348	INV_SLU
424	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,270	INV_SLU+RITIRO
425	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,297	INV_SLU+RITIRO
426	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,332	INV_SLU+RITIRO
427	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,338	INV_SLU+RITIRO
428	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,231	INV_SLU
429	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,227	INV_SLU
430	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,243	INV_SLU
431	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,240	INV_SLU
432	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,346	INV_SLU+RITIRO
433	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,352	INV_SLU+RITIRO
434	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,284	INV_SLU+RITIRO
435	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,308	INV_SLU+RITIRO
436	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,307	INV_SLU+RITIRO
437	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,343	INV_SLU+RITIRO
438	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,358	INV_SISMA
439	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,369	INV_SISMA
440	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,155	INV_SLU
441	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,156	INV_SISMA
442	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,154	INV_SLU+RITIRO
443	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,152	INV_SLU+RITIRO
444	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,304	INV_SLU+RITIRO
445	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,311	INV_SLU+RITIRO
446	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,309	INV_SLU+RITIRO
447	CONTROV_INF_1	Beam	No Messages	0,327	INV_SLU+RITIRO
1137	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,518	INV_SLU+RITIRO
1138	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,836	INV_SLU+RITIRO
1139	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0,534	INV_SLU+RITIRO
1140	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0,866	INV_SLU+RITIRO
1142	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,813	INV_SISMA
1144	MONTANTI_0	Column	No Messages	0,801	INV_SISMA
1145	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,538	INV_SLU+RITIRO
1146	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,538	INV_SLU+RITIRO
1147	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,520	INV_SLU+RITIRO
1148	BRIGLIA_SUP1	Brace	No Messages	0,520	INV_SLU+RITIRO

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 62 di 75

1149	CV_SUP N	Beam	No Messages	0,117	INV_SISMA
1150	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0,730	INV_SISMA
1153	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,501	INV SLU+RITIRO
1154	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,494	INV SLU+RITIRO
1155	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,475	INV SLU+RITIRO
1156	CV_SUP N	Brace	No Messages	0,475	INV SLU+RITIRO

7.4.2 VERIFICHE A FATICA DEGLI ELEMENTI DI PARETE

Di seguito gli andamenti delle tensioni massime e minime, per gli elementi di parete, considerando i carichi accidentali amplificati con i coefficienti dinamici.

Si riportano le verifiche per le tensioni massime di ciascun elemento:

n	1	-	Numero di campate
L _Φ	73,12	m	Luce
Φ	1,00	-	Coefficiente di incremento dinamico
λ ₁	0,62	-	
λ ₂	1	-	Volume di traffico di 25x10 ⁶ t/anno/via
λ ₃	1	-	Vita utile a fatica 100 anni
n	0,33	%	Percentuale dei treni che si incrociano sul ponte
λ _{MAX}	1,4	-	Limite superiore del coefficiente I
Δσ _C	90	MPa	Dettaglio di fatica
γ _{Mf}	1,35	-	Coefficiente riduttivo del dettaglio di fatica

Elemento	w ₃ mm ³	w ₃ eff mm ³	Area mm ²	Area netta mm ²	LM71_B1+B2			λ ₄	λ	Δσ _{Ed,inf} MPa	t _f mm	k _s mm	k _s *Δσ _C /γ _{Mf} MPa	Verifica	
					M kNm	N kN	ΦΔσ MPa							Ed/R	-
DIAGONALE	1,504E+07	1,203E+07	50800	40640	0,0	1530,2	37,65	1,00	0,62	23,34	30	0,96	63,7	0,4	Verificato
DIAGONALE_1	2,113E+07	1,690E+07	71750	57400	0,0	3071,0	53,50	1,00	0,62	33,17	45	0,86	57,6	0,6	Verificato
DIAGONALE_0	2,891E+07	2,313E+07	99500	79600	0,0	-4060,5	-51,01	1,00	0,62	-31,63	50	0,84	56,1	0,6	Verificato
BRIGLIA_INF2	1,946E+07	1,557E+07	96000	76800	303,7	1400,4	37,74	1,00	0,62	23,40	35	0,92	61,3	0,4	Verificato
BRIGLIA_INF2	1,946E+07	1,557E+07	96000	76800	522,5	3017,8	72,85	1,00	0,62	45,17	35	0,92	61,3	0,7	Verificato
BRIGLIA_SUP2	1,763E+07	1,411E+07	95200	76160	0,0	-5610,5	-73,67	1,00	0,62	-45,67	35	0,92	61,3	0,7	Verificato
CONTROV_INF	1,784E+05	1,427E+05	12800	10240	0,9	457,9	51,26	1,00	0,62	31,78	25	1,00	66,7	0,5	Verificato
CONTROV_INF_1	3,141E+05	2,513E+05	20800	16640	1,3	513,9	36,06	1,00	0,62	22,36	40	0,89	59,3	0,4	Verificato
MONTANTI	6,452E+06	5,161E+06	27500	22000	106,6	436,8	40,51	1,00	0,62	25,12	25	1,00	66,7	0,4	Verificato
MONTANTI_0	1,206E+07	9,649E+06	46000	36800	150,3	568,7	31,03	1,00	0,62	19,24	40	0,89	59,3	0,3	Verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

