

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

OPERE D'ARTE MAGGIORI

VI-02 PONTE SUL FIUME PICENTINO

Relazione di calcolo travata metallica

SCALA:

-

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

N N 1 X 0 0 D 0 9 C L V I 0 2 0 9 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A.Polastrì	Sett.2020	F.Bonifacio	Sett.2020	M.D'Avino	Sett.2020	A. Vitozzi Sett.2020

File: NN1X00D09CLVI0209001A.doc

n. Elab:

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

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	PREMESSA	4
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
1.3	MATERIALI IMPIEGATI	5
2	ANALISI DEI CARICHI UNITARI	7
2.1	CARICHI PERMANENTI	7
2.1.1	Pesi propri	7
2.1.2	Carichi permanenti portati	7
2.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI	8
2.2.1	Treni di carico	8
2.2.2	Azioni orizzontali	11
2.3	AZIONI CLIMATICHE	12
2.3.1	Variazione termica	12
2.3.2	Azione della neve	13
2.3.3	Azione del vento	13
2.4	EFFETTI AERODINAMICI	16
2.5	AZIONI ECCEZIONALI	16
2.6	AZIONI SISMICHE	17
3	COMBINAZIONI DI CARICO	20
4	MODELLO DI CALCOLO	22
5	ANALISI MODALE	28
5.1	Verifica della prima frequenza flessionale	29
6	VERIFICHE SLU	30
6.1	PIASTRA CON LONGHERINE LONGITUDINALI	30
6.1.1	Verifiche di resistenza - SLU	30
6.2	LONGHERINA	34
6.3	TRAVERSI	36
6.3.1	Verifiche di resistenza - SLU (metodo elastico)	37
6.3.2	Verifiche a fatica	39
6.4	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI	40
6.4.1	Verifiche di resistenza e di instabilità - SLU	40
6.4.2	Verifiche a fatica	44
7	VERIFICHE SLE	45
7.1	Verifiche torsionali dell'impalcato	45
7.2	Verifiche dell'inflexione impalcato nel piano verticale	46
7.3	Verifiche dell'inflexione impalcato nel piano orizzontale	46
8	REAZIONI VINCOLARI	48
8.1	Spostamenti apparecchi d'appoggio	53
8.2	Ritegno Sismico	55
8.2.1	Ritegno sismico trasversale	56
8.2.2	Ritegno sismico longitudinale	57



LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 3 di 59

9	APPENDICE.....	58
9.1	Validazione del modello	58

1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi all'impalcato del Ponte sul fiume Picentino al km. 3+593.90, previsto nell'ambito del progetto definitivo per A.I. del Prolungamento della Metropolitana di Salerno, in particolare della tratta Salerno- Battipaglia. L'opera in questione è individuata con la WBS VI02.

1.1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono le verifiche principali per la travata in carpenteria metallica a singolo binario semplicemente appoggiata con portata teorica pari a 45.6m. La travata metallica, con armamento su ballast, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore chiusa superiormente. La campata è costituita da 12 scomparti lunghi 3.8m, con altezza baricentrica 8.3m, interasse delle pareti di 5.84 m ed ampiezza della cassetta pari a 600mm. L'impalcato è costituito da una vasca portaballast metallica con longherine HEA500 e da traversi in composizione saldata di altezza pari a 700 mm. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 1672 mm. I controventi inferiori e superiori sono previsti a T. Tutte le giunzioni in opera fra i vari elementi strutturali sono previste con bulloni A.R. di classe 8.8 a taglio.

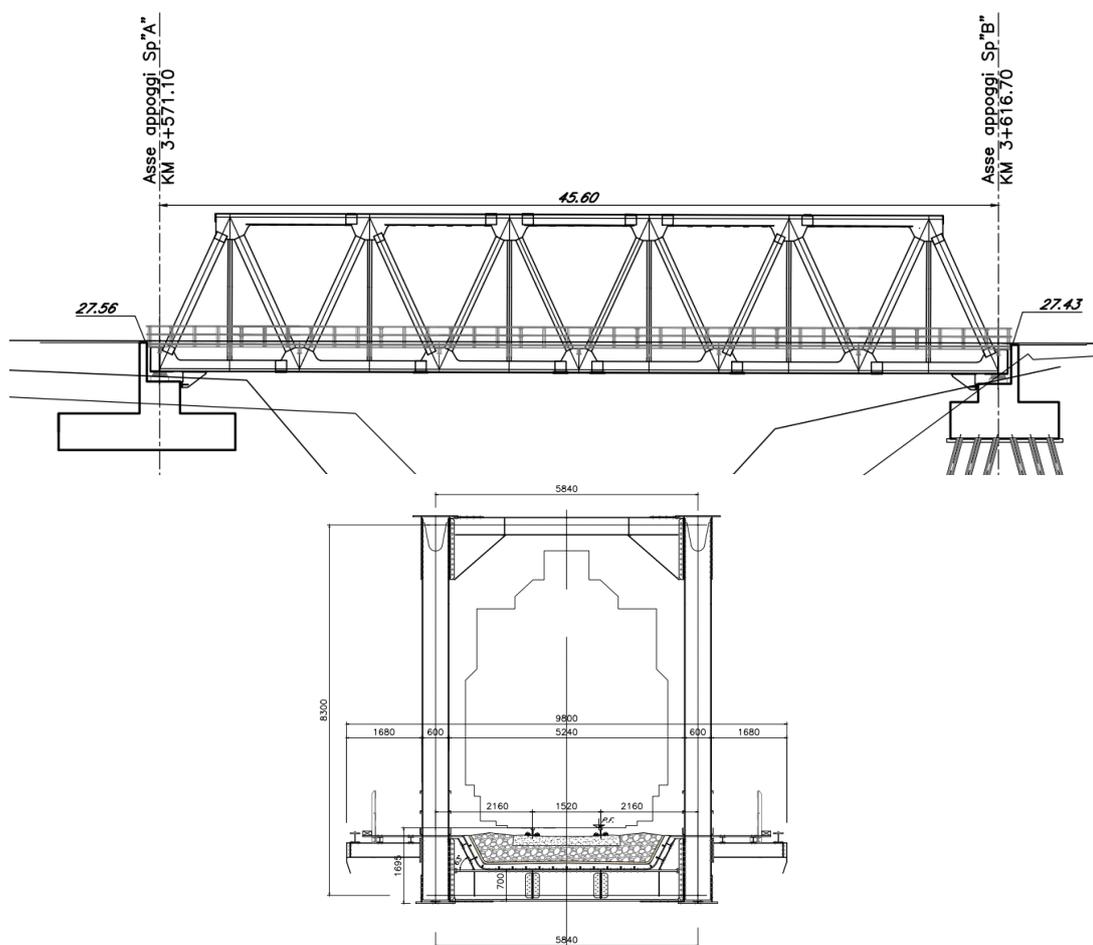


Figura 1_Prospetto e sezione trasv.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- [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:** Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- [N4] **C.M. 21/01/2019 n.7:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- [N5] **RFI DTC SI PS MA IFS 001 D del 20/12/2019:** Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- [N6] **RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018:** 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] **Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;**

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo al [N6] ed alla **UNI EN 1090-2** (classe di esecuzione exc3 eccetto camminamenti e grigliati per i quali, come previsto sull'Appendice B, si può utilizzare la classe di esecuzione exc2).

1.3 MATERIALI IMPIEGATI

ACCIAIO

Acciaio secondo EN 10025, DM 14.1.2008 e Capitolato RFI
- lamiera e profili per elementi saldati S355J2
- lamiera e profili per elementi non saldati S355J0

PIOLI

ACCIAIO S 235 JR+ C450 ST37/3K $f_y \geq 350$ N/mm²
 $f_m \geq 450$ N/mm² EN 13918

BULLONI

- Viti classe 8.8 UNI EN ISO 898-1, UNI EN 14399-4
- Dadi classe 8 UNI EN 20898-2, UNI EN 14399-4
- Rosette Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temprate e rinvenuto HRC 32-40, UNI EN 14399-6

Relazione di calcolo travata metallica

- Piastre Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temprate e rinvenuto HRC 32-40, UNI EN 14399-6

GIOCO FORO BULLONE – STRUTTURE PRINCIPALI:

- 0.3mm (compresa tolleranza della vite)

GIOCO FORO BULLONE – GRIGLIATI E STRUTTURE PROVVISORIE:

- BULLONE FINO A M20 +1mm (compresa tolleranza della vite)
- BULLONE OLTRE A M20 +1.5mm (compresa tolleranza della vite)

SALDATURE

Secondo: “CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI” di RFI. (PARTEII – SEZIONI 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA).

NOTE:

Approvvigionamento, collaudo e controllo delle lavorazioni di officina dei materiali, nonchè controlli da eseguire durante l'accettazione provvisoria e montaggio in opera della struttura, in accordo al capitolato generale tecnico delle opere civili di RFI "parte II sezione 6 e sezione 12";

Relazione di calcolo travata metallica

2 ANALISI DEI CARICHI UNITARI

Le verifiche dell'opera vengono effettuate in base ai seguenti carichi unitari.

2.1 CARICHI PERMANENTI

2.1.1 Pesì propri

Peso proprio carpenteria metallica (inclusi trasversi, irrigidimenti, ecc.) = **76 kN/m** (valore stimato da modello già amplificato del 25%, per tenere in conto piattì, saldature, bullonature...); le mensole laterali sono considerate come elementi portati nella voce marciapiedi. Il peso della soletta interna alla vasca porta ballast è applicato come carico uniformemente distribuito sulle briglie inferiori con un intensità pari a 6 kN/m.

2.1.2 Carichi permanenti portati

Analisi sovraccarichi permanenti portati

Voce	Area	Lungh	Volume	Peso	Peso	Peso	Elemento
-	m ²	m	m ³	kN/m ²	kN/m ³	kN/m	-
Veletta	0.10				25	2.50	Briglia
Barriere Fono assorbenti		4.00		4		16.00	Briglia
Marciapiede		1.00			6	6.00	Briglia
Ballast+Arm+Imp		0.80		14.40	18		Piastra

Totale carichi permanenti portati ≈ **110 kN/m**

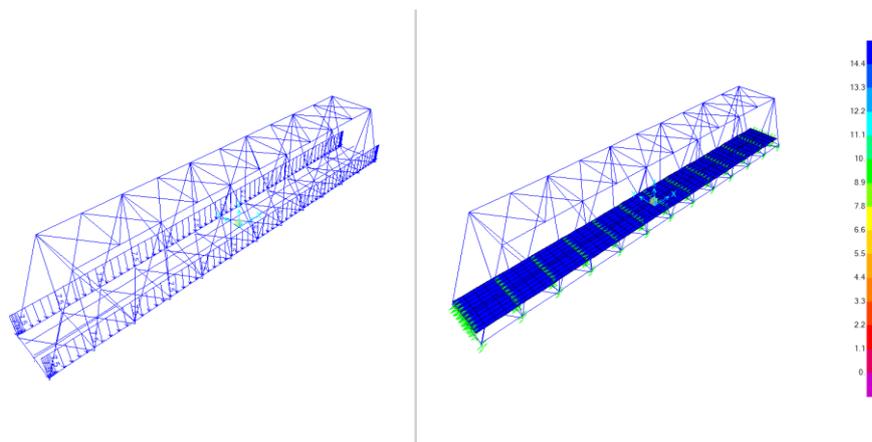


Figura 2_Peso ballast+velette

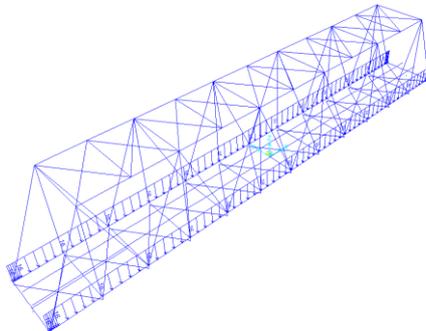


Figura 3_BARRIERE antirumore

2.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

2.2.1 Treni di carico

I carichi verticali sono definiti attraverso dei modelli di carico; in particolare, sono forniti due treni di carico distinti: il primo rappresentativo del traffico normale (LM 71) ed il secondo di quello pesante (SW2).

Traffico normale: Treno LM71

Questo treno di carico 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 di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0.8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

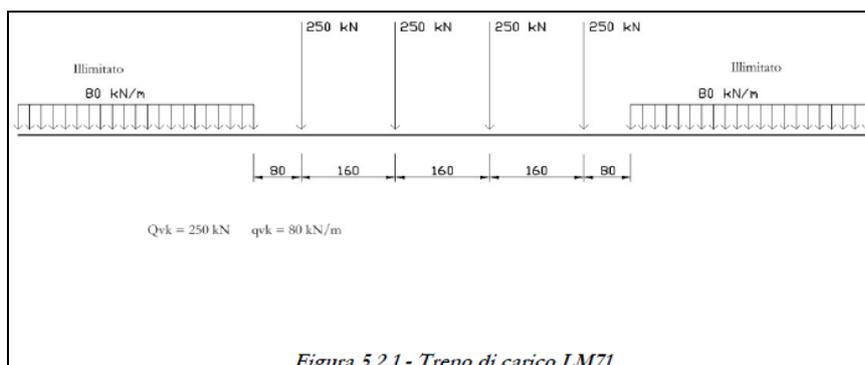
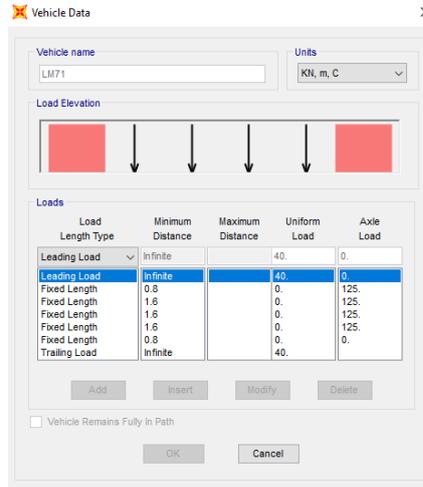


Figura 5.2.1 - Treno di carico LM71

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

Ogni rotaia è stata caricata con la seguente azione verticale:



Vehicle name: LM71 Units: KN, m, C

Load Elevation: [Diagram showing four downward arrows and two red rectangles]

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite	40.	0.	0.
Leading Load	Infinite	40.	0.	0.
Fixed Length	0.8	0.	125.	0.
Fixed Length	1.6	0.	125.	0.
Fixed Length	1.6	0.	125.	0.
Fixed Length	1.6	0.	125.	0.
Fixed Length	0.8	0.	125.	0.
Trailing Load	Infinite	40.	0.	0.

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

Buttons: OK, Cancel

I valori caratteristici dei carichi mobili (LM71) attribuiti ai modelli di carico sono stati moltiplicati per un coefficiente di adattamento $\alpha = 1.10$.

Traffico pesante treno SW/2

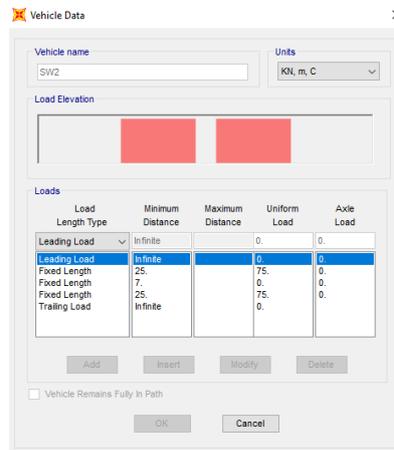
Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Per tale modello di carico è stata considerata la seguente configurazione:

- due stese di carico di intensità 150 kN/m, lunghe 25.00 m distanziate da un lasco di 7.00 m.



Sulla singola rotaia risulta:

$$q_v = \frac{150}{2} = 75 \text{ kN/m}$$



Vehicle name: SW2 Units: KN, m, C

Load Elevation: [Diagram showing two red rectangles]

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite	0.	0.	0.
Leading Load	Infinite	0.	0.	0.
Fixed Length	25.	75.	0.	0.
Fixed Length	7.	0.	0.	0.
Fixed Length	25.	75.	0.	0.
Trailing Load	Infinite	0.	0.	0.

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

Buttons: OK, Cancel

Relazione di calcolo travata metallica

Coefficienti dinamici

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

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

con la lunghezza L_Φ valutata secondo *Manuale di progettazione RFI*

- Travi principali $L_\Phi = L = 45.6\text{m}$;
 $\Phi_3 = 1.059$
- Nervature longitudinali $i = 3.8\text{m}$; $L_\Phi = 3 * i = 3*3.8\text{m} = 11.4\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.41$
- Travi trasversali intermedie $L = 5.84\text{ m}$; $L_\Phi = 2 * L = 11.68\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.40$
- Travi trasversali di estremità $L_\Phi = 3.6\text{ m}$.
 $\Phi_3 = 2$

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*

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.82 \quad \text{con la limitazione} \quad 1 \leq \Phi_2 \leq 1.67$$

- Travi principali $\Phi_2 = 1$
- Nervature longitudinali $\Phi_2 = 1.27$
- Travi trasversali intermedie $\Phi_2 = 1.28$
- Travi trasversali di estremità $\Phi_2 = 1.67$

Relazione di calcolo travata metallica

2.2.2 Azioni orizzontali

2.2.2.1 Serpeggio

Si assume una forza orizzontale di 100 kN applicata alla sommità delle rotaie.
Per il treno di carico LM71 sarà moltiplicata per il coefficiente di adattamento $\alpha = 1.1$.

2.2.2.2 Avviamento e frenatura

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

Treno LM71

$Q_{ak} = 33 * 45.6 * 1.1 = 1655.3 \text{ kN}$

Treno SW2

$Q_{ak} = 33 * (45.6-7) = 1273.8 \text{ kN}$

Pertanto si assumerà $Q_{ak} = 1000 \text{ kN}$

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

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

Treno LM71

$Q_{bk} = 20 * 45.6 * 1.1 = 1003.2 \text{ kN}$

Treno SW2

$Q_{bk} = 35 * (45.6-7) = 1351 \text{ kN}$

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.

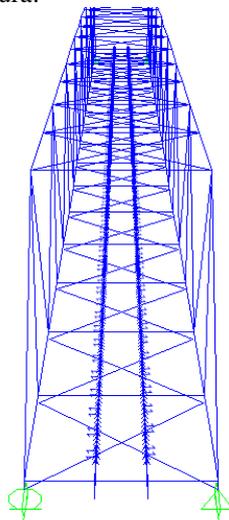


Figura 4_Frenatura lm71

Relazione di calcolo travata metallica

2.2.2.3 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.
In questo caso è nulla poiché il binario è in rettilineo.

2.3 AZIONI CLIMATICHE

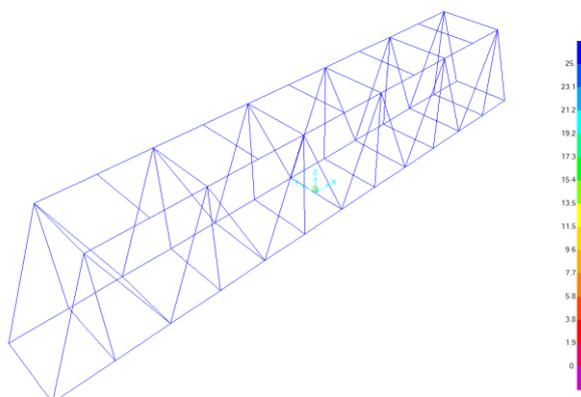
2.3.1 Variazione termica

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 "Specificazione 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 per l'impalcato in acciaio pari a $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

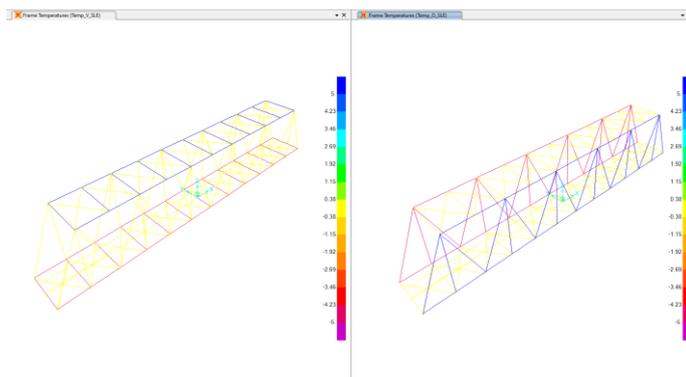
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $25^{\circ} * 1.5 = 37.5^{\circ}\text{C}$.



