

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-01 PONTE SUL TORRENTE FUORNI

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 1 0 9 0 0 1 A

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

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Aut. Min. Infrastr. e Trasporti

File: NN1X00D09CLVI0109001A.doc

n. Elab.:

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
4.1	Sezioni degli elementi	23
5	ANALISI MODALE	26
5.1	Verifica della prima frequenza flessionale	27
6	VERIFICHE SLU	28
6.1	LONGHERINA	28
6.1.1	Verifica di resistenza e di instabilità	30
6.1.2	Verifiche a Fatica	31
6.2	TRAVERSI	32
6.2.1	Verifiche di resistenza – SLU (metodo elastico)	34
6.2.2	Verifiche a fatica	35
6.3	TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI	36
6.3.1	Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU	36
6.3.2	Verifiche a fatica	39
6.3.3	Verifica stabilità briglia superiore	40
7	VERIFICHE SLE	41
7.1	Verifiche Torsionali dell’impalcato	41
7.2	Verifiche dell’inflexione impalcato nel piano verticale	42
7.3	Verifiche dell’inflexione impalcato nel piano orizzontale	42
8	REAZIONI VINCOLARI	44
8.1	Spostamenti apparecchi d’appoggio	51
8.2	Ritegno sismico	53

8.2.1	Ritegno sismico trasversale	54
8.2.2	Ritegno sismico longitudinale	55

9 APPENDICE.....56

9.1	Validazione del modello	56
------------	--------------------------------------	-----------

1 GENERALITÀ

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi all'impalcato del Ponte sul torrente Fuorni al km.1+593.73, 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 VI01.

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 37.68m. La travata metallica, con armamento ad attacco diretto, è del tipo "a maglia triangolare" a via inferiore aperta superiormente. La campata è costituita da 12 scomparti lunghi 3.14m, con altezza baricentrica 4.65m, interasse delle pareti di 5.3 m. La quota relativa al P.F.-sottotrave è pari a 1222 mm. I controventi inferiori 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.

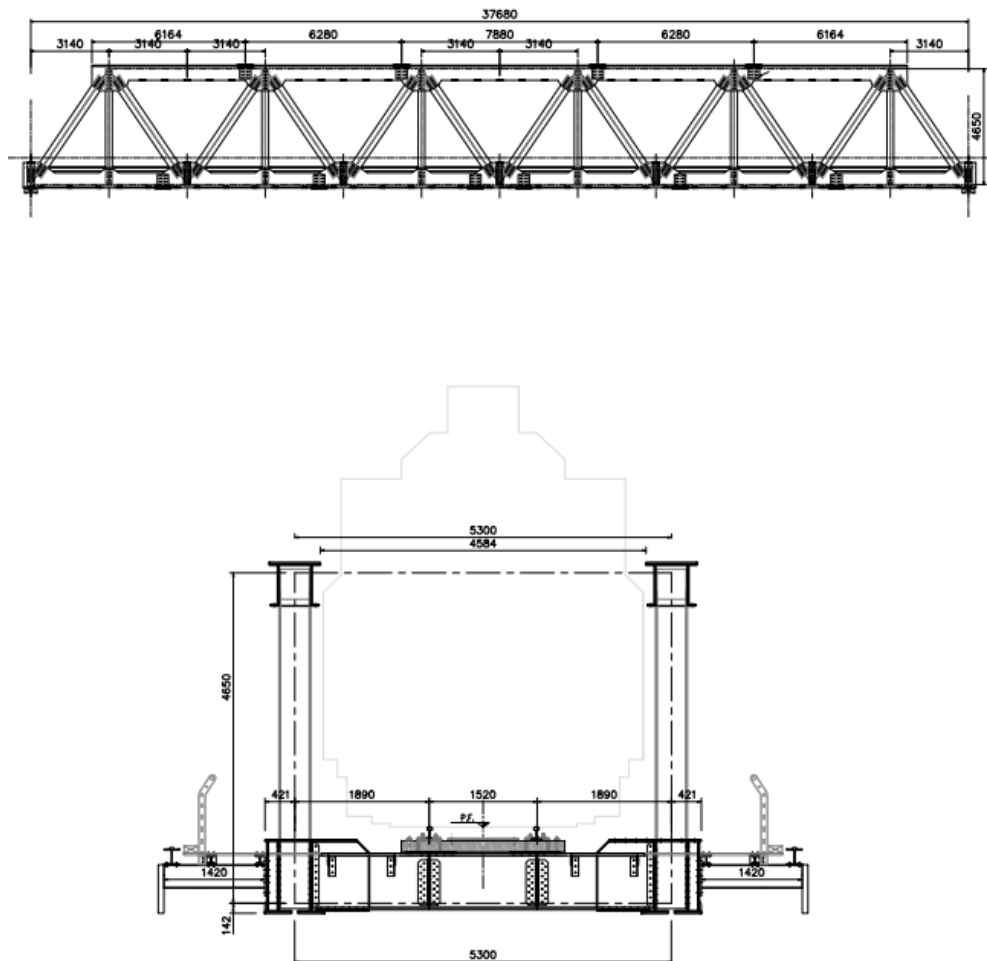


Figura 1_Prospetto e sezione trasv.

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

- lamiere e profili per elementi saldati S355J2 per $s < 40\text{mm}$
- lamiere e profili per elementi saldati S355K2 per $s > 40\text{mm}$
- lamiere e profili per elementi non saldati S355J0

PIOLI

ACCIAIO S 235 J2+ C450 ST37/3K $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$
 $f_m \geq 450 \text{ N/mm}^2$ 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
- Piastre Acciaio C 50 UNI EN 10083-2, temprate e rinvenuto HRC 32-40, UNI EN 14399-6

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D	09	CL	VI0109	001	A	6 di 57

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, nonché 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";

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.) = **57 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.

2.1.2 Carichi permanenti portati

Analisi sovraccarichi permanenti portati

Voce	Area m ²	Lungh m	Volume m ³	Peso kN/m ²	Peso kN/m ³	Peso kN/m	Elemento
-							-
Veletta	0.10				25	2.50	Briglia inf
Marciapiede		1.00			5	5.00	Briglia inf
Canaletta	0.08				25	2.00	Briglia inf
varie						0.00	Briglia inf
Barriere Fono assorbenti		4.00		4		16.00	Briglia inf
Grigliato Keller	3.14	1.00	3.14		0.3	0.94	Traverso
Armamento		1.00		2		2.00	Longherina

Totale carichi permanenti portati \approx **60 kN/m**

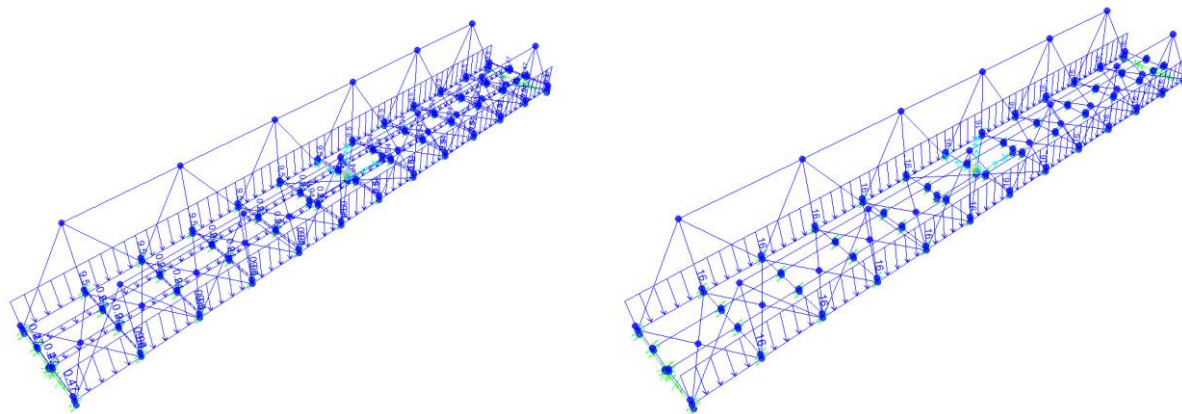


Figura 2: Peso perm. Portati e Fono assorbenti

2.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

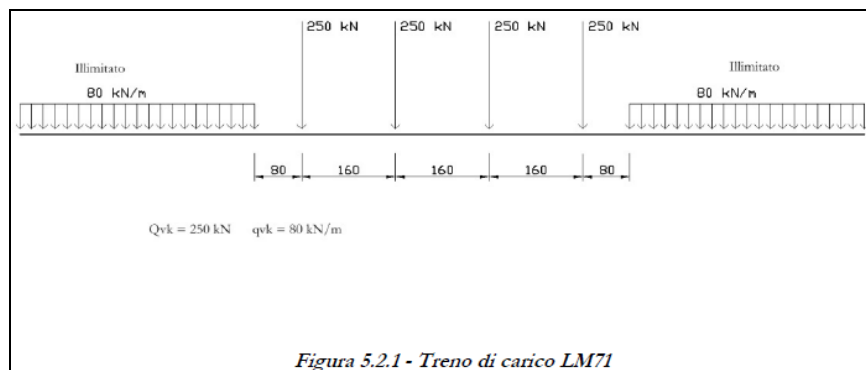
2.2.1 Treni di carico

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.




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 Data ×

Vehicle name: LM71 Units: KN, m, C

Load Elevation: 

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

Vehicle Remains Fully in Path

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

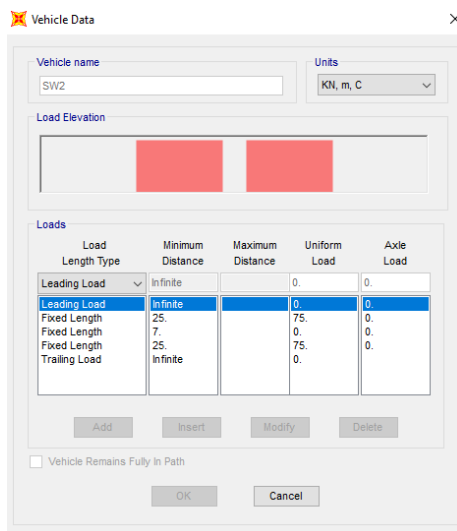
Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante. Per tale modello di carico è stata considerata la seguente configurazione:

- 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:

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



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 $L_\Phi = L = 37.68\text{m}$;

$$\Phi_3 = 1.094$$

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 10 di 57

- Longherine $i = 3.14\text{m}$; $L_{\phi} = i + 3 = 3.14 + 3\text{m} = 6.14\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.678$
- Travi trasversali intermedie $L = 5.3\text{ m}$; $L_{\phi} = 2 * L = 10.6\text{m}$
 $\Phi_3 = 1.437$
- Travi trasversali di estremità $L_{\phi} = 3.6\text{ m}$.
 $\Phi_3 = 2.000$

Inoltre, per ponti metallici con armamento diretto occorrerà considerare un ulteriore coefficiente di adattamento dinamico β , dato da:

$$\beta = 1 \quad \text{per } L_{\phi} \leq 8\text{m e } L_{\phi} > 90\text{m}$$

$$\beta = 1.1 \quad \text{per } 8\text{m} \leq L_{\phi} \leq 90\text{m}$$

Si assumono i seguenti coefficienti dinamici:

COEFFICIENTI DI INCREMENTO DINAMICO				
	L_{ϕ} m	ϕ_3	β	$\phi_3 \times \beta$
Travi Principali	37.68	1.094	1.1	1.203
Longherine	6.14	1.678	1.0	1.678
Longherine Mensola	-	2.000	1.0	2.000
Travi trasversali intermedie	10.6	1.437	1.1	1.580
Travi trasversali estremità	3.6	2.000	1.0	2.000

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 $\Phi_2 = 1.062$
- Longherine $\Phi_2 = 1.452$
- Travi trasversali intermedie $\Phi_2 = 1.291$
- Travi trasversali di estremità $\Phi_2 = 1.670$

COEFFICIENTI DI INCREMENTO DINAMICO				
	L_{ϕ} m	ϕ_2	β	$\phi_2 \times \beta$
Travi Principali	37.68	1.062	1.1	1.168
Longherine	6.14	1.452	1.0	1.452
Longherine Mensola	-	2.000	1.0	2.000
Travi trasversali intermedie	10.6	1.291	1.1	1.420
Travi trasversali estremità	3.6	1.670	1.0	1.670

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

$$Q_{ak} = 33 * 37.68 * 1.1 = 1367.8 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{ak} = 33 * (37.68 - 7) = 1012.44 \text{ kN}$$

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

$$Q_{bk} = 20 * 37.68 * 1.1 = 828.9 \text{ kN}$$

Treno SW2

$$Q_{bk} = 35 * (37.68 - 7) = 1073.8 \text{ kN}$$

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.

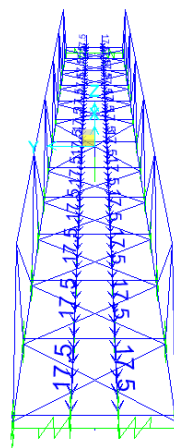


Figura 3_Frenatura SW2

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

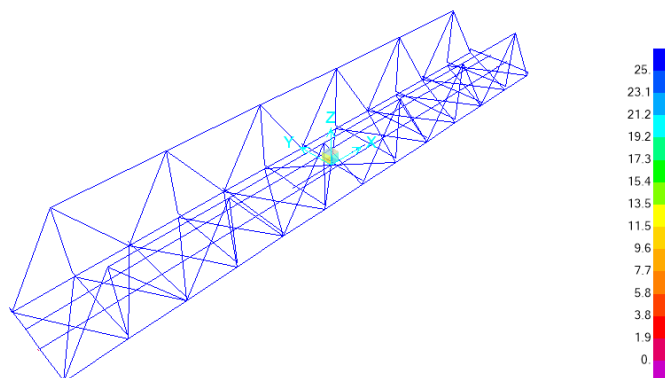
2.3.1 Variazione termica

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 $\pm 25^\circ\text{C}$.

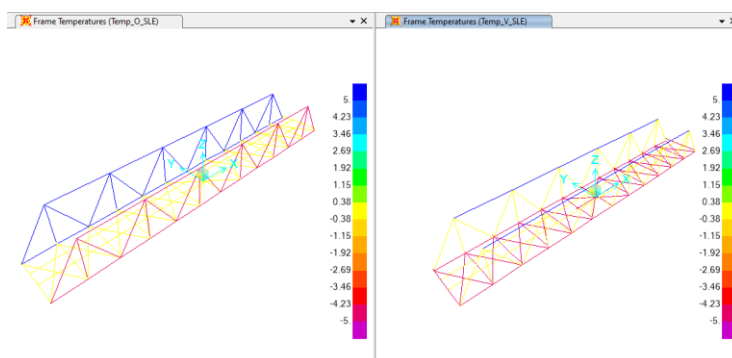
Per la determinazione delle escursioni degli apparecchi di appoggio è stata considerata una variazione termica uniforme di $25^\circ * 1.5 = 37.5^\circ\text{C}$.



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 .