8 ANALISI MODALE

L'analisi modale effettuata con programma di calcolo Sap2000, fornisce le frequenze proprie di vibrare dell'impalcato in esame: la prima è traslazionale, la seconda flessionale verticale.

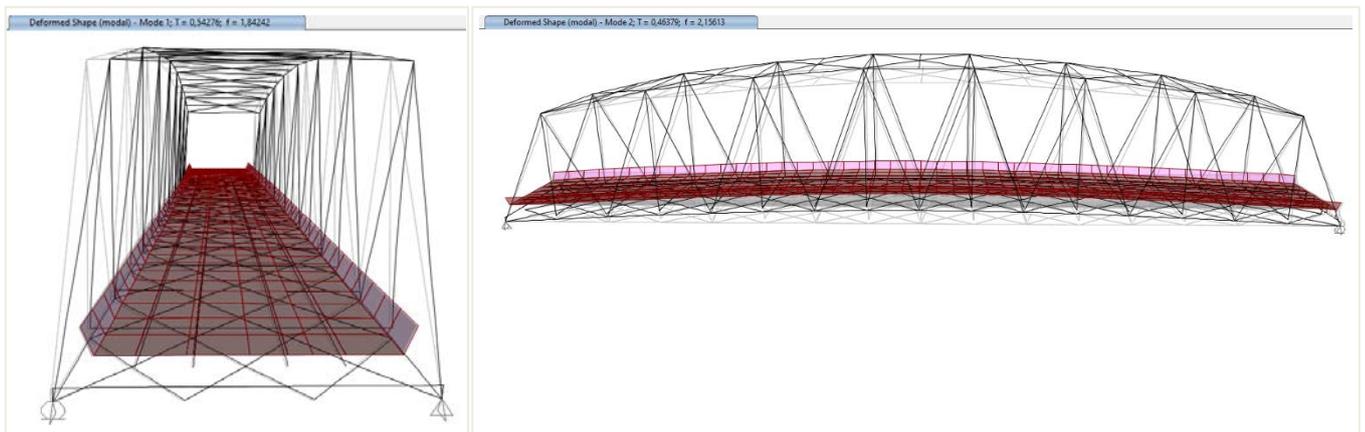


Figura 33 – Deformate modali del primo (sinistra) e secondo modo di vibrare (a destra)

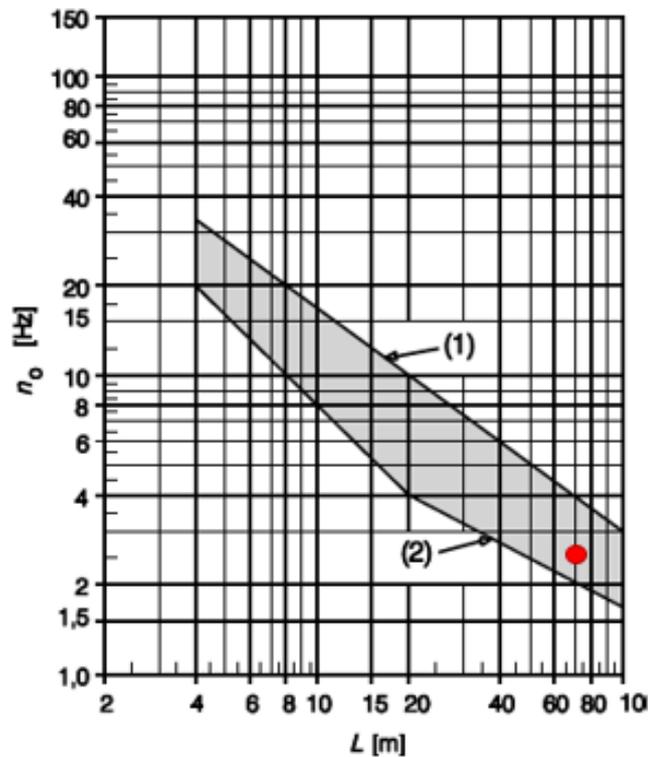
L'analisi è stata condotta verificando che il numero totale di mdv consentisse l'eccitazione dell'85% della massa in tutte le componenti di spostamento.