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 .



Relazione di calcolo travata metallica

2.3.2 Azione della neve

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

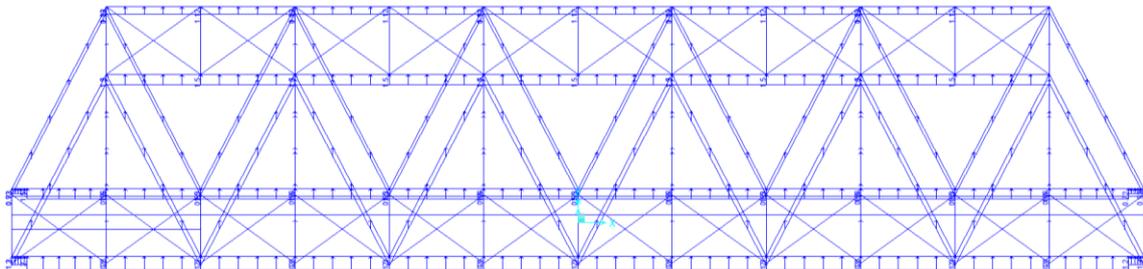
2.3.3 Azione del vento

L'azione del vento è stata distinta in:

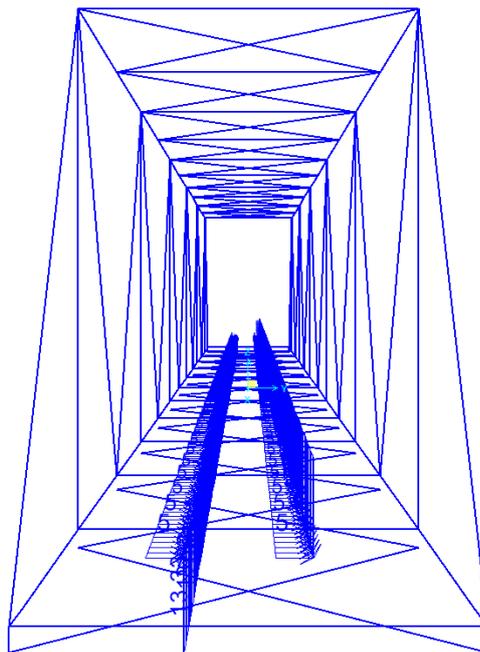
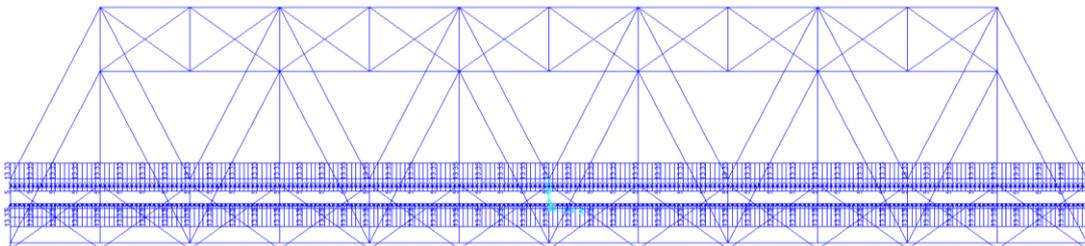
- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;
- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

Per l'azione del vento cautelativamente si prevedono 2.5 kN/mq applicati sulle superfici esposte della travata metallica e dei treni di carico (ripartendo con i coefficienti c_p da norma tra le due superfici).

Azione di vento scarico:



Azione di vento carico su bin:



Relazione di calcolo travata metallica

CALCOLO DELLA PRESSIONE DEL VENTO - DM18

altitudine sul livello del mare	as	29	m
zona		3	
parametri	$v_{b,0}$	27	m/s
parametri	a_0	500	m
parametri	k_a	0.020	1/s
velocità di riferimento (Tr=50 anni)	$v_b = v_{b0} + k_a * (a_s - a_0)$	27	m/s
Vita nominale	VN=	75	
Coefficiente d'uso	Cu=	1.5	
Periodo di ritorno considerato	$T_{Rv} = V_R = C_U * V_N$	113	anni
	a_r	1.07	
velocità di riferimento	v_b	29.0	m/s
densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.52	kN/m ²
Categoria di esposizione del sito	Cat	2	
Altezza della costruzione rispetto al suolo	z	5	m
parametri	k_r	0.19	
parametri	z_0	0.05	m
parametri	z_{min}	4	m
parametri	z_{max}	200	m
Coefficiente di topografia	c_t	1	
coeff. di esposizione ($z \leq z_{min}$)	$c_e(z_{min})$	1.80	
coeff. di esposizione (z)	$c_e(z)$	1.93	
coeff. di esposizione	$c_e(z)$	1.93	
coefficiente di esposizione	c_e	1.93	
coefficiente di forma sopravento	c_p	1.72	
coefficiente dinamico	c_d	1	
pressione del vento sopravento	p	1.74	kN/m ²

Relazione di calcolo travata metallica

Travi ad anima piena e reticolari

superficie delimitata dal contorno della trave

S 369.37 m²

superficie della parte piena della trave

S_p 77.59 m²

coeff. di esposizione

$\varphi = S_p/S$ 0.210058

interasse travi

d 5.5

altezza travi

h 8.61

rapporto distanza altezza

d/h 0.64

coefficiente di forma sopra vento

C_{p1} 1.72

Coefficiente di riduzione

μ 0.75

coefficiente di forma sottovento

C_{p2} 1.29

Qui sotto si riportano i carichi applicati ad ogni elemento:

Sopra Vento

Elemento	h	p	Wk
-	m	kN/m ²	kN/m
Briglia inf	0.8	2.5	2.0
Briglia Sup	0.6	2.5	1.5
Montante	0.3	2.5	0.8
Diagonale	0.5	2.5	1.3

Sotto Vento μ = 0.75

Elemento	h	p	Wk
-	m	kN/m ²	kN/m
Briglia inf	0.8	2.5	1.50
Briglia Sup	0.6	2.5	1.12
Montante	0.3	2.5	0.56
Diagonale	0.5	2.5	0.93

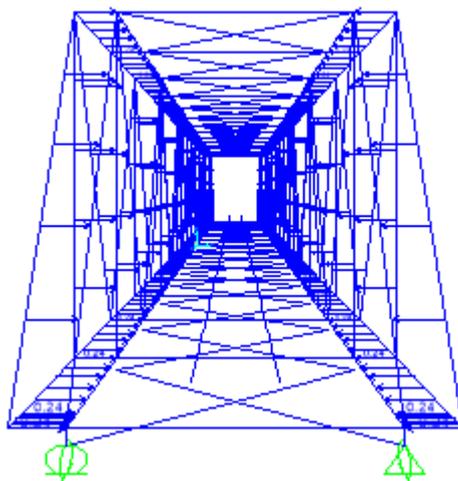
Relazione di calcolo travata metallica

2.4 EFFETTI AERODINAMICI

Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza ag dall'asse del binario pari a 2.92 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 60 km/h, il valore caratteristico dell'azione sul pannello è assunto a favore di sicurezza pari a $\pm 0.2 \text{ kN/m}^2$.

Nelle combinazioni di carico si è tenuto conto via via del segno sfavorevole di tali pressioni.



2.5 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 fino alla briglia inferiore.

Deragliamento schema 2

È stato considerato un carico lineare di lunghezza 20m, intensità $80 \cdot 1.4 \text{ kN/m}$, eccentrico di circa 1.5s (2.2m) rispetto all'asse binari.

2.6 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

14.86610 40.64270

Ricerca per comune

REGIONE PROVINCIA COMUNE

Abruzzo Teramo Alba Adriatica

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ||>

Variabilità dei parametri ||>

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

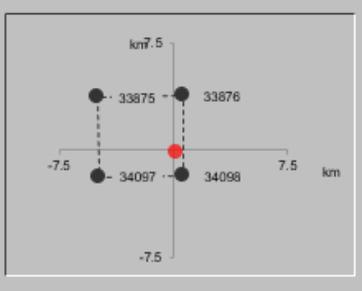
Interpolazione

superficie rigata ▾

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ||>

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

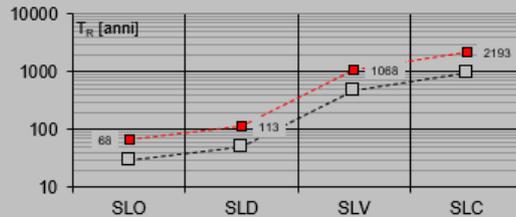
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {
SLO - $P_{VR} = 81\%$
SLD - $P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimi - SLU {
SLV - $P_{VR} = 10\%$
SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

$S_S = 1.600$ $C_C = 1.546$ info

$h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) info

$\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 info

Regol. in altezza info

Compon. verticale

Spettro di progetto

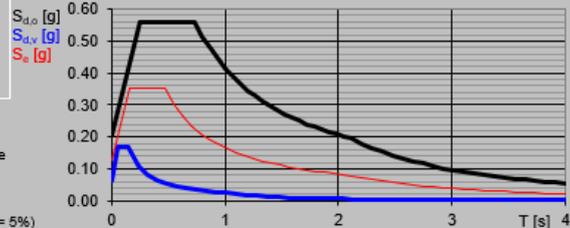
Fattore q info

$\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



- Spettro di progetto - componente orizzontale
- Spettro di progetto - componente verticale
- Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

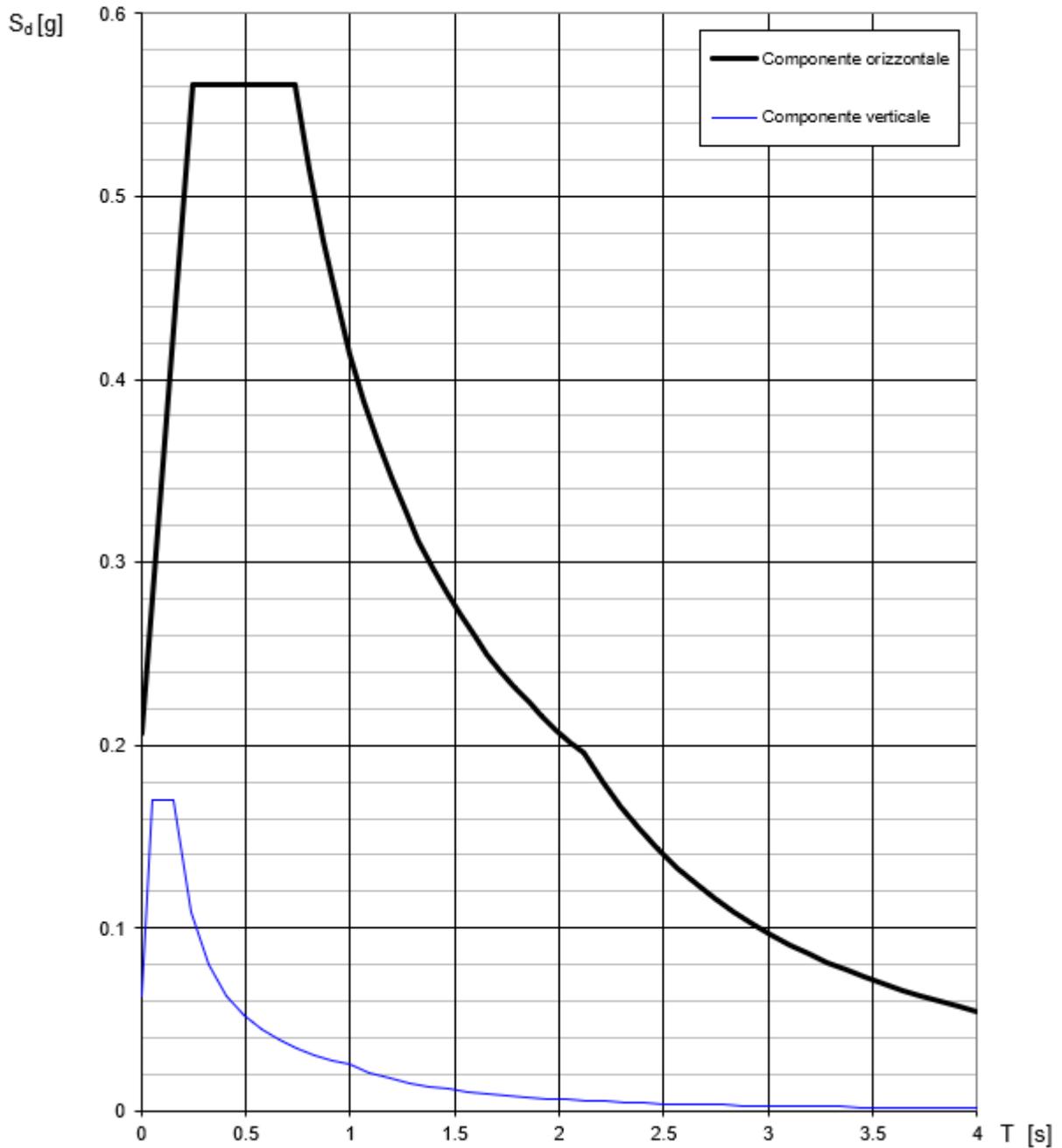
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Relazione di calcolo travata metallica

3 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>	Y _{G1}		1.35
	<i>fav</i>			1
Carichi permanenti non strutturali	<i>sfav</i>	Y _{G2}		1.5
	<i>fav</i>			0
Traffico	<i>sfav</i>	Y _Q		1.45
	<i>fav</i>			0
Variabili	<i>sfav</i>	Y _{Qi}		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						v _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	SCARICA	STR.	GR1	GR3	GR1	GR3	SCARICA
<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	0	0	0	0	0	0	1.16	1.16	0	0	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	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	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	0.725	0.73	1.45	1.45	0	0	0	0	0	0	0.58	1.16	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.725	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	0	0	0	0	0	0	1.16	0.58	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0	0	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

Relazione di calcolo travata metallica

S.L.E. rara																	
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA						
	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	SCARICA	GR1	GR3	GR4	GR1	GR3	GR4	SCARICA
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti Portati (G2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0
LM71	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.6	0
Serp_SW2	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.6	0
F-A_SW2	0.5	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0.4	0.8	0.6	0
centrifuga_SW2	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.8	0	0	0	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.8	0.4	0.6	0
Eff_aerodinamici	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.8	0.8	1	0.8	0.8	1	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.6
Vento_carico	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0
Temp_SLU	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	0	0.6	1	1	1	1	1	1	1

S.L.E. frequente																	
VARIABILE PRINCIPALE:	TRAFFICO								VENTO		TEMPERATURA						
	SW2				LM71				STR.		SW2			LM71			STR.
	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	GRUPPO1	GRUPPO3	SCARICA	SCARICA	GR1	GR3	GR4	GR1	GR3	GR4	SCARICA
combinazioni	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti Portati (G2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serp_SW2	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serp_LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-A_SW2	0.4	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-A_LM71	0	0	0	0	0.4	0.4	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
centrifuga_SW2	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
centrifuga_LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eff_aerodinamici	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0
Vento_scarico	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Vento_carico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temp_SLU	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1

SIS						
CARICHI	COMBINAZIONI					
	1	2	3	4	5	6
Peso Proprio (G1)	1	1	1	1	1	1
Permanenti Portati (G2)	1	1	1	1	1	1
LM71	0.2	0.2	0.2	0	0	0
Ex	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3
Ey	0.3	1	0.3	0.3	1	0.3
Ez	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1

Relazione di calcolo travata metallica

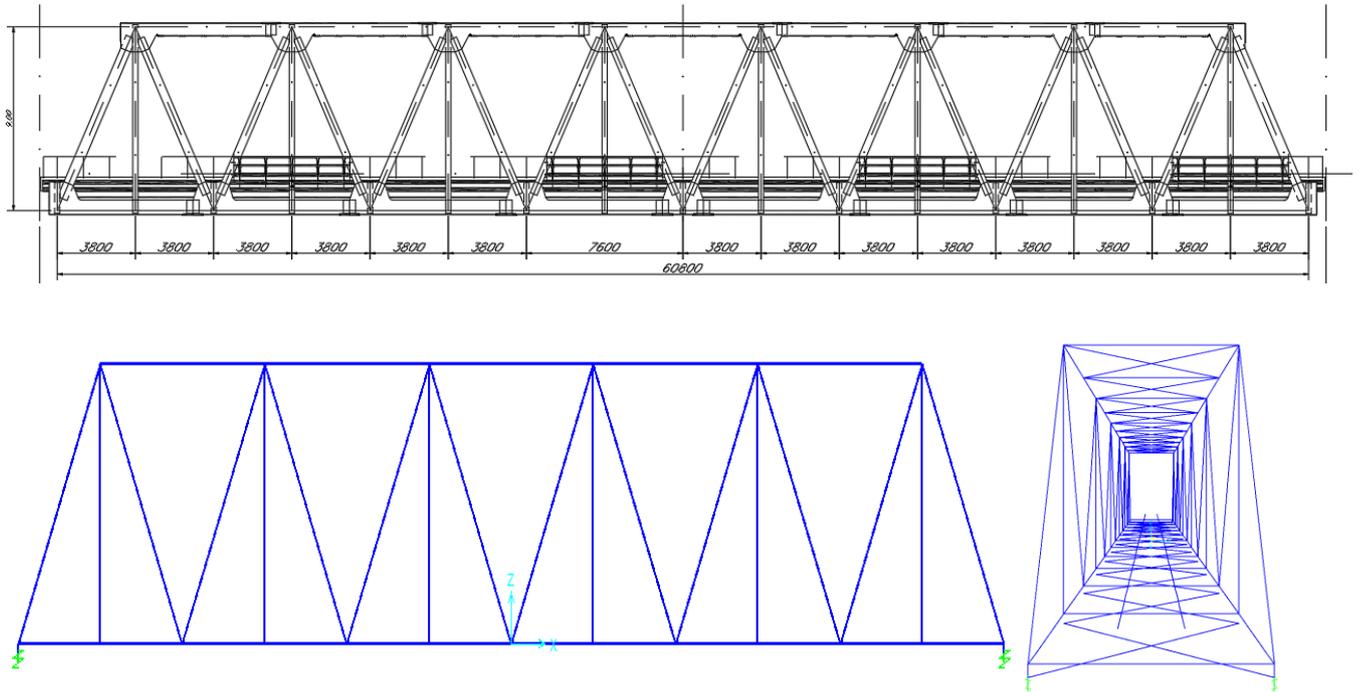
PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 22 di 59

4 MODELLO DI CALCOLO

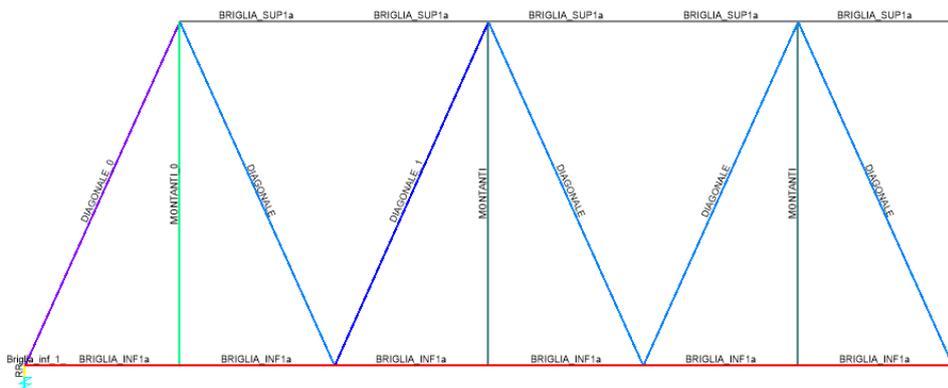
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

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.