2.3.2 Azione della neve

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

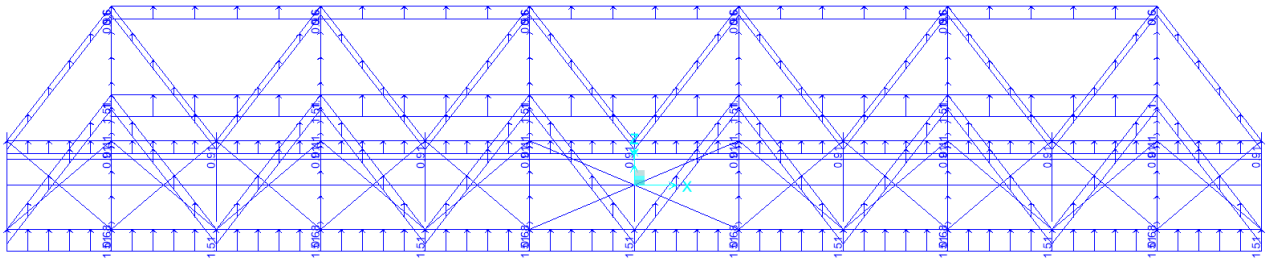
2.3.3 Azione del vento

L'azione del vento è stata distinta in:

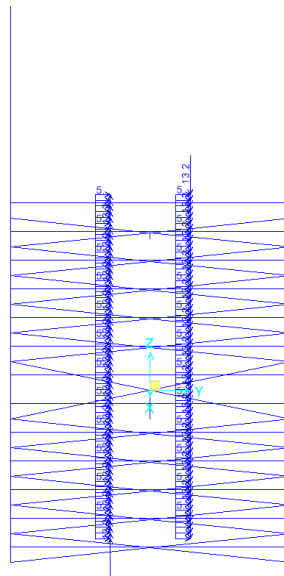
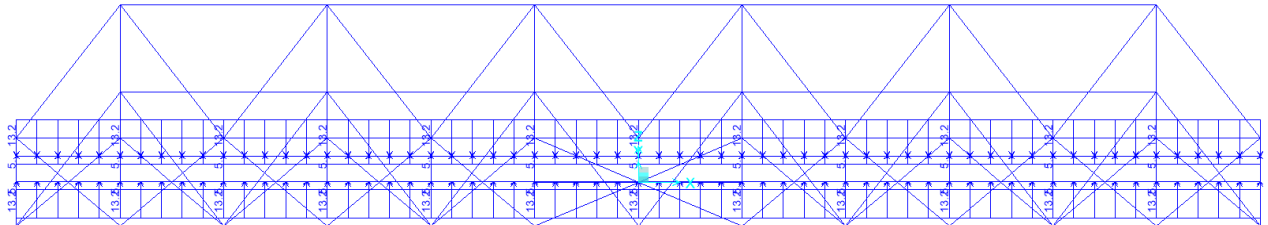
- Vento su struttura scarica, ossia azione del vento sul ponte senza carichi mobili;
- Vento su struttura carica, ossia azione del vento sul ponte durante il transito dei veicoli.

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:



CALCOLO DELLA PRESSIONE DEL VENTO - DM18

altitudine sul livello del mare	as	22	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	3.2	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)	$c_e(z)$	1.68	
coeff. di esposizione	$c_e(z)$	1.80	
coefficiente di esposizione	c_e	1.80	
coefficiente di forma sopravento	c_p	1.62	
coefficiente dinamico	c_d	1	
pressione del vento sopravento	p	1.53	kN/m ²
Travi ad anima piena e reticolari			

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 15 di 57

superficie delimitata dal contorno della trave	S	174.97	m ²
superficie della parte piena della trave	S _p	50.32	m ²
coeff. di esposizione	$\varphi = S_p/S$	0.29	
interasse travi	d	5.3	
altezza travi	h	4.60	
rapporto distanza altezza	d/h	1.15	
coefficiente di forma travata 1	C _{p1}	1.62	
Coefficiente di riduzione	μ	0.65	
coefficiente di forma travata 2	C _{p2}	1.06	

Qui sotto si riportano i carichi applicati ad ogni elemento:

Sopra Vento

Elemento	h	p	Wk
-	m	kN/m ²	kN/m
Briglia inf	0.6	2.5	1.5
Briglia Sup	0.6	2.5	1.5
Montante	0.27	2.5	0.7
Diagonale	0.4	2.5	1.0

 Sotto Vento $\mu = 0.65$

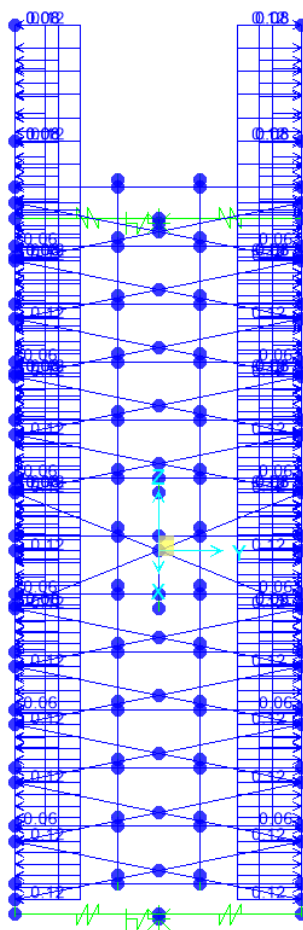
Elemento	h	p	Wk
-	m	kN/m ²	kN/m
Briglia inf	0.6	2.5	0.98
Briglia Sup	0.6	2.5	0.98
Montante	0.27	2.5	0.44
Diagonale	0.4	2.5	0.65

2.4 EFFETTI AERODINAMICI

Superfici verticali parallele al binario

Per una distanza ag dall'asse del binario pari a 2.65 m, e per una velocità massima di percorrenza pari a 60 km/h, si prende a favore di sicurezza un valore caratteristico dell'azione sul pannello di $\pm 0.2 \text{ kN/m}^2$.

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



2.5 AZIONI ECCEZIONALI

Deragliamenti schema 1

Sono state considerate due stese di carico di lunghezza 6.4 m, intensità di 60 kN/m, ad una distanza pari allo scartamento S ed eccentriche fino alla briglia inferiore.

Deragliamenti schema 2

È stato considerato un carico lineare di lunghezza 20m, intensità $80 \cdot 1.4 \text{ kN/m}$, eccentrico di circa 1.5s (1.6m) 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

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

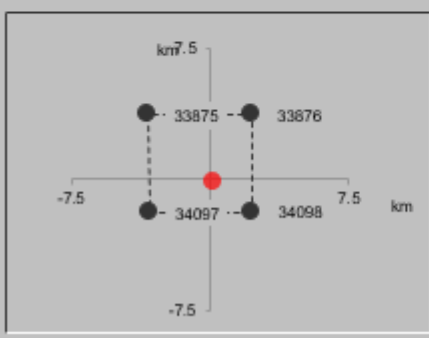
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento


Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione



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

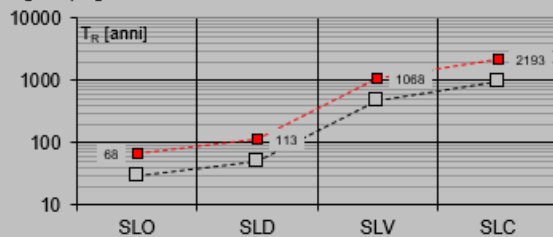
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

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

$S_B = 1.492$ $C_C = 1.341$ 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 (%) $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 Regol. in altezza info

Compon. verticale

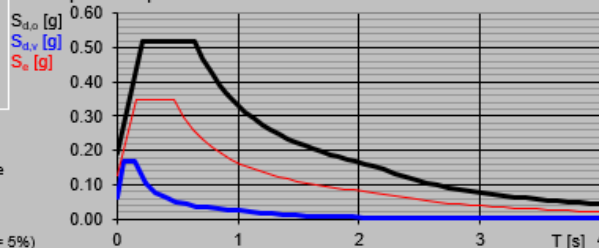
Spettro di progetto

Fattore q $\eta = 1.000$ 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, $\xi = 5\%$)

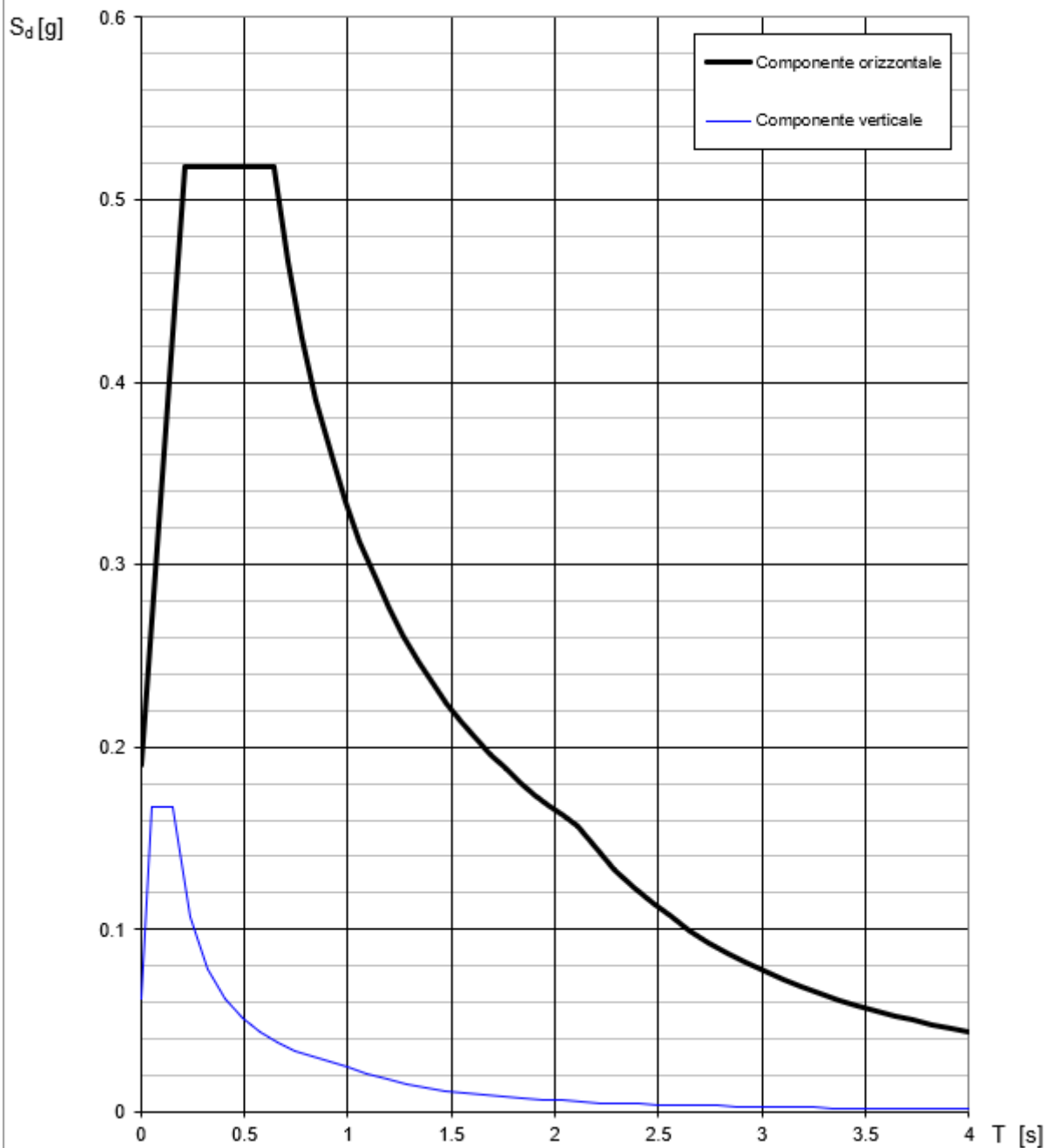
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

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



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						Y _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

SLU															
AZIONE VARIABILE PRINCIPALE -->	VEICOLI								VENTO		TEMPERATURA				
TIPO DI CARICO	SW2				LM71				Struttura scarica	SW2		LM71		Struttura scarica	
	GR1		GR3		GR1		GR3			GR1	GR3	GR1	GR3		
	SLU01	SLU02	SLU03	SLU04	SLU05	SLU06	SLU07	SLU08		SLU09	SLU10	SLU11	SLU12		SLU13
Peso proprio	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	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
SW2	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	0.00	0.00	0.00
LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	0.00
Serp_LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.58	0.00
Serp_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.58	0.00	0.00	0.00
F-A_LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.73	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.16	0.00
F-A_SW2	0.73	0.73	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.16	0.00	0.00	0.00
Centrifuga_LM71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.58	0.00
Centrifuga_SW2	1.45	1.45	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.58	0.00	0.00	0.00
Eff_Aerodinamici	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00
Vento_scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
Vento_carico	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00
Temp SLU	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	0.00	0.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

TIPO DI CARICO	TRENO CARICO 1			TRENO CARICO 2			TRENO SCARICO		
	SISMA01	SISMA02	SISMA03	SISMA04	SISMA05	SISMA06	SISMA07	SISMA08	SISMA09
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti portati	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0
Serp_SW2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0
F-A_SW2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0
Centrifuga_SW2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0
E_1Ex+0.3Ey+0.3Ez	1	0	0	1	0	0	1	0	0
E_0.3Ex+1Ey+0.3Ez	0	1	0	0	1	0	0	1	0
E_0.3Ex+0.3Ey+1Ez	0	0	1	0	0	1	0	0	1

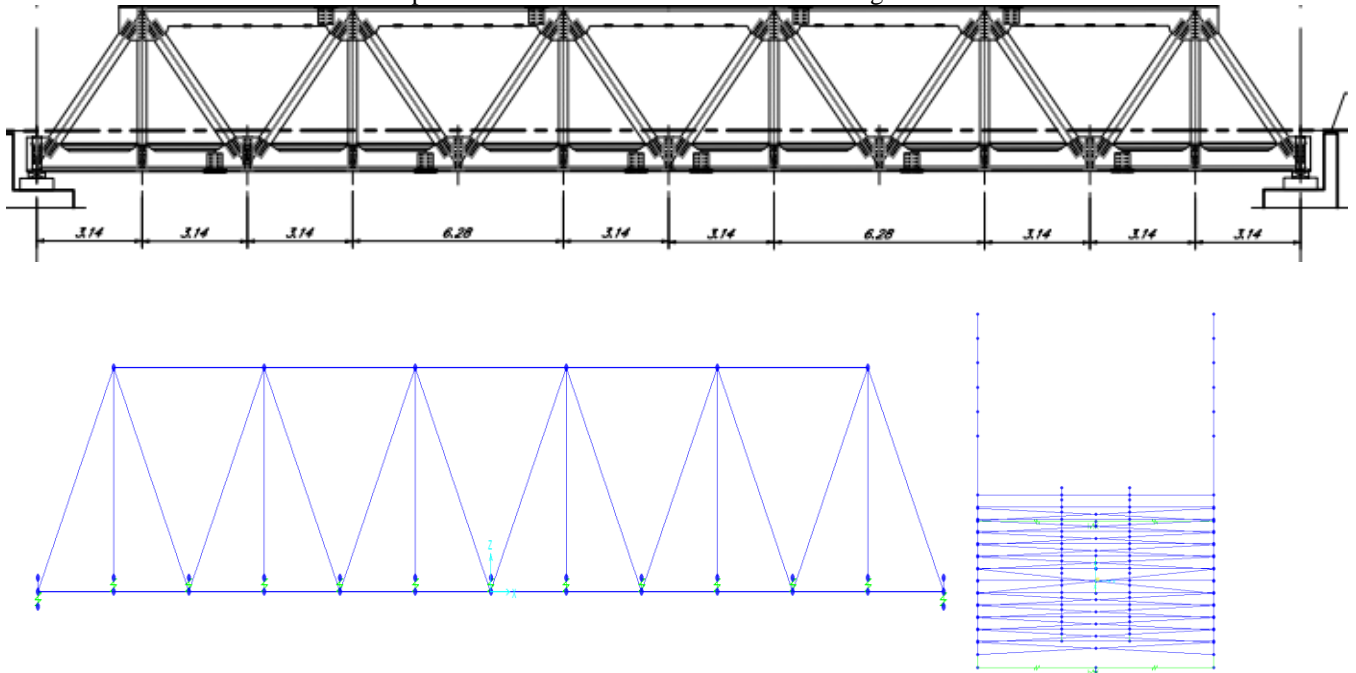
TIPO DI CARICO	TRENO CARICO						TRENO SCARICO					
	ECC01	ECC02	ECC03	ECC04	ECC05	ECC06	ECC07	ECC08	ECC09	ECC10	ECC11	ECC12
Peso proprio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti portati	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SW2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0
Temp SLU	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5
C1m_deragl	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
C2_deragl	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
C1a_deragl	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1

4 MODELLO DI CALCOLO

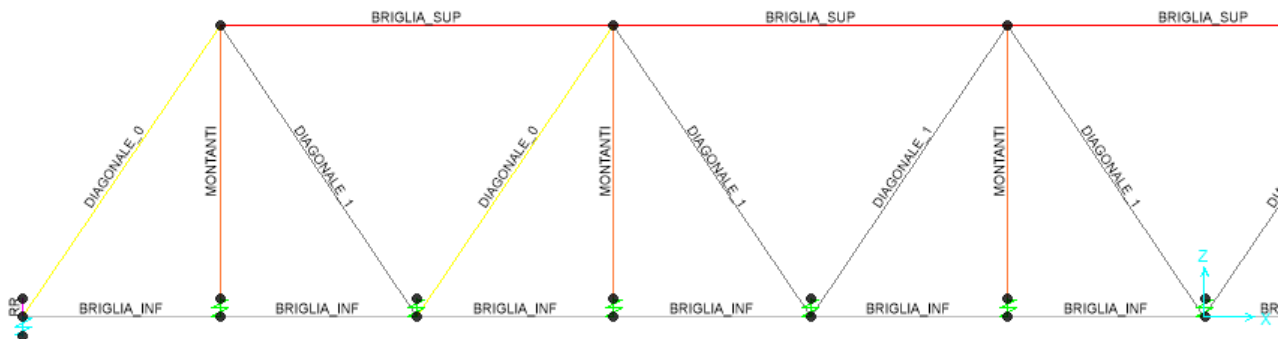
Per il calcolo delle sollecitazioni e per l'analisi strutturale sono stati realizzati dei modelli agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000. L'analisi statica effettuata è di tipo elastico lineare e le verifiche sono state effettuate agli stati limite in conformità alle Normative Vigenti.