Tabella 5 – Periodi e frequenze dei modi di vibrare dell'impalcato estratti dal modello di calcolo

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
modal	Mode	1	0,543	0,000	0,636	0,000	0%	64%	0%	0,239	0,000	0,000	24%	7,17E-08	0%
modal	Mode	2	0,464	0,042	0,000	0,769	4%	64%	77%	0,001	0,000	0,000	24%	0%	0%
modal	Mode	3	0,382	0,000	0,199	0,001	4%	84%	77%	0,478	0,000	0,000	72%	0%	0%
modal	Mode	4	0,245	0,000	0,008	0,000	4%	84%	77%	0,163	0,000	0,001	88%	0%	0%
modal	Mode	5	0,242	0,004	0,000	0,000	5%	84%	77%	0,001	0,001	0,318	88%	0%	32%
modal	Mode	6	0,221	0,341	0,000	0,011	39%	84%	78%	0,000	0,347	0,000	88%	35%	32%
modal	Mode	7	0,184	0,307	0,001	0,006	69%	84%	79%	0,000	0,140	0,166	88%	49%	49%
modal	Mode	8	0,179	0,212	0,001	0,004	91%	85%	79%	0,000	0,048	0,304	88%	54%	79%
modal	Mode	9	0,135	0,017	0,000	0,088	92%	85%	88%	0,000	0,000	0,000	88%	54%	79%
modal	Mode	10	0,133	0,000	0,001	0,000	92%	85%	88%	0,000	0,000	0,006	88%	54%	80%

8.1 Verifica della prima frequenza flessionale

Considerando la prima frequenza propria flessionale dell'impalcato, si valuta la necessità o meno di effettuare analisi dinamiche piuttosto che statiche, in base alle indicazioni del **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A** § 1.4.2.4., verificando che essa ricada nel fuso dei *Limiti della frequenza naturale del ponte n_0 [Hz] in funzione di L [m]*:



(1) Limite superiore della frequenza naturale

(2) Limite inferiore della frequenza naturale

Per un impalcato a trave semplicemente appoggiata risulta:

$$\delta_0 \quad 64 \quad \text{mm}$$

$$n_0 \quad 2,2 \quad \text{Hz}$$

$$- \quad L = 73.12 \text{ m};$$

$$- \quad n_0 = \frac{17.75}{\sqrt{\delta_0}} = \frac{17.75}{\sqrt{64}} = 2.2 \text{ Hz}$$

La frequenza n_0 risulta compresa tra i limiti del fuso. Non risulta pertanto necessaria l'analisi dinamica della struttura in oggetto.

9 VERIFICHE SLE

9.1 Verifiche dell'inflessione dell'impalcato nel piano verticale

È stata verificata l'inflessione nel piano verticale dell'impalcato.

Sono stati considerati agenti i treni di carico LM71 e SW2 incrementati con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