Gli assi baricentrici del modello sono posizionati esattamente come da elaborato grafico:



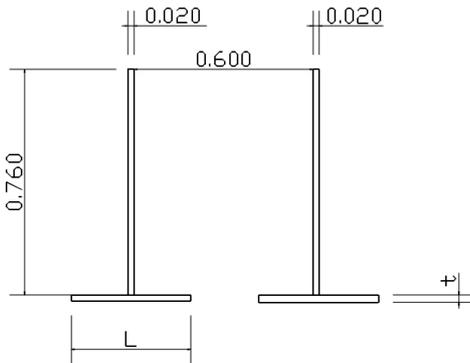
Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:



Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 23 di 59

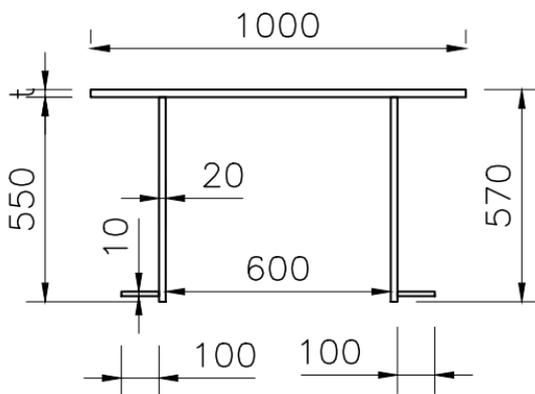
• BRIGLIE INFERIORI:



BRIGLIA_INF_1a | L = 400 mm; t = 20 mm

Section Name: BRIGLIA_INF1a			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0464	Section modulus about 3 axis	5.944E-03
Moment of Inertia about 3 axis	3.058E-03	Section modulus about 2 axis	9.260E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.746E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0104
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0145
Shear area in 2 direction	0.0276	Radius of Gyration about 3 axis	0.2567
Shear area in 3 direction	0.0244	Radius of Gyration about 2 axis	0.3198
Torsional constant	6.219E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

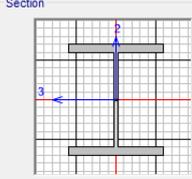
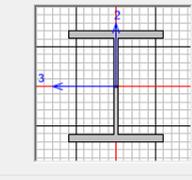
• BRIGLIE SUPERIORI



BRIGLIA_sup_1a | t = 20 mm

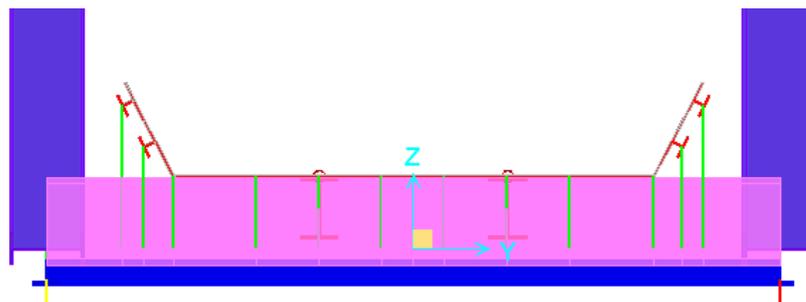
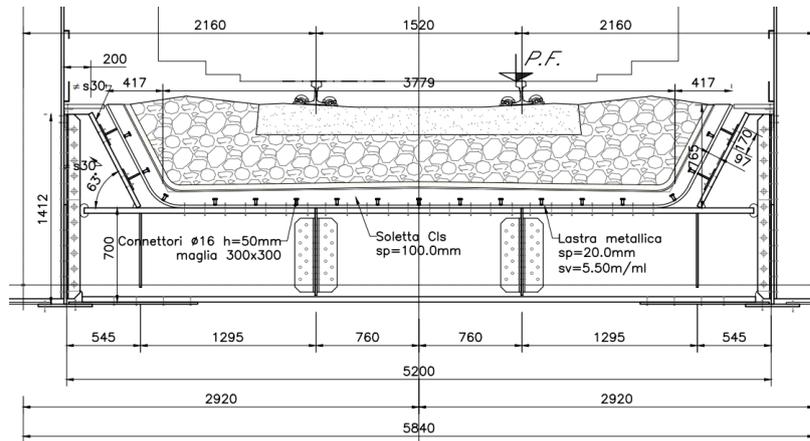
Section Name: BRIGLIA_SUP1a			
Properties			
Cross-section (axial) area	0.05	Section modulus about 3 axis	7.143E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.596E-03	Section modulus about 2 axis	9.759E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.879E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0101
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0148
Shear area in 2 direction	0.0229	Radius of Gyration about 3 axis	0.2279
Shear area in 3 direction	0.0166	Radius of Gyration about 2 axis	0.3124
Torsional constant	6.815E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI inferiori

<p>Section Name: TRAVERSO_TEST</p> <p>Section Notes: Modify/Show Notes...</p> <p>Display Color: ■</p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3): 0.7</p> <p>Top flange width (t2): 0.6</p> <p>Top flange thickness (tf): 0.05</p> <p>Web thickness (tw): 0.03</p> <p>Bottom flange width (t2b): 0.6</p> <p>Bottom flange thickness (tfb): 0.05</p> <p>Section: </p>	<p>Section Name: TRAVERSO_TEST</p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr> <td>Cross-section (axial) area</td> <td>0.078</td> <td>Section modulus about 3 axis</td> <td>0.0197</td> </tr> <tr> <td>Moment of Inertia about 3 axis</td> <td>6.890E-03</td> <td>Section modulus about 2 axis</td> <td>6.005E-03</td> </tr> <tr> <td>Moment of Inertia about 2 axis</td> <td>1.801E-03</td> <td>Plastic modulus about 3 axis</td> <td>0.0222</td> </tr> <tr> <td>Product of Inertia about 2-3</td> <td>0.</td> <td>Plastic modulus about 2 axis</td> <td>9.135E-03</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 2 direction</td> <td>0.021</td> <td>Radius of Gyration about 3 axis</td> <td>0.2972</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 3 direction</td> <td>0.05</td> <td>Radius of Gyration about 2 axis</td> <td>0.152</td> </tr> <tr> <td>Torsional constant</td> <td>5.260E-05</td> <td>Shear Center Eccentricity (x3)</td> <td>0.</td> </tr> </table>	Cross-section (axial) area	0.078	Section modulus about 3 axis	0.0197	Moment of Inertia about 3 axis	6.890E-03	Section modulus about 2 axis	6.005E-03	Moment of Inertia about 2 axis	1.801E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0222	Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.135E-03	Shear area in 2 direction	0.021	Radius of Gyration about 3 axis	0.2972	Shear area in 3 direction	0.05	Radius of Gyration about 2 axis	0.152	Torsional constant	5.260E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.
Cross-section (axial) area	0.078	Section modulus about 3 axis	0.0197																										
Moment of Inertia about 3 axis	6.890E-03	Section modulus about 2 axis	6.005E-03																										
Moment of Inertia about 2 axis	1.801E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0222																										
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.135E-03																										
Shear area in 2 direction	0.021	Radius of Gyration about 3 axis	0.2972																										
Shear area in 3 direction	0.05	Radius of Gyration about 2 axis	0.152																										
Torsional constant	5.260E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.																										
<p>Section Name: TRAVERSI</p> <p>Section Notes: Modify/Show Notes...</p> <p>Display Color: ■</p> <p>Dimensions</p> <p>Outside height (t3): 0.7</p> <p>Top flange width (t2): 0.6</p> <p>Top flange thickness (tf): 0.045</p> <p>Web thickness (tw): 0.03</p> <p>Bottom flange width (t2b): 0.6</p> <p>Bottom flange thickness (tfb): 0.045</p> <p>Section: </p>	<p>Section Name: TRAVERSI</p> <p>Properties</p> <table border="1"> <tr> <td>Cross-section (axial) area</td> <td>0.0723</td> <td>Section modulus about 3 axis</td> <td>0.0182</td> </tr> <tr> <td>Moment of Inertia about 3 axis</td> <td>6.368E-03</td> <td>Section modulus about 2 axis</td> <td>5.405E-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>0.0205</td> </tr> <tr> <td>Product of Inertia about 2-3</td> <td>0.</td> <td>Plastic modulus about 2 axis</td> <td>8.237E-03</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 2 direction</td> <td>0.021</td> <td>Radius of Gyration about 3 axis</td> <td>0.2968</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 3 direction</td> <td>0.045</td> <td>Radius of Gyration about 2 axis</td> <td>0.1498</td> </tr> <tr> <td>Torsional constant</td> <td>4.005E-05</td> <td>Shear Center Eccentricity (x3)</td> <td>0.</td> </tr> </table>	Cross-section (axial) area	0.0723	Section modulus about 3 axis	0.0182	Moment of Inertia about 3 axis	6.368E-03	Section modulus about 2 axis	5.405E-03	Moment of Inertia about 2 axis	1.621E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0205	Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.237E-03	Shear area in 2 direction	0.021	Radius of Gyration about 3 axis	0.2968	Shear area in 3 direction	0.045	Radius of Gyration about 2 axis	0.1498	Torsional constant	4.005E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.
Cross-section (axial) area	0.0723	Section modulus about 3 axis	0.0182																										
Moment of Inertia about 3 axis	6.368E-03	Section modulus about 2 axis	5.405E-03																										
Moment of Inertia about 2 axis	1.621E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0205																										
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.237E-03																										
Shear area in 2 direction	0.021	Radius of Gyration about 3 axis	0.2968																										
Shear area in 3 direction	0.045	Radius of Gyration about 2 axis	0.1498																										
Torsional constant	4.005E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.																										

• VASCA PORTABALLAST

La piastra metallica nervata è collegata direttamente ai traversi, si riportano qui sotto due immagini, una sezione trasversale dell'impalcato, l'altra uno screen del modello agli elementi finiti estruso:



• DIAGONALI

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

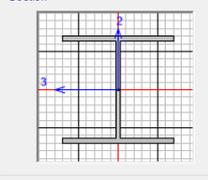
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

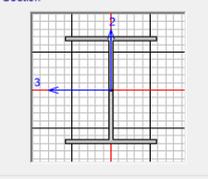
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

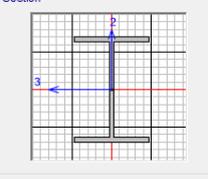
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0495	Section modulus about 3 axis	0.0108
Moment of Inertia about 3 axis	3.255E-03	Section modulus about 2 axis	3.602E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.081E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0121
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	5.484E-03
Shear area in 2 direction	0.015	Radius of Gyration about 3 axis	0.2564
Shear area in 3 direction	0.03	Radius of Gyration about 2 axis	0.1478
Torsional constant	1.319E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0312	Section modulus about 3 axis	6.585E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.975E-03	Section modulus about 2 axis	1.666E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.170E-04	Plastic modulus about 3 axis	7.368E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.566E-03
Shear area in 2 direction	0.012	Radius of Gyration about 3 axis	0.2516
Shear area in 3 direction	0.0167	Radius of Gyration about 2 axis	0.1156
Torsional constant	4.059E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.031	Section modulus about 3 axis	6.438E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.931E-03	Section modulus about 2 axis	1.335E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.670E-04	Plastic modulus about 3 axis	7.263E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.055E-03
Shear area in 2 direction	0.012	Radius of Gyration about 3 axis	0.2496
Shear area in 3 direction	0.0167	Radius of Gyration about 2 axis	0.0928
Torsional constant	5.438E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• MONTANTI

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

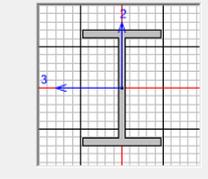
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

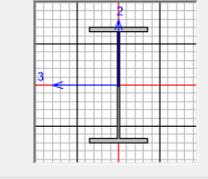
Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section



Section Name:

Properties

Cross-section (axial) area	0.0476	Section modulus about 3 axis	9.549E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.865E-03	Section modulus about 2 axis	2.139E-03
Moment of Inertia about 2 axis	4.278E-04	Plastic modulus about 3 axis	0.011
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.317E-03
Shear area in 2 direction	0.018	Radius of Gyration about 3 axis	0.2453
Shear area in 3 direction	0.0267	Radius of Gyration about 2 axis	0.0948
Torsional constant	2.050E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name:

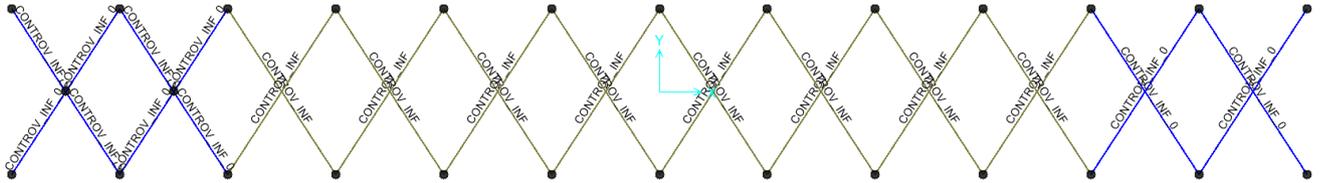
Properties

Cross-section (axial) area	0.021	Section modulus about 3 axis	4.146E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.244E-03	Section modulus about 2 axis	6.013E-04
Moment of Inertia about 2 axis	9.019E-05	Plastic modulus about 3 axis	4.734E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.358E-04
Shear area in 2 direction	9.600E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.2436
Shear area in 3 direction	0.01	Radius of Gyration about 2 axis	0.0656
Torsional constant	2.284E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 26 di 59

• CONTROVENTI INFERIORI



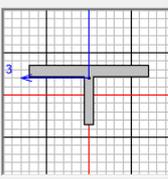
Section Name **Display Color** ■

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"/>

Section



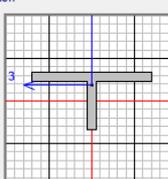
Section Name **Display Color** ■

Section Notes

Dimensions

Outside stem (t3)	<input type="text" value="0.12"/>
Outside flange (t2)	<input type="text" value="0.25"/>
Flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.02"/>
Stem thickness (tw)	<input type="text" value="0.02"/>

Section



Section Name

Properties

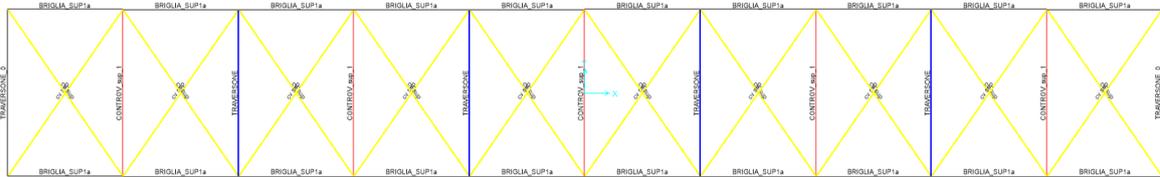
Cross-section (axial) area	0.0208	Section modulus about 3 axis	3.141E-04
Moment of Inertia about 3 axis	4.930E-05	Section modulus about 2 axis	1.068E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.137E-04	Plastic modulus about 3 axis	6.256E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.636E-03
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.

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	7.000E-03	Section modulus about 3 axis	7.513E-05
Moment of Inertia about 3 axis	6.976E-06	Section modulus about 2 axis	2.089E-04
Moment of Inertia about 2 axis	2.611E-05	Plastic modulus about 3 axis	1.410E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.225E-04
Shear area in 2 direction	2.400E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0316
Shear area in 3 direction	4.167E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0611
Torsional constant	9.069E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• CONTROVENTI SUPERIORI



Section Name cv sup Display Color

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)

Outside flange (t2)

Flange thickness (tf)

Stem thickness (tw)

Section Name cv sup Display Color

Properties

Cross-section (axial) area	8.600E-03	Section modulus about 3 axis	1.199E-04
Moment of inertia about 3 axis	1.407E-05	Section modulus about 2 axis	3.006E-04
Moment of inertia about 2 axis	4.509E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.194E-04
Product of inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	4.630E-04
Shear area in 2 direction	3.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0404
Shear area in 3 direction	5.000E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0724
Torsional constant	1.120E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI SUPERIORI intermedi

Section Name CONTROV_sup_1 Display Color

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)

Outside flange (t2)

Flange thickness (tf)

Stem thickness (tw)

Section Name CONTROV_sup_1 Display Color

Properties

Cross-section (axial) area	0.0154	Section modulus about 3 axis	2.184E-04
Moment of inertia about 3 axis	3.558E-05	Section modulus about 2 axis	8.006E-04
Moment of inertia about 2 axis	1.601E-04	Plastic modulus about 3 axis	4.228E-04
Product of inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.217E-03
Shear area in 2 direction	4.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0481
Shear area in 3 direction	0.01	Radius of Gyration about 2 axis	0.102
Torsional constant	3.947E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI SUPERIORI correnti

Section Name TRAVERSONE Display Color

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

Section Name TRAVERSONE Display Color

Properties

Cross-section (axial) area	0.0195	Section modulus about 3 axis	2.558E-03
Moment of inertia about 3 axis	5.116E-04	Section modulus about 2 axis	5.227E-04
Moment of inertia about 2 axis	6.534E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.956E-03
Product of inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	8.163E-04
Shear area in 2 direction	8.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.162
Shear area in 3 direction	0.0104	Radius of Gyration about 2 axis	0.0579
Torsional constant	3.340E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI SUPERIORI testata

Section Name TRAVERSONE_0 Display Color

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside height (t3)

Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)

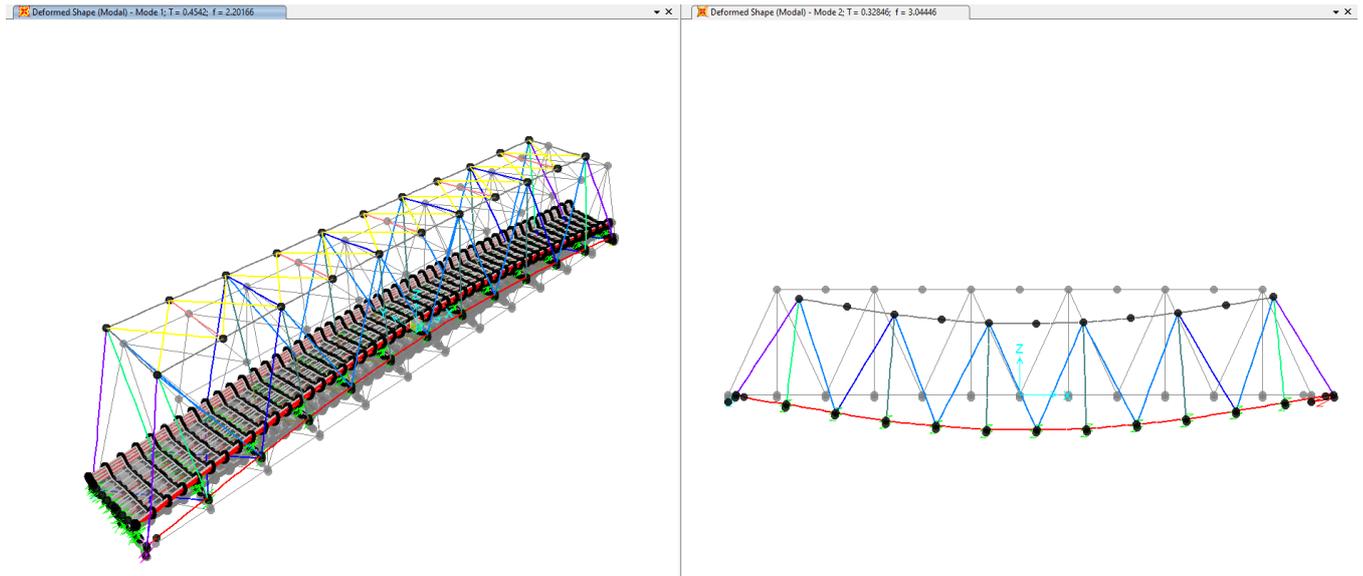
Section Name TRAVERSONE_0 Display Color

Properties

Cross-section (axial) area	0.0446	Section modulus about 3 axis	7.529E-03
Moment of inertia about 3 axis	1.882E-03	Section modulus about 2 axis	2.138E-03
Moment of inertia about 2 axis	4.276E-04	Plastic modulus about 3 axis	8.683E-03
Product of inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	3.295E-03
Shear area in 2 direction	0.015	Radius of Gyration about 3 axis	0.2054
Shear area in 3 direction	0.0267	Radius of Gyration about 2 axis	0.0979
Torsional constant	1.960E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

5 ANALISI MODALE

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



L'analisi è stata condotta verificando che il numero totale di mdv=100, consentisse l'eccitazione dell'85% della massa in tutte le componenti di spostamento, si riportano, per semplicità i primi 20mdv.