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:

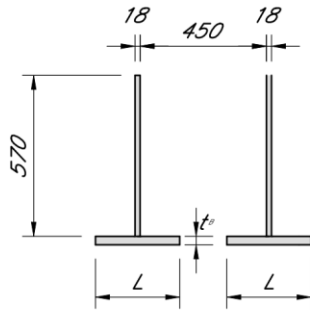


Lo schema nel modello di calcolo è il seguente:



4.1 Sezioni degli elementi

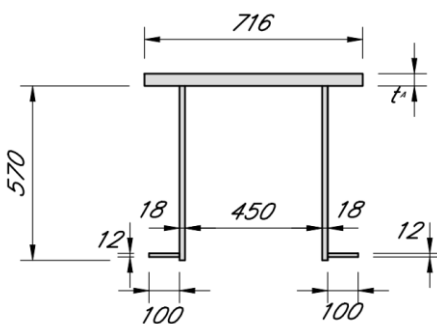
- BRIGLIE INFERIORI:



	<i>Briglia inf.</i>
<i>L</i>	<i>375</i>
<i>t_s</i>	<i>35</i>

Section Name		BRIGLIA_INF	
Properties			
Cross-section (axial) area	0.0468	Section modulus about 3 axis	3.545E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.612E-03	Section modulus about 2 axis	6.794E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.857E-03	Plastic modulus about 3 axis	6.297E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.0109
Shear area in 2 direction	0.0192	Radius of Gyration about 3 axis	0.1857
Shear area in 3 direction	0.0285	Radius of Gyration about 2 axis	0.2471
Torsional constant	1.257E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

- BRIGLIE SUPERIORI



	<i>Briglia sup.</i>
<i>t_s</i>	<i>35</i>

Section Name		BRIGLIA_SUP	
Properties			
Cross-section (axial) area	0.048	Section modulus about 3 axis	4.698E-03
Moment of Inertia about 3 axis	2.019E-03	Section modulus about 2 axis	6.712E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.403E-03	Plastic modulus about 3 axis	7.610E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.991E-03
Shear area in 2 direction	0.0203	Radius of Gyration about 3 axis	0.2051
Shear area in 3 direction	0.02	Radius of Gyration about 2 axis	0.2238
Torsional constant	1.251E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• TRAVERSI inferiori

Section Name: TRAVERSO_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

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

Section



Section Name: TRAVERSI 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: TRAVERSO_0

Properties

Cross-section (axial) area	0.0796	Section modulus about 3 axis	0.0239
Moment of Inertia about 3 axis	9.579E-03	Section modulus about 2 axis	6.052E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.664E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0267
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	9.143E-03
Shear area in 2 direction	0.016	Radius of Gyration about 3 axis	0.3469
Shear area in 3 direction	0.055	Radius of Gyration about 2 axis	0.1446
Torsional constant	7.554E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: TRAVERSI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0637	Section modulus about 3 axis	0.0191
Moment of Inertia about 3 axis	7.659E-03	Section modulus about 2 axis	4.539E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1.248E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.0212
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.877E-03
Shear area in 2 direction	0.016	Radius of Gyration about 3 axis	0.3467
Shear area in 3 direction	0.0413	Radius of Gyration about 2 axis	0.14
Torsional constant	3.355E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• DIAGONALI

Section Name: DIAGONALE_0 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

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

Section



Section Name: DIAGONALE_1 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: DIAGONALE_0

Properties

Cross-section (axial) area	0.028	Section modulus about 3 axis	4.493E-03
Moment of Inertia about 3 axis	1.011E-03	Section modulus about 2 axis	1.335E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.669E-04	Plastic modulus about 3 axis	5.050E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.040E-03
Shear area in 2 direction	9.000E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.19
Shear area in 3 direction	0.0167	Radius of Gyration about 2 axis	0.0976
Torsional constant	5.036E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Section Name: DIAGONALE_1

Properties

Cross-section (axial) area	0.0222	Section modulus about 3 axis	3.672E-03
Moment of Inertia about 3 axis	8.263E-04	Section modulus about 2 axis	1.067E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2.134E-04	Plastic modulus about 3 axis	4.070E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.623E-03
Shear area in 2 direction	6.750E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1931
Shear area in 3 direction	0.0133	Radius of Gyration about 2 axis	0.0982
Torsional constant	2.517E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• MONTANTI

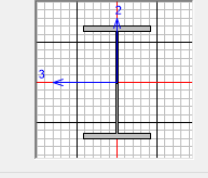
Section Name: MONTANTI Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

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

Section

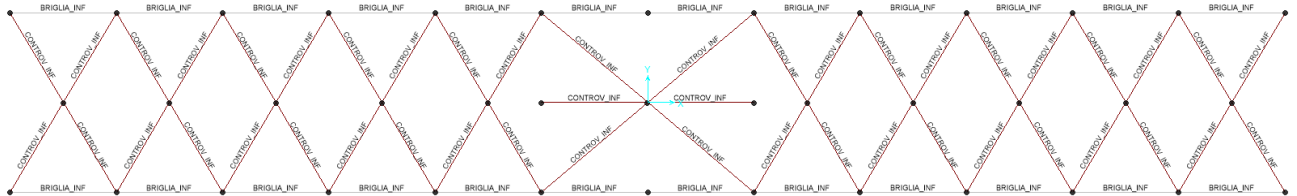


Section Name: MONTANTI

Properties

Cross-section (axial) area	0.0157	Section modulus about 3 axis	2.527E-03
Moment of Inertia about 3 axis	5.685E-04	Section modulus about 2 axis	4.864E-04
Moment of Inertia about 2 axis	6.567E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.826E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.438E-04
Shear area in 2 direction	5.400E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1902
Shear area in 3 direction	9.000E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0646
Torsional constant	1.605E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• CONTROVENTI INFERIORI



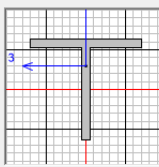
Section Name CONTROV_INF Display Color ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside stem (t3)	0.165
Outside flange (t2)	0.18
Flange thickness (tf)	0.015
Stem thickness (tw)	0.015

Section

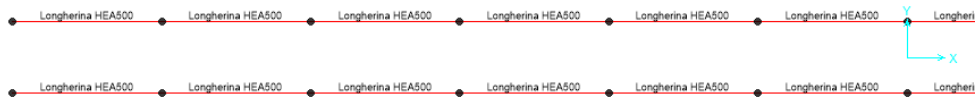


Section Name CONTROV_INF

Properties

Cross-section (axial) area	4.950E-03	Section modulus about 3 axis	1.052E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.262E-05	Section modulus about 2 axis	8.147E-05
Moment of Inertia about 2 axis	7.332E-06	Plastic modulus about 3 axis	1.887E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.299E-04
Shear area in 2 direction	2.475E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0505
Shear area in 3 direction	2.250E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0385
Torsional constant	3.629E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

• LONGHERINA



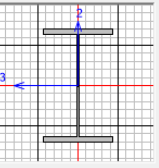
Section Name Longherina HEA500 Display Color ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside height (t3)	0.49
Top flange width (t2)	0.3
Top flange thickness (tf)	0.023
Web thickness (tw)	0.012
Bottom flange width (t2b)	0.3
Bottom flange thickness (tfb)	0.023

Section



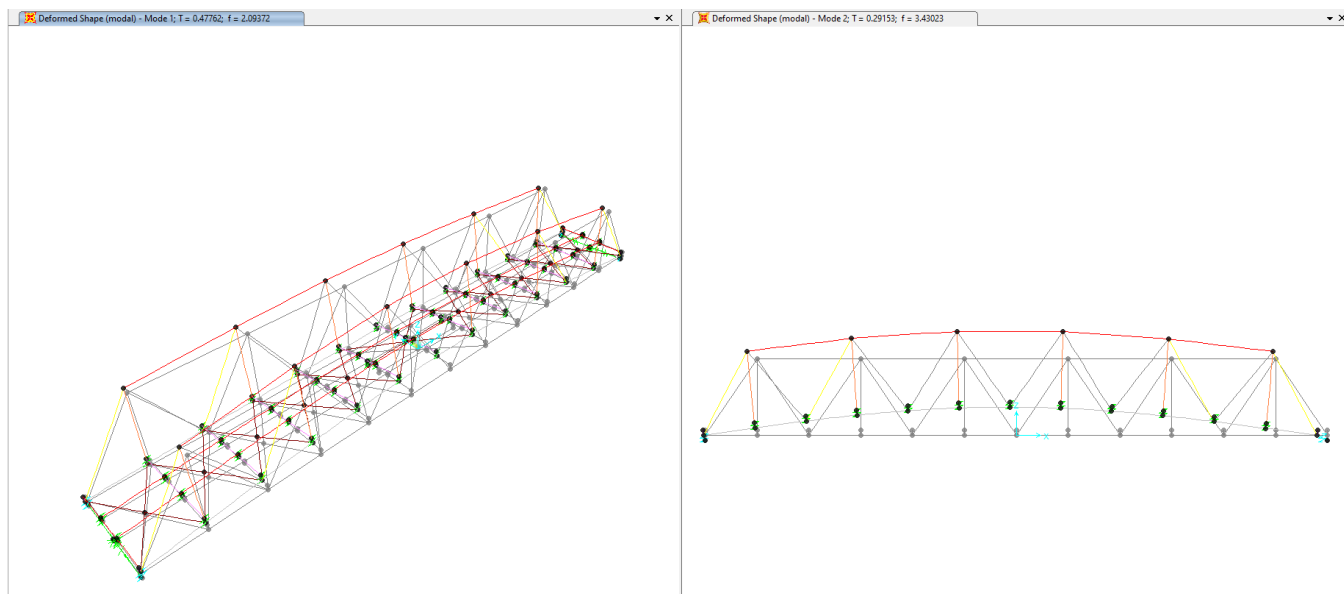
Section Name Longherina HEA500

Properties

Cross-section (axial) area	0.0191	Section modulus about 3 axis	3.431E-03
Moment of Inertia about 3 axis	8.405E-04	Section modulus about 2 axis	6.904E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.036E-04	Plastic modulus about 3 axis	3.814E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.051E-03
Shear area in 2 direction	5.880E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.2096
Shear area in 3 direction	0.0115	Radius of Gyration about 2 axis	0.0736
Torsional constant	2.567E-06	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

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=50, 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	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
modal	Mode	1	0.478	0.000	0.738	0.000	0.000	0.738	0.000	0.077	0.000	0.000	0.077	0.000	0.000
modal	Mode	2	0.292	0.092	0.000	0.716	0.092	0.738	0.716	0.000	0.000	0.000	0.077	0.000	0.000
modal	Mode	3	0.227	0.000	0.099	0.000	0.092	0.837	0.716	0.637	0.000	0.000	0.714	0.000	0.000
modal	Mode	4	0.205	0.000	0.000	0.000	0.092	0.837	0.716	0.001	0.000	0.599	0.715	0.000	0.599
modal	Mode	5	0.181	0.884	0.000	0.071	0.976	0.837	0.788	0.000	0.006	0.000	0.715	0.006	0.599
modal	Mode	6	0.140	0.000	0.056	0.000	0.976	0.893	0.788	0.018	0.000	0.000	0.733	0.006	0.599
modal	Mode	7	0.137	0.000	0.000	0.000	0.976	0.893	0.788	0.000	0.000	0.000	0.733	0.006	0.599
modal	Mode	8	0.131	0.000	0.000	0.000	0.976	0.893	0.788	0.000	0.006	0.000	0.733	0.012	0.599
modal	Mode	9	0.123	0.000	0.000	0.000	0.976	0.893	0.788	0.000	0.000	0.047	0.733	0.012	0.646
modal	Mode	10	0.121	0.000	0.000	0.000	0.976	0.893	0.788	0.000	0.000	0.000	0.733	0.012	0.646
modal	Mode	11	0.120	0.001	0.000	0.000	0.977	0.893	0.788	0.000	0.042	0.000	0.733	0.053	0.646
modal	Mode	12	0.119	0.000	0.000	0.001	0.977	0.893	0.789	0.000	0.000	0.000	0.733	0.053	0.646
modal	Mode	13	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.789	0.000	0.001	0.000	0.733	0.055	0.646
modal	Mode	14	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.789	0.000	0.000	0.000	0.733	0.055	0.646
modal	Mode	15	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.000	0.733	0.055	0.646
modal	Mode	16	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.000	0.733	0.055	0.646
modal	Mode	17	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.000	0.733	0.055	0.646
modal	Mode	18	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.000	0.733	0.056	0.646
modal	Mode	19	0.119	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.000	0.733	0.056	0.646
modal	Mode	20	0.116	0.000	0.000	0.000	0.977	0.893	0.790	0.000	0.000	0.085	0.733	0.056	0.731

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]*:

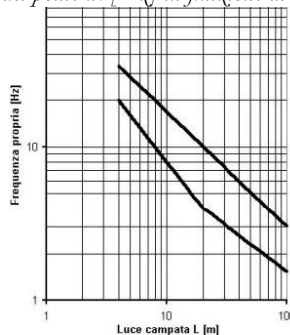


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie n_0 in Hz in funzione della luce della campata

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

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

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

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

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

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

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

Luce campata	L	37.68	m
Freccia in mezzeria dovuta a carichi permanenti	δ_0	19.3	mm
prima frequenza naturale <i>flessionale</i> del ponte	n_0	4.04	Hz

Limite superiore della frequenza flessionale	n_0	6.27	Hz
Limite inferiore della frequenza flessionale	n_0	2.75	Hz

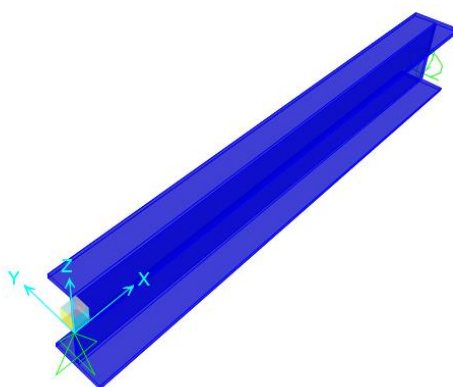
La frequenza n_0 risulta compresa tra i limiti del fuso. Non risulta pertanto necessaria l'analisi dinamica della struttura in oggetto.