LM71

Abbassamento 19.6 mm < $L/1000 = 73.12$ mm

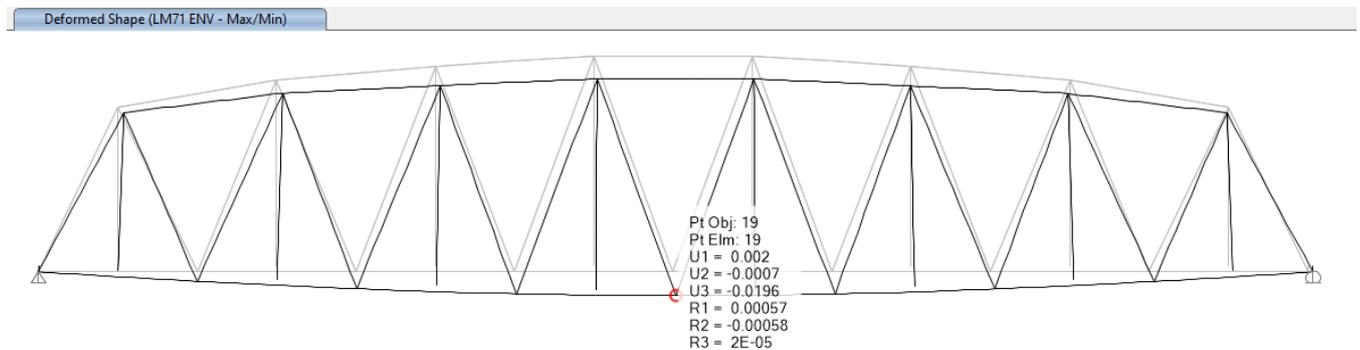


Figura 34 – Abbassamento in mezzeria indotto dal treno di carico LM71

SW2 + LM71

Abbassamento 36.5 mm < $L/600 = 121.8$ mm

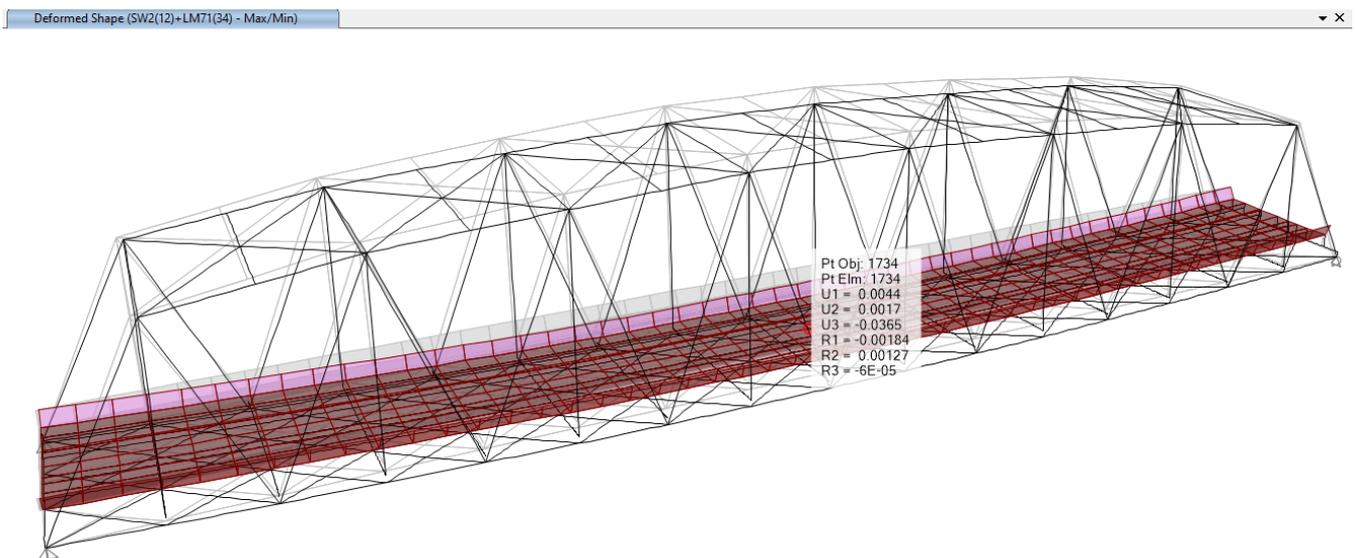


Figura 35 - Abbassamento in mezzeria indotto dal treno di carico LM71 + SW2

Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 19.6 \text{ mm}$$

Abbassamento prodotto dal transito del treno LM71

$$L / \delta_v = 73120 / 19.6 = 3730 > 1000$$

Verifica allo stato limite del comfort dei passeggeri.

La verifica è soddisfatta.

9.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale

Considerando la presenza del treno di carico LM71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α , l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga e gli effetti della variazione di temperatura lineare fra i due lati dell'impalcato, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

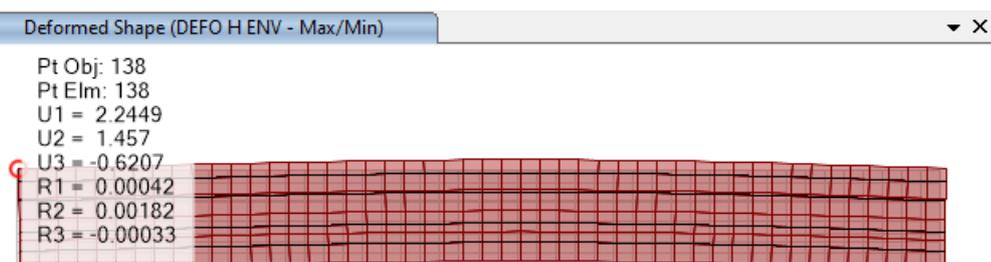
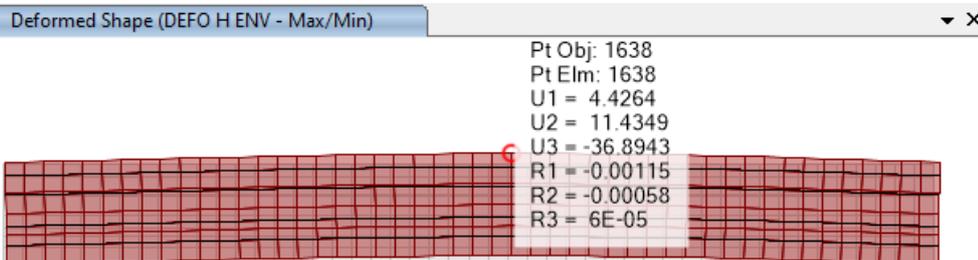
Tab. 5.2.VIII - Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0,0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0,0020 rd	6000 m	9500 m
$200 < V$	0,0015 rd	14000 m	17500 m