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											
Modal	Mode	1	0.426	0.000	0.755	0.000	0.000	0.755	0.000	0.094	0.000	0.000	0.094	0.000	0.000
Modal	Mode	2	0.399	0.925	0.000	0.056	0.925	0.756	0.056	0.000	0.000	0.000	0.094	0.000	0.000
Modal	Mode	3	0.288	0.070	0.000	0.715	0.995	0.756	0.770	0.000	0.000	0.000	0.094	0.001	0.000
Modal	Mode	4	0.242	0.000	0.042	0.000	0.995	0.798	0.770	0.737	0.000	0.000	0.831	0.001	0.000
Modal	Mode	5	0.161	0.000	0.000	0.000	0.995	0.798	0.770	0.000	0.000	0.352	0.831	0.001	0.352
Modal	Mode	6	0.155	0.000	0.000	0.001	0.995	0.798	0.772	0.000	0.015	0.000	0.831	0.015	0.352
Modal	Mode	7	0.155	0.000	0.000	0.001	0.995	0.798	0.772	0.000	0.001	0.000	0.831	0.016	0.352
Modal	Mode	8	0.129	0.000	0.004	0.000	0.995	0.802	0.772	0.030	0.000	0.083	0.861	0.016	0.435
Modal	Mode	9	0.127	0.000	0.001	0.000	0.995	0.803	0.772	0.015	0.001	0.169	0.875	0.017	0.605
Modal	Mode	10	0.126	0.001	0.000	0.000	0.996	0.803	0.772	0.000	0.460	0.001	0.875	0.477	0.605
Modal	Mode	11	0.097	0.000	0.000	0.052	0.996	0.803	0.824	0.000	0.000	0.000	0.875	0.477	0.605
Modal	Mode	12	0.090	0.000	0.000	0.000	0.996	0.803	0.824	0.000	0.055	0.000	0.875	0.532	0.605
Modal	Mode	13	0.088	0.000	0.000	0.019	0.996	0.803	0.844	0.000	0.000	0.000	0.875	0.532	0.605
Modal	Mode	14	0.087	0.000	0.000	0.000	0.996	0.803	0.844	0.000	0.035	0.000	0.875	0.567	0.605
Modal	Mode	15	0.086	0.000	0.001	0.002	0.996	0.803	0.846	0.000	0.000	0.000	0.875	0.567	0.605
Modal	Mode	16	0.086	0.000	0.000	0.000	0.996	0.803	0.846	0.000	0.004	0.000	0.875	0.571	0.605
Modal	Mode	17	0.085	0.000	0.000	0.000	0.996	0.804	0.846	0.000	0.000	0.000	0.875	0.571	0.605
Modal	Mode	18	0.085	0.000	0.000	0.000	0.996	0.804	0.846	0.000	0.000	0.000	0.875	0.571	0.605
Modal	Mode	19	0.085	0.000	0.000	0.000	0.996	0.804	0.846	0.000	0.000	0.000	0.875	0.571	0.605
Modal	Mode	20	0.085	0.000	0.000	0.000	0.996	0.804	0.846	0.000	0.000	0.000	0.875	0.571	0.605

5.1 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 SI PS MA IFS 001 D* § 2.5.1.4.2.4., verificando che essa ricada nel fuso dei *Limiti della frequenza naturale del ponte n_0 [Hz] in funzione di L [m]*:

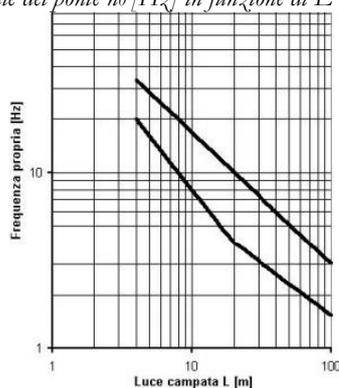


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie n_0 in Hz in funzione della luce della campata

In Fig. 5.2.7 il "fuso" è caratterizzato da:

un limite superiore pari a: $n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748}$ [5.2.2]

un limite inferiore pari a: $n_0 = 80/L$ per $4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$ [5.2.3]

$n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592}$ per $20 \text{ m} \leq L \leq 100 \text{ m}$ [5.2.4]

Per una trave semplicemente appoggiata, sottoposta a flessione, la prima frequenza flessionale può valutarsi con la formula:

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}} \text{ [Hz]} \quad [5.2.5]$$

dove: δ_0 rappresenta la freccia, espressa in mm, valutata in mezzeria e dovuta alle azioni permanenti.

Luce campata	L	45.6	m
Freccia in mezzeria dovuta a carichi permanenti	δ_0	23.3	mm
prima frequenza naturale <i>flessionale</i> del ponte	n_0	3.66	Hz

Limite superiore della frequenza flessionale	n_0	5.44	Hz
Limite inferiore della frequenza flessionale	n_0	2.46	Hz

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

6 VERIFICHE SLU

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

6.1 PIASTRA CON LONGHERINE LONGITUDINALI

6.1.1 Verifiche di resistenza - SLU

Per le verifiche di resistenza e a fatica, è stato implementato un modello tridimensionale con i carichi permanenti e da traffico (LM71 e SW2). Per i carichi da traffico si considera l'involuppo (LM71 o SW2)

Nelle verifiche che seguono, è stato tenuto in conto per la vasca metallica di un sovrametallo di 2 mm coerentemente con le prescrizioni di Norma;

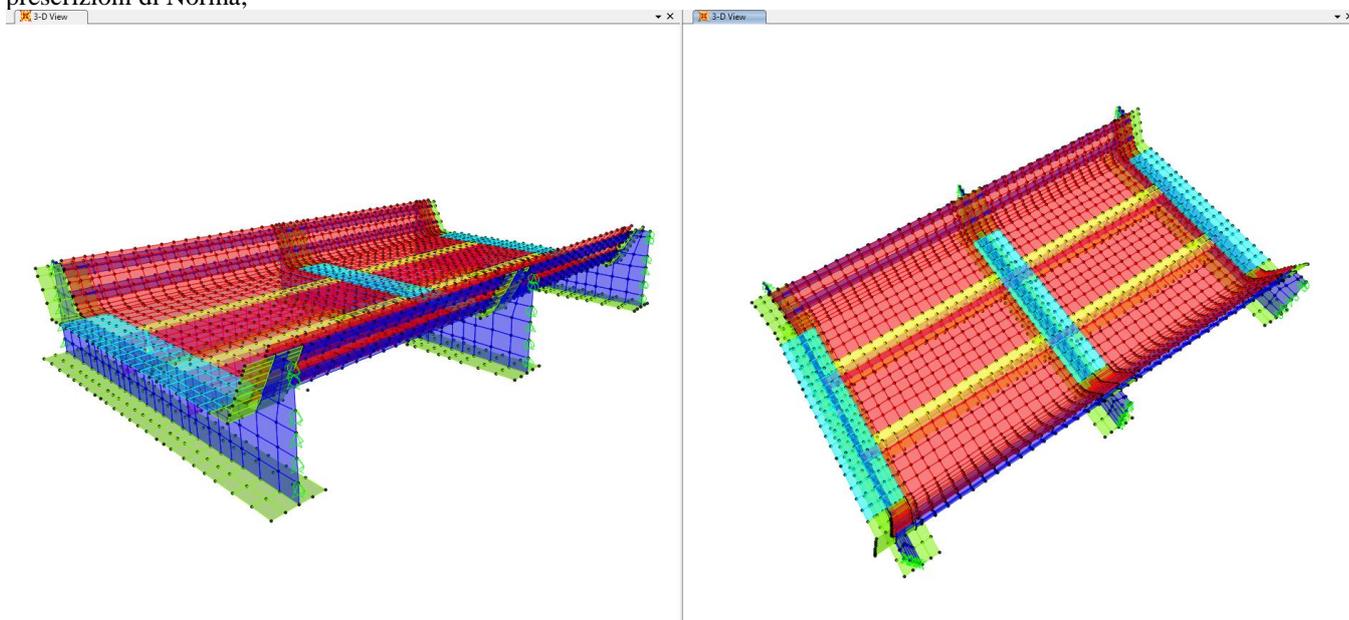


Figura 5: Verifica locale della vasca porta ballast

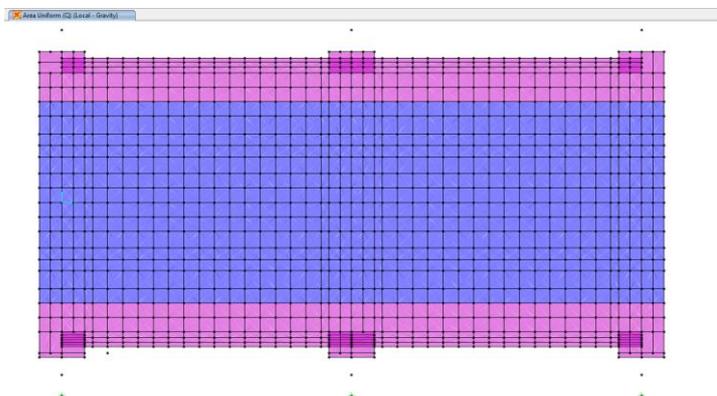


Figura 6: Carico unitario uniformemente distribuito su 2.8m

Relazione di calcolo travata metallica

Intensità del carico Q è definita nel Load Case per i seguenti casi:

LM71 carichi concentrati = 61.38 kN/m²

LM71 Carichi distribuiti = 31.42 kN/m²

SW2 = 53.57 kN/m²

Sollecitazioni

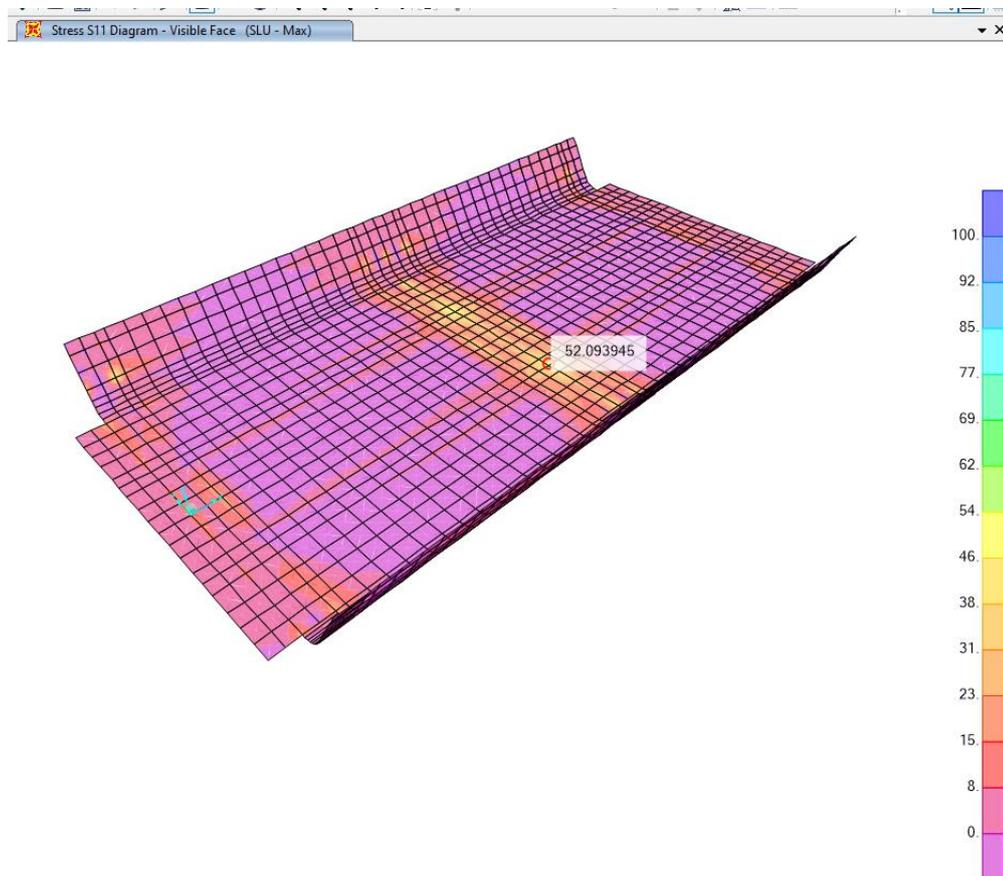


Figura 7_Sollecitazioni SLU su vasca portaballast tensioni longitudinali

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 32 di 59

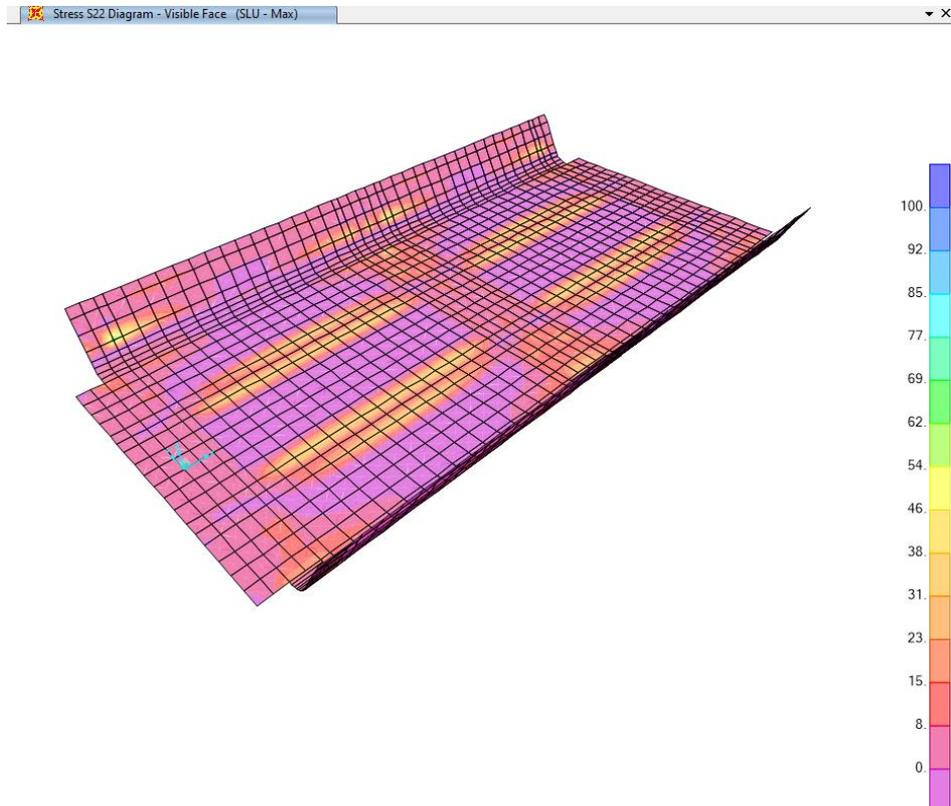


Figura 8_ Sollecitazioni SLU su vasca portablast tensioni trasversali

Alla tensione per effetti locali va sommata la tensione per effetti globali di flessione dell'impalcato, pari a 93 Mpa.

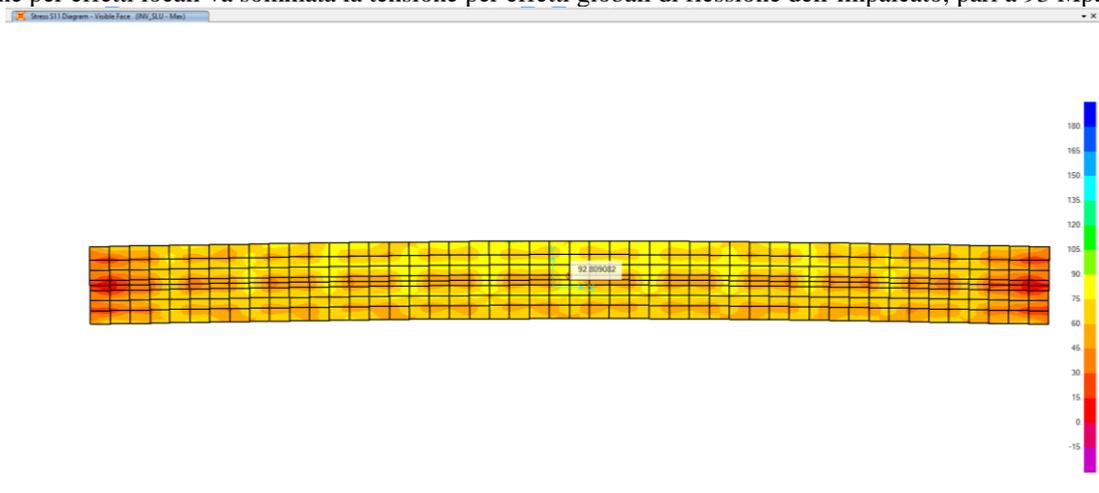


Figura 9: Sollecitazioni SLU su vasca portablast modello globale

Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte essendo $93+52 = 145 \text{ Mpa} < 338 \text{ Mpa}$.

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 33 di 59

Considerando solo lo stato tensionale associato al treno di carico LM71, le tensioni normali massime risultano pari a 24 Mpa.

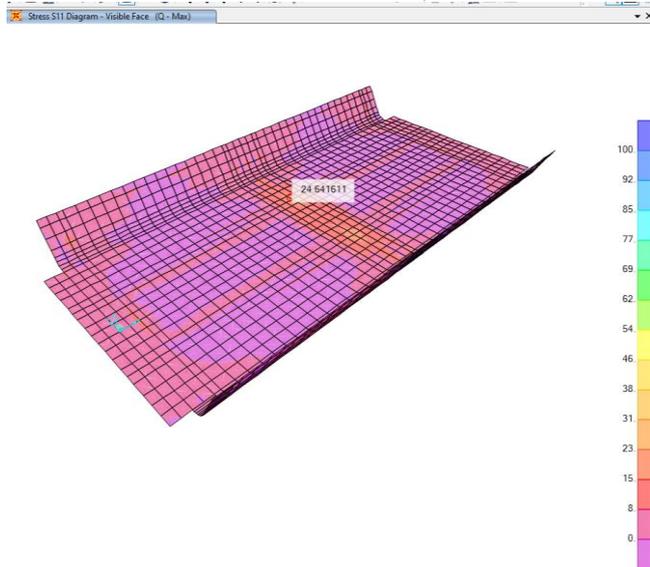


Figura 10: Sollecitazione a fatica su vasca porta ballast tensioni longitudinali

Alla tensione per effetti locali va sommata la tensione per effetti globali di flessione dell'impalcato, pari a 13 Mpa.