6 VERIFICHE SLU

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

6.1 LONGHERINA

È stato realizzato il modello di calcolo del singolo elemento (HEA500) avente luce di calcolo pari a 3.14m per effettuare le verifiche allo stato limite ultimo e a fatica delle longherine.



Si riportano in Figura 4 i Load Pattern applicati all'elemento frame, che verranno poi amplificati nella definizione del Load Case delle intensità riportate in Tabella 1:

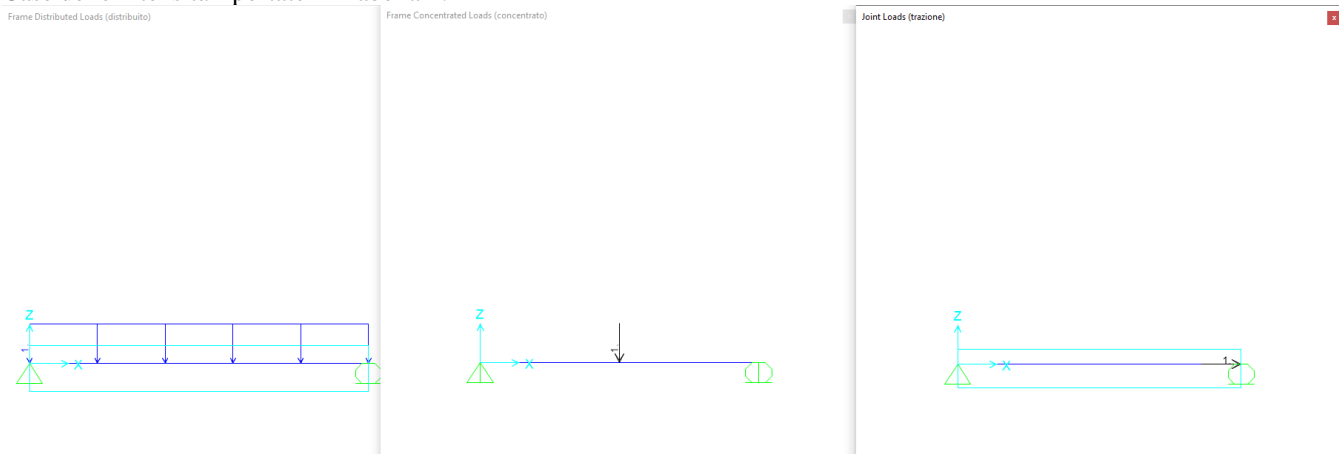


Figura 4: Load Pattern - Longherina

Tabella 1: Load Case - Longherina

Carico	Sigla	Load Case				
		Distribuito (dir.Z)	Distribuito (dir.Y)	Concentrato (dir. Z)	Concentrato (dir. Y)	Trazione
-	-	kN/m	kN/m	kN	kN	kN
Peso Proprio	G1	1.8				
Armamento	G2	2.0				
LM71 (distribuito)	Q1	44				
LM71 (concentrato)	Q1			137.5		
Serpeggio	S				50	
Vento	Q5	13.2	5.0			
Trazione Effetti Globali	N _{SLU}					1224

La trazione massima dell'effetto globale, valore già amplificato sul modello globale, del coefficiente di combinazione. Le sollecitazioni dovute dal treno di carico LM71, saranno moltiplicate per un coefficiente di incremento dinamico $\phi_3=1.678$ per effetti locali.

Per il dimensionamento delle longherine sono state seguite le seguenti combinazioni:

$$SLU+N_{SLU}: 1.35 G1 + 1.5 G2 + 1.45 Q1 + 1.45 S + 0.9 Q5 + 1 N_{SLU}$$

$$SLU: 1.35 G1 + 1.5 G2 + 1.45 Q1 + 1.45 S + 0.9 Q5$$

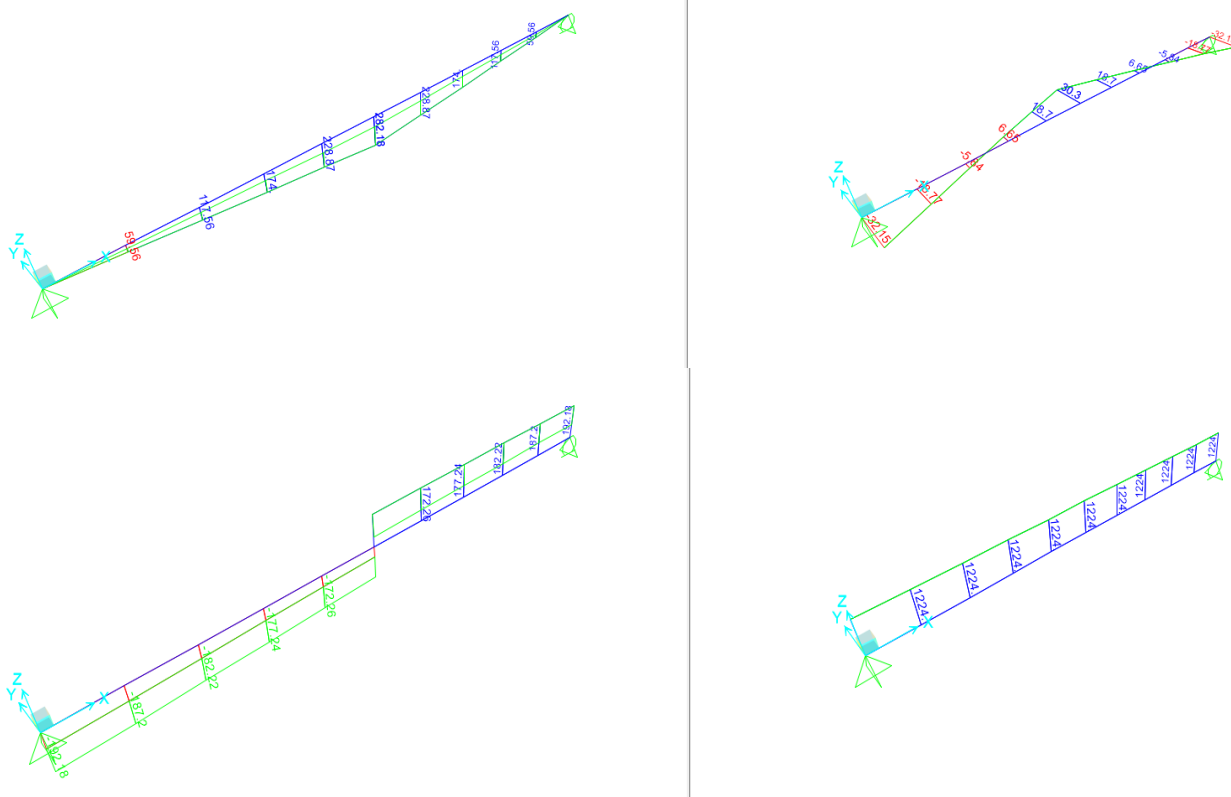


Figura 5: Momento flettente verticale, Momento flettente nel piano, Sforzo di taglio, Sforzo Assiale in combinazione SLU

Per la verifica a FATICA si considerano solo le sollecitazioni dovute dal treno di carico LM71, con coefficiente di incremento dinamico ϕ_2 .

6.1.1 Verifica di resistenza e di instabilità

Si riporta di seguito la verifica eseguita sulla longherina in SAP2000 [kN,m,C].

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 4 X Mid: 1.570 Combo: SLU Design Type: Beam
Length: 3.140 Y Mid: 0.000 Shape: LONGHERINA HEA500 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3.140 Z Mid: 0.000 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.00 GammaM1=1.00 GammaM2=1.25
An/Ag=1.00 RLLF=1.000 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.019 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.019 Iyy=8.405E-04 iyy=0.210 Wel,yy=0.003 Weff,yy=0.003
It=2.567E-06 Izz=1.036E-04 izz=0.074 Wel,zz=6.904E-04 Weff,zz=6.904E-04
Iw=5.647E-06 Iyz=0.000 h=0.490 Wpl,yy=0.004 Av,y=0.014
E=210000000.0 fy=355000.000 fu=510000.000 Wpl,zz=0.001 Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.140	0.000	0.000	-32.154	78.412	43.315	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.290 = 0.000 + 0.225 + 0.065 < 0.950 OK
= NED/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	0.000	6790.440	6790.440				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	6790.440	7023.802	28249.717	28249.717	1.000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.340	176693.301	0.196	0.519	1.000	6790.440
MajorB (y-y)	b	0.340	176693.301	0.196	0.519	1.000	6790.440
Minor (z-z)	c	0.490	21770.494	0.558	0.744	0.810	5498.270
MinorB (z-z)	c	0.490	21770.494	0.558	0.744	0.810	5498.270
Torsional TF	c	0.490	28249.717	0.490	0.691	0.848	5761.086

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mm,Ed	Meq,Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	0.000	282.175	0.000	211.631
Minor (z-z)	-32.154	-32.154	-32.154	-32.154

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd			
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity			
Major (y-y)	1353.866	1353.866	1353.866	1254.330			
Minor (z-z)	373.099	373.099	373.099				
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c	0.490	0.434	0.652	0.926	1.302	7174.075
		kyy	kzy	kzy	kzz		
Factors		0.900	0.452	1.000	0.754		

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	192.183	0.000	1092.023	0.176	OK
Minor (y)	43.315	0.000	2828.438	0.015	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	1092.023	1.000	0.500		

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	192.183	192.183

6.1.2 Verifiche a Fatica

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.

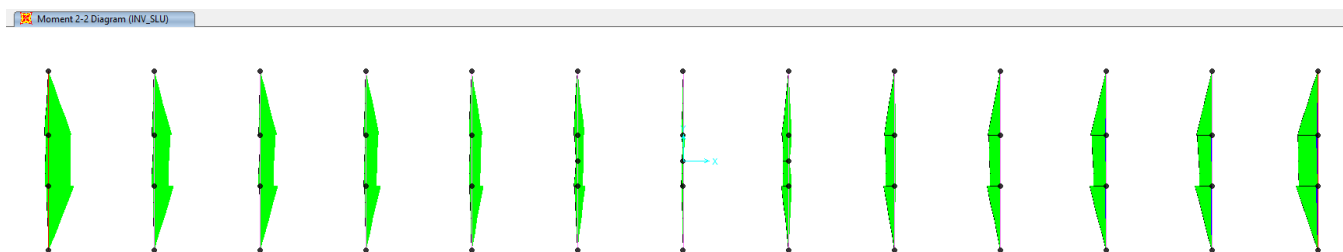
VERIFICA A FATICA DEL PROFILO					
Longherina - verifica del profilo in mezzera					
γ_{Mf}	-				1.35
$\Delta\sigma_C$	N/mm ²				125
t	mm				23
k_s	-				1
$k_s \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}$	N/mm ²				93
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1.02	λ_1	-	0.64
λ_2	-	1.00	λ_2	-	1.00
λ_3	-	1.00	λ_3	-	1.00
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	56.84	$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	26.34
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	57.97	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	16.85
Verifica Soddisfatta					
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	+	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$		N/mm ²	74.83

LONGHERINA		
Caratteristiche del profilo		
A_{NETTA}	m ²	0.0153
$W_{x,NETTA}$	m ³	0.0027
$W_{y,NETTA}$	m ³	0.0006
Tensioni - LM71		
N	kN	403
M_x	kNm	156
σ_N	N/mm ²	26.34
σ_{Mx}	N/mm ²	56.84
σ_{tot}	N/mm ²	83.17

La verifica risulta soddisfatta.

6.2 TRAVERSI

Di seguito le sollecitazioni nel piano ricavate dal modello globale con applicazione di tutti i carichi combinati allo SLU, si evince che i traverzi 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 6 i Load Pattern applicati all'elemento frame, che verranno poi amplificati nella definizione del Load Case delle intensità riportate in Tabella 2:

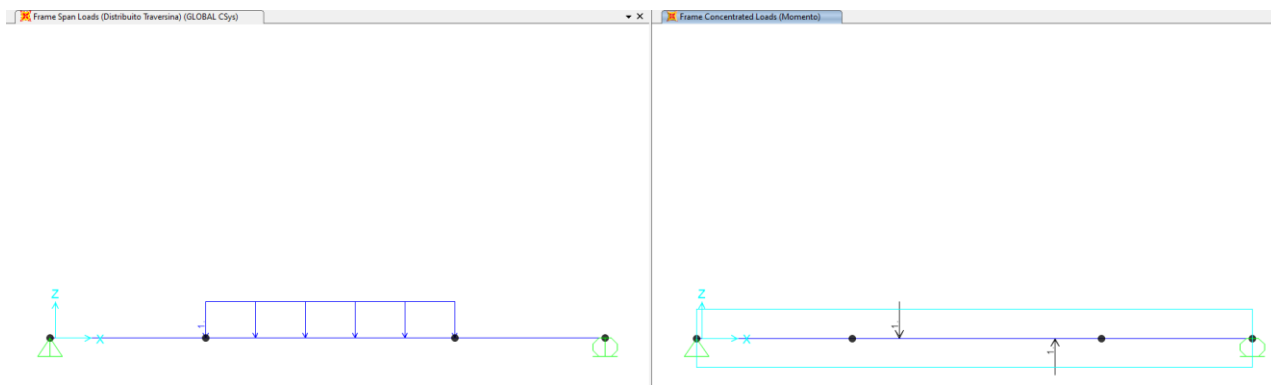


Figura 6: Load Pattern - Traverso

Tabella 2: Load Case – Traverso

Carico	Sigla	Load Case		
		Distribuito	Distribuito (Traversina)	Momento
-	-	kN/m	kN/m	kN
Peso Proprio (testata)	G1	6.0		
Armamento (testata)	G2		2.65	
Modello Treno	Q1		Qeq	
Vento	Q5			13.2

Carico	Sigla	Load Case		
		Distribuito	Distribuito (Traversina)	Momento
-	-	kN/m	kN/m	kN
Peso Proprio (corrente)	G1	4.9		
Armamento (corrente)	G2		5.3	
Modello Treno	Q1		Qeq	
Vento	Q5			13.2

Per il carico equivalente "Q_{eq}" 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 + 0.9 Q5

- Q_{treno} Carico equivalente per momento flettente [ALLEGATO 3 del MdP]
- ϕ_i Coefficiente incremento dinamico
- L_{inf} Lunghezza di influenza su traverso
- L_{t inf} Larghezza traversina
- Q_{eq} Carico equivalente sulla trave appoggiata