Ipotizzando una massima velocità di percorrenza del ponte risulta pari a 200 Km/h, è stato verificato che:

Raggio di curvatura:
$$R = \frac{L^2}{8 \cdot \delta_h} = \frac{73120^2}{8 \cdot 11.4} = 58624 > 6000 \text{ m}$$

Variazione angolare massima: $0.00033 < 0.002 \text{ rad}$



Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
IV01	00	D	09	CL VI0809	001 A	67 di 75

9.1 Verifiche massime deformazioni torsionali dell'impalcato

Si è verificato che il massimo sghebo, misurato su una lunghezza di 3m, non ecceda i 3mm/3 m coerentemente con le indicazioni del MdP II §2.5.1.8.3.2.2.

Si è considerata la condizione più gravosa (envelope) tra la condizione di un solo binario caricato e di due binari carichi.

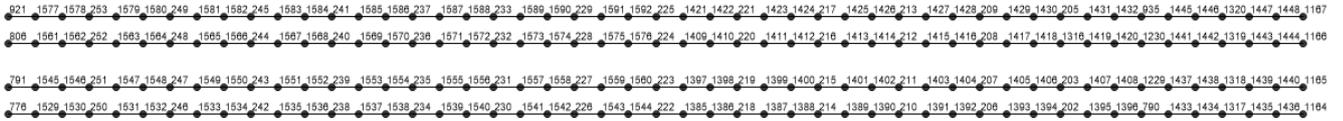


Figura 36 – Numerazione nodi nei quali si è letto l'abbassamento

Come illustrato dalle tabelle di calcolo sotto riportate, la verifica risulta ovunque soddisfatta.

Relazione di calcolo impalcato in acciaio a via inferiore L=75m

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG.REV. FOGLIO
IV01 00 D 09 CL VI0809 001 A 68 di 75

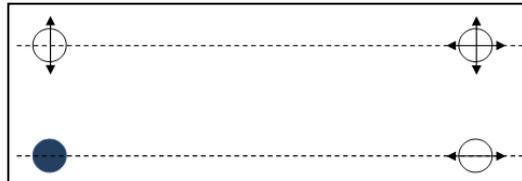
interasse longherine	interasse punti
1520	1523