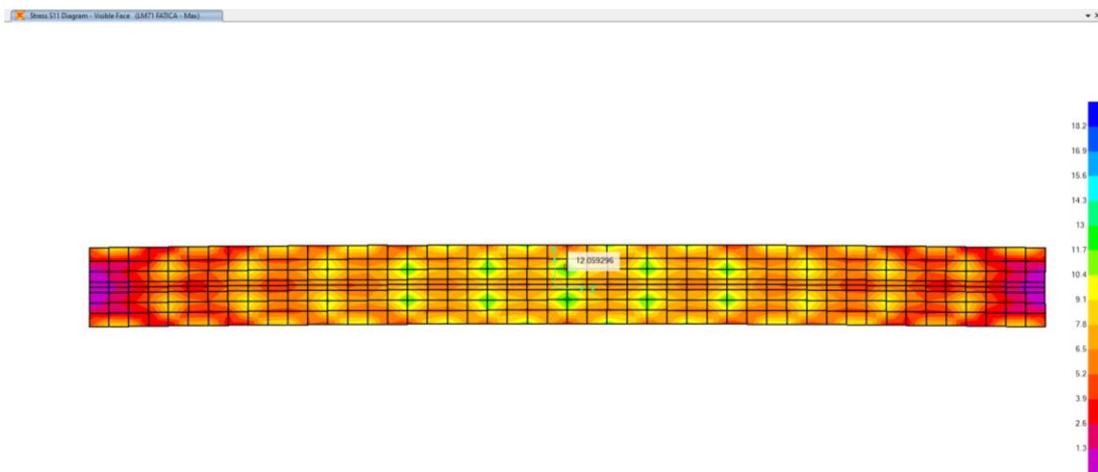


Figura 11: Sollecitazioni a fatica su vasca modello globale

Considerando come particolare a fatica $\Delta\sigma = 71$ Mpa (saldature molate in direzione degli sforzi), essendo i valori di γ tutti pari a 1, la verifica risulta soddisfatta: $37\text{Mpa} < 71/1.35 = 52.6$ Mpa.

6.2 LONGHERINA

Per la verifica della longherina (HEA500) si riutilizza il modello utilizzato per la verifica della piastra che poggia sulle longherine. Si riporta di seguito lo stato sollecitazione delle longherine:

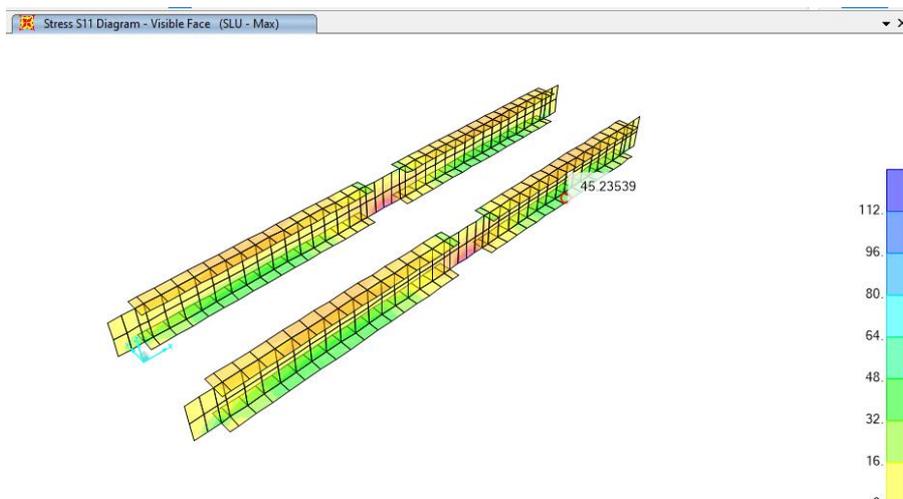


Figura 12: Sollecitazioni SLU su longherina

A livello locale la tensione massima è 45 Mpa, a cui va sommato l'effetto globale di inflessione dell'impalcato sulla longherina. Tale effetto si traduce in uno sforzo assiale sulla longherina pari a 2109 kN. Di seguito si riporta la verifica di resistenza.

LONGHERINA		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{LORDA}	m^2	0.019
$A_{anima,LORDA}$	m^2	0.005
$A_{ali,LORDA}$	m^2	0.014
$W_{x,LORDA}$	m^3	0.003
$W_{y,LORDA}$	m^3	0.001
Locali		
σ_{Mx}	N/mm^2	45.00
$\sigma_{ID_ (ANIMA-PIATT.)}$	N/mm^2	45.00

Globali		
N	kN	2109
σ_N	N/mm^2	110.26

σ_{TOT}	N/mm^2	155.26
$\sigma_{ID_ (BORDO ALA)}$	N/mm^2	155.26
γ_{M0}	-	1.05
f_{yk}	N/mm^2	355
f_{yd}	N/mm^2	338.10
Verifica	verificato	

Relazione di calcolo travata metallica

Considerando solo lo stato tensionale associato al treno di carico LM71, le tensioni normali massime risultano pari a 21 Mpa.

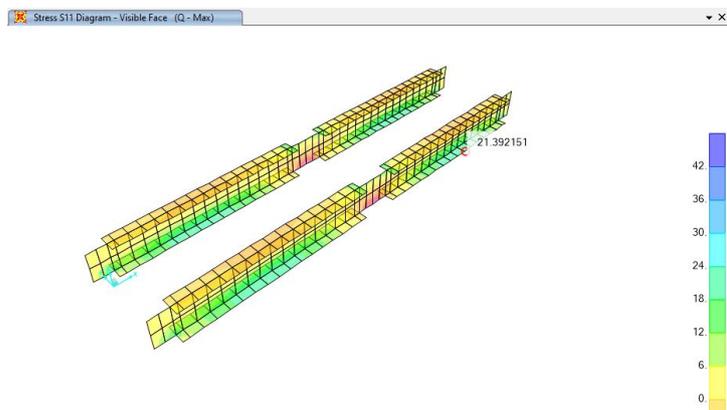


Figura 13: Sollecitazioni a fatica su longherina

All'effetto locale va sommato l'effetto globale di inflessione dell'impalcato a causa del transito del carico accidentale. Tale carico, amplificato del coefficiente di amplificazione è pari a 503kN.

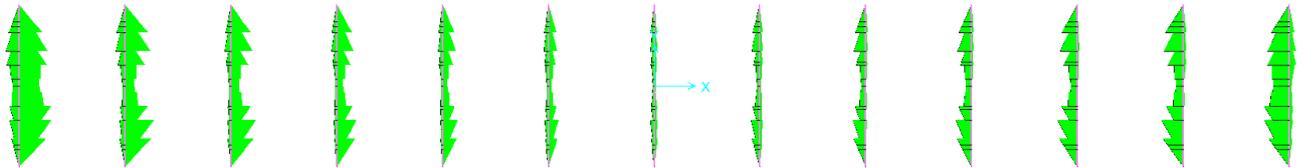
VERIFICA A FATICA DEL PROFILO					
Longherina - verifica del profilo in mezzeria					
γ_{Mf}	-				1.35
$\Delta\sigma_c$		N/mm ²			125
t		mm			23
k_s	-				1
$k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$		N/mm ²			93
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1.02	λ_1	-	0.64
λ_2	-	1.00	λ_2	-	1.00
λ_3	-	1.00	λ_3	-	1.00
λ_4	-	1.00	λ_4	-	1.00
λ_{MAX}	-	1.40	λ_{MAX}	-	1.40
λ_{Ed}	-	1.15	λ_{Ed}	-	1.15
λ	-	1.02	λ	-	0.64
$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	21.31	$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	26.32
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	21.74	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	16.84
Verifica Soddisfatta					
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	+	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²		38.58

LONGHERINA		
Caratteristiche del profilo		
A_{LORDA}	m ²	0.0191
$W_{x,LORDA}$	m ³	0.0034
$W_{y,LORDA}$	m ³	0.0007
Tensioni - LM71		
N	kN	503
σ_N	N/mm ²	26.32
σ_{Mx}	N/mm ²	21.31
σ_{tot}	N/mm ²	21.00

Le verifiche di resistenza risultano pertanto soddisfatte essendo 39 Mpa < 93 Mpa.

6.3 TRAVERSI

Di seguito le sollecitazioni nel piano ricavate dal modello globale con applicazione di tutti i carichi combinati allo SLU, si evince che i traversi maggiormente sollecitati sono quello di testata e il successivo:



A queste sollecitazioni vanno sommate quelle nel piano verticale estrapolate da un modello locale con carichi combinati allo SLU per la verifica di resistenza con i coefficienti dinamici Φ_3 , differenti per traverso di testata ed intermedio rispettivamente.

Si riportano in Figura 14 i Load Pattern applicati all'elemento frame, che verranno poi amplificati nella definizione del Load Case delle intensità riportate in Tabella 1:

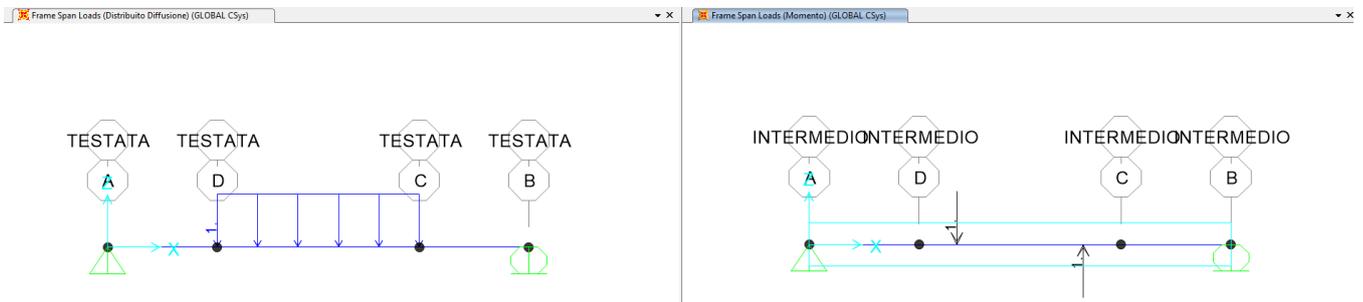


Figura 14: Load Pattern - Traverso

Tabella 1: Load Case – Traverso

Carico trasverso di testata	Sigla	Load Case		
		Distribuito	Distribuito (Diffusione)	Momento
-	-	kN/m	kN/m	kN
Peso Proprio (testata)	G1	6.0		
Vasca pb +Soletta	G1	7.6		
Perm. Port. (testata)	G2	27		
Modello Treno	Q1		Qeq	
Vento	Q5			13.2

Carico trasverso corrente	Sigla	Load Case		
		Distribuito	Distribuito (Diffusione)	Momento
-	-	kN/m	kN/m	kN
Peso Proprio (corrente)	G1	5.56		
Vasca pb +Soletta	G1	15.2		
Perm. Port. (corrente)	G2	55		
Modello Treno	Q1		Qeq	
Vento	Q5			13.2

Relazione di calcolo travata metallica

Per il carico equivalente “Qeq” dei modelli di treno, si fa riferimento all’Allegato 3 del Manuale di progettazione.

La combinazione SLU più gravosa è la seguente:

$$SLU: 1.35 G1 + 1.5 G2 + 1.45 Q1 + 0.6 Q5$$

Per la verifica a fatica si considerano gli effetti globali e locali indotti solo dai carichi del modello LM71 premoltiplicati con coefficienti dinamici Φ_2 .

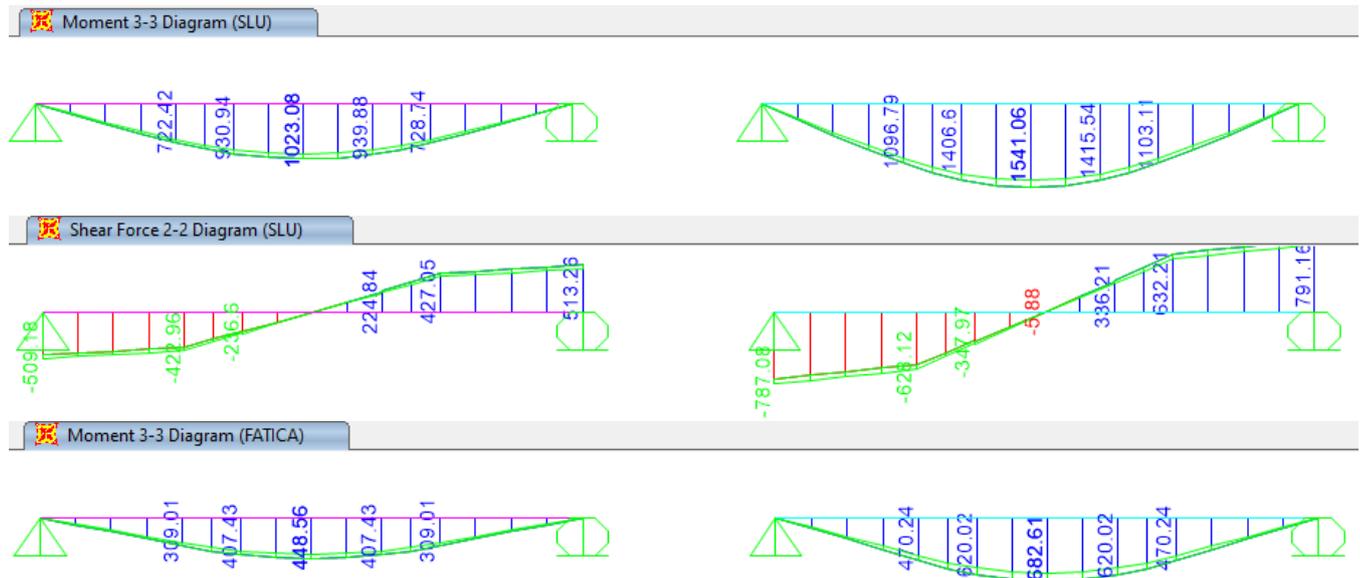
slu

		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	112.3	1.4	3.8	2.8	213.9
	sw	125.8	1.4	3.8	2.8	239.7
testata	lm71	112.3	2	1.9	2.8	152.6
	sw	125.8	2	1.9	2.8	170.9

fatica

		eq flett	fi	L inf	Lt inf	KN/m
interm	lm71	112.3	1.27	3.8	2.8	193.4
	sw	125.8	1.27	3.8	2.8	216.7
testata	lm71	112.3	1.67	1.9	2.8	127.1
	sw	125.8	1.67	1.9	2.8	142.4

Sollecitazioni Traverso Testata e Traverso intermedio



6.3.1 Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico)

L’elemento è soggetto a variazioni di sforzo dovute all’effetto combinato della flessione della travatura principale (effetti globali) e della flessione dell’impalcato (effetti locali).

Per il calcolo della sezione netta si ipotizza una riduzione del 20 % rispetto a quella lorda.

Relazione di calcolo travata metallica

TRAVERSO DI TESTATA		
<i>Caratteristiche del profilo forato</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.062
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0144
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0480
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0158
$W_{y,netta}$	m^3	4.800E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	931
T_y	kN	237
σ_{Mx}	N/mm ²	59.07
τ_y	N/mm ²	16.46
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm ²	65.59
<i>Globali</i>		
N	KN	1733
M_y	KNm	889
T_x	kN	597
σ_N	N/mm ²	27.77
σ_{My}	N/mm ²	185.21
τ_x	N/mm ²	12.44
σ_{tot}	N/mm ²	272.1
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm ²	272.9
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

TRAVERSO INTERMEDIO		
<i>Caratteristiche del profilo</i>		
A_{NETTA}	m^2	0.058
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.0146
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.0432
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.0146
$W_{y,netta}$	m^3	4.320E-03
<i>Locali</i>		
M_x	KNm	1415.6
T_y	kN	348.0
σ_{Mx}	N/mm ²	97.23
τ_y	N/mm ²	23.77
$\sigma_{ID_ (anima-piatt.)}$	N/mm ²	105.58
<i>Globali</i>		
N	KN	2646
M_y	KNm	628
T_x	kN	729
σ_N	N/mm ²	45.75
σ_{My}	N/mm ²	145.37
τ_x	N/mm ²	16.88
σ_{tot}	N/mm ²	288.34
$\sigma_{ID_ (bordo ala)}$	N/mm ²	289.8
$\gamma_{M0} =$	-	1.05
$f_{yk} =$	N/mm ²	355
$f_{yd} =$	N/mm ²	338
Verifica	soddisfatta	

La verifica risulta soddisfatta.

Relazione di calcolo travata metallica

6.3.2 Verifiche a fatica

Come per la verifica allo SLU, anche per la verifica a fatica si considerano gli effetti globali (modello globale con coefficiente dinamico Φ_2 globale) e gli effetti locali (Φ_2 locale) con i carichi da traffico.

Per il calcolo della sezione netta si ipotizza una riduzione del 20 % rispetto a quella lorda.