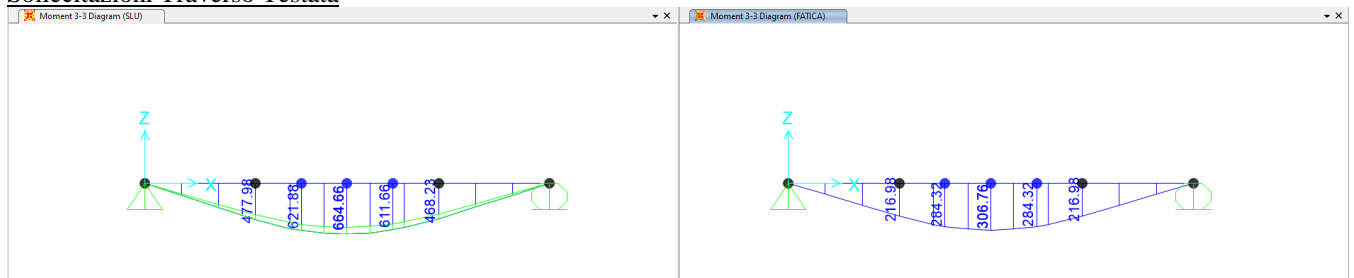
Tr. Tipo	Punti di categoria A					
	LM71 x 1,1		SW0 x 1,1		SW2 x 1,0	
Port. t (m)	FLET.	TAGL.	FLET.	TAGL.	FLET.	TAGL.
3,00	20,36	27,40	14,92	14,92	15,30	15,30
4,00	19,62	25,23	14,92	14,92	15,30	15,30
5,00	19,29	23,32	14,92	14,92	15,30	15,30
6,00	18,27	22,47	14,92	14,92	15,30	15,30
7,00	18,04	21,42	14,92	14,92	15,30	15,30
8,00	17,62	20,43	14,92	14,92	15,30	15,30
9,00	17,14	19,56	14,92	14,92	15,30	15,30
10,0	16,68	18,62	14,92	14,92	15,30	15,30
11,0	16,24	17,96	14,92	14,92	15,30	15,30
12,0	15,84	17,38	14,92	14,92	15,30	15,30
13,0	15,47	16,86	14,92	14,92	15,30	15,30
14,0	15,13	16,40	14,92	14,92	15,30	15,30
15,0	14,82	15,99	14,92	14,92	15,30	15,30
16,0	14,53	15,62	14,86	14,86	15,30	15,30
17,0	14,28	15,36	14,71	14,71	15,30	15,30
18,0	14,04	15,06	14,50	14,50	15,30	15,30
19,0	13,83	14,78	14,26	14,26	15,30	15,30
20,0	13,63	14,52	13,98	13,98	15,30	15,30
21,0	13,44	14,29	13,70	13,72	15,30	15,30
22,0	13,27	14,06	13,41	13,50	15,30	15,30
23,0	13,11	13,87	13,11	13,32	15,30	15,30
24,0	12,96	13,68	12,82	13,18	15,30	15,30
25,0	12,83	13,51	12,53	13,06	15,30	15,30
26,0	12,69	13,35	12,25	12,97	15,28	15,28
27,0	12,57	13,20	12,02	12,89	15,22	15,22
28,0	12,46	13,06	11,84	12,83	15,12	15,12
29,0	12,35	12,93	11,68	12,78	15,01	15,01
30,0	12,25	12,82	11,56	12,75	14,88	14,88
31,0	12,16	12,69	11,45	12,72	14,73	14,73
32,0	12,07	12,59	11,37	12,71	14,57	14,57
33,0	11,98	12,48	11,32	12,68	14,40	14,41
34,0	11,90	12,39	11,28	12,68	14,23	14,28
35,0	11,83	12,30	11,24	12,67	14,05	14,16
36,0	11,76	12,21	11,21	12,67	13,87	13,99
37,0	11,68	12,13	11,19	12,65	13,69	13,97
38,0	11,62	12,05	11,19	12,62	13,51	13,89
39,0	11,56	11,98	11,18	12,60	13,32	13,80
40,0	11,50	11,91	11,18	12,51	13,16	13,76
45,0	11,23	11,59	11,02	12,09	12,58	13,56
50,0	11,02	11,35	10,70	11,58	12,28	13,46
55,0	10,85	11,13	10,32	11,06	12,14	13,42
60,0	10,70	10,97	9,91	10,53	12,08	13,39
70,0	10,46	10,68	9,10	9,56	11,95	12,96
80,0	10,29	10,46	8,36	8,72	11,53	12,31
90,0	10,14	10,30	7,71	8,00	10,99	11,62

Sollecitazioni allo SLU						
	Q _{treno}	ϕ _i	L _{inf}	L _{t inf}	Q _{eq}	
	kN/m	-	m	m	kN/m	
Intermedio	LM71	114.18	1.58	3.14	2.4	236.0
	SW2	133.10	1.58	3.14	2.4	275.1
Testata	LM71	114.18	2.00	1.57	2.4	149.4
	SW2	133.10	2.00	1.57	2.4	174.1

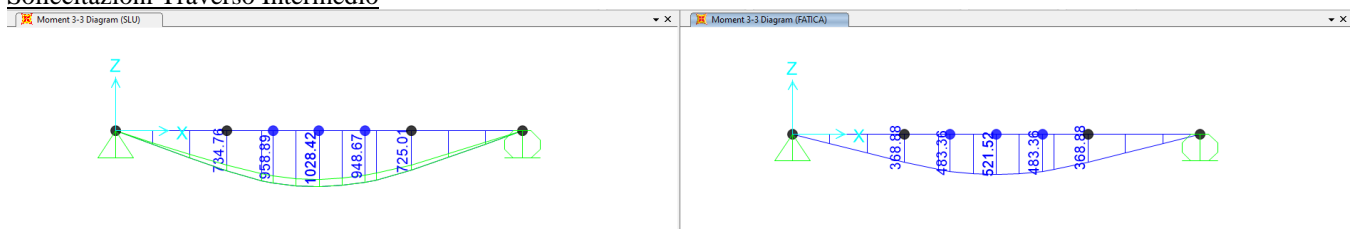
Sollecitazioni a FATICA						
	Q _{treno}	ϕ _i	L _{inf}	L _{t inf}	Q _{eq}	
	kN/m	-	m	m	kN/m	
Intermedio	LM71	114.18	1.42	3.14	2.4	212.1
	SW2	133.10	1.42	3.14	2.4	247.3
Testata	LM71	114.18	1.67	1.57	2.4	124.7
	SW2	133.10	1.67	1.57	2.4	145.4

Per la verifica a fatica si considerano gli effetti globali e locali indotti solo dai carichi del modello LM71 premoltiplicati con coefficienti dinamici Φ₂.

Sollecitazioni Traverso Testata



Sollecitazioni Traverso Intermedio



6.2.1 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.

TRAVERSO DI TESTATA		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m^2	0.064
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.011
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.053
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.019
$W_{y,NETTA}$	m^3	0.005
<i>Locali</i>		
M_x	kNm	596
T_y	kN	202
σ_{Mx}	N/mm ²	31.11
τ_y	N/mm ²	18.57
$\sigma_{ID_ (ANIMA-PIATT.)}$	N/mm ²	44.74

TRAVERSO INTERMEDIO		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m^2	0.051
$A_{anima,NETTA}$	m^2	0.011
$A_{ali,NETTA}$	m^2	0.040
$W_{x,NETTA}$	m^3	0.015
$W_{y,NETTA}$	m^3	0.004
<i>Locali</i>		
M_x	kNm	909
T_y	kN	311
σ_{Mx}	N/mm ²	59.34
τ_y	N/mm ²	27.38
$\sigma_{ID_ (ANIMA-PIATT.)}$	N/mm ²	75.96

<i>Globali</i>		
N	kN	794
M_y	kNm	680
T_x	kN	360
σ_N	N/mm ²	12.47
σ_{My}	N/mm ²	140.45
τ_x	N/mm ²	6.82

<i>Globali</i>		
N	kN	315
M_y	kNm	518
T_x	kN	274
σ_N	N/mm ²	6.18
σ_{My}	N/mm ²	142.64
τ_x	N/mm ²	6.92

σ_{TOT}	N/mm ²	184.03
$\sigma_{ID_ (BORDO ALA)}$	N/mm ²	184.41
γ_{M0}	-	1.05
f_{yk}	N/mm ²	355
f_{yd}	N/mm ²	338.10
Verifica	verificato	

σ_{TOT}	N/mm ²	208.16
$\sigma_{ID_ (BORDO ALA)}$	N/mm ²	208.51
γ_{M0}	-	1.05
f_{yk}	N/mm ²	355
f_{yd}	N/mm ²	338.10
Verifica	verificato	

La verifica risulta soddisfatta.

6.2.2 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					
Traversi - verifica del profilo forato - TRAVERSO TESTATA					
γ_{Mf}		-			1.35
$\Delta\sigma_c$		N/mm ²			90
t		mm			60
k_s		-			0.80
$k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$		N/mm ²			54
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	1.15	λ_1	-	0.63
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	-	1.15	λ	-	0.63
$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	14.20	$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	26.88
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	16.33	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	16.94
Verifica Soddisfatta					
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	+	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²		33.26

TRAVERSO DI TESTATA		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	0.064
$W_{x,NETTA}$	m ³	0.019
$W_{y,NETTA}$	m ³	0.005
Tensioni - LM71		
N	kN	147
M_x	kNm	272
M_y	kNm	119
σ_N	N/mm ²	2.30
σ_{Mx}	N/mm ²	14.20
σ_{My}	N/mm ²	24.58
σ_{tot}	N/mm ²	41.08

VERIFICA A FATICA DEL PROFILO BULLONATO					
Traversi - verifica del profilo forato - TRAVERSO INTERMEDIO					
γ_{Mf}		-			1.35
$\Delta\sigma_c$		N/mm ²			90
t		mm			45
k_s		-			0.86
$k_s \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$		N/mm ²			58
EFFETTI LOCALI			EFFETTI GLOBALI		
λ_1	-	0.84	λ_1	-	0.63
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	-	0.84	λ	-	0.63
$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	30.10	$\phi_2 \Delta\sigma_{Ed}$	N/mm ²	42.77
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	N/mm ²	25.28	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²	26.95
Verifica Soddisfatta					
$\lambda_{loc} \phi_{2,loc} \Delta\sigma_{Ed,loc}$	+	$\lambda_{glo} \phi_{2,glo} \Delta\sigma_{Ed,glo}$	N/mm ²		52.23

TRAVERSO INTERMEDIO		
Caratteristiche del profilo forato		
A_{NETTA}	m ²	0.051
$W_{x,NETTA}$	m ³	0.015
$W_{y,NETTA}$	m ³	0.004
Tensioni - LM71		
N	kN	201
M_x	kNm	461
M_y	kNm	141
σ_N	N/mm ²	3.94
σ_{Mx}	N/mm ²	30.10
σ_{My}	N/mm ²	38.83
σ_{tot}	N/mm ²	72.87

6.3 TRAVI PRINCIPALI E CONTROVENTI

6.3.1 Verifiche di resistenza e di instabilità – SLU

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:

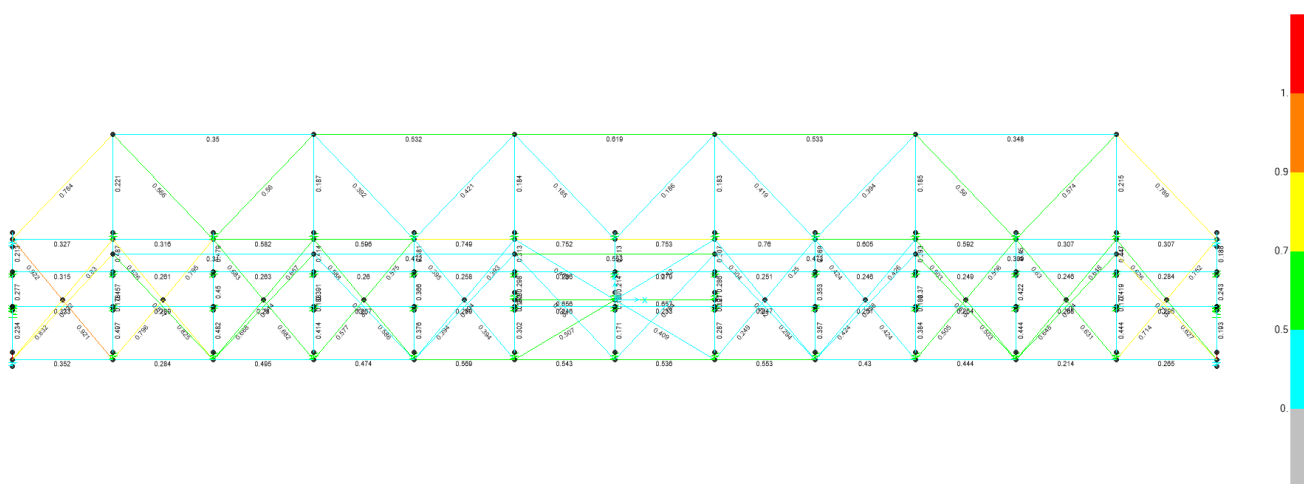


Figura 7_ Verifica di resistenza valida per elementi di parete e controventi (modello globale)

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
132	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.732	PMM	INV_SLU
133	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.517	PMM	INV_SLU
137	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.514	PMM	INV_SLU
138	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.356	PMM	INV_SLU
142	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.404	PMM	INV_SLU
143	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.185	PMM	INV_SLU
147	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.184	PMM	INV_SLU
148	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.402	PMM	INV_SLU
152	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.358	PMM	INV_SLU
153	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.515	PMM	INV_SLU
157	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.524	PMM	INV_SLU
158	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.735	PMM	INV_SLU
163	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.784	PMM	INV_SLU
164	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.566	PMM	INV_SLU
167	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.560	PMM	INV_SLU
168	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.392	PMM	INV_SLU
171	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.421	PMM	INV_SLU
172	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.185	PMM	INV_SLU
175	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.186	PMM	INV_SLU
176	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.419	PMM	INV_SLU
179	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.394	PMM	INV_SLU
180	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.560	PMM	INV_SLU
183	DIAGONALE_1	Brace	No Messages	0.574	PMM	INV_SLU

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 37 di 57

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
184	DIAGONALE_0	Brace	No Messages	0.789	PMM	INV_SLU
208	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.656	PMM	INV_SLU
209	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.657	PMM	INV_SLU
210	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.922	PMM	INV_SISMA
211	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.921	PMM	INV_SISMA
212	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.832	PMM	INV_SISMA
213	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.830	PMM	INV_SISMA
214	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.826	PMM	INV_SISMA
215	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.825	PMM	INV_SISMA
216	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.796	PMM	INV_SISMA
217	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.795	PMM	INV_SISMA
218	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.683	PMM	INV_SISMA
219	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.682	PMM	INV_SISMA
220	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.668	PMM	INV_SISMA
221	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.667	PMM	INV_SISMA
222	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.588	PMM	INV_SISMA
223	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.586	PMM	INV_SISMA
224	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.577	PMM	INV_SISMA
225	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.575	PMM	INV_SISMA
226	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.395	PMM	INV_SISMA
227	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.394	PMM	INV_SISMA
228	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.394	PMM	INV_SISMA
229	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.393	PMM	INV_SISMA
230	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.304	PMM	INV_SLU
231	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.294	PMM	INV_SLU
232	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.249	PMM	INV_SISMA
233	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.250	PMM	INV_SLU
234	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.424	PMM	INV_SISMA
235	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.424	PMM	INV_SISMA
236	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.424	PMM	INV_SISMA
237	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.426	PMM	INV_SISMA
238	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.503	PMM	INV_SISMA
239	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.503	PMM	INV_SISMA
240	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.505	PMM	INV_SISMA
241	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.506	PMM	INV_SISMA
242	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.630	PMM	INV_SISMA
243	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.631	PMM	INV_SISMA
244	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.648	PMM	INV_SISMA
245	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.648	PMM	INV_SISMA
246	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.626	PMM	INV_SISMA
247	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.627	PMM	INV_SISMA
248	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.714	PMM	INV_SISMA
249	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.752	PMM	INV_SISMA
16	MONTANTI	Column	No Messages	0.178	PMM	INV_SLU
17	MONTANTI	Column	No Messages	0.188	PMM	INV_SLU
18	MONTANTI	Column	No Messages	0.192	PMM	INV_SLU
19	MONTANTI	Column	No Messages	0.191	PMM	INV_SLU
21	MONTANTI	Column	No Messages	0.188	PMM	INV_SLU
22	MONTANTI	Column	No Messages	0.177	PMM	INV_SLU
23	MONTANTI	Column	No Messages	0.221	PMM	INV_SLU
24	MONTANTI	Column	No Messages	0.187	PMM	INV_SLU
25	MONTANTI	Column	No Messages	0.184	PMM	INV_SLU
26	MONTANTI	Column	No Messages	0.183	PMM	INV_SLU