punto	punto	fila	$\delta v (A)$	$\delta v (B)$	ϕ	$\Delta\phi$	t (mm) (per 1,523m)	t (mm) (per 3m)	Verifica
806	921	1	-1,69	-1,18	0,00033	-			
1561	1577	2	-4,07	-3,78	0,00019	-0,00014	-0,2117	-0,4	VERO
1562	1578	3	-6,33	-6,03	0,00020	0,00001	0,0084	0,0	VERO
252	253	4	-8,39	-7,90	0,00032	0,00012	0,1793	0,4	VERO
1563	1579	5	-10,85	-10,41	0,00029	-0,00003	-0,0483	-0,095	VERO
1564	1580	6	-12,89	-12,43	0,00030	0,00002	0,0288	0,057	VERO
248	249	7	-14,63	-14,06	0,00037	0,00007	0,1008	0,199	VERO
1565	1581	8	-16,93	-16,45	0,00032	-0,00005	-0,0758	-0,149	VERO
1566	1582	9	-18,75	-18,29	0,00030	-0,00002	-0,0351	-0,069	VERO
244	245	10	-20,16	-19,67	0,00032	0,00003	0,0396	0,078	VERO
1567	1583	11	-22,15	-21,70	0,00030	-0,00003	-0,0406	-0,080	VERO
1568	1584	12	-23,68	-23,21	0,00031	0,00001	0,0130	0,026	VERO
240	241	13	-24,84	-24,32	0,00034	0,00003	0,0532	0,105	VERO
1569	1585	14	-26,62	-26,22	0,00027	-0,00007	-0,1123	-0,221	VERO
1570	1586	15	-27,99	-27,62	0,00024	-0,00003	-0,0397	-0,078	VERO
236	237	16	-28,90	-28,51	0,00026	0,00002	0,0287	0,057	VERO
1571	1587	17	-30,25	-29,91	0,00023	-0,00003	-0,0464	-0,091	VERO
1572	1588	18	-31,15	-30,76	0,00025	0,00002	0,0366	0,072	VERO
232	233	19	-31,63	-31,18	0,00030	0,00004	0,0652	0,128	VERO
1573	1589	20	-32,69	-32,34	0,00023	-0,00007	-0,1013	-0,200	VERO
1574	1590	21	-33,35	-33,02	0,00021	-0,00002	-0,0236	-0,047	VERO
228	229	22	-33,51	-33,16	0,00023	0,00002	0,0274	0,054	VERO
1575	1591	23	-34,12	-33,80	0,00021	-0,00002	-0,0343	-0,068	VERO
1576	1592	24	-34,25	-33,91	0,00023	0,00002	0,0252	0,050	VERO
224	225	25	-33,95	-33,53	0,00028	0,00005	0,0805	0,159	VERO
1409	1421	26	-34,25	-33,91	0,00022	-0,00006	-0,0842	-0,166	VERO
1410	1422	27	-34,13	-33,81	0,00021	-0,00002	-0,0242	-0,048	VERO
220	221	28	-33,51	-33,16	0,00023	0,00002	0,0339	0,067	VERO
1411	1423	29	-33,35	-33,03	0,00021	-0,00002	-0,0285	-0,056	VERO
1412	1424	30	-32,69	-32,35	0,00023	0,00002	0,0236	0,047	VERO
216	217	31	-31,63	-31,19	0,00029	0,00007	0,0998	0,197	VERO
1413	1425	32	-31,16	-30,78	0,00025	-0,00004	-0,0670	-0,132	VERO
1414	1426	33	-30,26	-29,92	0,00022	-0,00002	-0,0365	-0,072	VERO
212	213	34	-28,91	-28,53	0,00025	0,00003	0,0460	0,091	VERO
1415	1427	35	-28,00	-27,64	0,00023	-0,00002	-0,0296	-0,058	VERO
1416	1428	36	-26,63	-26,24	0,00026	0,00003	0,0403	0,079	VERO
208	209	37	-24,85	-24,34	0,00033	0,00007	0,1112	0,219	VERO
1417	1429	38	-23,69	-23,23	0,00030	-0,00004	-0,0545	-0,107	VERO
1418	1430	39	-22,16	-21,72	0,00029	-0,00001	-0,0120	-0,024	VERO
1316	205	40	-20,17	-19,69	0,00032	0,00003	0,0409	0,081	VERO
1419	1431	41	-18,76	-18,31	0,00029	-0,00003	-0,0397	-0,078	VERO
1420	1432	42	-16,94	-16,47	0,00032	0,00002	0,0360	0,071	VERO
1230	935	43	-14,64	-14,08	0,00037	0,00005	0,0766	0,151	VERO
1441	1445	44	-12,90	-12,44	0,00030	-0,00007	-0,1005	-0,198	VERO
1442	1446	45	-10,87	-10,44	0,00028	-0,00002	-0,0245	-0,048	VERO
1319	1320	46	-8,43	-7,94	0,00032	0,00004	0,0572	0,113	VERO
1443	1447	47	-6,42	-6,10	0,00021	-0,00011	-0,1613	-0,318	VERO
1444	1448	48	-4,25	-3,91	0,00022	0,00001	0,0137	0,027	VERO
1166	1167	49	-1,97	-1,37	0,00039	0,00017	0,2524	0,497	VERO

Figura 37 – Verifica del massimo sghembo

10 REAZIONI VINCOLARI

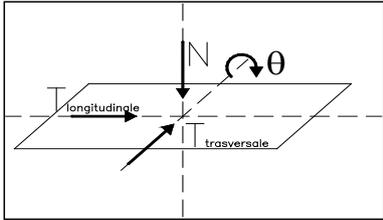
Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



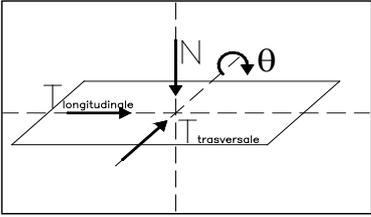
-  Apparecchio di appoggio di tipo fisso, F
-  Apparecchio di appoggio di tipo unidirezionale disposto in direzione trasversale, UT
-  Apparecchio di appoggio di tipo unidirezionale disposto in direzione longitudinale, UL
-  Apparecchio di appoggio di tipo unidirezionale disposto in direzione trasversale, M

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi indotti dai singoli casi di carico.