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - <i>traverso testata</i>					
γ_{Mf}			-	1.35	
$\Delta\sigma_C$			N/mm ²	90	
t			mm	50	
k_s			-	0.84	
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$			N/mm ²	56.06	
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1.15	λ_1	-	0.64
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}	-	1.15	λ_{Ed}	-	0.64
λ	-	1.15	λ	-	0.64
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	25.85	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	38.13
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	29.73	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	24.40
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm ²		54.13
Verifica			soddisfatta		

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	6.24E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	1.58E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	4.80E-03
Tensioni - treno		
N	KN	247.0
M_x	KNm	407
M_y	KNm	164
σ_N	N/mm ²	3.96
σ_{Mx}	N/mm ²	25.85
σ_{My}	N/mm ²	34.17
σ_{tot}	N/mm ²	63.98

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
VERIFICA A FATICA - trasversi - verifica del profilo forato - <i>traverso intermedio</i>					
γ_{Mf}			-	1.35	
$\Delta\sigma_C$			N/mm ²	90	
t			mm	45	
k_s			-	0.86	
$k_s \cdot \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$			N/mm ²	57.56	
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0.84	λ_1	-	0.64
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}	-	0.84	λ_{Ed}	-	0.64
λ	-	0.84	λ	-	0.64
$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	42.58	$\phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	28.41
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	35.94	$\lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	18.18
$\lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{Ed,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{Ed,glo}$			N/mm ²		54.12
Verifica			soddisfatta		

Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	5.78E-02
$W_{x,NETTA}$	m ³	1.46E-02
$W_{y,NETTA}$	m ³	4.32E-03
Tensioni - treno		
N	KN	465
M_x	KNm	620
M_y	KNm	88
σ_N	N/mm ²	8.04
σ_{Mx}	N/mm ²	42.58
σ_{My}	N/mm ²	20.37
σ_{tot}	N/mm ²	70.99

6.4 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

6.4.1 Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU

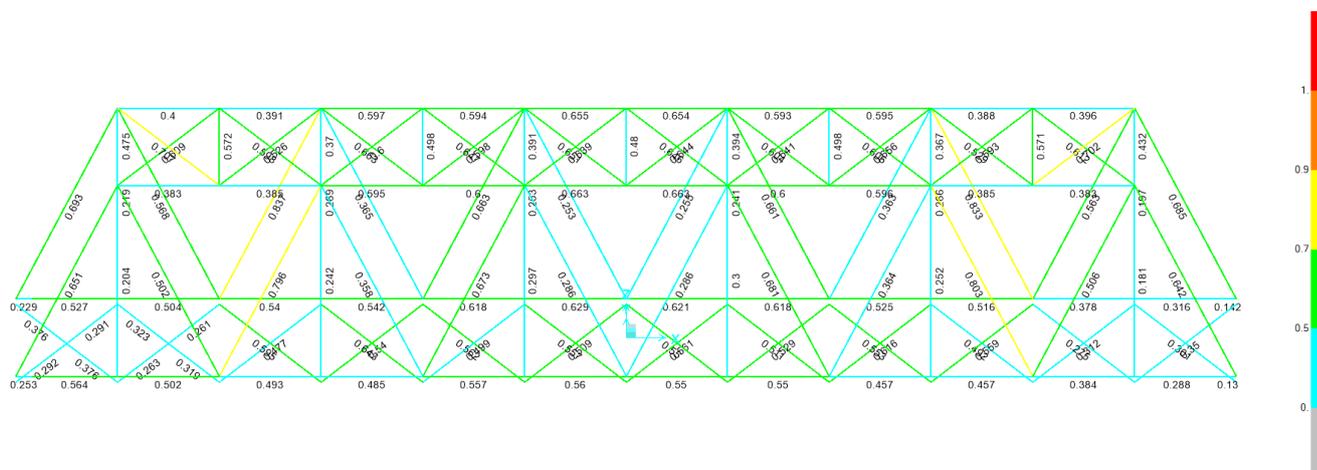


Figura 15_ Verifica di resistenza valida per elementi di parete e controventi (modello globale)

Le verifiche di resistenza degli elementi costituenti le pareti, e dei controventi risultano soddisfatte. Di seguito si riportano i coefficienti relativi ai tassi di lavoro (“Ratio” <1) per tutti gli elementi costituenti le pareti della travata metallica:

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
5	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU
6	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.642	PMM	INV_SLU
7	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.204	PMM	INV_SISMA
8	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.181	PMM	INV_SISMA
9	MONTANTI	Column	No Messages	0.242	PMM	INV_SLU
10	MONTANTI	Column	No Messages	0.297	PMM	INV_SLU
12	MONTANTI	Column	No Messages	0.300	PMM	INV_SLU
13	MONTANTI	Column	No Messages	0.252	PMM	INV_SLU
14	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.502	PMM	INV_SLU
15	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.796	PMM	INV_SLU
16	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.358	PMM	INV_SLU
17	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.673	PMM	INV_SLU
18	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.286	PMM	INV_SLU
21	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.286	PMM	INV_SLU
22	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.681	PMM	INV_SLU
23	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.364	PMM	INV_SLU
24	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.803	PMM	INV_SLU
25	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.506	PMM	INV_SLU
28	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.693	PMM	INV_SLU
29	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.685	PMM	INV_SLU
30	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.219	PMM	INV_SISMA
31	MONTANTI_0	Column	No Messages	0.197	PMM	INV_SLU
32	MONTANTI	Column	No Messages	0.269	PMM	INV_SLU
33	MONTANTI	Column	No Messages	0.253	PMM	INV_SLU

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 41 di 59

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
35	MONTANTI	Column	No Messages	0.241	PMM	INV_SLU
36	MONTANTI	Column	No Messages	0.266	PMM	INV_SLU
37	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.568	PMM	INV_SLU
38	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.837	PMM	INV_SLU
39	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.365	PMM	INV_SLU
40	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.663	PMM	INV_SLU
41	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.253	PMM	INV_SLU
44	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.255	PMM	INV_SLU
45	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.661	PMM	INV_SLU
46	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.363	PMM	INV_SLU
47	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.833	PMM	INV_SLU
48	DIAGONALE	Brace	No Messages	0.563	PMM	INV_SLU
66	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.572	PMM	INV_SLU
68	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.571	PMM	INV_SLU
69	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.498	PMM	INV_SLU
73	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.498	PMM	INV_SLU
74	cv sup	Beam	No Messages	0.526	PMM	INV_SLU
75	cv sup	Beam	No Messages	0.663	PMM	INV_SLU
76	cv sup	Beam	No Messages	0.598	PMM	INV_SLU
77	cv sup	Beam	No Messages	0.651	PMM	INV_SLU
82	cv sup	Beam	No Messages	0.644	PMM	INV_SLU
83	cv sup	Beam	No Messages	0.604	PMM	INV_SLU
84	cv sup	Beam	No Messages	0.656	PMM	INV_SLU
85	cv sup	Beam	No Messages	0.529	PMM	INV_SLU
86	cv sup	Beam	No Messages	0.598	PMM	INV_SLU
87	cv sup	Beam	No Messages	0.600	PMM	INV_SLU
88	cv sup	Beam	No Messages	0.647	PMM	INV_SLU
89	cv sup	Beam	No Messages	0.639	PMM	INV_SLU
94	cv sup	Beam	No Messages	0.646	PMM	INV_SLU
95	cv sup	Beam	No Messages	0.641	PMM	INV_SLU
96	cv sup	Beam	No Messages	0.606	PMM	INV_SLU
97	cv sup	Beam	No Messages	0.593	PMM	INV_SLU
98	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.370	PMM	INV_SLU
99	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.391	PMM	INV_SLU
102	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.394	PMM	INV_SLU
103	TRAVERSONE	Beam	No Messages	0.367	PMM	INV_SLU
105	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.493	PMM	INV_SLU
106	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.485	PMM	INV_SLU
107	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.557	PMM	INV_SLU
108	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.560	PMM	INV_SLU
113	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.550	PMM	INV_SLU
114	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.550	PMM	INV_SLU
115	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.457	PMM	INV_SLU
116	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.457	PMM	INV_SLU
119	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.540	PMM	INV_SLU
120	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.542	PMM	INV_SLU
121	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.618	PMM	INV_SLU
122	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.629	PMM	INV_SLU
127	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.621	PMM	INV_SLU
128	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.618	PMM	INV_SLU
129	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.525	PMM	INV_SLU
130	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.516	PMM	INV_SLU
1	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 42 di 59

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
2	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU
3	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.600	PMM	INV_SLU
26	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.663	PMM	INV_SLU
53	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.663	PMM	INV_SLU
54	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.600	PMM	INV_SLU
55	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.596	PMM	INV_SLU
56	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.385	PMM	INV_SLU
57	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.391	PMM	INV_SLU
58	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.597	PMM	INV_SLU
59	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.594	PMM	INV_SLU
60	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.655	PMM	INV_SLU
65	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.654	PMM	INV_SLU
67	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.593	PMM	INV_SLU
132	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU
133	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.388	PMM	INV_SLU
136	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.595	PMM	INV_SLU
138	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.540	PMM	INV_SLU
140	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.562	PMM	INV_SLU
142	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.509	PMM	INV_SLU
152	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.550	PMM	INV_SLU
154	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.529	PMM	INV_SLU
156	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.553	PMM	INV_SLU
158	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.559	PMM	INV_SLU
160	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.275	PMM	INV_SLU
164	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.477	PMM	INV_SLU
166	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.643	PMM	INV_SLU
168	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.499	PMM	INV_SLU
170	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.557	PMM	INV_SLU
180	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.561	PMM	INV_SLU
182	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.511	PMM	INV_SLU
184	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.616	PMM	INV_SLU
186	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.492	PMM	INV_SLU
188	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.312	PMM	INV_SLU
104	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.502	PMM	INV_SISMA
118	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.504	PMM	INV_SISMA
131	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.384	PMM	INV_SISMA
192	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.378	PMM	INV_SISMA
196	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0.475	PMM	INV_SISMA
197	cv sup	Beam	No Messages	0.609	PMM	INV_SLU
198	cv sup	Beam	No Messages	0.707	PMM	INV_SLU
217	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.383	PMM	INV_SLU
218	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.400	PMM	INV_SLU
223	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.253	PMM	INV_SISMA
224	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.564	PMM	INV_SISMA
225	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.229	PMM	INV_SISMA
226	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.527	PMM	INV_SISMA
229	TRAVERSONE_0	Beam	No Messages	0.432	PMM	INV_SISMA
230	cv sup	Beam	No Messages	0.612	PMM	INV_SLU
231	cv sup	Beam	No Messages	0.702	PMM	INV_SLU
263	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.383	PMM	INV_SLU
264	BRIGLIA_SUP1a	Beam	No Messages	0.396	PMM	INV_SLU
266	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.301	PMM	INV_SLU
270	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.350	PMM	INV_SLU

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 43 di 59

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018						
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
277	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.288	PMM	INV_SLU
278	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.130	PMM	INV_SLU
280	BRIGLIA_INF1a	Beam	No Messages	0.316	PMM	INV_SLU
281	Briglia_inf_1_	Beam	No Messages	0.142	PMM	INV_SLU
145	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.263	PMM	INV_SLU
147	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.261	PMM	INV_SLU
149	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.323	PMM	INV_SLU
151	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.319	PMM	INV_SLU
153	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.292	PMM	INV_SLU
155	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.291	PMM	INV_SLU
157	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.376	PMM	INV_SLU
159	CONTROV_INF_0	Beam	No Messages	0.376	PMM	INV_SLU
52	CONTROV_sup_1	Beam	No Messages	0.480	PMM	INV_SLU

6.4.2 Verifiche a fatica

Di seguito gli andamenti delle sollecitazioni (flettenti e sforzo assiale) massime e minime, per gli elementi di parete (per il calcolo della sezione netta si ipotizza una riduzione del 20 % rispetto a quella lorda), considerando i carichi accidentali amplificati con coefficiente dinamico:

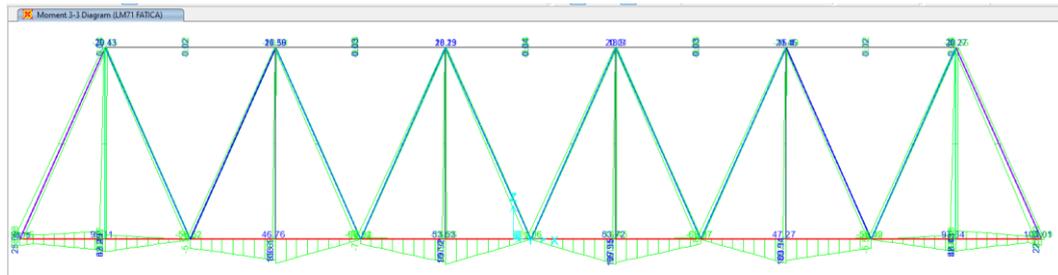


Figura 16_Sollecitazioni flettenti FATICA

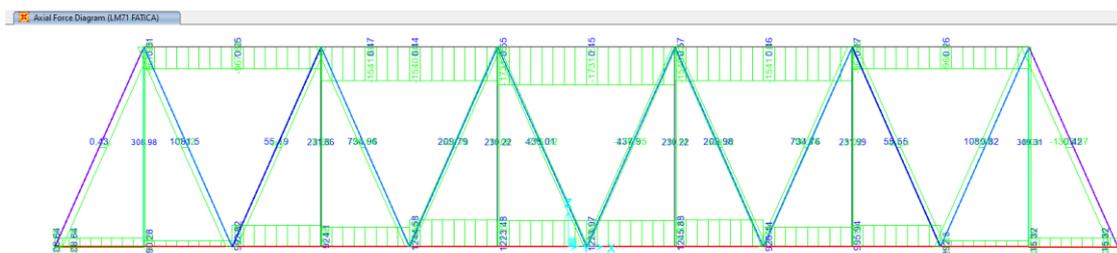


Figura 17_Sforzo assiale FATICA

Elemento	L _d m	φ ₂ -	P _{ofatica} kN	P kN	M _{ofatica} kNm	M kNm
Diag. 0	18.24	1.29	-1309	-1690	101	130
Diag. 1	45.6	1.14	857	980	55	63
Diag.	45.6	1.14	1081	1236	71	81
Montante	45.6	1.14	309	353	99	113
Briglia Inf	45.6	1.14	1224	1400	107	122
Briglia Sup	45.6	1.14	-1731	-1980	0	0
Controventi	45.6	1.14	213	244	0	0

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

Elemento	SEZIONE GIUNTO BULLONATO												
	s _{max} mm	k _s -	λ -	γ _{MF} -	Area mm ²	Area netta mm ²	P kN	σ _N MPa	Δσ _c MPa	σ _{Bd} MPa	σ _{lim} MPa	Test	
Diag. 0	30	0.96	-	-	1.35	0.050	0.040	-1690	-43	90	29	64	verificato
Diag. 1	20	1.00	0.64	1.35	0.031	0.025	980	39	90	25	67	verificato	
Diag.	25	1.00	0.64	1.35	0.031	0.025	1236	50	90	32	67	verificato	
Montante	40	0.89	0.64	1.35	0.021	0.017	353	21	90	13	59	verificato	
Briglia Inf	20	1.00	0.64	1.35	0.046	0.037	1400	38	90	24	67	verificato	
Briglia Sup	20	1.00	0.64	1.35	0.040	0.032	-1980	-62	90	40	67	verificato	
Controvento Inf	40	0.89	0.64	1.35	0.007	0.006	244	44	90	28	59	verificato	
Controvento Sup	30	0.96	0.64	1.35	0.009	0.007	42	6	90	4	64	verificato	

Elemento	SEZIONE MEZZERIA											
	λ -	I m ⁴	W m ³	P kN	M kNm	σ _N MPa	σ _M MPa	σ MPa	Δσ _c MPa	σ _{Bd} MPa	σ _{lim} MPa	Test
Diag. 0	0.69	3.3E-03	1.1E-02	-1690	130	-34	12	46	125	32	88	verificato
Diag. 1	0.64	2.0E-03	6.6E-03	980	63	31	10	41	125	26	93	verificato
Diag.	0.64	2.0E-03	6.4E-03	1236	81	40	13	52	125	33	93	verificato
Montante	0.64	1.2E-03	4.1E-03	353	113	17	27	44	125	28	82	verificato
Briglia Inf	0.64	3.1E-03	1.2E-02	1400	122	30	11	41	125	26	93	verificato
Briglia Sup	0.64	1.7E-03	6.9E-03	-1980	0	-50	0	50	125	32	93	verificato
Controvento Inf	0.64	3.8E-05	4.4E-04	244	0	35	0	35	125	22	82	verificato
Controvento Sup	0.64	7.0E-05	6.9E-04	42	0	5	0	5	125	3	88	verificato

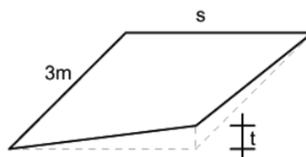
Le verifiche risultano soddisfatte.

Relazione di calcolo travata metallica

7 VERIFICHE SLE

7.1 Verifiche torsionali dell'impalcato

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico.



Il massimo sghembo, misurato su una lunghezza di 3 metri e considerando le rotaie solidali all'impalcato, non deve eccedere il seguente valore:

per $V \leq 120$ km/h; $t \leq 4.5$ mm/3m

Modello di Carico	LM71	-
Interasse Trasversale	1500	mm
Interasse Longitudinale	3800	mm
Differenza Trasversale	ϕ	
Differenza Longitudinale	$\Delta\phi$	

Posizione	$\delta v(A)$	$\delta v(B)$	ϕ	$\Delta\phi$	t (3.8m)	t (3.00m)
-	mm	mm	mm/mm	mm/mm	mm	mm
Spalla A	-1.041	-1.034	0.000005	-	-	-
2	-4.649	-4.611	0.00003	0.00002	0.031	0.024
3	-8.116	-8.049	0.00004	0.00002	0.029	0.023
4	-11.457	-11.364	0.00006	0.00002	0.026	0.021
5	-13.586	-13.480	0.00007	0.00001	0.013	0.010
6	-15.190	-15.071	0.00008	0.00001	0.013	0.010
7	-15.483	-15.365	0.00008	0.00000	0.001	0.001
8	-15.190	-15.071	0.00008	0.00000	0.001	0.001
9	-13.587	-13.480	0.00007	0.00001	0.012	0.009
10	-11.458	-11.363	0.00006	0.00001	0.012	0.009
11	-8.117	-8.049	0.00005	0.00002	0.027	0.021
12	-4.651	-4.612	0.00003	0.00002	0.029	0.023
SPALLA B	-1.046	-1.043	0.00000	-	-	-

La verifica risulta soddisfatta.

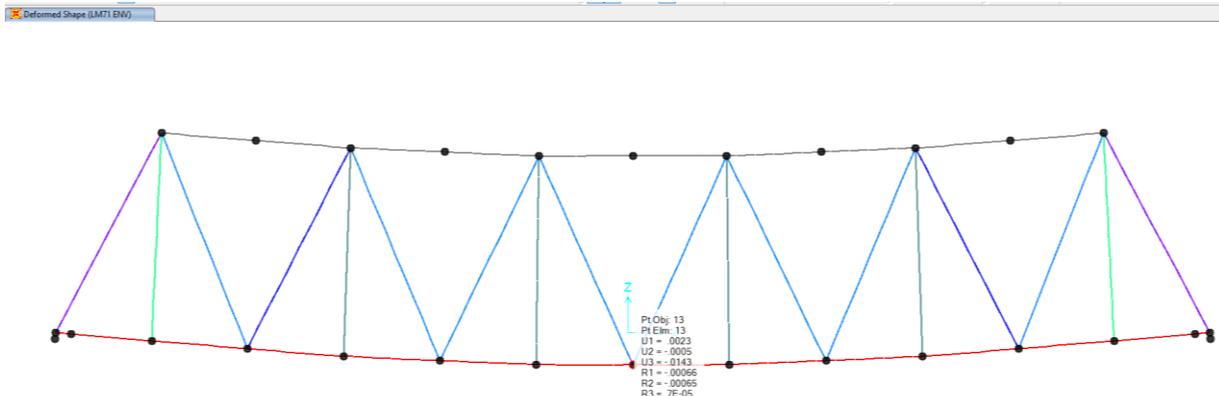
7.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale

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

È stato considerato agente il treno di carico LM71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico e con il coefficiente α .