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 38 di 57

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
27	MONTANTI	Column	No Messages	0.185	PMM	INV_SLU
28	MONTANTI	Column	No Messages	0.215	PMM	INV_SLU
29	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.284	PMM	INV_SLU
30	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.352	PMM	INV_SLU
31	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.474	PMM	INV_SLU
32	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.495	PMM	INV_SLU
33	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.543	PMM	INV_SLU
34	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.569	PMM	INV_SLU
35	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.553	PMM	INV_SLU
36	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.536	PMM	INV_SLU
37	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.444	PMM	INV_SLU
38	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.430	PMM	INV_SLU
39	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.265	PMM	INV_SLU
40	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.214	PMM	INV_SLU
41	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.316	PMM	INV_SLU
42	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.327	PMM	INV_SLU
43	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.596	PMM	INV_SLU
44	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.582	PMM	INV_SLU
45	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.752	PMM	INV_SLU
46	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.749	PMM	INV_SLU
47	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.760	PMM	INV_SLU
48	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.753	PMM	INV_SLU
49	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.592	PMM	INV_SLU
50	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.605	PMM	INV_SLU
51	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.307	PMM	INV_SLU
52	BRIGLIA_INF	Beam	No Messages	0.307	PMM	INV_SLU
1	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.350	PMM	INV_SLU
2	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.532	PMM	INV_SLU
3	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.619	PMM	INV_SLU
4	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.533	PMM	INV_SLU
5	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.348	PMM	INV_SLU
6	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.310	PMM	INV_SLU
7	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.472	PMM	INV_SLU
8	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.553	PMM	INV_SLU
9	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.473	PMM	INV_SLU
10	BRIGLIA_SUP	Beam	No Messages	0.309	PMM	INV_SLU
11	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.403	PMM	INV_SLU
12	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.409	PMM	INV_SLU
13	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.507	PMM	INV_SLU
14	CONTROV_INF	Beam	No Messages	0.420	PMM	INV_SLU

6.3.2 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:

Moment 3-3 Diagram (FATICA)

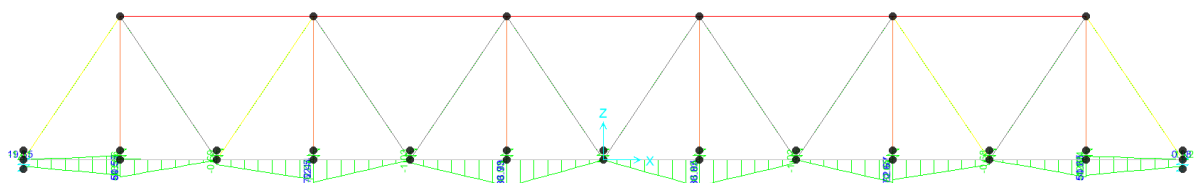


Figura 8_Sollecitazioni flettenti FATICA

Axial Force Diagram (FATICA)

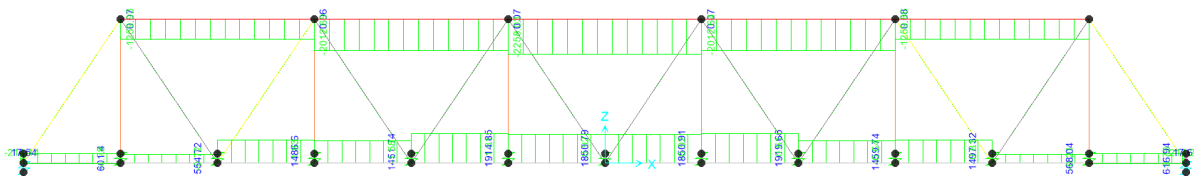


Figura 9_Sforzo assiale FATICA

Elemento	L_d m	ϕ_2 -	$P_{Qfatica}$ kN	P kN	$M_{Qfatica}$ kN	M kN
Diag. 0	15.07	1.33	-1230	-1639	36	48
Diag. 1	37.68	1.17	1044	1220	29	34
Montante	37.68	1.17	265	310	22	26
Briglia Inf	37.68	1.17	1850	2162	86	101
Briglia Sup	37.68	1.17	-2258	-2639	0	0
Controventi	37.68	1.17	128	150	0	0
Elem. Long	9.42	1.45	37	54	0	0

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

SEZIONE GIUNTO BULLONATO												
Elemento	s_{max} mm	k_s -	λ -	γ_{Mf} -	Area mm ²	Area netta mm ²	P kN	σ_N MPa	$\Delta\sigma_c$ MPa	σ_{Ed} MPa	σ_{lim} MPa	Test $\sigma_{Ed} < \sigma_{lim}$
Diag. 0	25	1.00	0.76	1.35	0.028	0.022	-1639	-73	90	56	67	verificato
Diag. 1	20	1.00	0.63	1.35	0.022	0.018	1220	69	90	43	67	verificato
Montante	20	1.00	0.63	1.35	0.016	0.013	310	25	90	16	67	verificato
Briglia Inf	35	0.92	0.63	1.35	0.047	0.037	2162	58	90	36	61	verificato
Briglia Sup	35	0.92	0.63	1.35	0.048	0.038	-2639	-69	90	43	61	verificato
Controventi	15	1.00	0.63	1.35	0.005	0.004	150	38	90	24	67	verificato
Elem. Long	15	1.00	0.86	1.35	0.005	0.004	54	14	90	12	67	verificato

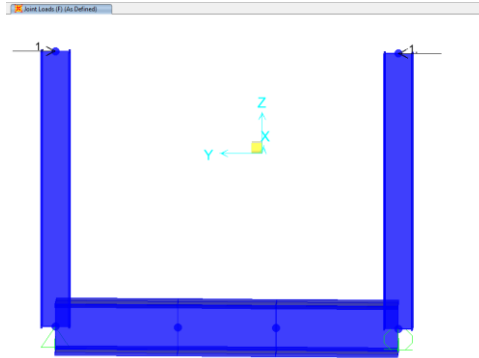
SEZIONE GIUNTO BULLONATO												
Elemento	λ -	I m ⁴	W m ³	P kN	M kNm	σ_N MPa	σ_M MPa	σ MPa	$\Delta\sigma_c$ MPa	σ_{Ed} MPa	σ_{lim} MPa	Test $\sigma_{Ed} < \sigma_{lim}$
Diag. 0	0.76	1.0E-03	4.5E-03	-1639	48	-59	11	69	125	53	93	verificato
Diag. 1	0.63	8.3E-04	3.7E-03	1220	34	55	9	64	125	41	93	verificato
Montante	0.63	5.7E-04	2.5E-03	310	26	20	10	30	125	19	93	verificato
Briglia Inf	0.63	1.6E-03	1.1E-02	2162	101	46	9	56	125	35	85	verificato
Briglia Sup	0.63	2.1E-03	1.2E-02	-2639	0	-55	0	55	125	35	85	verificato
Controventi	0.63	1.3E-05	2.6E-04	150	0	30	0	30	125	19	93	verificato
Elem. Long	0.86	1.3E-05	2.6E-04	54	0	11	0	11	125	9	93	verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

6.3.3 Verifica stabilità briglia superiore

La stabilità trasversale della briglia superiore è garantita dal controventamento prodotto dai telai ad U disposti ad interasse 6.28 m.

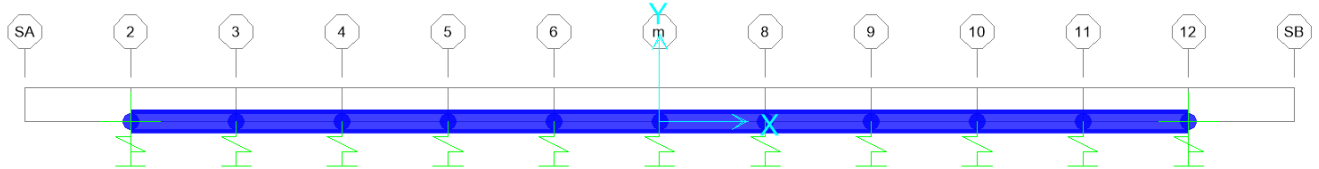
La rigidità di tali elementi è stata valutata mediante modellazione agli elementi finiti del telaio ed applicando forze unitarie come mostrato in figura:



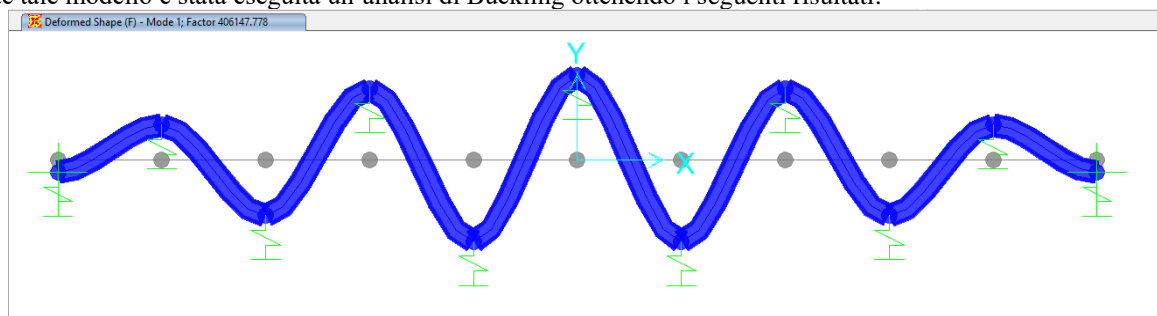
Si ottiene una rigidità elastica del montate di:

$K = 1.4$ e 4 KN/m (telaio di estremità)

Successivamente, è stata modellata la briglia superiore di trave soggetta a carico assiale unitario e controventata lateralmente dalle molle definite come sopra, disposte in corrispondenza di ciascun telaio.



Mediante tale modello è stata eseguita un'analisi di Buckling ottenendo i seguenti risultati:



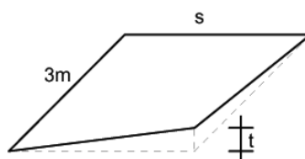
N_{cr}	406147	kN
A	480	cm^2
f_{yk}	355	N/mm^2
λ	0.20	-
α	0.49	
ϕ	0.52	
χ	0.998	
$N_{b,rd}$	16998	kN
N_{ed}	8155	kN
$N_{b,rd}/N_{ed}$	2.08	-

La verifica è soddisfatta

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	3140	mm
Differenza Trasversale	ϕ	
Differenza Longitudinale	$\Delta\phi$	

Posizione	$\delta v(A)$	$\delta v(B)$	ϕ	$\Delta\phi$	t (3.14m)	t (3.00m)
-	mm	mm	mm/mm	mm/mm	mm	mm
Spalla A	-0.974	-0.970	0.000003	-	-	-
2	-7.214	-7.121	0.00006	0.00006	0.089	0.085
3	-12.398	-12.226	0.00011	0.00005	0.079	0.075
4	-17.152	-16.904	0.00017	0.00005	0.076	0.073
5	-20.569	-20.268	0.00020	0.00004	0.053	0.051
6	-23.020	-22.678	0.00023	0.00003	0.041	0.039
7	-23.618	-23.267	0.00023	0.00001	0.009	0.009
8	-23.021	-22.676	0.00023	0.00000	0.006	0.006
9	-20.572	-20.265	0.00020	0.00003	0.038	0.036
10	-17.156	-16.901	0.00017	0.00003	0.052	0.050
11	-12.401	-12.222	0.00012	0.00005	0.076	0.073
12	-7.216	-7.118	0.00007	0.00005	0.081	0.077
SPALLA B	-0.973	-0.969	0.00000	-	-	-

La verifica risulta soddisfatta.

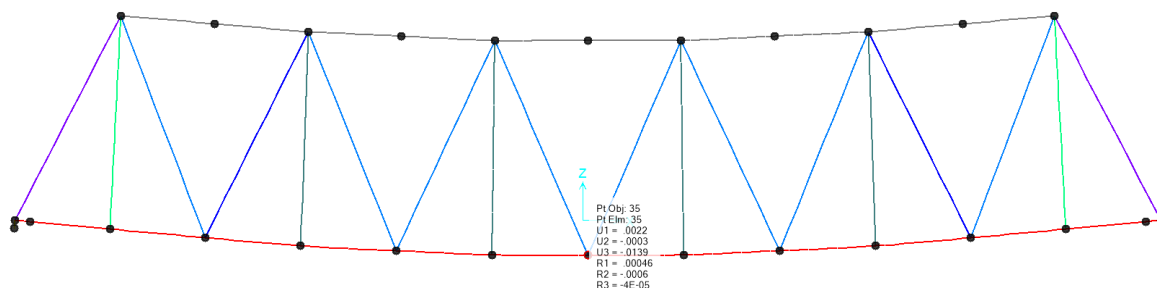
7.2 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano verticale

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 $13.9 < L/1000 = 37.68$ mm



Stati limite per il comfort dei passeggeri

$$\delta_v = 13.9 \text{ mm}$$

$$L / \delta_v = 37680 / 13.9 = 2710.8 > 1000$$

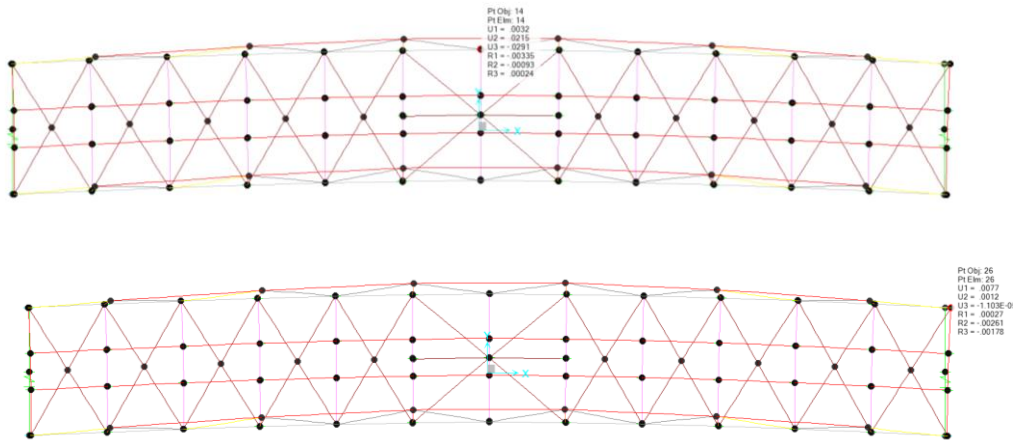
7.3 Verifiche dell'inflessione impalcato nel piano orizzontale

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



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

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

$\delta_h = 21.5 \text{ mm}$

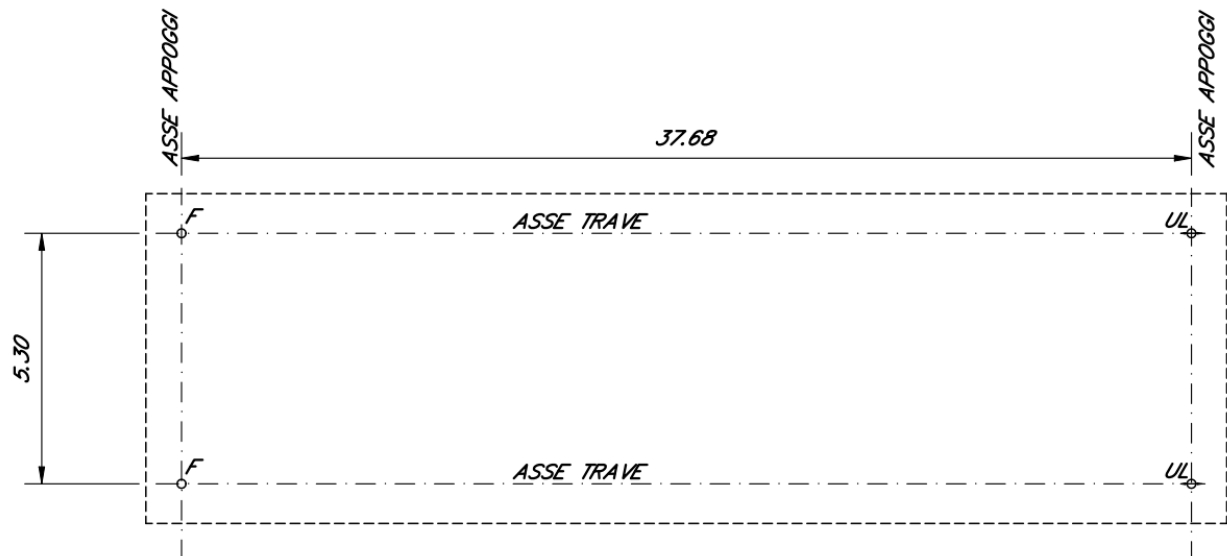
$R_2 = 0.00261 \text{ rad}$

RAGGIO MINIMO DI CURVATURA: $R = 8254 \text{ m} > 1700 \text{ m}$

VARIAZIONE ANGOLARE MASSIMA: $0.0026 \text{ rad} < 0.0035 \text{ rad}$

8 REAZIONI VINCOLARI

Lo schema dei vincoli della travata metallica è il seguente:



**LEGENDA APPARECCHI DI APPOGGIO
IN ACCIAIO TEFLON, SFERICI, DIELETTICI**

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

Figura 10. SCHEMA APPOGGI

Qui si riportano in riassunto le sollecitazioni e spostamenti degli appoggi:

APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE		
V (kN)	H _T (kN)	E _{L,L} (mm)
4100	1400	±110

APPOGGIO FISSO		
V (kN)	H _L (kN)	H _T (kN)
4100	1800	1400

GIUNTO
s (mm)
±100

VARCO
v (mm)
110

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

Riepilogo dei risultati:

FISSO 1		FISSO 2		UL 1		UL2	
Nmax	Hmax	Nmax	Hmax	Nmax	HTmax	Nmax	HTmax
kN	kN	kN	Kn	kN	kN	kN	kN
SLU02	SLU03	SLU03	SLU03-	SLU13-	SIS05	SLU03-	SIS05
4085	1671	3550	1648	4083	502	3552	502

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	-1796	-919	486	1039
F1	0	SLU01	Combination	Min	-4040	-1386	387	1439
F1	0	SLU02	Combination	Max	-1841	-919	486	1039
F1	0	SLU02	Combination	Min	-4085	-1386	387	1439
F1	0	SLU03	Combination	Max	-1761	-1217	337	1263
F1	0	SLU03	Combination	Min	-4001	-1649	273	1671
F1	0	SLU04	Combination	Max	-1761	-1217	337	1263
F1	0	SLU04	Combination	Min	-4001	-1649	273	1671
F1	0	SLU05	Combination	Max	-1886	-977	556	1124
F1	0	SLU05	Combination	Min	-3895	-1431	450	1500
F1	0	SLU06	Combination	Max	-1886	-977	556	1124
F1	0	SLU06	Combination	Min	-3895	-1431	450	1500
F1	0	SLU07	Combination	Max	-1782	-1135	371	1194
F1	0	SLU07	Combination	Min	-3786	-1548	305	1578
F1	0	SLU08	Combination	Max	-1782	-1135	371	1194
F1	0	SLU08	Combination	Min	-3786	-1548	305	1578
F1	0	SLU09	Combination	Max	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU09	Combination	Min	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU10	Combination	Max	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU10	Combination	Min	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU11	Combination	Max	-1805	-791	424	897
F1	0	SLU11	Combination	Min	-3601	-1165	344	1215
F1	0	SLU12	Combination	Max	-1741	-1030	304	1074
F1	0	SLU12	Combination	Min	-3533	-1375	253	1398
F1	0	SLU13	Combination	Max	-1841	-837	479	965
F1	0	SLU13	Combination	Min	-3449	-1201	395	1264
F1	0	SLU14	Combination	Max	-1758	-964	331	1019
F1	0	SLU14	Combination	Min	-3362	-1295	279	1324
F1	0	SLU15	Combination	Max	-1583	-125	77	147
F1	0	SLU15	Combination	Min	-1583	-125	77	147
F1	0	SISMA01	Combination	Max	-863	1448	172	1458
F1	0	SISMA01	Combination	Min	-1879	-1448	-172	1458
F1	0	SISMA02	Combination	Max	-905	1347	572	1464
F1	0	SISMA02	Combination	Min	-1837	-1347	-572	1464
F1	0	SISMA03	Combination	Max	-1076	763	172	783
F1	0	SISMA03	Combination	Min	-1666	-763	-172	783
F1	0	SISMA04	Combination	Max	-888	1267	213	1285
F1	0	SISMA04	Combination	Min	-1905	-1640	-141	1646
F1	0	SISMA05	Combination	Max	-930	1166	614	1317
F1	0	SISMA05	Combination	Min	-1863	-1538	-541	1631
F1	0	SISMA06	Combination	Max	-1101	582	213	620
F1	0	SISMA06	Combination	Min	-1692	-955	-141	965
F1	0	SLU01-	Combination	Max	-1784	38	486	488

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 46 di 57

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	Min	-4028	-430	387	578
F1	0	SLU02-	Combination	Max	-1829	38	486	488
F1	0	SLU02-	Combination	Min	-4074	-430	387	578
F1	0	SLU03-	Combination	Max	-1737	695	336	772
F1	0	SLU03-	Combination	Min	-3977	264	273	380
F1	0	SLU04-	Combination	Max	-1737	695	336	772
F1	0	SLU04-	Combination	Min	-3977	264	273	380
F1	0	SLU05-	Combination	Max	-1876	-177	556	584
F1	0	SLU05-	Combination	Min	-3886	-631	450	775
F1	0	SLU06-	Combination	Max	-1876	-177	556	584
F1	0	SLU06-	Combination	Min	-3886	-631	450	775
F1	0	SLU07-	Combination	Max	-1762	464	371	594
F1	0	SLU07-	Combination	Min	-3767	51	305	309
F1	0	SLU08-	Combination	Max	-1762	464	371	594
F1	0	SLU08-	Combination	Min	-3767	51	305	309
F1	0	SLU09-	Combination	Max	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU09-	Combination	Min	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU10-	Combination	Max	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU10-	Combination	Min	-1622	-208	128	245
F1	0	SLU11-	Combination	Max	-1796	-26	424	424
F1	0	SLU11-	Combination	Min	-3591	-400	344	527
F1	0	SLU12-	Combination	Max	-1722	500	304	585
F1	0	SLU12-	Combination	Min	-3514	155	253	297
F1	0	SLU13-	Combination	Max	-1834	-198	479	519
F1	0	SLU13-	Combination	Min	-3441	-561	395	686
F1	0	SLU14-	Combination	Max	-1742	316	331	458
F1	0	SLU14-	Combination	Min	-3346	-16	279	279
F1	0	SLU15-	Combination	Max	-1583	-125	77	147
F1	0	SLU15-	Combination	Min	-1583	-125	77	147
F1	0	SISMA07	Combination	Max	-563	1448	172	1458
F1	0	SISMA07	Combination	Min	-1579	-1448	-172	1458
F1	0	SISMA08	Combination	Max	-605	1347	572	1464
F1	0	SISMA08	Combination	Min	-1537	-1347	-572	1464
F1	0	SISMA09	Combination	Max	-776	763	172	783
F1	0	SISMA09	Combination	Min	-1366	-763	-172	783
F2	0	SLU01	Combination	Max	-1169	430	486	649
F2	0	SLU01	Combination	Min	-3413	-38	387	388
F2	0	SLU02	Combination	Max	-1214	430	486	649
F2	0	SLU02	Combination	Min	-3459	-38	387	388
F2	0	SLU03	Combination	Max	-1311	-264	337	427
F2	0	SLU03	Combination	Min	-3551	-695	273	746
F2	0	SLU04	Combination	Max	-1311	-264	337	427
F2	0	SLU04	Combination	Min	-3551	-695	273	746
F2	0	SLU05	Combination	Max	-1166	631	556	841
F2	0	SLU05	Combination	Min	-3176	178	450	484
F2	0	SLU06	Combination	Max	-1166	631	556	841
F2	0	SLU06	Combination	Min	-3176	178	450	484
F2	0	SLU07	Combination	Max	-1285	-50	371	374
F2	0	SLU07	Combination	Min	-3290	-464	305	555
F2	0	SLU08	Combination	Max	-1285	-50	371	374
F2	0	SLU08	Combination	Min	-3290	-464	305	555
F2	0	SLU09	Combination	Max	-1430	208	128	245
F2	0	SLU09	Combination	Min	-1430	208	128	245
F2	0	SLU10	Combination	Max	-1430	208	128	245
F2	0	SLU10	Combination	Min	-1430	208	128	245
F2	0	SLU11	Combination	Max	-1249	400	424	583
F2	0	SLU11	Combination	Min	-3045	26	344	345
F2	0	SLU12	Combination	Max	-1326	-155	304	341
F2	0	SLU12	Combination	Min	-3118	-500	253	560
F2	0	SLU13	Combination	Max	-1211	561	479	738
F2	0	SLU13	Combination	Min	-2818	198	395	442
F2	0	SLU14	Combination	Max	-1306	16	331	332

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 47 di 57

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
F2	0	SLU14	Combination	Min	-2910	-315	279	421
F2	0	SLU15	Combination	Max	-1468	125	77	147
F2	0	SLU15	Combination	Min	-1468	125	77	147
F2	0	SISMA01	Combination	Max	-862	1448	172	1458
F2	0	SISMA01	Combination	Min	-1879	-1448	-172	1458
F2	0	SISMA02	Combination	Max	-905	1347	572	1464
F2	0	SISMA02	Combination	Min	-1837	-1347	-572	1464
F2	0	SISMA03	Combination	Max	-1076	763	172	782
F2	0	SISMA03	Combination	Min	-1666	-763	-172	782
F2	0	SISMA04	Combination	Max	-839	1375	213	1392
F2	0	SISMA04	Combination	Min	-1857	-1530	-141	1537
F2	0	SISMA05	Combination	Max	-881	1275	614	1415
F2	0	SISMA05	Combination	Min	-1814	-1430	-541	1529
F2	0	SISMA06	Combination	Max	-1052	691	213	723
F2	0	SISMA06	Combination	Min	-1643	-846	-141	857
F2	0	SLU01-	Combination	Max	-1157	1386	486	1469
F2	0	SLU01-	Combination	Min	-3402	918	387	996
F2	0	SLU02-	Combination	Max	-1203	1386	486	1469
F2	0	SLU02-	Combination	Min	-3447	918	387	996
F2	0	SLU03-	Combination	Max	-1287	1648	336	1682
F2	0	SLU03-	Combination	Min	-3527	1217	273	1247
F2	0	SLU04-	Combination	Max	-1287	1648	336	1682
F2	0	SLU04-	Combination	Min	-3527	1217	273	1247
F2	0	SLU05-	Combination	Max	-1157	1431	556	1535
F2	0	SLU05-	Combination	Min	-3166	977	450	1076
F2	0	SLU06-	Combination	Max	-1157	1431	556	1535
F2	0	SLU06-	Combination	Min	-3166	977	450	1076
F2	0	SLU07-	Combination	Max	-1266	1548	371	1592
F2	0	SLU07-	Combination	Min	-3270	1134	305	1175
F2	0	SLU08-	Combination	Max	-1266	1548	371	1592
F2	0	SLU08-	Combination	Min	-3270	1134	305	1175
F2	0	SLU09-	Combination	Max	-1430	208	128	245
F2	0	SLU09-	Combination	Min	-1430	208	128	245
F2	0	SLU10-	Combination	Max	-1430	208	128	245
F2	0	SLU10-	Combination	Min	-1430	208	128	245
F2	0	SLU11-	Combination	Max	-1240	1165	424	1239
F2	0	SLU11-	Combination	Min	-3035	791	344	862
F2	0	SLU12-	Combination	Max	-1308	1375	304	1408
F2	0	SLU12-	Combination	Min	-3100	1030	253	1060
F2	0	SLU13-	Combination	Max	-1203	1200	479	1293
F2	0	SLU13-	Combination	Min	-2811	837	395	926
F2	0	SLU14-	Combination	Max	-1290	1294	331	1336
F2	0	SLU14-	Combination	Min	-2894	963	279	1003
F2	0	SLU15-	Combination	Max	-1468	125	77	147
F2	0	SLU15-	Combination	Min	-1468	125	77	147
F2	0	SISMA07	Combination	Max	-563	1448	172	1458
F2	0	SISMA07	Combination	Min	-1579	-1448	-172	1458
F2	0	SISMA08	Combination	Max	-605	1347	572	1464
F2	0	SISMA08	Combination	Min	-1537	-1347	-572	1464
F2	0	SISMA09	Combination	Max	-776	763	172	782
F2	0	SISMA09	Combination	Min	-1366	-763	-172	782
UL1	0	SLU01	Combination	Max	-1782	0	396	396
UL1	0	SLU01	Combination	Min	-4027	0	296	296
UL1	0	SLU02	Combination	Max	-1828	0	396	396
UL1	0	SLU02	Combination	Min	-4072	0	296	296
UL1	0	SLU03	Combination	Max	-1736	0	272	272
UL1	0	SLU03	Combination	Min	-3976	0	208	208
UL1	0	SLU04	Combination	Max	-1736	0	272	272
UL1	0	SLU04	Combination	Min	-3976	0	208	208
UL1	0	SLU05	Combination	Max	-1874	0	448	448
UL1	0	SLU05	Combination	Min	-3883	0	342	342
UL1	0	SLU06	Combination	Max	-1874	0	448	448

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 48 di 57

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
UL1	0	SLU06	Combination	Min	-3883	0	342	342
UL1	0	SLU07	Combination	Max	-1761	0	297	297
UL1	0	SLU07	Combination	Min	-3765	0	231	231
UL1	0	SLU08	Combination	Max	-1761	0	297	297
UL1	0	SLU08	Combination	Min	-3765	0	231	231
UL1	0	SLU09	Combination	Max	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU09	Combination	Min	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU10	Combination	Max	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU10	Combination	Min	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU11	Combination	Max	-1794	0	344	344
UL1	0	SLU11	Combination	Min	-3590	0	264	264
UL1	0	SLU12	Combination	Max	-1721	0	244	244
UL1	0	SLU12	Combination	Min	-3513	0	193	193
UL1	0	SLU13	Combination	Max	-1832	0	385	385
UL1	0	SLU13	Combination	Min	-3439	0	301	301
UL1	0	SLU14	Combination	Max	-1741	0	264	264
UL1	0	SLU14	Combination	Min	-3344	0	212	212
UL1	0	SLU15	Combination	Max	-1583	0	59	59
UL1	0	SLU15	Combination	Min	-1583	0	59	59
UL1	0	SISMA01	Combination	Max	-857	0	141	141
UL1	0	SISMA01	Combination	Min	-1884	0	-141	141
UL1	0	SISMA02	Combination	Max	-899	0	467	467
UL1	0	SISMA02	Combination	Min	-1842	0	-467	467
UL1	0	SISMA03	Combination	Max	-1073	0	141	141
UL1	0	SISMA03	Combination	Min	-1668	0	-141	141
UL1	0	SISMA04	Combination	Max	-879	0	175	175
UL1	0	SISMA04	Combination	Min	-1908	0	-116	116
UL1	0	SISMA05	Combination	Max	-921	0	502	502
UL1	0	SISMA05	Combination	Min	-1865	0	-443	443
UL1	0	SISMA06	Combination	Max	-1095	0	175	175
UL1	0	SISMA06	Combination	Min	-1691	0	-116	116
UL1	0	SLU01-	Combination	Max	-1794	0	396	396
UL1	0	SLU01-	Combination	Min	-4038	0	296	296
UL1	0	SLU02-	Combination	Max	-1839	0	396	396
UL1	0	SLU02-	Combination	Min	-4083	0	296	296
UL1	0	SLU03-	Combination	Max	-1759	0	272	272
UL1	0	SLU03-	Combination	Min	-3999	0	208	208
UL1	0	SLU04-	Combination	Max	-1759	0	272	272
UL1	0	SLU04-	Combination	Min	-3999	0	208	208
UL1	0	SLU05-	Combination	Max	-1884	0	448	448
UL1	0	SLU05-	Combination	Min	-3893	0	342	342
UL1	0	SLU06-	Combination	Max	-1884	0	448	448
UL1	0	SLU06-	Combination	Min	-3893	0	342	342
UL1	0	SLU07-	Combination	Max	-1780	0	297	297
UL1	0	SLU07-	Combination	Min	-3785	0	231	231
UL1	0	SLU08-	Combination	Max	-1780	0	297	297
UL1	0	SLU08-	Combination	Min	-3785	0	231	231
UL1	0	SLU09-	Combination	Max	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU09-	Combination	Min	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU10-	Combination	Max	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU10-	Combination	Min	-1621	0	99	99
UL1	0	SLU11-	Combination	Max	-1804	0	344	344
UL1	0	SLU11-	Combination	Min	-3599	0	264	264
UL1	0	SLU12-	Combination	Max	-1740	0	244	244
UL1	0	SLU12-	Combination	Min	-3532	0	193	193
UL1	0	SLU13-	Combination	Max	-1839	0	385	385
UL1	0	SLU13-	Combination	Min	-3447	0	301	301
UL1	0	SLU14-	Combination	Max	-1756	0	264	264
UL1	0	SLU14-	Combination	Min	-3360	0	212	212
UL1	0	SLU15-	Combination	Max	-1583	0	59	59
UL1	0	SLU15-	Combination	Min	-1583	0	59	59
UL1	0	SISMA07	Combination	Max	-557	0	141	141