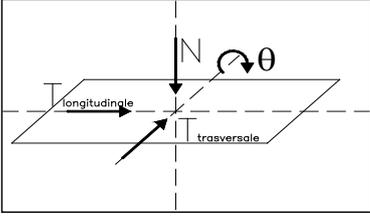
FISSO

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1,1	permanenti G, P	peso proprio	3478	3478	-	-	-	-
1,2		permanenti	3318	3318	-	-	-	-
1,3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1,4		ritiro e viscosità	0	0	-	-	-	-
2,1	variabili Q	treni di carico	4196	0	843	-938	118	-131
2,2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2,3		forza centrifuga	0	-193	0	-713	0	-524
2,4		avviamento e frenatura	26	-26	1425	-1425	27	-27
2,5		serpeggio	46	-46	245	-245	221	-221
2,6		folia	-	-	-	-	-	-
2,7		vento sulla struttura	378	-378	1339	-1339	1041	-1041
2,8		vento sulla struttura e sui treni di carico	563	-563	1999	-1999	1521	-1521
2,9		temperatura	0	0	0	0	0	0
2,1								
2,11		sisma						
2,12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2,13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5,1	Combinazioni SLU	Nmax	16347	-	-	-	-	-
5,2		Nmin	-	8536	-	-	-	-
5,3		Tl max	-	-	5837	-6708	-	-
5,4		Ttmax	-	-	-	-	2699	-3313

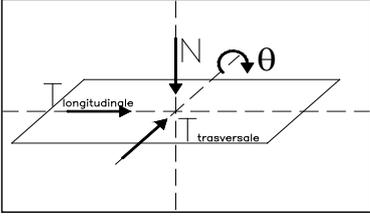
UNI_L

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1,1	permanenti G, P	peso proprio	3453	3453	-	-	-	-
1,2		permanenti	3316	3316	-	-	-	-
1,3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1,4		ritiro e viscosità	0	0	-	-	-	-
2,1	variabili Q	treni di carico	4192	0	0	0	131	-118
2,2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2,3		forza centrifuga	0	-134	0	0	0	-324
2,4		avviamento e frenatura	26	-26	0	0	27	-27
2,5		serpeggio	44	-44	0	0	219	-219
2,6		folia	-	-	-	-	-	-
2,7		vento sulla struttura	266	-266	0	0	666	-666
2,8		vento sulla struttura e sui treni di carico	396	-396	0	0	961	-961
2,9		temperatura	0	0	0	0	0	0
2,1								
2,11		sisma						
2,12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2,13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5,1	Combinazioni SLU	Nmax	16153	-	-	-		
5,2		Nmin	-	8821	-	-		
5,3		Tl max		-	-	-		
5,4		Ttmax		-		-	1863	-2233

UNI_T

			Reazioni degli apparecchi di appoggio						
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt	
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
Azioni (valori caratteristici)									
1,1	permanenti G, P	peso proprio	3489	3489	-	-	-	-	-
1,2		permanenti	3316	3316	-	-	-	-	-
1,3		precompressione	-	-	-	-	-	-	-
1,4		ritiro e viscosità	0	0	-	-	-	-	-
2,1	variabili Q	treni di carico	4492	0	938	-843	0	0	
2,2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-	
2,3		forza centrifuga	193	0	713	0	0	0	
2,4		avviamento e frenatura	21	-21	1423	-1423	0	0	
2,5		serpeggio	46	-46	245	-245	0	0	
2,6		folla	-	-	-	-	-	-	
2,7		vento sulla struttura	377	-377	1338	-1338	0	0	
2,8		vento sulla struttura e sui treni di carico	562	-562	1997	-1997	0	0	
2,9		temperatura	0	0	0	0	0	0	
2,1									
2,11		sisma							
2,12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-	
2,13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-	
5,1	Combinazioni SLU	Nmax	17065	-			-	-	
5,2		Nmin	-	8776			-	-	
5,3		Tl max		-	6432	-5832	-	-	
5,4		Ttmax		-		-	-	-	

MULTI

			Reazioni degli apparecchi di appoggio					
			max N	min N	max Tl	min Tl	max Tt	min Tt
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Azioni (valori caratteristici)								
1,1	permanenti G, P	peso proprio	3467	3467	-	-	-	-
1,2		permanenti	3318	3318	-	-	-	-
1,3		precompressione	-	-	-	-	-	-
1,4		ritiro e viscosità	0	0	-	-	-	-
2,1	variabili Q	treni di carico	4471	0	0	0	0	0
2,2		veicoli speciali	-	-	-	-	-	-
2,3		forza centrifuga	134	0	0	0	0	0
2,4		avviamento e frenatura	21	-21	0	0	0	0
2,5		serpeggio	44	-44	0	0	0	0
2,6		folla	-	-	-	-	-	-
2,7		vento sulla struttura	266	-266	0	0	0	0
2,8		vento sulla struttura e sui treni di carico	395	-395	0	0	0	0
2,9		temperatura	0	0	0	0	0	0
2,1								
2,11		sisma						
2,12		cedimenti delle sottostrutture	-	-	-	-	-	-
2,13		resistenze parassite nei vincoli	-	-	-	-	-	-
5,1	Combinazioni SLU	Nmax	16768	-	-	-	-	-
5,2		Nmin	-	9001	-	-	-	-
5,3		Tl max	-	-	-	-	-	-
5,4		Ttmax	-	-	-	-	-	-