LM71

Abbassamento $14.3 < L/1000 = 45.6$ mm



Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 14.3 \text{ mm}$$

$$L / \delta_v = 45600 / 14.3 = 3188 > 1000$$

7.3 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 stabilita, l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

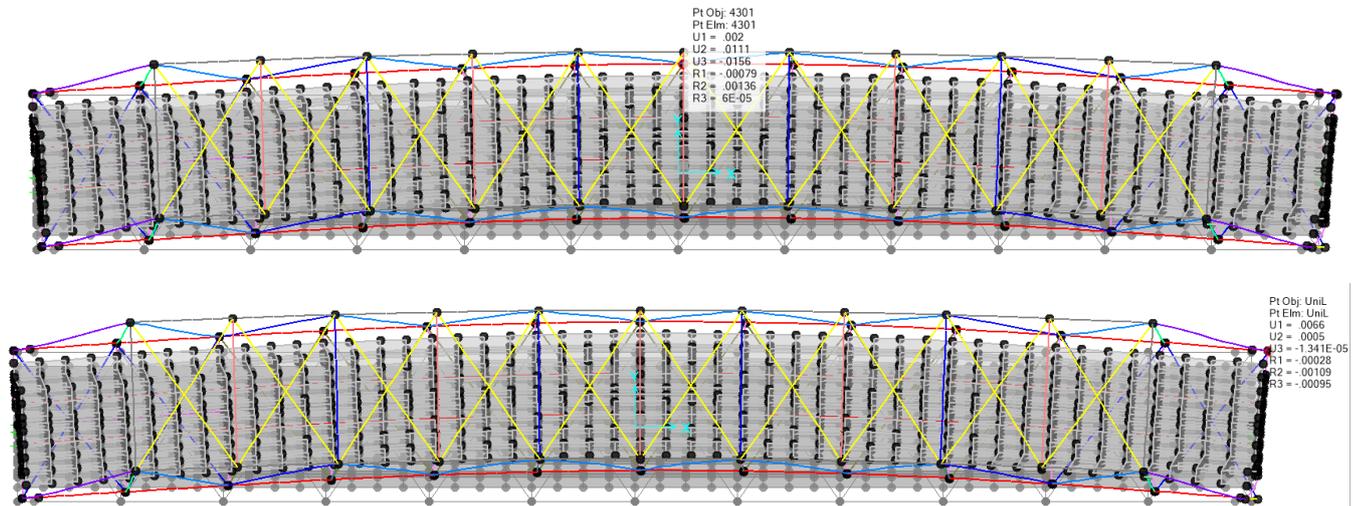
- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 5.2.VIII;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Tabella 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

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 47 di 59



Ipotizzando una massima velocità di percorrenza del ponte risulta pari a 60 Km/h, è stato verificato che:

Raggio di curvatura: $R = \frac{L^2}{8 \cdot \delta_h}$

$\delta_h = 11.1 \text{ mm}$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: $R = 23416.5 \text{ m} > 1700 \text{ m}$

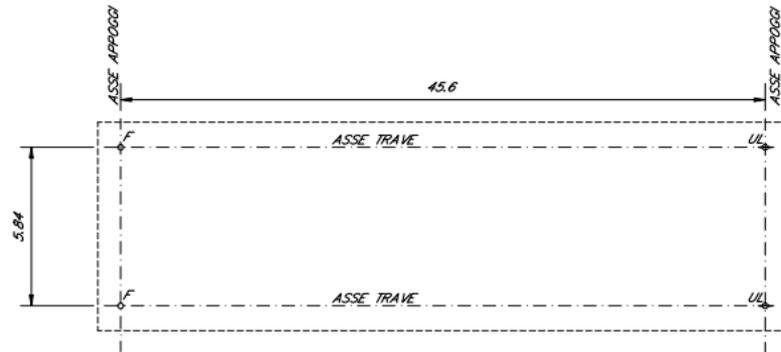
VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: $0.00109 < 0.0035 \text{ rad}$

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0209 001 A 48 di 59

8 REAZIONI VINCOLARI

Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



LEGENDA APPARECCHI DI APPOGGIO
IN ACCIAIO TEFLON, SFERICI, DIELETRICI

Appoggio Fisso a rigidità variabile (F)	○
Appoggio Unid. Long. (UL)	⊕

Figura 18. SCHEMA APPOGGI

Si riportano in riassunto le sollecitazioni di progetto e gli spostamenti degli apparecchi d'appoggio:

APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE		
V (kN)	H _T (kN)	E _{L,L} (mm)
6000	2200	±130

APPOGGIO FISSO		
V (kN)	H _L (kN)	H _T (kN)
6000	3200	2200

GIUNTO
s (mm)
±110

VARCO
v (mm)
120

V: massimo carico verticale

H_L: massimo carico orizzontale longitudinale

H_T: massimo carico orizzontale trasversale

E_{L,L}: corsa apparecchio appoggio in direzione longitudinale

E_{L,T}: corsa apparecchio appoggio in direzione trasversale

s: escursione giunto

v: ampiezza varco

Relazione di calcolo travata metallica

Si riportano di seguito tutte le reazioni vincolari su ogni appoggio per ogni combinazione SLU e SISMICA.

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
F1	0	SLU01	Combination	Max	-3414	-726	328	796
F1	0	SLU01	Combination	Min	-5758	-941	245	972
F1	0	SLU02	Combination	Max	-3469	-726	328	796
F1	0	SLU02	Combination	Min	-5813	-941	245	972
F1	0	SLU03	Combination	Max	-3478	-1228	291	1262
F1	0	SLU03	Combination	Min	-5813	-1415	245	1436
F1	0	SLU04	Combination	Max	-3478	-1228	291	1262
F1	0	SLU04	Combination	Min	-5813	-1415	245	1436
F1	0	SLU05	Combination	Max	-3466	-591	335	679
F1	0	SLU05	Combination	Min	-5529	-804	245	840
F1	0	SLU06	Combination	Max	-3466	-591	335	679
F1	0	SLU06	Combination	Min	-5529	-804	245	840
F1	0	SLU07	Combination	Max	-3478	-1228	291	1262
F1	0	SLU07	Combination	Min	-5813	-1415	245	1436
F1	0	SLU08	Combination	Max	-3472	-955	331	1011
F1	0	SLU08	Combination	Min	-5535	-1165	245	1190
F1	0	SLU09	Combination	Max	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU09	Combination	Min	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU10	Combination	Max	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU10	Combination	Min	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU11	Combination	Max	-3467	-641	312	713
F1	0	SLU11	Combination	Min	-5342	-813	246	850
F1	0	SLU12	Combination	Max	-3474	-1043	283	1081
F1	0	SLU12	Combination	Min	-5342	-1192	246	1217
F1	0	SLU13	Combination	Max	-3464	-533	318	621
F1	0	SLU13	Combination	Min	-5115	-703	246	745
F1	0	SLU14	Combination	Max	-3469	-824	286	872
F1	0	SLU14	Combination	Min	-5112	-969	246	1000
F1	0	SLU15	Combination	Max	-3352	-170	139	219
F1	0	SLU15	Combination	Min	-3352	-170	139	219
F1	0	SISMA01	Combination	Max	-1679	3142	368	3164
F1	0	SISMA01	Combination	Min	-3186	-3142	-368	3164
F1	0	SISMA02	Combination	Max	-1203	2331	1167	2607
F1	0	SISMA02	Combination	Min	-3662	-2331	-1167	2607
F1	0	SISMA03	Combination	Max	-1835	1366	355	1411
F1	0	SISMA03	Combination	Min	-3030	-1366	-355	1411
F1	0	SISMA04	Combination	Max	-1459	3142	368	3164
F1	0	SISMA04	Combination	Min	-2967	-3142	-368	3164
F1	0	SISMA05	Combination	Max	-984	2331	1167	2607
F1	0	SISMA05	Combination	Min	-3443	-2331	-1167	2607
F1	0	SISMA06	Combination	Max	-1616	1366	355	1411
F1	0	SISMA06	Combination	Min	-2811	-1366	-355	1411
F1	0	SLU01-	Combination	Max	-3451	280	327	431
F1	0	SLU01-	Combination	Min	-5795	65	245	253
F1	0	SLU02-	Combination	Max	-3451	280	327	431
F1	0	SLU02-	Combination	Min	-5795	65	245	253
F1	0	SLU03-	Combination	Max	-3441	784	291	836
F1	0	SLU03-	Combination	Min	-5776	597	245	645
F1	0	SLU04-	Combination	Max	-3441	784	291	836
F1	0	SLU04-	Combination	Min	-5776	597	245	645
F1	0	SLU05-	Combination	Max	-3453	137	334	361
F1	0	SLU05-	Combination	Min	-5516	-76	245	257
F1	0	SLU06-	Combination	Max	-3453	137	334	361
F1	0	SLU06-	Combination	Min	-5516	-76	245	257
F1	0	SLU07-	Combination	Max	-3445	501	295	581
F1	0	SLU07-	Combination	Min	-5499	320	245	403
F1	0	SLU08-	Combination	Max	-3445	501	295	581
F1	0	SLU08-	Combination	Min	-5499	320	245	403
F1	0	SLU09-	Combination	Max	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU09-	Combination	Min	-3475	-283	232	366

Relazione di calcolo travata metallica

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
F1	0	SLU10-	Combination	Max	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU10-	Combination	Min	-3475	-283	232	366
F1	0	SLU11-	Combination	Max	-3452	180	313	361
F1	0	SLU11-	Combination	Min	-5793	-24	245	246
F1	0	SLU12-	Combination	Max	-3444	582	284	648
F1	0	SLU12-	Combination	Min	-5778	402	245	470
F1	0	SLU13-	Combination	Max	-3454	49	318	321
F1	0	SLU13-	Combination	Min	-5105	-121	246	274
F1	0	SLU14-	Combination	Max	-3448	340	286	444
F1	0	SLU14-	Combination	Min	-5091	196	246	315
F2	0	SLU01	Combination	Max	-2812	-64	328	334
F2	0	SLU01	Combination	Min	-5156	-280	245	372
F2	0	SLU02	Combination	Max	-2867	-64	328	334
F2	0	SLU02	Combination	Min	-5211	-280	245	372
F2	0	SLU03	Combination	Max	-2886	-595	291	663
F2	0	SLU03	Combination	Min	-5221	-782	245	819
F2	0	SLU04	Combination	Max	-2886	-595	291	663
F2	0	SLU04	Combination	Min	-5221	-782	245	819
F2	0	SLU05	Combination	Max	-2862	76	335	343
F2	0	SLU05	Combination	Min	-4925	-136	245	281
F2	0	SLU06	Combination	Max	-2862	76	335	343
F2	0	SLU06	Combination	Min	-4925	-136	245	281
F2	0	SLU07	Combination	Max	-2886	-595	291	663
F2	0	SLU07	Combination	Min	-5221	-782	245	819
F2	0	SLU08	Combination	Max	-2869	-290	331	440
F2	0	SLU08	Combination	Min	-4932	-499	245	556
F2	0	SLU09	Combination	Max	-2862	283	232	366
F2	0	SLU09	Combination	Min	-2862	283	232	366
F2	0	SLU10	Combination	Max	-2862	283	232	366
F2	0	SLU10	Combination	Min	-2862	283	232	366
F2	0	SLU11	Combination	Max	-2869	9	312	312
F2	0	SLU11	Combination	Min	-4744	-163	246	295
F2	0	SLU12	Combination	Max	-2884	-416	283	503
F2	0	SLU12	Combination	Min	-4752	-565	246	616
F2	0	SLU13	Combination	Max	-2865	121	318	340
F2	0	SLU13	Combination	Min	-4515	-49	246	251
F2	0	SLU14	Combination	Max	-2879	-195	286	346
F2	0	SLU14	Combination	Min	-4521	-339	246	419
F2	0	SLU15	Combination	Max	-2984	170	139	219
F2	0	SLU15	Combination	Min	-2984	170	139	219
F2	0	SISMA01	Combination	Max	-1668	3127	368	3149
F2	0	SISMA01	Combination	Min	-3197	-3127	-368	3149
F2	0	SISMA02	Combination	Max	-1201	2356	1167	2629
F2	0	SISMA02	Combination	Min	-3664	-2356	-1167	2629
F2	0	SISMA03	Combination	Max	-1832	1368	355	1413
F2	0	SISMA03	Combination	Min	-3033	-1368	-355	1413
F2	0	SISMA04	Combination	Max	-1449	3127	368	3149
F2	0	SISMA04	Combination	Min	-2978	-3127	-368	3149
F2	0	SISMA05	Combination	Max	-982	2356	1167	2629
F2	0	SISMA05	Combination	Min	-3445	-2356	-1167	2629
F2	0	SISMA06	Combination	Max	-1613	1368	355	1413
F2	0	SISMA06	Combination	Min	-2814	-1368	-355	1413
F2	0	SLU01-	Combination	Max	-2849	940	327	996
F2	0	SLU01-	Combination	Min	-5193	725	245	765
F2	0	SLU02-	Combination	Max	-2849	940	327	996
F2	0	SLU02-	Combination	Min	-5193	725	245	765
F2	0	SLU03-	Combination	Max	-2849	1413	291	1443
F2	0	SLU03-	Combination	Min	-5184	1226	245	1251
F2	0	SLU04-	Combination	Max	-2849	1413	291	1443
F2	0	SLU04-	Combination	Min	-5184	1226	245	1251
F2	0	SLU05-	Combination	Max	-2849	803	334	870
F2	0	SLU05-	Combination	Min	-4912	591	245	640

Relazione di calcolo travata metallica

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
F2	0	SLU06-	Combination	Max	-2849	803	334	870
F2	0	SLU06-	Combination	Min	-4912	591	245	640
F2	0	SLU07-	Combination	Max	-2853	1134	295	1172
F2	0	SLU07-	Combination	Min	-4906	954	245	985
F2	0	SLU08-	Combination	Max	-2853	1134	295	1172
F2	0	SLU08-	Combination	Min	-4906	954	245	985
F2	0	SLU09-	Combination	Max	-2862	283	232	366
F2	0	SLU09-	Combination	Min	-2862	283	232	366
F2	0	SLU10-	Combination	Max	-2862	283	232	366
F2	0	SLU10-	Combination	Min	-2862	283	232	366
F2	0	SLU11-	Combination	Max	-2854	828	313	885
F2	0	SLU11-	Combination	Min	-5195	624	245	670
F2	0	SLU12-	Combination	Max	-2855	1206	284	1239
F2	0	SLU12-	Combination	Min	-5188	1026	245	1054
F2	0	SLU13-	Combination	Max	-2854	703	318	771
F2	0	SLU13-	Combination	Min	-4505	533	246	587
F2	0	SLU14-	Combination	Max	-2858	968	286	1009
F2	0	SLU14-	Combination	Min	-4500	823	246	859
UL1	0	SLU01	Combination	Max	-3362	0	289	289
UL1	0	SLU01	Combination	Min	-5706	0	206	206
UL1	0	SLU02	Combination	Max	-3417	0	289	289
UL1	0	SLU02	Combination	Min	-5761	0	206	206
UL1	0	SLU03	Combination	Max	-3407	0	253	253
UL1	0	SLU03	Combination	Min	-5742	0	206	206
UL1	0	SLU04	Combination	Max	-3407	0	253	253
UL1	0	SLU04	Combination	Min	-5742	0	206	206
UL1	0	SLU05	Combination	Max	-3419	0	296	296
UL1	0	SLU05	Combination	Min	-5481	0	207	207
UL1	0	SLU06	Combination	Max	-3419	0	296	296
UL1	0	SLU06	Combination	Min	-5481	0	207	207
UL1	0	SLU07	Combination	Max	-3407	0	253	253
UL1	0	SLU07	Combination	Min	-5742	0	206	206
UL1	0	SLU08	Combination	Max	-3412	0	292	292
UL1	0	SLU08	Combination	Min	-5473	0	207	207
UL1	0	SLU09	Combination	Max	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU09	Combination	Min	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU10	Combination	Max	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU10	Combination	Min	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU11	Combination	Max	-3419	0	273	273
UL1	0	SLU11	Combination	Min	-5294	0	207	207
UL1	0	SLU12	Combination	Max	-3411	0	244	244
UL1	0	SLU12	Combination	Min	-5279	0	207	207
UL1	0	SLU13	Combination	Max	-3420	0	279	279
UL1	0	SLU13	Combination	Min	-5070	0	208	208
UL1	0	SLU14	Combination	Max	-3414	0	247	247
UL1	0	SLU14	Combination	Min	-5056	0	208	208
UL1	0	SLU15	Combination	Max	-3333	0	117	117
UL1	0	SLU15	Combination	Min	-3333	0	117	117
UL1	0	SISMA01	Combination	Max	-1643	0	314	314
UL1	0	SISMA01	Combination	Min	-3222	0	-314	314
UL1	0	SISMA02	Combination	Max	-1337	0	992	992
UL1	0	SISMA02	Combination	Min	-3528	0	-992	992
UL1	0	SISMA03	Combination	Max	-1861	0	302	302
UL1	0	SISMA03	Combination	Min	-3004	0	-302	302
UL1	0	SISMA04	Combination	Max	-1424	0	314	314
UL1	0	SISMA04	Combination	Min	-3002	0	-314	314
UL1	0	SISMA05	Combination	Max	-1117	0	992	992
UL1	0	SISMA05	Combination	Min	-3309	0	-992	992
UL1	0	SISMA06	Combination	Max	-1641	0	302	302
UL1	0	SISMA06	Combination	Min	-2785	0	-302	302
UL1	0	SLU01-	Combination	Max	-3435	0	289	289
UL1	0	SLU01-	Combination	Min	-5779	0	206	206

Relazione di calcolo travata metallica

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
UL1	0	SLU02-	Combination	Max	-3435	0	289	289
UL1	0	SLU02-	Combination	Min	-5779	0	206	206
UL1	0	SLU03-	Combination	Max	-3444	0	253	253
UL1	0	SLU03-	Combination	Min	-5779	0	206	206
UL1	0	SLU04-	Combination	Max	-3444	0	253	253
UL1	0	SLU04-	Combination	Min	-5779	0	206	206
UL1	0	SLU05-	Combination	Max	-3432	0	296	296
UL1	0	SLU05-	Combination	Min	-5494	0	207	207
UL1	0	SLU06-	Combination	Max	-3432	0	296	296
UL1	0	SLU06-	Combination	Min	-5494	0	207	207
UL1	0	SLU07-	Combination	Max	-3438	0	256	256
UL1	0	SLU07-	Combination	Min	-5490	0	207	207
UL1	0	SLU08-	Combination	Max	-3438	0	256	256
UL1	0	SLU08-	Combination	Min	-5490	0	207	207
UL1	0	SLU09-	Combination	Max	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU09-	Combination	Min	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU10-	Combination	Max	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU10-	Combination	Min	-3443	0	195	195
UL1	0	SLU11-	Combination	Max	-3433	0	274	274
UL1	0	SLU11-	Combination	Min	-5774	0	206	206
UL1	0	SLU12-	Combination	Max	-3440	0	245	245
UL1	0	SLU12-	Combination	Min	-5773	0	206	206
UL1	0	SLU13-	Combination	Max	-3431	0	279	279
UL1	0	SLU13-	Combination	Min	-5080	0	208	208
UL1	0	SLU14-	Combination	Max	-3436	0	247	247
UL1	0	SLU14-	Combination	Min	-5077	0	208	208
UL2	0	SLU01	Combination	Max	-2828	0	289	289
UL2	0	SLU01	Combination	Min	-5172	0	206	206
UL2	0	SLU02	Combination	Max	-2882	0	289	289
UL2	0	SLU02	Combination	Min	-5227	0	206	206
UL2	0	SLU03	Combination	Max	-2883	0	253	253
UL2	0	SLU03	Combination	Min	-5218	0	206	206
UL2	0	SLU04	Combination	Max	-2883	0	253	253
UL2	0	SLU04	Combination	Min	-5218	0	206	206
UL2	0	SLU05	Combination	Max	-2883	0	296	296
UL2	0	SLU05	Combination	Min	-4943	0	207	207
UL2	0	SLU06	Combination	Max	-2883	0	296	296
UL2	0	SLU06	Combination	Min	-4943	0	207	207
UL2	0	SLU07	Combination	Max	-2883	0	253	253
UL2	0	SLU07	Combination	Min	-5218	0	206	206
UL2	0	SLU08	Combination	Max	-2877	0	292	292
UL2	0	SLU08	Combination	Min	-4937	0	207	207
UL2	0	SLU09	Combination	Max	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU09	Combination	Min	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU10	Combination	Max	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU10	Combination	Min	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU11	Combination	Max	-2888	0	273	273
UL2	0	SLU11	Combination	Min	-4763	0	207	207
UL2	0	SLU12	Combination	Max	-2889	0	244	244
UL2	0	SLU12	Combination	Min	-4757	0	207	207
UL2	0	SLU13	Combination	Max	-2888	0	279	279
UL2	0	SLU13	Combination	Min	-4537	0	208	208
UL2	0	SLU14	Combination	Max	-2892	0	247	247
UL2	0	SLU14	Combination	Min	-4532	0	208	208
UL2	0	SLU15	Combination	Max	-3003	0	117	117
UL2	0	SLU15	Combination	Min	-3003	0	117	117
UL2	0	SISMA01	Combination	Max	-1632	0	314	314
UL2	0	SISMA01	Combination	Min	-3233	0	-314	314
UL2	0	SISMA02	Combination	Max	-1337	0	992	992
UL2	0	SISMA02	Combination	Min	-3528	0	-992	992
UL2	0	SISMA03	Combination	Max	-1858	0	302	302
UL2	0	SISMA03	Combination	Min	-3007	0	-302	302

Relazione di calcolo travata metallica

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
UL2	0	SISMA04	Combination	Max	-1413	0	314	314
UL2	0	SISMA04	Combination	Min	-3014	0	-314	314
UL2	0	SISMA05	Combination	Max	-1117	0	992	992
UL2	0	SISMA05	Combination	Min	-3309	0	-992	992
UL2	0	SISMA06	Combination	Max	-1639	0	302	302
UL2	0	SISMA06	Combination	Min	-2788	0	-302	302
UL2	0	SLU01-	Combination	Max	-2901	0	289	289
UL2	0	SLU01-	Combination	Min	-5245	0	206	206
UL2	0	SLU02-	Combination	Max	-2901	0	289	289
UL2	0	SLU02-	Combination	Min	-5245	0	206	206
UL2	0	SLU03-	Combination	Max	-2920	0	253	253
UL2	0	SLU03-	Combination	Min	-5254	0	206	206
UL2	0	SLU04-	Combination	Max	-2920	0	253	253
UL2	0	SLU04-	Combination	Min	-5254	0	206	206
UL2	0	SLU05-	Combination	Max	-2896	0	296	296
UL2	0	SLU05-	Combination	Min	-4957	0	207	207
UL2	0	SLU06-	Combination	Max	-2896	0	296	296
UL2	0	SLU06-	Combination	Min	-4957	0	207	207
UL2	0	SLU07-	Combination	Max	-2913	0	256	256
UL2	0	SLU07-	Combination	Min	-4964	0	207	207
UL2	0	SLU08-	Combination	Max	-2913	0	256	256
UL2	0	SLU08-	Combination	Min	-4964	0	207	207
UL2	0	SLU09-	Combination	Max	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU09-	Combination	Min	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU10-	Combination	Max	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU10-	Combination	Min	-2893	0	195	195
UL2	0	SLU11-	Combination	Max	-2903	0	274	274
UL2	0	SLU11-	Combination	Min	-5243	0	206	206
UL2	0	SLU12-	Combination	Max	-2918	0	245	245
UL2	0	SLU12-	Combination	Min	-5251	0	206	206
UL2	0	SLU13-	Combination	Max	-2899	0	279	279
UL2	0	SLU13-	Combination	Min	-4547	0	208	208
UL2	0	SLU14-	Combination	Max	-2913	0	247	247
UL2	0	SLU14-	Combination	Min	-4553	0	208	208

8.1 Spostamenti apparecchi d'appoggio

Si riporta nel seguito il calcolo degli spostamenti degli apparecchi d'appoggio, seguendo le prescrizioni del manuale di progettazione al paragrafo §2.5.2.1.5. Si ricorda in particolare per impalcati con strutture in acciaio ed armamento su ballast $\Delta T = \pm 20^\circ\text{C}$, e che esclusivamente per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio la variazione di temperatura dovrà essere incrementata del 50% per tutte le tipologie di impalcato.