Relazione di calcolo travata metallica

 PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
 NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 49 di 57

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
UL1	0	SISMA07	Combination	Min	-1585	0	-141	141
UL1	0	SISMA08	Combination	Max	-600	0	467	467
UL1	0	SISMA08	Combination	Min	-1543	0	-467	467
UL1	0	SISMA09	Combination	Max	-774	0	141	141
UL1	0	SISMA09	Combination	Min	-1368	0	-141	141
UL2	0	SLU01	Combination	Max	-1159	0	396	396
UL2	0	SLU01	Combination	Min	-3403	0	296	296
UL2	0	SLU02	Combination	Max	-1205	0	396	396
UL2	0	SLU02	Combination	Min	-3449	0	296	296
UL2	0	SLU03	Combination	Max	-1289	0	272	272
UL2	0	SLU03	Combination	Min	-3529	0	208	208
UL2	0	SLU04	Combination	Max	-1289	0	272	272
UL2	0	SLU04	Combination	Min	-3529	0	208	208
UL2	0	SLU05	Combination	Max	-1159	0	448	448
UL2	0	SLU05	Combination	Min	-3168	0	342	342
UL2	0	SLU06	Combination	Max	-1159	0	448	448
UL2	0	SLU06	Combination	Min	-3168	0	342	342
UL2	0	SLU07	Combination	Max	-1267	0	297	297
UL2	0	SLU07	Combination	Min	-3272	0	231	231
UL2	0	SLU08	Combination	Max	-1267	0	297	297
UL2	0	SLU08	Combination	Min	-3272	0	231	231
UL2	0	SLU09	Combination	Max	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU09	Combination	Min	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU10	Combination	Max	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU10	Combination	Min	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU11	Combination	Max	-1242	0	344	344
UL2	0	SLU11	Combination	Min	-3037	0	264	264
UL2	0	SLU12	Combination	Max	-1309	0	244	244
UL2	0	SLU12	Combination	Min	-3101	0	193	193
UL2	0	SLU13	Combination	Max	-1205	0	385	385
UL2	0	SLU13	Combination	Min	-2812	0	301	301
UL2	0	SLU14	Combination	Max	-1292	0	264	264
UL2	0	SLU14	Combination	Min	-2896	0	212	212
UL2	0	SLU15	Combination	Max	-1469	0	59	59
UL2	0	SLU15	Combination	Min	-1469	0	59	59
UL2	0	SISMA01	Combination	Max	-857	0	141	141
UL2	0	SISMA01	Combination	Min	-1885	0	-141	141
UL2	0	SISMA02	Combination	Max	-899	0	467	467
UL2	0	SISMA02	Combination	Min	-1842	0	-467	467
UL2	0	SISMA03	Combination	Max	-1073	0	141	141
UL2	0	SISMA03	Combination	Min	-1668	0	-141	141
UL2	0	SISMA04	Combination	Max	-830	0	175	175
UL2	0	SISMA04	Combination	Min	-1859	0	-116	116
UL2	0	SISMA05	Combination	Max	-873	0	502	502
UL2	0	SISMA05	Combination	Min	-1817	0	-443	443
UL2	0	SISMA06	Combination	Max	-1047	0	175	175
UL2	0	SISMA06	Combination	Min	-1643	0	-116	116
UL2	0	SLU01-	Combination	Max	-1171	0	396	396
UL2	0	SLU01-	Combination	Min	-3415	0	296	296
UL2	0	SLU02-	Combination	Max	-1216	0	396	396
UL2	0	SLU02-	Combination	Min	-3460	0	296	296
UL2	0	SLU03-	Combination	Max	-1312	0	272	272
UL2	0	SLU03-	Combination	Min	-3552	0	208	208
UL2	0	SLU04-	Combination	Max	-1312	0	272	272
UL2	0	SLU04-	Combination	Min	-3552	0	208	208
UL2	0	SLU05-	Combination	Max	-1169	0	448	448
UL2	0	SLU05-	Combination	Min	-3178	0	342	342
UL2	0	SLU06-	Combination	Max	-1169	0	448	448
UL2	0	SLU06-	Combination	Min	-3178	0	342	342
UL2	0	SLU07-	Combination	Max	-1287	0	297	297
UL2	0	SLU07-	Combination	Min	-3291	0	231	231
UL2	0	SLU08-	Combination	Max	-1287	0	297	297

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 50 di 57

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	FL	FT	H
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN
UL2	0	SLU08-	Combination	Min	-3291	0	231	231
UL2	0	SLU09-	Combination	Max	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU09-	Combination	Min	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU10-	Combination	Max	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU10-	Combination	Min	-1431	0	99	99
UL2	0	SLU11-	Combination	Max	-1251	0	344	344
UL2	0	SLU11-	Combination	Min	-3046	0	264	264
UL2	0	SLU12-	Combination	Max	-1328	0	244	244
UL2	0	SLU12-	Combination	Min	-3120	0	193	193
UL2	0	SLU13-	Combination	Max	-1213	0	385	385
UL2	0	SLU13-	Combination	Min	-2820	0	301	301
UL2	0	SLU14-	Combination	Max	-1307	0	264	264
UL2	0	SLU14-	Combination	Min	-2911	0	212	212
UL2	0	SLU15-	Combination	Max	-1469	0	59	59
UL2	0	SLU15-	Combination	Min	-1469	0	59	59
UL2	0	SISMA07	Combination	Max	-557	0	141	141
UL2	0	SISMA07	Combination	Min	-1585	0	-141	141
UL2	0	SISMA08	Combination	Max	-599	0	467	467
UL2	0	SISMA08	Combination	Min	-1543	0	-467	467
UL2	0	SISMA09	Combination	Max	-774	0	141	141
UL2	0	SISMA09	Combination	Min	-1369	0	-141	141

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 $\Delta T = \pm 25^\circ\text{C}$, 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)

$k_1 =$	0.45	
$k_2 =$	0.55	
L campata =	37.68	m
$\alpha =$	1.00E-05	1/°C
$\Delta T =$	37.5	°C
Dt =	0.0141	m

In alternativa, calcolo automatico con output SAP

PARAMETRI SISMICI

tipo terreno	C	
$a_g =$	0.128	g
$a_g =$	1.2557	m/s ²
S =	1.492	q
$T_c =$	0.476	s
$T_d =$	2.111	s

CALCOLO SPOSTAMENTI

$d_{g,i} =$	0.0471	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto i
$d_{g,j} =$	0.0471	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto j
$d_{ij,max} =$	0.0832	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
$v_s =$	180	m/s	velocità delle onde di taglio per terreno di cat.C (valore minimo)
$d_{ij,L} =$	0.0284	m	spostamento tra i punti i e j dovuto agli spostamenti relativi del terreno
$d_{Eg} =$	0.0284	m	
$E_{Lmin} =$	0.1597	m	
E1	0.0283	m	

Relazione di calcolo travata metallica

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
NN1X 00 D 09 CL VI0109 001 A 52 di 57

E2	0.0626	m
E3	0.0569	m
E_L =	0.0665	m
max E_i =	0.0626	m
E_{Ld} =	0.1597	m

**CORSA APPARECCHI D'APPOGGIO
MOBILI**

+/-	0.100	m
con increm 10%	0.110	m

ESCURSIONE DEI GIUNTI

+/-	0.090	m
con increm 10%	0.099	m

AMPIEZZA DEI VARCHI

≥	0.100	m
con increm 10%	0.110	m

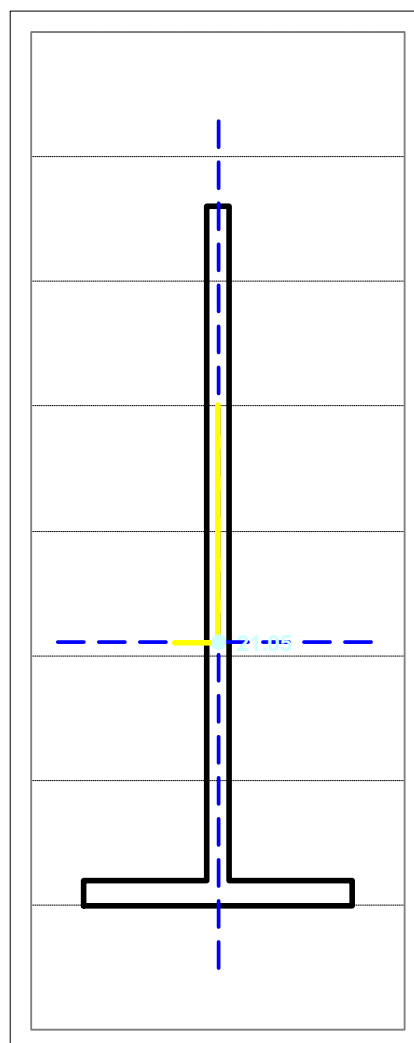
8.2.1 Ritegno sismico trasversale

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 $F = 1227 \text{ kN}$ e con un momento $M = 1227 \times 0.22 \text{ m} = 269 \text{ kNm}$.

RITEGNO SISMICO TRASVERSALE VIADOTTO VI01

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]

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]
Poisizione 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 $\eta\eta$	J_{\eta\eta}	=	116715	[cm ⁴]
Momento d'inerzia $\xi\xi$	J_{\xi\xi}	=	21132	[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}	=	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_{\phi}	=	#NOME?	[cm ⁶]
Modulo di resistenza xx esterno	W_{xx}	=	3158.7	[cm ³]
Modulo di resistenza xx esterno	W_{xx}	=	5544.8	[cm ³]
Modulo di resistenza xx interno	W'_{xx}	=		[cm ³]
Modulo di resistenza xx interno	W_{xx}	=	6127.0	[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]
Area resistente a taglio (laminato)	A_v	=	241.28	[cm ²]
Area resistente a taglio (composto)	A_v	=	224.00	[cm ²]



tipo di profilo **C** Laminato o Composto

Ved = 1227 KN
Med = 269.94 KNm

At = 224.00 [cm²]
Wp = 5461 [cm³]
fyd = 338.1 MPa

Vrd = At * fyd / √3 = 4372 KN >= Ved
ρ = (2Ved / Vrd - 1)² = 0.00
Mrd = Wp * fyd = 1846 KNm >= Med
Mrd,rid = (1 - ρ) * Mrd = 1846 KNm >= Med

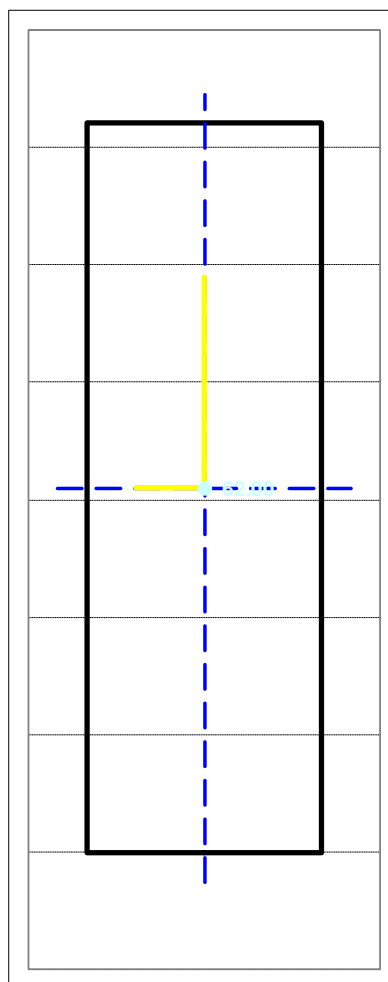
8.2.2 Ritegno sismico longitudinale

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 $F = 3500 \text{ kN}$ e con un momento $M = 3500 \times 0.7 \text{ m} = 2450 \text{ kNm}$.

RITEGNO SISMICO LONGITUDINALE VIADOTTO VI01

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]
Poisizione 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 ηη	J_{ηη}	=	1271083	[cm ⁴]
Momento d'inerzia ξξ	J_{ξξ}	=	5291	[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}	=	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]
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 = 3500 KN
Med = 2450 KNm

At = 992.00 [cm²]
Wp = 30752 [cm³]
fyd = 338.1 MPa
Vrd = At * fyd / √3 = 19364 KN >= Ved
ρ = (2Ved / Vrd - 1)² = 0.00
Mrd = Wp * fyd = 10397 KNm >= Med
Mrd,rid = (1 - ρ) * Mrd = 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.

Carichi elementari:

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

G1:

Peso Proprio della struttura in acciaio = 2152 kN

G2:

Armamento	= 2 x 2kN/m = 4 kN/m
Canalette	= 2 x 2kN/m = 4 kN/m
Grigliato Keller	= 12 x 0.94 kN/m x 5.3m = 59.78 kN
Marcia Piedi laterali	= 2 x 5kN/m = 10 kN/m
Barriere Antirumore	= 2 x 16 kN/m = 32 kN/m
Velette	= 2 x 2.5kN/m = 5 kN/m

Permanenti portati complessivi = (4 + 4 + 32 + 5 + 10)kN/m x 36.78m + 59.78 kN = 2082 kN

TRENO DI CARICO SW2:

Per una portata teorica pari a 37.68m i carichi equivalenti flettenti risultano i seguenti:

SW2: 122.134 x 1.2 = 146.56 kN/m

Carico totale SW2 equivalente: 145.426 x 37.68 = 5522.4 kN

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

G1 + G2 + SW2 = 2152kN + 2082kN + 5522kN = 9756 kN

Output reazioni modello di calcolo

Considerando sul modello di calcolo una condizione di carico pari alla somma di G1 + G2 + SW2 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.
SW2_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
F1	Validazione Modello	Combination	0.0	0.0	2440.952	0	0	0
UL2	Validazione Modello	Combination	0.0	0.0	2440.952	0	0	0
UL1	Validazione Modello	Combination	0.0	0.0	2440.937	0	0	0
F2	Validazione Modello	Combination	0.0	0.0	2440.937	0	0	0
Somma					9763.778			