Dai carichi statici in combinazione SLU si ricava il massimo valore di reazione verticale sugli appoggi.

Reazione Verticale massima = 17100 kN Valore approssimato

L'azione orizzontale massima è si raggiunge in presenza di azioni sismiche ed è pari a:

Reazione Orizzontale massima = 13900 kN Valore approssimato

Joint Reactions (INV_SISMA - Max/Min)

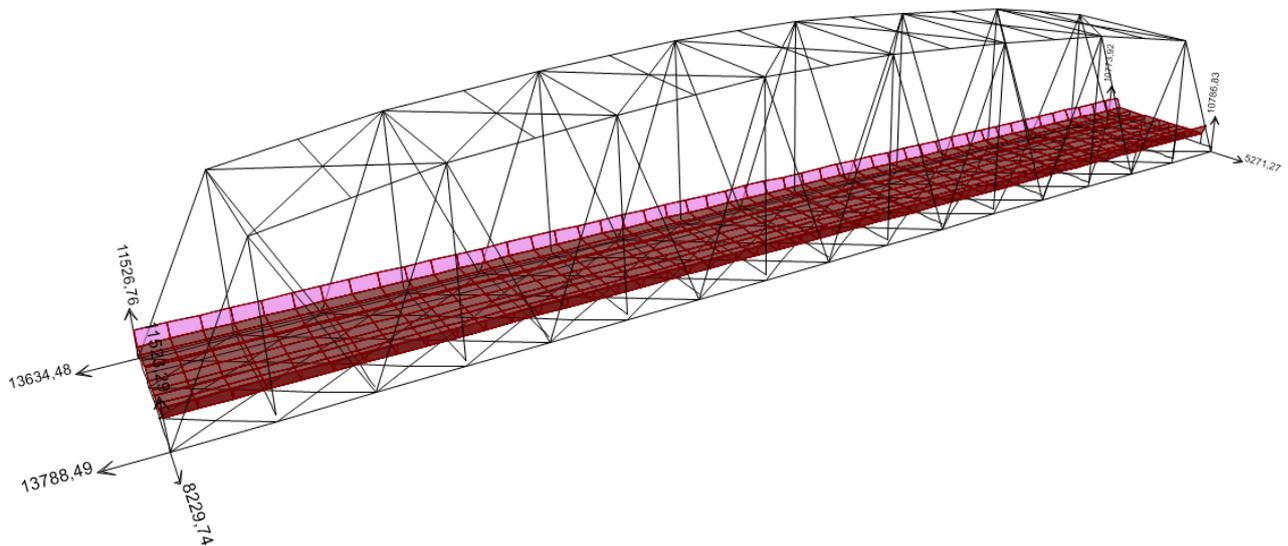


Figura 38 – Reazioni agli appoggi con carichi in combinazione sismica

Di seguito si riportano le reazioni agli appoggi in condizioni sismiche.

TABLE: Joint Reactions						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
FISSO	INV_SISMA	Combination	Max	13355	8082	11523
FISSO	INV_SISMA	Combination	Min	-13788	-8230	2798
UNI_T	INV_SISMA	Combination	Max	13430	0	11527
UNI_T	INV_SISMA	Combination	Min	-13634	0	2926
UNI_L	INV_SISMA	Combination	Max	0	5166	10787
UNI_L	INV_SISMA	Combination	Min	0	-5271	3485
MULTI	INV_SISMA	Combination	Max	0	0	10774
MULTI	INV_SISMA	Combination	Min	0	0	3632

11 INTERAZIONE STATICA TRENO - BINARIO - STRUTTURA

Data la tipologia di impalcati e la rigidità delle sottostrutture in gioco, non si rilevano criticità per gli aspetti di interazione treno - binario - struttura. Pertanto, si rimanda a fase successiva l'integrazione di analisi relative al tema in questione in accordo a MdP § 2.5.1.4.5.

12 ESECUZIONE DEL MANUFATTO

La soluzione ipotizzata per il montaggio dell'opera in oggetto, prevede un varo di punta con avambecco.