ESCURSIONE APPOGGI (MdP §2.5.2.1.5)

k1 =	0.45	
k2 =	0.55	
L campata =	45.6	m
α =	1.00E-05	1/°C
ΔT =	30	°C
Dt =	0.0137	m

Relazione di calcolo travata metallica

PARAMETRI SISMICI

tipo terreno	E	
$a_g =$	0.129	g
$a_g =$	1.2655	m/s q
S =	1.6	
$T_c =$	0.738	s
$T_d =$	2.117	s

CALCOLO SPOSTAMENTI

$d_{g,i} =$	0.0791	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto i
$d_{g,j} =$	0.0791	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto j
$d_{ij,max} =$	0.1398	m	spostamento relativo massimo tra i punti i e j dovuto agli spostamenti del terreno
$d_{ij,0} =$	0.0000	m	spostamento relativo tra i punti i e j a piccola distanza
$v_s =$	100	m/s	velocità delle onde di taglio per terreno di cat.E (valore minimo)
$d_{ij,L} =$	0.0719	m	spostamento tra i punti i e j dovuto agli spostamenti relativi del terreno
$d_{Eg} =$	0.0719	m	
$E_{Lmin} =$	0.1779	m	
E1	0.0274	m	
E2	0.1581	m	
E3	0.1437	m	
$E_L =$	0.1481	m	
$\max E_i =$	0.1581	m	
$E_{Ld} =$	0.1779	m	

CORSA APPARECCHI D'APPOGGIO MOBILI

+/-	0.111	m
con increm 10%	0.122	m

ESCURSIONE DEI GIUNTI

+/-	0.099	m
con increm 10%	0.109	m

AMPIEZZA DEI VARCHI

\geq	0.109	m
con increm 10%	0.120	m

8.2 Ritegno Sismico

Si riportano nei paragrafi successivi le verifiche del ritegno sismico trasversale e ritegno sismico longitudinale di testata riportati in figura.

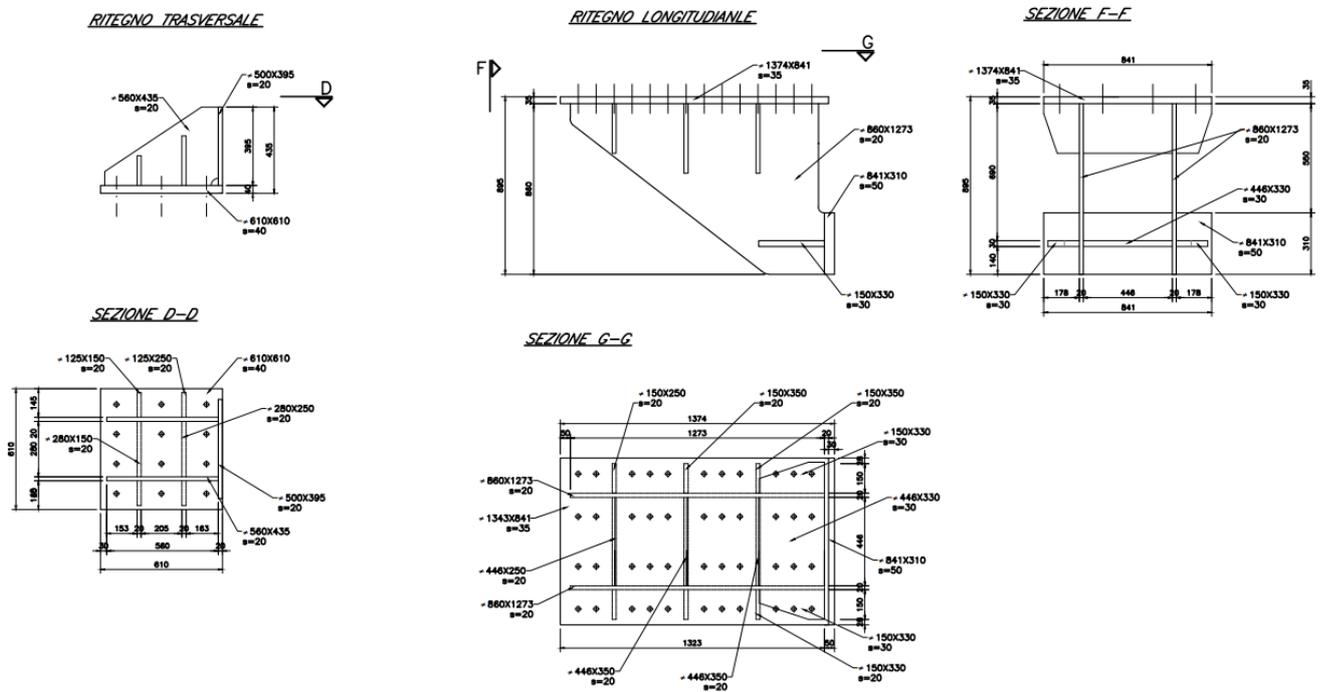
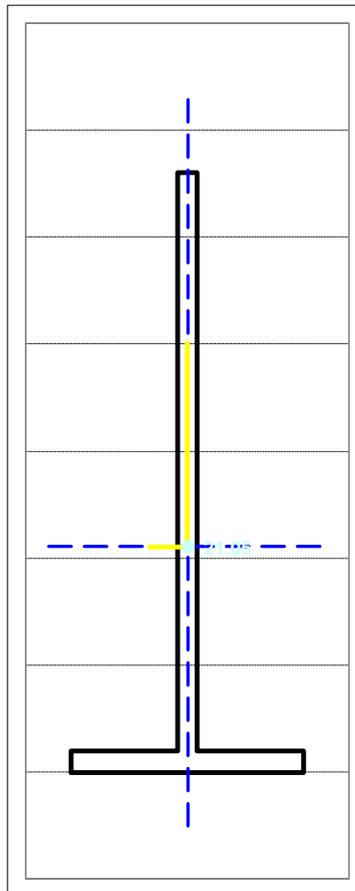


Figura 19: Dettaglio ritegni sismici

8.2.1 Ritegno sismico trasversale

Si riporta la verifica a taglio e flessione eseguita sul ritegno sismico trasversale di testata. Il ritegno dovrà essere in grado di portare il taglio trasversale totale nel caso in cui entrambi gli apparecchi d'appoggio dovessero cedere. Per questo la forza dimensionante sarà la somma dei massimi tagli trasversali letti sugli apparecchi d'appoggio pari a $F = 2354$ kN e con un momento $M = 2354 \times 0.22m = 517$ kNm.

RITEGNO SISMICO VIADOTTO VI02			
Altezza	h	=	58.00 [cm]
Larghezza flangia superiore	b_{fs}	=	0.00 [cm]
Larghezza flangia inferiore	b_{fi}	=	50.00 [cm]
Spessore flangia superiore	t_{fs}	=	0.00 [cm]
Spessore flangia inferiore	t_{fi}	=	2.00 [cm]
Spessore dell'anima	t_w	=	4.00 [cm]
Raggio del raccordo	r	=	0.00 [cm]
<hr/>			
Altezza lorda dell'anima	h'	=	56.00 [cm]
Altezza netta dell'anima	h''	=	56.00 [cm]
Area della sezione	A	=	324.00 [cm ²]
Momento statico della sezione	S_x	=	6820.0 [cm ³]
Posizione dell'asse baricentrico	y_G	=	21.05 [cm]
Momento d'inerzia massimo	J_{xx}	=	116715 [cm ⁴]
Momento d'inerzia minimo	J_{yy}	=	21132 [cm ⁴]
Angolo di inclinazione assi d'inerzia	θ	=	0 [°]
Momento d'inerzia ηη	J_{ηη}	=	116715 [cm ⁴]
Momento d'inerzia ξξ	J_{ξξ}	=	21132 [cm ⁴]
Momento centrifugo	J_{ηξ}	=	0 [cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'ala superiore	J_{xx,fs}	=	0 [cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'ala inferiore	J_{xx,fi}	=	40231 [cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'anima	J_{xx,w}	=	76484 [cm ⁴]
Momento d'inerzia torsionale	J_t	=	1328 [cm ⁴]
Momento d'inerzia dell'area settoriale	J_θ	=	#NOME? [cm ⁶]
Modulo di resistenza xx esterno	W_{xx}	=	3158.7 [cm ³]
Modulo di resistenza xx interno	W_{xx}	=	5544.8 [cm ³]
Modulo di resistenza yy	W_{yy}	=	10566.0 [cm ³]
Modulo di resistenza yy	W_{yy}	=	845.3 [cm ³]
Modulo di resistenza xx esterno min.	W_{xx,min}	=	3158.7 [cm ³]
Modulo di resistenza xx interno min.	W_{xx,min}	=	6127.0 [cm ³]
Modulo di resistenza yy min.	W_{yy,min}	=	845.3 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico	W_{pl}	=	5461 [cm ³]
Raggio d'inerzia dell'asse x	i_x	=	18.98 [cm]
Raggio d'inerzia dell'asse y	i_y	=	8.08 [cm]
Momento statico di mezza sezione	S_x	=	2730.7 [cm ³]
Area resistente a taglio (laminato)	A_v	=	241.28 [cm ²]
Area resistente a taglio (composto)	A_v	=	224.00 [cm ²]
<hr/>			
tipo di profilo	C Laminato o Composto		
Ved =	2354 KN		
Med =	517.88 KNm		
<hr/>			
At =	224.00 [cm ²]		
Wp =	5461 [cm ³]		
fyd =	338.1 MPa		
Vrd = At*fyd/√3 =	4372 KN	>=	Ved
ρ = (2Ved/Vrd-1) ² =	0.01		
Mrd = Wp*fyd =	1846 KNm	>=	Med
Mrd.rid = (1-ρ)*Mrd =	1836 KNm	>=	Med



Relazione di calcolo travata metallica

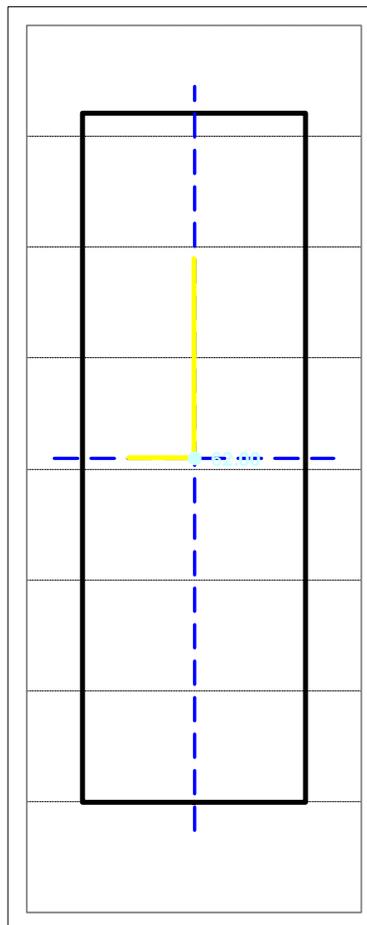
8.2.2 Ritegno sismico longitudinale

Si riporta la verifica a taglio e flessione eseguita sul ritegno sismico longitudinale di testata. Il ritegno dovrà essere in grado di portare il taglio trasversale totale nel caso in cui entrambi gli apparecchi d'appoggio dovessero cedere. Per questo la forza dimensionante sarà la somma dei massimi tagli longitudinali letti sugli apparecchi d'appoggio pari a $F = 6313 \text{ kN}$ e con un momento $M = 6313 \times 0.7 \text{ m} = 4419 \text{ kNm}$.

RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE VIADOTTO VI02

Altezza	h	=	124.00	[cm]
Larghezza flangia superiore	b_{fs}	=	0.00	[cm]
Larghezza flangia inferiore	b_{fi}	=	0.00	[cm]
Spessore flangia superiore	t_{fs}	=	0.00	[cm]
Spessore flangia inferiore	t_{fi}	=	0.00	[cm]
Spessore dell'anima	t_w	=	8.00	[cm]
Raggio del raccordo	r	=	0.00	[cm]

Altezza lorda dell'anima	h'	=	124.00	[cm]
Altezza netta dell'anima	h''	=	124.00	[cm]
Area della sezione	A	=	992.00	[cm ²]
Momento statico della sezione	S_x	=	61504.0	[cm ³]
Poizione dell'asse baricentrico	y_g	=	62.00	[cm]
Momento d'inerzia massimo	J_{xx}	=	1271083	[cm ⁴]
Momento d'inerzia minimo	J_{yy}	=	5291	[cm ⁴]
Angolo di inclinazione assi d'inerzia	θ	=	0	[°]
Momento d'inerzia $\eta\eta$	$J_{\eta\eta}$	=	1271083	[cm ⁴]
Momento d'inerzia $\xi\xi$	$J_{\xi\xi}$	=	5291	[cm ⁴]
Momento centrifugo	$J_{\eta\xi}$	=	0	[cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'ala superiore	$J_{xx,fs}$	=	0	[cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'ala inferiore	$J_{xx,fi}$	=	0	[cm ⁴]
Momento d'inerzia xx dell'anima	$J_{xx,w}$	=	1271083	[cm ⁴]
Momento d'inerzia torsionale	J_t	=	21163	[cm ⁴]
Momento d'inerzia dell'area settoriale	J_θ	=	#NOME?	[cm ⁶]
Modulo di resistenza xx esterno	W_{xx}	=	20501.3	[cm ³]
Modulo di resistenza xx esterno	W_{xx}	=	20501.3	[cm ³]
Modulo di resistenza xx interno	W'_{xx}	=		[cm ³]
Modulo di resistenza xx interno	W'_{xx}	=		[cm ³]
Modulo di resistenza yy	W_{yy}	=	1322.7	[cm ³]
Modulo di resistenza yy	W_{yy}	=	1322.7	[cm ³]
Modulo di resistenza xx esterno min.	$W_{xx,min}$	=	20501.3	[cm ³]
Modulo di resistenza xx interno min.	$W'_{xx,min}$	=	0.0	[cm ³]
Modulo di resistenza yy min.	$W_{yy,min}$	=	1322.7	[cm ³]
Modulo di resistenza plastico	W_{pl}	=	30752	[cm ³]
Raggio d'inerzia dell'asse x	i_x	=	35.80	[cm]
Raggio d'inerzia dell'asse y	i_y	=	2.31	[cm]
Momento statico di mezza sezione	S'_x	=	15376.0	[cm ³]
Area resistente a taglio (laminato)	A_v	=	992.00	[cm ²]
Area resistente a taglio (composto)	A_v	=	992.00	[cm ²]



tipo di profilo	C Laminato o Composto	
Ved =	6313	KN
Med =	4419.1	KNm
At =	992.00	[cm ²]
Wp =	30752	[cm ³]
f _{yd} =	338.1	MPa
V _{rd} = At * f _{yd} / √3 =	19364	KN >= Ved
ρ = (2V _{rd} / V _{rd} - 1) ² =	0.00	
M _{rd} = Wp * f _{yd} =	10397	KNm >= Med
M _{rd,rid} = (1 - ρ) * M _{rd} =	10397	KNm >= Med

9 APPENDICE

9.1 Validazione del modello

Si riportano i controlli effettuati confrontando modelli semplificati analitici di calcolo e risultati ottenuti dalle analisi FEM, in accordo a quanto prescritto al paragrafo 10.2 del “DM 14/01/2018”, di seguito riportato:

• *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l’attendibilità.

[...]

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

Si considerano tre condizioni di carico elementare, due permanenti e uno accidentale.

G1:

Peso Proprio della struttura in acciaio +soletta in cls = 4012.8kN

G2:

Ballast = $3.36\text{m}^2 \times 18\text{kN/m}^3 = 60.5 \text{ kN/m}$
 Marciapiedi laterali = $2 \times 6 \text{ kN/m} = 12 \text{ kN/m}$
 Barriere Antirumore = $2 \times 16 \text{ kN/m} = 32 \text{ kN/m}$
 Velette = $2 \times 2.5 \text{ kN/m} = 5 \text{ kN/m}$

Permanenti portati complessivi = $(60.5 + 12 + 32 + 5)\text{kN/m} \times 45.6\text{m} = 4993.2 \text{ kN}$

TRENO DI CARICO LM71:

Per una portata teorica pari a 45.6m i carichi equivalenti flettenti risultano i seguenti:

Carico totale LM71 equivalente: $112.3 \times 45.6 = 5121 \text{ kN}$

Il carico complessivo calcolato manualmente dall’analisi dei carichi, risulterà pertanto:

$G1 + G2 + LM71 = 4012.8 \text{ kN} + 4993.2 \text{ kN} + 5121 \text{ kN} = 14127 \text{ kN}$

Relazione di calcolo travata metallica

Output reazioni modello di calcolo

Considerando sul modello di calcolo una condizione di carico pari alla somma di G1 + G2 + LM71 equivalente (dinamizzato) è risultato pari quanto segue:

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Peso proprio	Linear Static	1.
Peso proprio	Linear Static	1.
Permanenti portati	Combination	1.
lm71_equivalente	Linear Static	1.

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
UniL	validazione modello	Combination	0	-8.718E-11	3544.799	0	0	0
UniL	validazione modello	Combination	1.602E-10	0	3544.799	0	0	0
Fisso	validazione modello	Combination	3.177E-10	-6.027E-11	3544.799	0	0	0
Fisso	validazione modello	Combination	0	0	3544.799	0	0	0
				tot	14179.2			